



Bunga Rampai
Peningkatan
Produktivitas Tebu
untuk Mempercepat
Swasembada Gula

**PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TEBU
UNTUK MEMPERCEPAT SWASEMBADA GULA**

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TEBU UNTUK MEMPERCEPAT SWASEMBADA GULA

Penyunting

Subiyakto
Emy Sulistyowati
Bambang Heliyanto
Rully Dyah Purwati
Titiek Yulianti
Djumali
Gatot Suharto Abdul Fatah



**IAARD
PRESS**

**INDONESIAN AGENCY FOR AGRICULTURAL RESEARCH
AND DEVELOPMENT (IAARD) PRESS
2016**

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS TEBU UNTUK MEMPERCEPAT SWASEMBADA GULA

Cetakan I 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2016

Katalog dalam terbitan

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN

Peningkatan Produktivitas Tebu Untuk Mempercepat Swasembada
Gula/Penyunting, Subiyakto ... [*et al.*]. –Jakarta: IAARD Press, 2016.
viii, 312 hlm.: bibl.; ill.; 25 cm

978-602-344-141-9

1. Tebu 2. Produktivitas 3. Swasembada Gula
I Judul II. Subiyakto

633.61

Penanggung Jawab	: Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Tim penyunting	
Ketua	: Subiyakto
Anggota	: Emmy Sulistyowati Bambang Heliyanto Rully Dyah Purwati Titiek Yulianti Djumali Gatot Suharto Abdul Fatah
Redaksi Pelaksana	: Moch. Machfud Esti Sunaryuni Agustina D.P.U Isni Tri Lestari
Perancang Kover	: Syaiful Bahri

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp: +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telp.: +62 251 8321746, Faks.: +62 251 8326561
e-mail: iaardpress@litbang.pertanian.go.id

ANGGOTA IKAPI NO: 445/DKI/2012

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
KATA PENGANTAR	vii
PENDAHULUAN	
Subiyakto	1–8
PEMULIAAN TANAMAN TEBU	
Bambang Heliyanto, Eka Sugiyarta, dan Abdurrahman	9–32
PENGADAAN BENIH TEBU BERMUTU	
Rully Dyah Purwati dan Parnidi	33–54
IKLIM DAN PENGELOLAAN AIR TANAMAN TEBU	
Prima Diarini Riajaya	55–72
TANAMAN TEBU SEBAGAI TANAMAN C4: METABOLISME SUKROSA, DAN STRESS ABIOTIK	
Fadjry Djufri dan Muhammad Syakir	73–86
ENZIM INVERTASE: PERANNYA PADA TANAMAN TEBU	
Emy Sulistyowati, Fitriningdyah Tri Kadarwati, dan Fadjry Djufri	87–96
TANAH, NUTRISI, DAN PEMUPUKAN PADA TEBU	
Fitriningdyah Tri Kadarwati	97–132
PENGATURAN TATA TANAM TEBU UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN HASIL HABLUR	
Djumali, Sri Mulyaningsih, dan Lestari	133–152
RAWAT RATOON TEBU	
Budi Santoso dan Ahmad Dhiaul Khuluq	153–168
HAMA TANAMAN TEBU DAN PENGENDALIANNYA	
Dwi Adi Sunarto, Sujak, dan Subiyakto	169–192
PENYAKIT TANAMAN TEBU DAN PENGENDALIANNYA	
Titiek Yulianti, Cece Suhara, dan Supriyono	193–222
GULMA TANAMAN TEBU DAN PENGENDALIANNYA	
Mohammad Cholid	223–240
SISTEM USAHA TANI TEBU	
Teger Basuki	241–258
TEBANG, MUAT, DAN ANGKUT TEBU	
Gatot Suharto Abdul Fatah	259–272
TEBU SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUKSI GULA MERAH DAN GULA CAIR	
Abi Dwi Hastono, Ahmad Dhiaul Khuluq, dan Yoga Angangga Yogi	273–286
PEMANFAATAN LIMBAH TEBU	
Suminar Diyah Nugraheni dan Elda Nurnasari	287–306
PENUTUP	

Subiyakto	307–316
INDEKS/INDEX	317

Informasi lebih lanjut:

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
 Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
 Telepon: 0341-491447; Fax: 0341-485121
 e-mail: balittas@litbang.pertanian.go.id
 Website: www.balittas.litbang.pertanian.go.id

KATA PENGANTAR

Setelah mengalami dua kali target swasembada gula tidak tercapai tahun 2009 dan 2014, maka pada akhir tahun 2016 Pemerintah kembali menetapkan beberapa target swasembada gula yang dituangkan dalam Peta Jalan Menuju Swasembada Gula. Pemerintah mencanangkan bahwa swasembada gula untuk konsumsi langsung rumah tangga dapat tercapai pada tahun 2019, dengan produksi gula dalam negeri sekitar 3,26 juta ton, sedangkan kebutuhan konsumsi langsung rumah tangga diperkirakan 3,12 juta ton. Untuk swasembada gula total (kebutuhan 80%) baik untuk kebutuhan konsumsi rumah tangga maupun konsumsi industri makanan dan minuman dapat tercapai pada tahun 2025 dengan target produksi gula dalam negeri sekitar 6,19 juta ton dengan kebutuhan dalam negeri 6,34 juta ton.

Berbagai asumsi yang digunakan oleh Pemerintah dalam pencapaian swasembada gula antara lain deregulasi kebijakan yaitu merevisi beberapa Peraturan Pemerintah, penambahan lahan sekitar 705 ribu ha, intensifikasi areal existing, revitalisasi, dan amalgamasi PG, kebijakan industri gula satu pintu dan terintegrasi, stabilisasi harga, pengembangan infrastruktur, pengembangan riset dan teknologi serta optimalisasi kelembagaan petani. Dalam mengeksekusi asumsi tersebut diperlukan kerjasama berbagai pihak antara lain Kementerian Pertanian, Kementerian Perindustrian, Kementerian Badan Usaha Milik Negara, Kementerian Perdagangan, Kementerian Koordinator Perekonomian, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan serta Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Tantangan Kementerian Pertanian dalam target swasembada gula adalah dalam bidang on farm yaitu dukungan teknologi untuk mempercepat pencapaian swasembada gula. Dukungan teknologi tersebut telah berhasil disusun dan disajikan dalam buku Bunga Rampai. Buku ini terdiri atas 15 bab yang didahului dengan Pendahuluan, Isi berupa dukungan teknologi (Pemuliaan Tanaman Tebu sampai Pengelolaan Tebang Muat Angkut, dan Diversifikasi Produk) serta Penutup. Terimakasih kepada para penyusun, penyunting, redaksi pelaksana dan semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Bunga Rampai ini. Semoga sumbang pemikiran ini bermanfaat dalam upaya mempercepat pencapaian swasembada gula untuk menuju kedaulatan pangan dan kesejahteraan petani.

Desember 2016
Kepala Pusat Penelitian dan
Pengembangan Perkebunan

Ttd.

Dr. Ir. Fadjry Djufri, MSi.

PENDAHULUAN

Subiyakto

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jl. Raya Karangploso, Kotak Pos 199 Malang 65152
e-mail: subiyaktosud@gmail.com

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) adalah tanaman utama penghasil gula. Gula merupakan sumber kalori utama dalam struktur konsumsi masyarakat selain bahan pangan lainnya. Pentingnya gula bagi masyarakat tercermin pada kebijakan Pemerintah yang menetapkan bahwa gula dalam hal ini gula pasir merupakan salah satu sembilan bahan pokok. Kebijakan tersebut membawa beberapa konsekuensi antara lain: pemerintah harus mengupayakan ketersediaan gula dalam jumlah yang cukup, berkualitas, harga terjangkau, dan mudah diperoleh masyarakat.

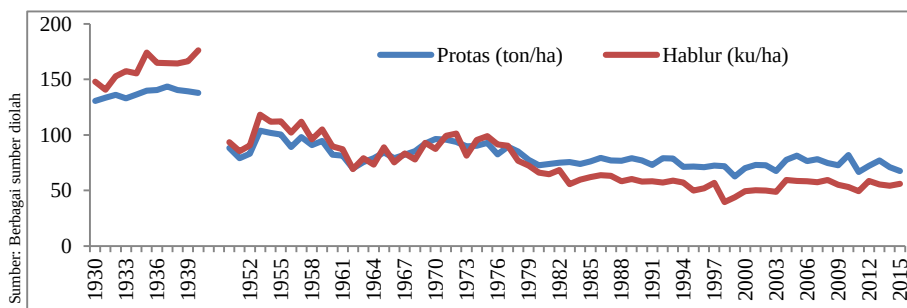
Untuk pemenuhan kebutuhan gula, pemerintah mengupayakan pengembangan pabrik gula yang saat ini berjumlah 61 buah PG. Selain itu juga mengupayakan pengembangan tebu di berbagai daerah antara lain Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, dan Sulawesi Selatan. Luas areal pada tahun 2005 sekitar 381 ribu ha dengan produksi hablur nasional 2,24 juta ton dan tahun 2015 ter-jadi perluasan areal sekitar 446 ribu ha produksi hablur yang dihasilkan 2,49 juta ton. Produksi hablur nasional sejak 2005 sampai dengan 2015 berkisar 2,2–2,6 juta ton (Tabel 1). Produksi gula dalam negeri baru dapat memenuhi sekitar 40% dari kebutuhan, sehingga kekurangannya atau 60% masih harus impor. Oleh karena itu upaya meningkatkan produksi dan mengurangi impor gula harus dilakukan.

Tabel 1. Luas areal, produksi tebu, rendemen, dan hablur 2005–2015

Tahun	Luas areal	Produksi tebu		Rendemen	Produksi hablur	
	... ha ...	... ton ...	... ton/ha ...		... ton ...	... ton/ha ...
2005	381 786	31 242 267	81,80	7,18	2 241 742	5,87
2006	396 441	30 232 833	76,30	7,63	2 307 027	5,82
2007	428 401	33 289 453	77,70	7,35	2 448 143	5,71
2008	436 516	32 960 164	75,50	8,10	2 668 429	6,11
2009	416 630	30 256 778	72,60	7,60	2 299 503	5,52
2010	418 266	34 216 550	81,80	6,47	2 214 489	5,29
2011	450 298	30 323 228	67,30	7,35	2 228 259	4,95
2012	451 191	31 888 928	70,70	8,13	2 591 687	5,74
2013	469 228	35 526 070	75,70	7,18	2 551 024	5,44
2014	477 123	33 723 378	70,70	7,65	2 579 173	5,41
2015	446 061	30 164 098	67,62	8,28	2 497 996	5,60

Sumber: Ditjenbun 2016

Industri gula Indonesia pernah mencapai puncak kejayaan pada masa penjajahan Belanda pada tahun 1930-an. Pada periode tersebut produktivitas hablur mencapai 17 ton/ha (Gambar 1) dan produksi nasional sekitar 3 juta ton. Saat itu Indonesia sebagai negara pengekspor gula kedua terbesar di dunia setelah Kuba. Tahun 1940–1950 tidak diperoleh data, karena tahun-tahun tersebut merupakan masa revolusi untuk mencapai dan mempertahankan kemerdekaan. Pada tahun 1975 mulai dilaksanakan program Tebu Rakyat Intensifikasi (TRI) yang pada waktu itu tebu tidak lagi dikelola oleh perusahaan, tetapi dikelola oleh petani.



Gambar 1. Produktivitas tebu dan hablur tahun 1930–2015

Setelah tahun 1975 produktivitas tebu cenderung menurun. Hal ini disebabkan pengelolaan tanaman tebu yang dilakukan petani tidak sebaik perusahaan. Petani cenderung mementingkan bobot tebu daripada rendemen. Hal ini tampak pada Gambar 1 bahwa produktivitas tebu atau bobot tebu selalu berada di atas hablur, berbeda dengan masa sebelum TRI. Selanjutnya kondisi pergulaan di Indonesia tidak menentu. Dengan berjalannya waktu, kontribusi gula Indonesia di dunia semakin berkurang. Produktivitas hablur di Indonesia pada tahun 2015 rata-rata hablur hanya 5,60 ton/ha dan produksi nasional sekitar 2,49 juta ton. Pada tahun 2016 ini karena terjadi kemarau basah berakibat terjadi kenaikan bobot tebu, namun terjadi penurunan rendemen menjadi rata-rata 6,5% sehingga produksi gula nasional diduga turun menjadi sekitar 2,2 juta ton.

Kebutuhan gula di Indonesia setiap tahun cenderung meningkat, seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Kebutuhan gula konsumsi langsung per kapita pada tahun 2016 diperkirakan 10,51 kg/kapita/tahun, total kebutuhan konsumsi industri sekitar 21,71 kg/kapita/tahun dan tahun 2020 diperkirakan 10,55 kg/kapita/tahun, kebutuhan total dengan konsumsi industri sekitar 21,87 kg/kapita/tahun. Semakin meningkatnya kebutuhan gula, maka diproyeksikan kebutuhan gula pada tahun 2045 sekitar 8,3 juta ton (Tabel 2).

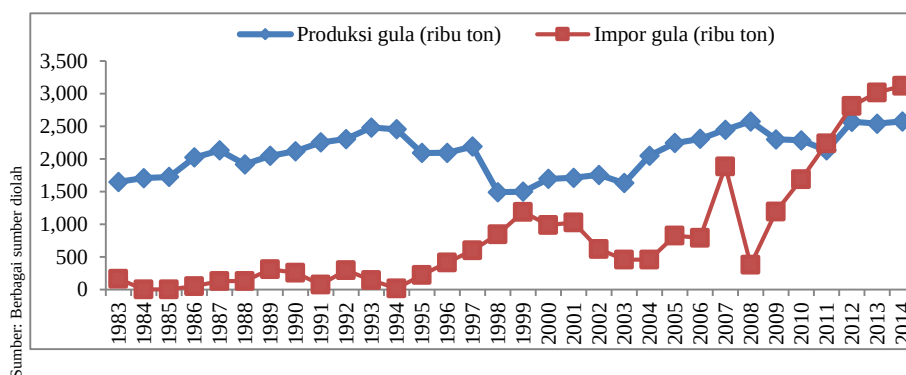
Tabel 2. Proyeksi konsumsi gula per kapita per tahun 2015–2045

No.	Uraian	Konsumsi gula kg/kapita/tahun						
		2016	2020	2025	2030	2035	2040	2045
A.	Konsumsi langsung							
a.	RTM	6,62	6,50	6,40	6,30	6,20	6,10	6,00
b.	Khusus (Horeka)	2,27	2,35	2,50	2,65	2,80	2,95	3,10
c.	IRT	1,62	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20
	Jumlah	10,51	10,55	10,70	10,85	11,00	11,15	11,30
	A=a+b+c							
B.	Konsumsi Industri							
a.	IK	1,65	1,79	1,98	2,20	2,44	2,71	3,00
b.	IM & IB	9,56	9,53	9,58	9,83	10,30	10,99	11,92
	Jumlah B	11,20	11,32	11,56	12,03	12,74	13,70	14,93
	Jumlah	21,71	21,87	22,26	22,88	23,74	24,85	26,23
	A+B							
C.	Jumlah penduduk (‘000)	258 705	271 066	284 829	296 405	305 652	312 391	316 545
D.	Kebutuhan gula (‘000)	5 617,14	5 928,17	6 341,29	6 783,20	7 255,90	7 761,55	8 302,43

Keterangan: RM= Rumah tangga murni; Khusus= hotel, restoran dan kantor; IRT= Industri rumah tangga; IK= Industri kecil; IM & IB= Industri menengah dan Industri besar

Sumber: Ditjenbun 2016

Tahun 2015 kebutuhan gula sebesar 5,6 juta ton, sekitar 2,5 juta ton dipenuhi dari produksi dalam negeri dan kekurangannya 3,1 juta ton harus impor (Gambar 2). Nilai impor yang tinggi tersebut, menjadikan Indonesia sebagai negara importir gula terbesar di dunia. Kedepan kebutuhan gula nasional terus meningkat sebagai akibat laju pertumbuhan penduduk sekitar 1%. Diperkirakan pada tahun 2020 kebutuhan gula nasional 5,92 juta ton, dengan harapan sekitar 3,68 juta ton dipenuhi dari produksi dalam negeri dan kekurangannya harus impor.

**Gambar 2.** Produksi gula dalam negeri dan impor

Berdasar sejarah pergulaan, masa kejayaan industri gula Indonesia telah berlalu dan sepertinya semakin sulit untuk dicapai kembali. Pemerintah telah

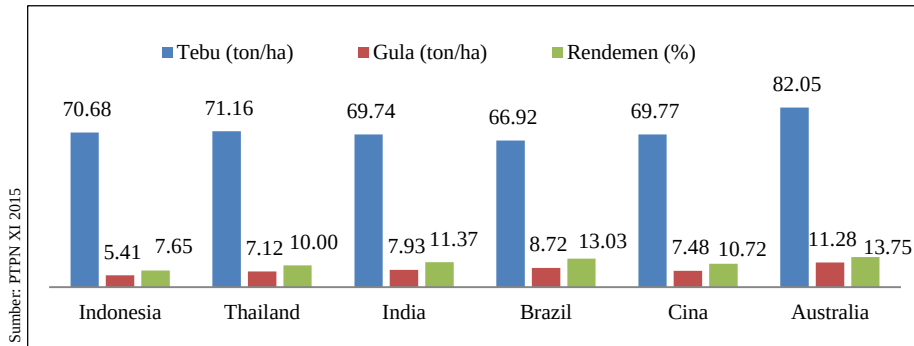
melakukan berbagai upaya untuk memperbaiki kondisi pergulaan di tanah air dengan mengeluarkan banyak dana serta menerbitkan berbagai kebijakan. Kenyataannya, dengan berjalannya waktu dan pengeluaran biaya tersebut belum merubah keadaan. Kondisi industri gula tidak juga membaik dan produksi hablur nasional tetap stagnan pada posisi 2,5 juta ton. Sejak pemerintah melaksanakan Program Peningkatan Ketahanan Pangan pada tahun 2005 dialokasikan dana sekitar Rp70 milyar lebih, menghasilkan produksi nasional hablur 2,24 juta ton dan pada tahun 2013 disediakan dana Rp741,7 milyar menghasilkan hablur 2,5 juta ton. Demikian pula untuk tahun 2014 dengan dana yang disediakan Rp482,5 milyar hanya menghasilkan hablur 2,5 juta ton.

Pergulaan di Indonesia dalam kondisi yang mengkhawatirkan, karena produksi gula cenderung terus menurun. Oleh karena itu diperlukan semangat untuk memperbaiki kondisi tersebut antara lain perbaikan *on farm* dan *off farm*, agar produksi gula nasional meningkat. Kondisi *on farm* yang dihadapi dalam peningkatan produktivitas dan rendemen tebu antara lain potensi varietas belum optimal. Potensi varietas dan realisasi kesenjangan produksi masih tinggi berkisar 10–35% tergantung varietas tebu. Selain itu petani belum menerapkan varietas unggul yang ada, belum melaksanakan teknik budi daya sesuai rekomendasi, pemupukan belum tepat dosis, kegiatan panen dan giling tebu belum optimal. Kondisi *off farm* antara lain pabrik dalam pelaksanaan giling belum efisien, kelembagaan petani masih lemah, informasi rendemen belum transparan, antar lembaga terkait belum sinergis, dan belum ketatnya pendistribusian gula rafinasi. Untuk mempercepat swasembada tidak hanya perlu perbaikan *on farm* tetapi harus diikuti dengan perbaikan *off farm* antara lain efisiensi pabrik, transparansi rendemen, memperkuat kelembagaan petani perlunya sinergitas antar lembaga terkait, dan pengetatan pendistribusian gula rafinasi.

Selain dengan perbaikan *on farm* dan *off farm* juga diperlukan pembangunan pabrik gula yang terintegrasi atau harus sudah menerapkan diversifikasi. Untuk memperbaiki kondisi pergulaan nasional, akhir-akhir ini pemerintah mengambil kebijakan agar industri gula terutama PG milik BUMN melakukan diversifikasi produk non-gula.

Perbaikan *on farm* diarahkan pada perakitan teknologi yang menghasilkan produksi tebu minimal 90 ton/ha dan rendemen 8,5%. Produktivitas tebu di Indonesia pada tahun 2014 rata-rata 70,68 ton/ha, tidak jauh berbeda dengan produktivitas tebu di Thailand 71,16 ton/ha, di India 69,74 ton/ha, di Brazil 66,92 ton/ha, di China 69,77 ton/ha dan di Australia 82,05 ton/ha. Rendemen di Indonesia tergolong rendah yaitu 7,65%, sementara di negara lain rendemen yang dihasilkan di atas 10%. Rendemen yang rendah tersebut me-

nyebabkan hablur yang dihasilkan Indonesia tergolong rendah (Gambar 3). Peningkatan rendemen memberi keuntungan kepada pabrik, karena pabrik tidak perlu menambah kapasitas giling. Tetapi kenyataan di lapangan sering upaya peningkatan rendemen secara signifikan sulit dicapai, oleh karena itu peningkatan produktivitas masih dimungkinkan.



Gambar 3. Produktivitas tebu, gula dan rendemen di beberapa negara penghasil gula tahun 2014

Beberapa teknologi yang ditawarkan dalam rangka peningkatan produktivitas tebu untuk mendukung percepatan swasembada gula antara lain melalui varietas unggul baru tebu hasil pemuliaan tanaman tebu, pengadaan dan penggunaan benih bermutu, pengenalan iklim dan pengelolaan air, pemahaman metabolisme sukrosa, pengenalan tanah dan nutrisi serta pemupukan, pengaturan tata tanam, pengelolaan rawat *ratoon*, pengenalan organisme pengganggu dan pengendaliannya, pemahaman sistem usaha tani, pengelolaan tebang muat angkut dan diversifikasi produk non gula kristal putih mejadi gula merah padat dan cair.

Percepatan Swasembada Gula

Pemerintah mencanangkan kembali bahwa swasembada gula konsumsi rumah tangga diharapkan dapat dicapai pada tahun 2019 dengan produksi gula 3,26 juta ton dan kebutuhan konsumsi rumah tangga 3,12 juta ton. Sedangkan untuk swasembada (pemenuhan kebutuhan 80%) gula kristal putih (GKP) baik konsumsi rumah tangga maupun kebutuhan industri dapat dicapai pada tahun 2025 dengan produksi 6,19 juta ton dan tingkat kebutuhan GKP 6,34 juta ton (Tabel 3).

Tabel 3. Proyeksi produksi gula dan kebutuhan konsumsi rumah tangga, industri, dan total

Tahun	Produksi (ton)	Konsumsi (Ton)		
		Rumah Tangga	Industri	Total
2016	2 510,49	2 968,60	2 647,89	5 616,49
2017	2 698,21	3 020,90	2 672,61	5 693,51
2018	2 948,94	3 073,50	2 695,88	5 769,38
2019	3 261,63	3 126,00	2 723,40	5 849,40
2020	3 689,56	3 179,40	2 748,81	5 928,21
2021	3 917,26	3 230,59	2 778,53	6 009,12
2022	4 153,21	3 282,60	2 808,45	6 091,05
2023	5 050,36	3 335,45	2 838,57	6 174,02
2024	5 597,54	3 389,15	2 866,07	6 256,23
2025	6 190,98	3 443,72	2 896,58	6 341,29
2026	6 514,88	3 492,27	2 936,05	6 427,31
2027	6 874,78	3 541,51	2 972,97	6 514,49
2028	7 907,88	3 591,45	3 010,15	6 602,86
2029	8 091,98	3 642,09	3 050,53	6 692,42
2030	8 356,98	3 639,44	3 088,30	6 781,75

Sumber: Ditjenbun 2016

Untuk mempercepat swasembada gula selain dilakukan perbaikan *on farm* harus diikuti perbaikan *off farm* antara lain efisiensi pabrik, transparansi ren-demen, memperkuat kelembagaan petani, perlunya sinergitas antar lembaga terkait, dan pengetatan pendistribusian gula rafinasi. Selain itu diperlukan u-paya peningkatan daya saing industri gula. Peningkatan efisiensi pabrik sa-ngat diprioritaskan, karena pabrik adalah pengolah tebu milik petani menjadi gula. Gula yang sebenarnya diproduksi di kebun dengan kandungan gula yang tinggi (rendemen yang tinggi) menjadi tidak berarti kalau diolah di pabrik yang tidak efisien. Tingkat efisiensi pabrik gula di Indonesia tergolong rendah termasuk BUMN masing-masing 70–75% dan 72%, sedangkan di tingkat dunia 85–87,5% ataupun dibandingkan dengan India 85–87% (PTPN X 2015).

Transparansi rendemen merupakan tuntutan setiap petani. Kecurigaan antara petani tebu dan PG tentang penentuan rendemen tebu sudah berlangsung lama. Banyak petani yang tidak mempercayai PG dalam penentuan rendemen, tetapi tidak sedikit petani tebu yang berlaku tidak jujur terhadap PG. Setiap PG dituntut untuk transparan dalam penentuan rendemen tebu. Dalam hal ini alat pengukur rendemen tebu atau *core sampler* sangat diperlukan.

Kebutuhan gula dalam negeri sebagian besar dipenuhi dari impor *raw sugar* yang digiling menjadi gula rafinasi dan sebagian kecil langsung impor gula kristal. Kebijakan impor gula dengan alasan untuk memenuhi kebutuhan

perlu dipertimbangkan dengan bijaksana. Kebijakan impor dapat melemahkan komitmen swasembada gula yang sudah disepakati. Gula rafinasi adalah khusus untuk kebutuhan industri dan diperlukan pengawasan yang ketat atau dilakukan audit terhadap PG rafinasi. Hal ini penting karena disinyalir gula rafinasi merembes ke pasar bebas, tidak lagi untuk keperluan industri makanan dan minuman.

Keberhasilan menuju swasembada gula, melibatkan banyak lembaga yang terkait, setidaknya terlibat 18 kementerian/lembaga antara lain Kementerian Perdagangan, Kementerian Kehutanan, Kementerian PU, Kementerian Perindustrian, Kementerian BUMN, Kementerian Perhubungan, Kementerian Keuangan, Bank, Pemda Provinsi/Kabupaten, BPN, Asosisasi, dan Kementerian Koperasi. Setiap lembaga mempunyai kepentingan dan kewenangan yang berbeda. Suksesnya swasembada gula tidak hanya ditentukan oleh Kementerian Pertanian tetapi perlu sinergitas antar lembaga terkait.

Tujuan dari penulisan buku ini adalah ingin memberikan sumbang pikir untuk mempercepat tercapainya swasembada gula terutama melalui upaya teknologi *on farm*. Swasembada gula untuk konsumsi rumah tangga yang diproyeksikan dapat dicapai pada tahun 2019 dan swasembada untuk konsumsi dan industri yang diproyeksikan dicapai pada tahun 2025 dapat dipercepat. Upaya ini tentu harus didukung oleh berbagai pihak agar percepatan swasembada gula dapat tercapai.

PEMULIAAN TANAMAN TEBU

Bambang Heliyanto¹⁾, Eka Sugiyarta²⁾, dan Abdurakhman¹⁾

1) Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
2) Konsultan Pemuliaan Tebu, Pasuruan
e-mail: b.heliyant@gmail.com

Ringkasan

Tebu tergolong dalam kelompok tanaman perdu, famili *Graminae*, dari genus *Saccharum*. Upaya perbaikan varietas tebu telah berjalan lebih dari satu abad. Prinsip utama program pemuliaan tebu adalah mendapatkan segregan yang mempunyai heterosis maksimum dari suatu persilangan. Program pemuliaan tanaman tebu dapat dibagi dalam empat kegiatan utama: a) Pelestarian dan pemanfaatan plasma nutfah, b) Pengembangan dan adopsi metodologi pemuliaan tebu, c) Perakitan varietas unggul, dan d) Perumusan atribut pendukung rekomendasi varietas komersial. Kegiatan pemuliaan tebu memerlukan sinergi antardisiplin ilmu, khususnya pemulia dengan ahli-ahli proteksi, fisiologi, tanah, dan prosesing harus bisa bekerja sama dalam merumuskan sasaran perakitan varietas. Proses perakitan varietas unggul tebu selain membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu antara 10–12 tahun juga memerlukan kontinuitas kegiatan, sehingga perlu dukungan pendanaan dan sumber daya manusia yang memadai agar produk akhir berupa varietas unggul selalu tersedia.

Kata kunci: Tebu, pemuliaan, *Saccharum*, heterosis, perbaikan tanaman, va-rietas

Sugarcane Breeding

Summary

Sugarcane is a shrub, belonging to *Graminae* family and genus *Saccharum*. Sugarcane breeding dates back more than a hundred years ago. The main philosophy of sugarcane breeding is to produce and utilize the maximum possible of heterosis effect in crosses. Sugarcane breeding program can be classified into four main activities, namely: a) Conservation and utilization of genetic resources, b) Development and adoption of breeding techniques, c) Development of high yielding sugarcane varieties, and d) Formulating the environmental factors/characters supporting the released varieties. Sugarcane breeding needs close synergist amongs related discipline, especially breeding, plant pathology and entomology, physiology, and post harvest. Time required to release high yielding sugarcane varieties is quite long, around 10–12 years. In addition, breeding needs continuous activities and there by sufficient amount of funding and man power supports so that the end products in the form of high yielding varieties would be produced regularly.

Keywords: Sugarcane, breeding, *Saccharum*, heterosis, plant improvement, variety

Pendahuluan

Bab ini menyajikan *review* upaya-upaya perbaikan varietas tebu yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi gula. Stalker (1980) berpendapat bahwa informasi biologi (asal usul, penyebaran, dan taksonomi) suatu tanaman yang dibudidayakan sangat penting dalam rangka memaksimalkan upaya perbaikan dan pemanfaatan tanaman tersebut. Dengan demikian, materi pemuliaan tebu ini akan diawali dengan kajian biologi.

Biologi Tebu

Tanaman tebu tergolong tanaman perdu dengan nama latin *Saccharum officinarum* L. Di Indonesia tebu dikenal dalam berbagai nama, misalnya di Jawa Barat disebut Tiwu, di Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut tebu atau rosan. Morfologi tebu secara umum bisa digambarkan sebagai berikut (Indrawanto *et al.* 2010):

- a. Batang tanaman tebu berdiri lurus dan beruas-ruas yang dibatasi dengan buku-buku. Pada setiap buku terdapat mata tunas. Batang tanaman tebu berasal dari mata tunas yang berada di bawah tanah yang tumbuh keluar dan berkembang membentuk rumpun. Diameter batang antara 3–5 cm dengan tinggi batang antara 2–5 meter dan tidak bercabang.
- b. Akar tanaman tebu termasuk akar serabut tidak panjang, yang tumbuh dari cincin tunas anakan. Pada fase pertumbuhan batang, terbentuk pula akar di bagian yang lebih atas akibat pemberian tanah sebagai tempat tumbuh.
- c. Daun tebu berbentuk busur panah seperti pita, berseling kanan dan kiri, berpelepah seperti daun jagung dan tak bertangkai. Tulang daun sejajar, di tengah berlekuk. Tepi daun kadang-kadang bergelombang serta berbulu keras.
- d. Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50–80 cm. Cabang bunga pada tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan dengan dua bulir panjang 3–4 mm. Terdapat pula benang sari, putik dengan dua kepala putik, dan bakal biji.
- e. Buah tebu seperti padi, memiliki satu biji dengan besar lembaga 1/3 panjang biji. Biji tebu dapat ditanam di kebun percobaan untuk mendapatkan jenis baru hasil persilangan.

Dalam ilmu taksonomi, tebu termasuk famili Graminae dari genus/jenis *Saccharum* yang masuk dalam anggota suku Andropogoneae (Roach dan Daniels 1987). Hubungan taksonomi di dalam famili Graminae dapat dilihat pada Gambar 1.

Famili	Subfamili	Suku	Kelompok subsuku	Subsuku	Genus/jenis	
Graminae	Pooidae	{	{	-“Saccharastrae”	-Imperata cyt	
	Panicoideae				Saccharinae Benth	-Eriochrysis Beauv
	Chloridoideae	Germainiinae WD Clayton			-Eccoilopus Steud	
		Andropogoneae			Andropogoninae Prest	-Spodipogon Trin
		Artraxoninae Benth			-Miscanthus Stopf	
	Arundinoideae	Anthistinae Prest			-Erinathus Micnx	
		Ischaeminae Prest			Sect Ripidium Hen	
	Bambusoideae	Rotiboelinae Prest			Rard -----	
		Tripsacinae Prest			-Miscanthus Anderas	
		Coicinae Reichenb			Sect Diandra King	
	Chionachninae WD Calyton			Kompleks Saccharum		
				-Sclerotachya (Hack)		
				A Camus		
				-Narenga Bor		
				-Saccharum L		
					Sembilan genera (jenis) (lihat Clyton1972; 1973)	

Gambar 1. Kedudukan taksonomi *Saccharum* menurut Roach dan Daniels (1987) dalam Pawirosemadi (2011)

Asal usul tebu masih menjadi perdebatan. Daniels dan Daniels (1975) dan Parthasarathy (1946) berpendapat bahwa pusat pengembangan tebu ada di Assam (India) pada zaman prasejarah. Tapi karena serangan penyakit busuk akar, pengembangan tebu pindah ke wilayah yang lebih sesuai, yakni Melanesia. Di lain pihak, Artschwager dan Brandes (1958) dan Warner (1962) berpendapat bahwa tebu berasal dari Irian (Papua). Pendapat mereka didasarkan pada hasil penelitian botani dan sitogenetik tanaman tebu.

Terdapat 6 spesies dari genus *Saccharum*, yang 2 merupakan tipe liar dan 4 tipe yang dibudidayakan. Spesies liar *S. spontaneum* menyebar di seluruh Afrika, Asia, dan Oceania sedangkan *S. robustum* Jeswit at Brandes menyebar di Melanesia dan Irian Jaya. Empat spesies yang dibudidayakan adalah *S. edule*, *S. robustum*, *S. sinense*, dan *S. officinarum*. Menurut Warner (1962) *S. edule* Hask adalah bentuk mutan dari *S. robustum* dan penyebarannya terbatas ke Melanesia dan Polinesia. *S. sinensis* diduga adalah hasil hibridisasi antara *S. spontaneum* dan *S. officinarum* dan penyebarannya di wilayah Tiongkok, sedangkan *S. barberi* penyebarannya ada di India. Diduga *S. officinarum* masuk ke wilayah India dan Cina melalui Melanesia.

Pemuliaan Tebu

1. Sejarah Pemuliaan Tebu Di Indonesia

Sejarah mencatat bahwa keberhasilan pemuliaan tebu terhadap penyakit sereh yang menyerang sebagian besar pertanaman tebu dunia berhasil dilakukan oleh para peneliti yang bekerja di Proef Station Oost Java yang berlokasi di Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia. Persilangan klon “Kassur” (*back cross* dengan *S. spontaneum*) oleh peneliti Belanda yang menurunkan POJ 2878 menghasilkan varietas tahan penyakit sereh dan industri gula dunia dapat diselamatkan oleh penanaman varietas tersebut. Sampai saat ini POJ 2878 (Gambar 2) masih digunakan sebagai tetua persilangan untuk menghasilkan varietas-varietas tebu unggul di dunia. Skema seleksi tebu yang dilaksanakan di Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan telah dilaporkan dan diulas oleh Han Lioe Hong (1961); Darmodjo (1977); Lamadji dan Sukarso (1986); dan Sukarso dan Budhisantosa (1991). Pada prinsipnya metodologi pemuliaan tidak banyak perubahan sejak dilaporkan oleh Darmodjo (1977). Sejak tahun 1986 penyebaran semai hasil persilangan diperluas di kebun percobaan (KP) di Comal, Jatitujuh, Bungamayang, dan Takalar dengan filosofi menciptakan keragaman genetik sebesar-besarnya (1 juta semai) untuk peluang hasil yang lebih tinggi. Sejak tahun 2004 telah

dilakukan penyempurnaan skema seleksi tebu dengan menerapkan konsep seleksi famili rendemen tinggi dengan daya kepras yang baik (Sugiyarta *et al.* 2004).



Sumber: Cenicana 2014

Gambar 2. Varietas POJ 2878

Pada tahun 2011 terjadi perubahan yang cukup mendasar terkait mandat penelitian tebu. Dengan perpindahan status P3GI menjadi swasta, maka Kementerian Pertanian memberi tugas tambahan kepada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) Malang untuk meneliti tebu. Dengan demikian sejak tahun 2011, tugas Balittas antara lain melakukan penyediaan dan perakitan varietas-varietas unggul tebu. Selain itu pihak swasta juga melakukan kegiatan persilangan dan seleksi tebu antara lain PT Gunung Madu Plantations (GMP) dan Sugar Group Company (SGC) di Lampung, Laju Perdana Indah (LPI) di Sumatra Selatan, PT PG Gorontalo di Gorontalo, Puslitbang Gula Jengkol PTPN X di Kediri, dan Puslitbang Sukosari PTPN XI.

Beralihnya pengelolaan tebu menjadi tebu rakyat intensifikasi membawa perubahan mendasar pada program perakitan varietas. Semakin beragamnya pola pengelolaan dan lingkungan tumbuh pertanaman tebu membawa konsep perubahan dalam strategi pemuliaan tebu, yaitu merakit varietas tebu untuk daya adaptasi khusus sesuai dengan kendala setempat. Varietas demikian disebut sebagai unggul spesifik lokasi.

Perubahan ini menuntut pemahaman bahwa untuk mencapai efisiensi teknis yang tinggi dari suatu varietas unggul harus ditempatkan pada lingkungan tipologi yang sesuai. Setiap wilayah pengembangan pertanaman tebu

diarahkan untuk menanam varietas-varietas unggul yang sesuai dengan eko-lokasinya. Analisis lebih lanjut, varietas tidak hanya berinteraksi dengan faktor-faktor lingkungan tempat tumbuh, tetapi juga dengan waktu dan cara pengelolaannya. Pada perkembangannya tidak tertutup kemungkinannya didapatkan varietas unggul yang mampu beradaptasi di banyak lokasi (*regional universal*).

2. Perubahan Strategis Arah Pengembangan Tebu

Bergesernya lahan tanaman tebu dari sawah ke tegalan dan meluasnya tebu ke lahan marginal serta makin beragamnya pola pengelolaan tebu, merupakan permasalahan yang dihadapi pengelola industri gula Indonesia pada saat ini. Keragaman lingkungan tumbuh tanaman tebu yang besar dan pola budi daya yang berubah menuntut adopsi dan aplikasi teknologi yang sesuai dengan kondisi setempat. Oleh karena itu sasaran program perakitan varietas tebu perlu mengakomodasi perubahan strategis tersebut pada pola pengelolaan tanaman tebu saat ini.

Adanya interaksi antara genotipe x lingkungan (GXE) yang banyak diungkap para peneliti, telah diulas secara mendalam oleh Mirzawan (1995). Beragamnya kondisi lingkungan perkebunan tebu di Indonesia menuntut tersedianya varietas-varietas unggul yang mempunyai daya adaptasi khusus pada lingkungan tumbuhnya. Chang (1999) serta Jackson dan Hogarth (1992) melaporkan bahwa program *regional selection* dan *regional variety trials* terbukti menghasilkan varietas-varietas yang sangat berarti bagi industri gula. Sementara itu di Indonesia dikembangkan metode hubungan korelasi antar-tempat seleksi multilokasi varietas tebu (Sukarso 1988). Hogarth dan Berding (2005) memberikan petunjuk jika seleksi varietas terpilih di lahan petani dengan memberikan hasil tebu tinggi, rendemen tinggi pada spesifik lokasi pertumbuhan, maka hasil tebu per area akan meningkat. Oleh karena itu pengujian varietas perlu dilakukan pada lingkungan berbeda agar dapat menetapkan kesesuaian varietas pada tipologi wilayah yang spesifik.

Studi spesifik lokasi untuk penanaman tebu yang dilakukan Djojosoewardho (1982) memberikan petunjuk pengaruh lingkungan sangat besar perannya dalam tingkat hasil suatu varietas tebu. Hal ini juga diungkapkan oleh Sukarso dan Engle (1981). Vega dan Galves (1996) melakukan pemilihan varietas berdasarkan lingkungannya yang cocok di Kuba berdasarkan data hasil tebu dan *pol* persen tebunya. Untuk mengatasi masalah keragaman lingkungan yang sangat besar, Amaya *et al.* (1999) melakukan studi karakterisasi wilayah untuk kegiatan seleksi tebu di Kolombia.

Suatu varietas yang dirancang sejak pemilihan tetua persilangan dan seleksi sejak dini di wilayah sasaran, akan menunjukkan daya adaptasi yang tinggi dengan lingkungan setempat (Sukarso 1986). Varietas unggul yang dihasilkan dan beradaptasi tinggi dengan ekolokasi setempat akan memberikan produktivitas maksimum. Diakui bahwa sangat sulit diperoleh varietas unggul yang dapat digunakan pada lingkungan yang luas (Sukarso 1986). Dalam pengujian varietas berdasarkan zonasi wilayah di Australia, varietas harapan dari berbagai zona dikumpulkan dan dievaluasi keragaannya untuk menetapkan varietas yang spesifik lokasi (Hogarth dan Berding 2005).

3. Dinamika Program Pemuliaan Tebu

Pemuliaan untuk mendapatkan varietas tebu unggul baru, merupakan pekerjaan yang berkesinambungan sebagai akibat terjadinya proses kemunduran klon (*clonal degeneration*). Hal ini terutama disebabkan oleh tingginya akumulasi penyakit-penyakit sistemik dan daya dukung lahan untuk pertanaman tebu yang semakin menurun. Produktivitas tebu umumnya masih rendah dan sebagian besar arealnya terserang penyakit kerdil *ratoon* (RSD), luka api (*smut*), maupun *streak mosaic virus* (Camstock *et al.* 1991; Camstock *et al.* 1995). Serangan hama penggerek (batang maupun pucuk) menjadi ancaman baru pada areal pengembangan baru yang sebelumnya merupakan wilayah non-ekosistem tanaman tebu. Terbatasnya sumber tenaga kerja juga menyebabkan aplikasi herbisida harus dilakukan pada pengendalian gulma di pertanaman tebu. Tuntutan perakitan varietas tebu diarahkan pada sifat tahan dan toleran terhadap berbagai masalah biotik dan abiotik lingkungan tumbuhnya.

Salah satu indikasi turunnya produktivitas gula di Indonesia adalah makin rendahnya perolehan rendemen yang dicapai oleh beberapa varietas unggul yang ditanam pada saat ini. Efisiensi teknis industri gula akan terjadi apabila rendemen tinggi menjadi sumber bahan baku pabrik gula. Dengan varietas tebu rendemen tinggi akan diperoleh efisiensi tebang angkut dan prosesing nira menjadi gula di pabrik untuk nilai per satuan gula kristal yang dihasilkan. Oleh karena itu seleksi terhadap varietas unggul rendemen tinggi menjadi perhatian penting. Breaux (1984) dan Legendre (1992) melalui seleksi berulang berhasil menaikkan rendemen di Louisiana.

Budi daya keprasan di lahan kering merupakan alternatif usaha tani tebu yang memberikan keuntungan usaha tani tebu yang tinggi. Keuntungan budi daya keprasan adalah memperpendek siklus tanaman, menurunkan biaya produksi, terutama bibit (Hunsigi 1993). Peningkatan daya kepras pada varietas unggul baru yang meningkatkan rasio jumlah tanaman keprasan dari 1 : 1

menjadi 1 : 3 dapat meningkatkan produksi sebesar 1,9% per musim. Kontribusi kenaikan produksi tersebut 50% diantaranya didukung oleh perbaikan genetik (Hogarth 1987). Sementara itu penurunan produksi tebu akibat keprasan di negara subtropis seperti Louisiana disebabkan oleh berbagai faktor yang kompleks, terutama penyakit, hama, kompetisi dengan gulma, manajemen budi daya dan suhu dingin (Ricaud dan Arceneaux 1968).

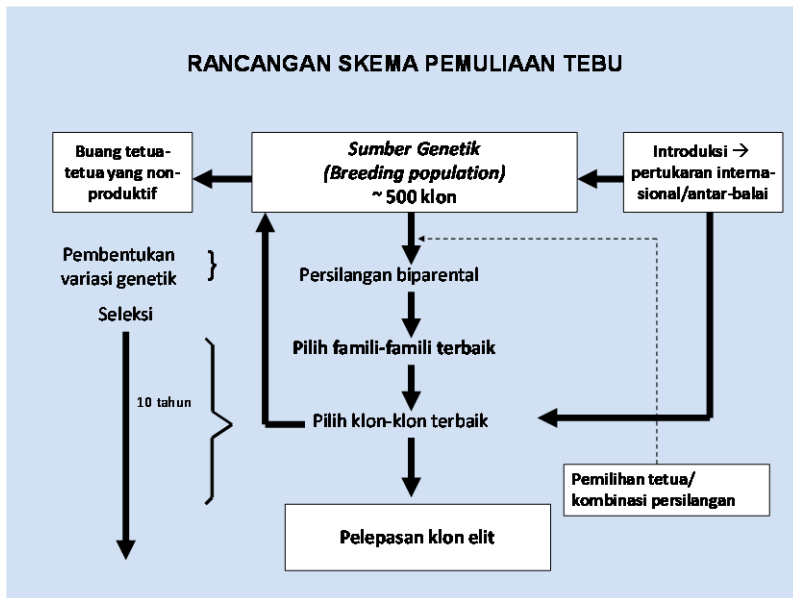
Daya kepras dapat ditingkatkan melalui seleksi langsung terhadap genotipe yang mempunyai produktivitas tanaman kepras yang tinggi. Sifat-sifat seperti jumlah batang banyak, viabilitas mata, pembentukan akar, dan akumulasi biomassa dapat menjadi indikator varietas dengan daya kepras baik (Sundara 1989). Bobot batang juga merupakan variabel penting dalam uji daya kepras (Chapman 1988). Seleksi daya kepras yang dilakukan oleh Milligan (1994) menekankan pada hasil tebu dan komponen-komponennya: jumlah batang, berat batang, panjang batang, dan diameter batang. Milligan *et al.* (1990) juga menekankan pada hasil sukrosa karena berkaitan erat dengan hasil tebu. Sundara (1989) menggunakan parameter jumlah batang, viabilitas mata, pembentukan akar, dan produksi biomassa sebagai ukuran daya kepras. Selain itu daya kepras juga ditunjukkan oleh hasil tebu, karena hasil tebu berkorelasi positif dengan parameter jumlah batang, viabilitas mata, dan biomassa (Chapman 1988). Studi awal oleh Mirzawan dan Sugiyarta (1999) menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang nyata hasil tebu pada kepras kedua dengan jumlah batang dan tinggi batang pada tebu umur 3 atau 6 bulan.

Penurunan hasil kepras umumnya berhubungan dengan kerentanan penyakit, hama, dan kemampuan kompetisi dengan gulma (Singh dan Singh 2002). Korelasi positif genotipe tebu yang tinggi terhadap daya kepras dengan hasil gulanya adalah pada jumlah batang digiling (*millable cane*), berat per batang, dan tinggi batang (Thippeswamy *et al.* 2003). Singh *et al.* (2005) mendapatkan petunjuk seleksi daya hasil kepras yang penting adalah pada jumlah batang digiling dan berat per batang. Panjang ruas dan jumlah ruas berpengaruh pada hasil tebu kepras, tetapi panjang ruas berkorelasi negatif terhadap hasil gula (Thangavelu 2005).

Terbatasnya ketersediaan tenaga kerja, maka penggunaan alat mesin mekanis menjadi sarana utama budi daya tebu. Kondisi ini menuntut perakit-an varietas tebu diarahkan pada keadaan lingkungan dan iklim yang beragam, cocok untuk budi daya mekanis dengan batang tegak, daun tua mudah mengelenthek sendiri, berdaya kepras baik, serta tahan terhadap hama dan penyakit penting serta toleran herbisida (Lo 1987; Hellman dan Payet 1998).

Program pemuliaan tanaman dimulai dari plasma nutfah sebagai koleksi inti kemudian ditetapkan calon tetua sebagai koleksi kerja persilangan yang

dapat diperoleh dari hasil nobelisasi, introduksi luar negeri, ekspedisi pada pusat asal dan penyebaran tebu (eksplorasi), maupun menggunakan varietas tebu unggul yang sudah ada (Gambar 3). Evaluasi karakter genotipe varietas tebu dalam koleksi inti akan menghasilkan klon-klon yang dimasukkan sebagai koleksi kerja dan ditanam dalam kebun persilangan (Atkin *et al.* 2009).



Gambar 3. Skema persilangan tebu

Besarnya interaksi genetik x lingkungan (GXE) yang disebabkan oleh perbedaan lokasi seleksi dan kondisi budi daya yang diterapkan memerlukan konsep perakitan varietas untuk spesifik lokasi. Karena itu pemilihan lokasi dan teknik budi daya yang relevan dengan tujuan seleksi dan pengujian adaptasi patut mendapatkan perhatian dalam program pemuliaan tebu.

4. Konsep Dasar Pemuliaan Tebu

A. Pengelolaan dan Pemanfaatan Plasma Nutfah

Prinsip program pemuliaan adalah mendapatkan segregan heterosis yang maksimal dari suatu persilangan (Falconer 1989). Derajat heterosigositas yang tinggi hanya dapat diperoleh dari persilangan dengan dasar genetik yang berkerabat jauh. Informasi tersebut dapat dinilai dari besarnya keragaman ge-

netik plasma nutfah yang dimiliki oleh lembaga pemuliaan. Semakin besar ragam genetik plasma nutfah yang dimiliki mempunyai makna bahwa lembaga tersebut memiliki peluang lebih baik dalam perakitan varietas unggulnya. Oleh karena itu koleksi plasma nutfah yang bernilai tinggi ditentukan oleh besarnya ragam genetik yang dimiliki, dan bukan karena banyaknya jumlah koleksi plasma nutfah.

Dasar genetik varietas tebu sangat terbatas. Pada saat ini terdapat empat sistem dasar genetik tebu di dunia, yaitu POJ (Proef Station of Java, Indonesia), Co (Coimbatore, India), H (Hawai), dan F (Formosa, Taiwan). Namun demikian, apabila dipelajari lebih lanjut dasar genetik tersebut masih sangat dekat dengan POJ dan Co. Oleh karena itu inovasi memperluas dasar genetik plasma nutfah persilangan sangat diperlukan.

Usaha memperluas dasar genetik varietas unggul dilakukan sebagai kegiatan pemuliaan dasar, yaitu kegiatan persilangan dengan memasukkan sumber gen dari varietas unggul dalam dan luar negeri maupun nobelisasi jenis-jenis liar. Nobelisasi sendiri merupakan kegiatan persilangan yang diarahkan pada akumulasi sifat genetik tertentu yang dimiliki oleh jenis liar (*S. spontaneum*, *Erianthus* sp., *Mischantus* sp., dll.) (Gambar 4.) pada *S. officinarum* maupun klon-klon hibrida. Secara spesifik impor varietas luar negeri untuk koleksi kerja persilangan diarahkan agar bersumber dari negara yang tidak menganut sistem dasar genetik POJ dan Co.

Evaluasi koleksi inti terhadap sifat agronomis dan ketahanannya terhadap sifat-sifat penting perlu lebih diintensifkan. Dengan cara ini keunggulan dan kelemahan sifat varietas baru baik dari introduksi maupun ekspedisi dapat segera diketahui sehingga pemanfaatan plasma nutfah guna memperkaya basis genetik varietas yang dihasilkan dapat segera dilakukan.

Pentingnya sifat ketahanan terhadap kekeringan, hama dan penyakit, ketahanan keprasan, maupun sifat lain seperti toleransi terhadap herbisida, dan rendemen tinggi mendorong perakitan sifat-sifat tersebut mulai dari benah tua yang dipakai. Sifat ketahanan terhadap kekeringan dan keprasan serta terhadap hama dan penyakit umumnya dibawa oleh tebu liar seperti *S. spontaneum*. Sementara itu sifat ketahanan terhadap herbisida seperti ametrina diduga dibawa oleh bermacam spesies tebu mulai dari tebu asli (*S. officinarum*) hingga berbagai tebu liar (Kuntohartono 1977; Chudjaemi 1992). Karenanya tetua-tetua yang potensial dan membawa sifat ketahanan terhadap penyakit dan herbisida penting perlu ditanam dalam koleksi kerja persilangan.

B. Koleksi Inti dan Koleksi Kerja Persilangan

Pemilihan tetua persilangan yang berdaya gabung baik merupakan upaya awal pemuliaan tebu untuk menghasilkan varietas unggul. Saat ini pemilihan tetua tersebut didasarkan atas persentase keturunan yang terpilih sehingga tidak sederhana dan sulit karena terlalu besarnya jumlah plasma nutfah yang ada. Oleh karena itu jumlah koleksi yang besar ini perlu disederhanakan tanpa menurunkan ragam genetiknya dengan membentuk koleksi inti yang dapat dimanfaatkan secara optimal oleh pemulia tebu. Dalam koleksi inti tersebut klon-klon plasma nutfah telah dikategorikan dalam kelompok-kelompok berdasarkan jarak genetik sifat-sifatnya. Setiap kelompok besar dapat diwakili oleh beberapa individu anggota kelompok bersangkutan, sehingga tidak semua klon perlu dipelihara sebagai koleksi plasma nutfah. Sebagai bahan tetua persilangan dapat diambil subsets dari koleksi inti sebagai koleksi kerja.



Gambar 4. Spesies liar *Saccharum*

Koleksi inti disusun berdasarkan keragaman genetik sifat-sifat agronomi, morfologi, dan molekuler memberikan solusi yang tepat. Dengan demikian teknologi yang sedang dirakit ini akan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan dan pemanfaatan plasma nutfah tebu serta menyederhanakan proses pemilihan tetua persilangan secara optimal. Studi keragaman genetik ini telah terbukti membantu pemilihan kombinasi persilangan pada kelompok tanaman *Saccharum* spp. (Cornide *et al.* 1999).

Evaluasi sifat agronomis, morfologis, dan molekuler tebu telah dilakukan P3GI atas sejumlah varietas introduksi (Widyasari 2009; Widyasari dan Lestari 2009; Sugiyarta 2009). Masih terdapat banyak varietas tebu hibrida, introduksi maupun klon tebu liar yang belum terevaluasi sifat-sifatnya, sehingga pemanfaatannyapun belum optimal. Perakitan koleksi inti plasma nutfah tebu diperlukan untuk menyederhanakan koleksi plasma nutfah yang ada sehingga pemeliharaannya dapat dilakukan secara lebih efisien.

Efisiensi pengelolaan dan pemanfaatan plasma nutfah dapat ditingkatkan apabila jumlah yang dilestarikan dapat disederhanakan dengan membentuk koleksi inti (Frankel 1984) yang diutamakan untuk evaluasi dan pemanfaatannya dalam persilangan (Brown 1989a). Koleksi inti umumnya terdiri atas 5–10% dari jumlah koleksi dan idealnya melestarikan minimal 70% dari allele yang dikandung oleh seluruh koleksi (Brown 1989a). Syarat koleksi inti yang baik harus mewakili keragaman genetik seluruh koleksi yang ada (Brown 1989b).

C. Dasar Genetika Tebu

Species *Saccharum* merupakan poliploid yang amat kompleks dengan jumlah kromosom yang sangat besar. Jumlah kromosom dapat berubah karena munculnya aneuploid dalam spesies, seperti ketidakaturan proses meiosis sederhana. Poehlman dan Borthakur (1969) mendapatkan jumlah kromosom beberapa spesies *Saccharum* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah kromosom species *Saccharum* dan kerabatnya

No.	Spesies	Jumlah kromosom
1	<i>S. officinarum</i>	2n = 80
2	<i>S. barberi</i>	2n = 82, 90, 92, 107, 116, 124
3	<i>S. sinensis</i>	2n = 116, 118
4	<i>S. spontaneum</i>	2n = 40 sampai 128
5	<i>S. robustum</i>	2n = 60 sampai 148
6	<i>Erianthus maximus</i>	2n = 60 sampai 100
7	<i>Sclerotachya fusta</i>	2n = 30
8	<i>Narenga porphyrocoma</i>	2n = 30

Sumber: Poehlman dan Borthakur (1969)

Persilangan dapat terjadi antargenus, dan kemungkinan terjadinya susunan kromosom intrograsi antarspesies tersebut digambarkan oleh Poehlman dan Borthakur (1969) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kemungkinan susunan kromosom F1 antarspesies *Saccharum*

No.	Persilangan			Susunan kromosom F1
1	<i>officinarum</i>	x	<i>spontaneum</i>	2n + n
2	<i>officinarum</i>	x	<i>barberi</i>	2n + n
3	<i>officinarum</i>	x	<i>sinensis</i>	2n + n
4	<i>officinarum</i>	x	<i>robustum</i>	n + n
5	<i>spontaneum</i>	x	<i>officinarum</i>	n + n
6	<i>barberi</i>	x	<i>officinarum</i>	n + n
7	<i>sinensis</i>	x	<i>officinarum</i>	n + n
8	<i>robustum</i>	x	<i>officinarum</i>	n + n

Sumber: Poehlman dan Borthakur (1969)

Sejak konsep nobelisasi dilaksanakan pada awal tahun 1890 (Belanda dan India), belum banyak negara lain membuat kesuksesan sampai saat ini pada terobosan pemuliaan varietas tebu. Nobelisasi sebagai dasar membangun sistem dasar genetik awal dengan melakukan silang balik pada klon-klon liar. Umumnya *S. spontaneum* menjadi sumber silang balik untuk membentuk klon-klon nobel yang bermanfaat untuk program pemuliaan varietas tebu. Namun demikian nobelisasi untuk memindahkan sifat adaptasi tinggi pada berbagai lingkungan tumbuh dan cepatnya pembentukan biomassa *Erianthus* sp. pada saat ini juga menjadi acuan untuk nobelisasi sifat tersebut pada *S. officinarum* maupun klon-klon hibrida.

Kegiatan pemuliaan dasar bertujuan mempersiapkan kondisi plasma nutfah sebagai koleksi inti yang akan digunakan sebagai koleksi kerja persilangan. Pembentukan koleksi inti dimanfaatkan sebagai sumber sebagai kegiatan benah tetua (dalam kerangka perluasan ragam genetik) untuk membangun koleksi kerja persilangan. Pemuliaan dasar dilakukan dengan persilangan antargenerik, diarahkan untuk menyediakan ragam genetik baru (nobelisasi) yang lebih baik sebagai bahan persilangan yang bermanfaat untuk kegiatan pemuliaan terapan yang akan menghasilkan varietas unggul komersial. Oleh karena itu konsentrasi dari kegiatan pemuliaan dasar hendaknya fokus diarahkan untuk pembentukan ragam genetik baru dalam benah tetua untuk kemudian dapat dimanfaatkan untuk persilangan terapan. Kegiatan silang balik dan seleksi berulang untuk akumulasi sifat genetik dengan pemanfaatan koleksi inti merupakan kegiatan besar yang tetap harus dilakukan. Sementara itu kegiatan pemuliaan dasar jangan dicampuradukkan dan dikerjakan mengikuti metodologi pemuliaan terapan.

D. Masa Pembungaan dan Persilangan

Sasaran pemuliaan tanaman tebu saat ini adalah peningkatan kadar gula, selain hasil tebu, ketahanan penyakit, adaptasi luas, serta baik untuk dikepras. Peningkatan keragaman genetik plasma nutfah merupakan langkah pertama untuk perbaikan varietas. Kegiatan pemuliaan tebu adalah menghasilkan heterosis yang berasal dari rekombinasi genotipe tetua persilangan. Prinsip dasar untuk mencapai heterosis adalah pemilihan kombinasi persilangan yang sangat baik (konsep *proven cross* dan *proven parent*) banyak diulas Sukarso dan Budhisantosa (1991). Heterosis yang sangat kuat terjadi apabila dasar pewarisan berasal dari kombinasi persilangan antartetua dengan hubungan kerabat jauh, di samping perbedaan performa dan heterogenitasnya.

Tebu merupakan penyerbuk silang yang tidak toleran terhadap proses silang dalam (*inbreeding*). Individu tanaman tebu memiliki derajat heterosigositas yang tinggi dan klon unggul dianggap disebabkan oleh heterosis (Simmonds 1978).

Kegiatan persilangan yang dilakukan menggunakan metode Jawa (*kebun*) dan cangkakan (*marcotting*). Dengan kedua metode tersebut dapat dilakukan bentuk persilangan *biparental* maupun *policross* (Gambar 5 dan 6). Penggunaan larutan Hawaii berhasil dilakukan di banyak negara sangat menjanjikan dalam menurunkan biaya bahan dan tenaga yang cukup besar dalam program persilangan tebu.

Indonesia dengan iklim tropis menyebabkan program persilangan tebu dapat dilakukan tanpa hambatan yang berarti karena umumnya varietas tebu dapat berbunga dan menghasilkan biji yang memadai. Persilangan yang menghasilkan biji di atas satu juta dengan mudah dapat dilakukan (Sukarso dan Budhisantosa 1991). Kemudahan menghasilkan biji hasil persilangan tersebut suatu modal dasar yang harus dapat dimanfaatkan tanpa menurunkan kualitas persilangan dan kombinasi yang dibuat. Karenanya peningkatan kualitas semai hasil persilangan tersebut harus dilakukan dengan mengevaluasi kombinasi persilangan dan mengurangi terjadinya silang dalam.



a. Kelompok bunga tebu



b. Bunga tebu yang telah membuka penuh



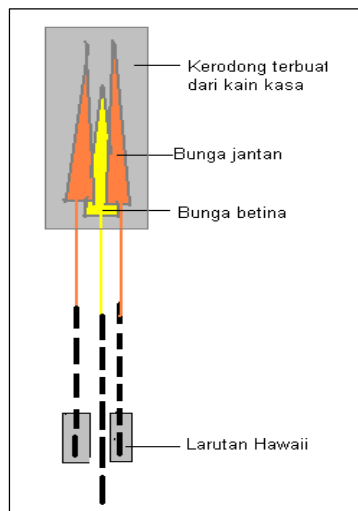
c. Persilangan antara 2 tetua (*biparental cross*)



d. Persilangan dengan banyak pejantan (*Policross*)

Sumber: Rossi 2016

Gambar 5. Bunga tebu dan tipe persilangan tebu



Gambar 6. Diagram persilangan biparental tebu

Hogarth (1980) menunjukkan efek negatif akibat silang dalam yang tidak disengaja pada tanaman tebu. Sementara itu Chang (1995); McIntyre dan Jackson (1996); dan Stringer *et al.* (1996) juga menunjukkan pentingnya *cross breeding* pada tanaman tebu. Dengan metode kastrasi, Soeprijanto dan Sukarso (1989) menunjukkan bahwa perendaman malai yang belum membuka dalam etanol 63% selama 9 menit mampu mematikan polen namun tetap mempertahankan vitalitas stigma. Cara ini diaplikasikan dalam semua persilangan cangkakan.

Masa waktu antesis bunga tebu terbatas antara 25 sampai dengan 35 hari sejak munculnya bunga siap diserbuki. Sementara itu waktu berbunga setiap klon tebu juga ditentukan oleh kondisi lingkungan dan sifat genetiknya, yaitu berbunga awal, tengah, dan akhir musim pembungaan. Oleh karena itu percepatan dan penundaan masa berbunga suatu klon yang akan dipasangkan untuk persilangan harus disiapkan dengan baik. Walaupun di Indonesia (bagian selatan khatulistiwa) musim pembungaan tebu terbatas pada April hingga Juli setiap tahunnya tetapi kelompok klon berbunga awal (April–Mei) sulit dapat disilangkan dengan klon yang berbunga akhir (Juni–Juli). Oleh karena itu sinkronisasi bunga yang akan dipasangkan untuk suatu persilangan harus dilakukan (Moore dan Nuss 1985). Metode persilangan dengan penyerbukan polen buatan untuk sinkronisasi persilangan dapat dilakukan dengan metode penyimpanan polen yang dihasilkan pada awal musim pembungaan sedemikian hingga dapat diserbukkan pada musim akhir pembungaan.

Studi awal tentang status bunga yang telah dilakukan oleh P3GI memberikan petunjuk bahwa kelompok klon yang berbunga lebih awal cenderung menghasilkan proporsi tingkat fertilitas polen yang lebih tinggi. Sebaliknya pada kelompok klon yang berbunga lebih lambat akan menghasilkan proporsi tingkat sterilitas polen yang tinggi atau tingkat fertilitas polen yang menurun. Oleh karena itu pada awal pembungaan (April–Mei) dapat dilakukan pengumpulan polen atas klon berbunga awal kemudian disimpan dalam wadah kedap udara dan disimpan pada suhu -80°C. Kemampuan polen berkecambah pada penyimpanan hingga 8 minggu hanya menurun menjadi 80%, sehingga untuk keperluan persilangan di akhir musim bunga (Juni–Juli) masih dapat dilakukan. Penyemprotan polen tebu dengan *carrier bedak neutral* yang halus masih sangat efektif untuk proses penyerbukan.

E. Penetapan Tetua Persilangan

Pemilihan kombinasi tetua persilangan menganut kepada nilai daya gabung khusus dan daya gabung umum yang pada tebu didekati dengan nilai *proven*

cross maupun *proven parent* (Budhisantosa dan Sukarso 1991) berdasarkan penampilan keturunan pada tahap seleksi tahap 1. Sementara itu Mirzawan *et al.* (1997) mengusulkan penyempurnaan nilai *proven cross* maupun *proven parent* berdasarkan uji daya hasil pendahuluan (UDHP). Dengan demikian yang disebut *proven* adalah persilangan yang terbukti menghasilkan keturunan terpilih dengan jumlah tertentu sampai dengan tahap UDHP.

Selain penetapan nilai *proven cross* yang sudah berjalan, maka penetapan kombinasi persilangan diperkuat dengan evaluasi sifat tertentu pada famili keturunan dalam konsep seleksi famili. Sehingga pengulangan persilangan *proven* hanya dilakukan pada tetua-tetua yang menghasilkan famili keturunan yang baik atas sifat genetik yang ditetapkan. Percobaan-percobaan seperti seleksi famili yang sudah diteliti di Indonesia (Sukarso 1986) dan diaplikasikan dalam program pemuliaan di Australia (Cox dan Hogarth 1993; Cox *et al.* 1996; Jackson *et al.* 1996) akan dapat mempercepat evaluasi dan seleksi kombinasi tetua dalam persilangan. Kunci dari penetapan tetua persilangan adalah bagaimana kombinasi tetua yang disilangkan mampu memperbaiki populasi genetik keturunan seleksi yang dihasilkan. Kombinasi karakter sasaran dalam program seleksi telah diarahkan sejak penetapan induk persilangannya. Pada saat ini seleksi famili rendemen tinggi, famili daya kepras baik, famili ketahanan penggerek batang, dan famili ketahanan penggerek pucuk sudah dilakukan di P3GI. Konsep ini masih perlu diperluas dengan kajian yang lebih mendalam pada penilaian kemajuan genetik sifat yang ada.

F. Pengembangan Data Base Pemuliaan

Guna meningkatkan efisiensi dan kecepatan kerja dalam perencanaan, administrasi dan pembuatan label persilangan, maka komputerisasi program persilangan sudah diterapkan dalam kegiatan sehari-hari. Data varietas yang tersedia di kebun persilangan, jumlah cangkakan yang telah dibuat, kelamin bunga, ketersediaan bunga pada hari yang bersangkutan, disertai data dan definisi kombinasi *proven cross* dapat dimasukkan ke dalam komputer. Dengan demikian penentuan kombinasi persilangan yang dapat dilakukan pada hari yang bersangkutan sekaligus dengan pembuatan labelnya telah dapat dilakukan melalui komputer. Program komputer tersebut masih perlu ditingkatkan dengan memasukkan data ketahanan terhadap penyakit dan sifat-sifat lain, sehingga persilangan yang akan dilakukan merupakan kombinasi yang telah memperhatikan faktor-faktor tersebut. Dengan demikian sangat diharapkan bahwa komputerisasi persilangan ini meningkatkan efisiensi program persilangan.

Pengembangan sistem data base pada seluruh kegiatan pemuliaan sudah saatnya wajib dilakukan sedemikian hingga hubungan dokumen atas data evaluasi koleksi inti, koleksi kerja, penetapan persilangan, hasil-hasil seleksi pendahuluan, hasil multilokasi hingga penetapan varietas unggul saling dikomunikasikan dalam bentuk data base. Dengan otomatisasi sistem data base pemuliaan akan sangat membantu tingkat efisiensi persilangan dan seleksi ke depan yang makin mudah diakses.

G. Penyusunan Data Teknis Rekomendasi Varietas Unggul

Untuk mengetahui data teknis pengembangan dan perilaku setiap varietas unggul yang direkomendasikan, maka perlu dilakukan penelusuran aspek-aspek penting yang menjadi perhatian (atau disebut juga gatra), meliputi gatra agronomi dan gatra pabrikasi. Gatra agronomi terkait dengan kemampuan varietas menghasilkan bobot tebu dan potensi rendemen secara genetik di kebun. Gatra agronomi suatu varietas, seperti kategori kemasakan, masa tanam optimal, masa tebang optimal, kemampuan keprasan, kebutuhan akan jenis hara, dan kesesuaian akan tipologi wilayah, sangat dibutuhkan dalam konsep penataan varietas tebu. Sementara itu gatra pabrikasi menyangkut kemampuan varietas menghasilkan puncak rendemen, daya tahan rendemen di kebun, kecepatan terbentuknya inversi gula, kadar sabut, dan kualitas nira pada proses pengolahan gula.

Produktivitas tanaman tebu akan menjadi optimal apabila mendapatkan keadaan lingkungan yang menguntungkan dan menunjang pertumbuhannya. Kelemahan varietas terhadap kondisi lingkungan atau dengan tipologi wilayah pertumbuhan yang terbatas dan sulit dikendalikan, dapat diantisipasi dengan varietas yang toleran terhadap keterbatasan tersebut. Beberapa kondisi lingkungan tersebut adalah faktor kekeringan, gangguan drainase, keterlambatan ketersediaan pupuk, jarak tanam, dan pola pemeliharaan tanaman yang di bawah optimal.

Karakter genetik setiap varietas di kondisi lingkungan terbatas, pada umumnya menunjukkan respon yang berbeda. Oleh karena itu dengan diketahui keunggulan dan toleransi varietas pada kondisi lingkungan terbatas, maka penempatan varietas pada tipologi wilayah tumbuh yang sesuai dapat memberikan kontribusi hasil tebu dan potensi rendemen yang terbaik. Respon varietas tersebut merupakan bagian dari aspek gatra agronomi yang mempunyai peran untuk pencapaian potensi varietas. Apabila gatra agronomi dipenuhi, maka pertumbuhan varietas tebu akan optimal. Sementara itu agar potensi rendemen dapat dicapai, maka gatra pabrikasi perlu dipahami antara

lain kapan tebu ditebang pada puncak rendemen, berapa lama daya tahan rendemen setelah tebu ditebang, kadar sabut tebu sebagai sumber energi pabrik, dan lama tunda tebu digiling sebelum terbentuk gula inversi.

Puncak rendemen dari suatu varietas tebu lebih ditentukan oleh faktor genetik, yang juga disebut sebagai tipe kemasakan. Varietas tebu memiliki tiga tipe kemasakan, yakni masak awal, tengah, dan lambat. Kategori kemasakan tebu terkait dengan lama tanaman tebu yang telah berumur fisiologi dewasa (lebih dari 9 bulan) mengalami kondisi lengas tanah rendah menuju layu permanen (kurang dari 50% kapasitas lapang) dan menunjukkan tingkat kecepatan masaknya (Sugiyarta 1994). Komposisi dan proporsi varietas menurut tipe kemasakan perlu direncanakan dengan tepat. Melalui penelusuran informasi gatra agronomi dan gatra pabrikasi setiap varietas tebu akan diperoleh perencanaan tanam sesuai tipologi dan kategori kemasakannya sehingga akan diperoleh hasil tebu maksimum dengan tingkat rendemen yang tinggi. Oleh karena itu rekomendasi varietas hendaknya telah melalui kegiatan kajian aspek gatra agronomi dan gatra pabrikasi yang lengkap, sedemikian hingga keunggulan dan kelemahan suatu varietas dapat diketahui lebih pasti.

Varietas Unggul

Varietas unggul merupakan salah satu teknologi yang mempunyai peran penting dalam peningkatan produktivitas perkebunan. Sampai saat ini pemerintah cq. Menteri Pertanian telah melepas lebih dari 100 varietas tebu sebagai benih bina. Beberapa varietas unggul yang telah dilepas oleh Menteri Pertanian dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan kemasakannya, varietas tebu dibedakan menjadi tiga:

1. Varietas genjah (masak awal), mencapai masak optimal $\pm$ 8–10 bulan.
2. Varietas sedang (masak tengahan), mencapai masak optimal pada umur $\pm$ 11–12 bulan.
3. Varietas dalam (masak lambat), mencapai masak optimal pada umur lebih dari 12 bulan.

Mengingat masa panen tebu dilakukan pada saat yang relatif serempak, akan tetapi ditanam pada waktu yang lebih panjang karena bergiliran, maka perlu diatur komposisi penanaman varietas dengan umur masak yang berbeda, yaitu masak awal, masak tengah, dan masak lambat. Komposisi varietas dengan tingkat kemasakan masak awal, masak tengah, dan masak lambat yang dianjurkan berdasarkan luas tanam adalah 30:40:30.

Tabel 3. Varietas unggul tebu

Varietas	Sifat masak	Produksi				SK Menteri Pertanian
		Lahan sawah		Lahan tegalan		
		Tebu (kw/ha)	Rend (%)	Tebu (kw/ha)	Rend (%)	
PS 865	Awal–tengah	NA	NA	804 + 112	9,38+ 1,41	342/Kpts/SR 12D/3/2008
Kidang Kencana	Tengah–lambat	1 125 + 325	10,99 + 1,65	992 + 238	9,51 + 0,88	334/Kpts/SR 12D/3/2008
PS 881	Tengah–lambat	1 221 + 228	8,34 + 0,60	888 + 230	9,19 + 0,64	56/Kpts/SR.1 20/1/2004
PS 891	Tengah–lambat	1 106 + 271	9,33 + 1,19	844 + 329	10,19 + 1,35	55/Kpts/SR.1 20/1/2004
PSBM 901	Awal–tengah	NA	NA	704 + 162	9,93 + 1,02	54/Kpts/SR.1 20/1/2004
PS 921	Tengah	1 391 + 101	8,53 + 1,19	NA	NA	53/Kpts/SR.1 20/1/2004
PS 951	Lambat	1 461 + 304	9,87 + 0,60	NA	NA	52/Kpts/SR.1 20/1/2004
PA 0218	Awal–tengah	-	-	579–785	7,98–12,90	439/Kpts/KB.120 /7/2015
PA 028	Awal	-	-	657–1225	8,08–11,4	438/Kpts/KB.120 /7/2015

Sumber: Indrawanto *et al.* 2010

Penutup

Upaya pemuliaan tanaman tebu terbukti mempunyai kontribusi yang sangat penting dalam mendukung industri gula dunia. Perakitan *the wonder cane* (POJ 2878) oleh Dr. Jeswiet, peneliti tebu di Proef Station Oost Java, Indonesia merupakan tonggak sejarah dalam penyelamatan industri gula dunia akibat serangan penyakit sereh. Mengingat tantangan saat ini dan ke depan untuk industri gula akan lebih beragam dan kompleks, meliputi cekaman biotik (hama dan penyakit), abiotik (*soil problem*, seperti cekaman kekeringan, gangguan drainase, salinitas lahan, dll.), dan permintaan konsumen yang dinamis (bioetanol, cogen, ramah lingkungan, dll.) maka pemulia tebu diharapkan dapat bekerja secara efektif, efisien, dan koordinatif memanfaatkan potensi plasma nutfah kerabat tebu dalam program pemuliaan mereka.

Daftar Pustaka

- Amaya, A., J.S. Torres, R. Quintero, C.A. Luna, C.A. Moreno, A.E. Palma, J. Carbonell, E. Cortez, and H. Ranjel. 1999. “Mega environments for the Colombian sugar industry: Characterization and implications for varietal selection and crop management”. *Proc. XXIII ISSCT Congress*, India. pp. 449–458.

- Artschwager, E and E.W. Brandes. 1958. *Sugarcane (Saccharum officinarum L.): Origin, Classification, Characteristics and Descriptions of Representatives Clone*. USDA Handbook 122. 307 p.
- Atkin, F.C., M.J. Dieters, J.K. Stringer. 2009. "Impact of depth of pedigree and inclusion of historical data on the estimation of additive variance and breeding values in a sugarcane breeding program". *Theoret Appl. Genet.*, 119:555–565
- Breaux, R.D. 1984. "Breeding to enhance sucrose content of sugarcane varieties in Louisiana". *Field Crops Research*, 9:59–67.
- Brandes. 1958. Origin, classification, and characteristics. In: Artschwager, E. and Brandes. E.W. (eds.) *sugarcane (S. officinarum L.)*. USDA Handbook. 122:1–35.
- Brown, A.H.D. 1989a. "The case for core collection". In: Brown, A.H.D., O.H. Frankel, D.R. Marshall, and J.T. Williams (Eds). *The Use of Plant Genetic Resources*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 136–156
- Brown, A.H.D. 1989b. "Core collection: A practical approach genetic resources management". *Genome*, 31:818–824.
- Budhisantosa, H. dan G. Sukarso. 1991. "Komputerisasi perencanaan persilangan tebu". *Berita P3GI*, 6:50–57.
- Camstock, J.C., J.D. Miller, J.L. Dean, and M.J. Davis. 1991. "Screening for ratoon stunting disease resistance using a tissue blot assay". *Sugar Cane*, 6:6.
- Camstock, J.C., J.D. Miller, J.M. Shine, and P.Y.P. Tai. 1995. "Screening for resistance to ratoon stunting disease in Florida". *Proc. ISSCT 22nd Congress*, 2:520–526.
- Cenicana. 2014. Fechas históricas de la agroindustria de la caña en Colombia. Agroindustria de la Caña. p. 13.
- Chang, Y.S. 1995. "Implications of inbreeding coefficient and coancestry in sugarcane breeding program". *Proc. ISSCT XXII Congress 2*. pp. 307–311.
- Chang, Y.S. 1999. "Efficiency of regional selection in a sugarcane breeding program". *Proc. ISSCT XXIII Congress*, India. pp. 459–466.
- Chapman, L.S. 1988. "Constraints to production in ratoon crops". *Proc. Australian Soc. Sugar Cane Technol. Meeting*. pp. 189–192.
- Chudjaemi, M. 1992. "Daya Tanggap *Saccharum robustum* dan Kerabat Dekatnya terhadap Herbisida Ametrina". Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Merdeka Pasuruan. Tidak diterbitkan.
- Clayton, W.D. 1972. "The awned genera of Andropogonae. Studies in the Graminae". *Kew Bull.* 27(3):457–474.
- Clayton, W.D. 1973. "The awnless genera of Andropogonae. Studies in the Graminae". *Kew Bull.* 28(1):49–58.
- Cornide, M.T., J.E. Sanches, H. Leonard, G. Galvez, E. Canales, and J. Mesr. 1999. "Genetic diversity among a group of sugarcane varieties and its relationships to family performance". *Proc. ISSCT XXIII Congress*, India. pp. 486–494.
- Cox, M.C. and D.M. Hogarth. 1993. "The effectiveness of family selection in early stages of a sugarcane improvement program". *Proc. Australian Plant Breeding Conference*, 2:53–54.
- Cox, M.C., T.A. McRae, J.K. Bull, and D.M. Hogarth. 1996. "Family selection improves the efficiency and effectiveness of a sugarcane improvement program". In: Wilson, J.R., D.M. Hogarth, J.A. Campbell, and A.L. Garside (Eds.). *Sugarcane: Research Towards Efficient and Sustainable Production*. Brisbane: CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures. pp. 42–43.

- Daniels, J. and S.A. Daniels. 1975. "Geographical, historical and cultural aspects of the origin of Indian and Chinese *S. barberi* and *S. sinensis*". *ISSCT Sugarcane Breeding Newsletter* 36:4–23.
- Darmodjo, S. 1977. *Skema Seleksi Balai Penelitian Perusahaan Perkebunan Gula*. Himpunan Diklat Ilmu Pemuliaan dan Ilmu-ilmu Penunjangnya. BP3G Pasuruan.
- Djojosoewardho, A.S. 1982. "Klasifikasi kebun tebu berdasarkan interaksi varietas dan lokasi". *Majalah Perusahaan Gula*, BP3G Pasuruan, hlm. 87–93
- Falconer, D.S. 1989. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman, NY. 438p.
- Frankel, O.H. 1984. "Genetic perspective of germplasm conservation". In Aber, W.K., K. Llimensee, W.J. Peacock, and P. Stalinger (Eds). *Genetic Manipulation: Impact on Man and Society*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 161–170.
- Han Lioe Hong. 1961. "Sugarcane breeding in Indonesia". Berita-berita dari perusahaan Gula di Indonesia 1. *Berita P3GI*.
- Hellman, M. and J. Payet. 1998. Selection in Reunion island: Importance of selection in ratoon cane (Abstract). In efficiency of sugarcane breeding". *4th ISSCT Breeding and Germplasm Workshop*, Mauritius.
- Hogarth, D.M. 1980. "The impact of accidental selfing on the analysis of a diallel cross with sugarcane". *Euphytica*, 29:737–746.
- Hogarth, D.M. 1987. "Genetics of sugarcane". In: D.J. Heinz (Ed). *Sugarcane Improvement Through Breeding*. Amsterdam: Elsevier Press. Pp. 255–271.
- Hogarth, D.M. and N. Berding. 2005. "Breeding for a better industry: conventional breeding". *Proc. ISSCT XXV Jubile Congress*. Guatemala. January 30 to Feb 4, 2005.
- Hunsigi, G. 1993. *Production of Sugarcane. Theory and Practice*. New York: Springer-Ver-lag. p. 245.
- Indrawanto, C., Purwono, Siswanto, M. Syakir, dan W. Rumini. 2010. *Budi Daya dan Pasca-panen Tebu*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. 44 hlm.
- Jackson, P.A. 1992. "Genotype x environment interactions in sugarcane II. Use of performance in plant cane as an indirect selection criterion for performance in ratoon crops". *Australian Journal of Agricultural Research*, 43:1461–1470.
- Jackson, P.A. and D.M. Hogarth. 1992. "Genotype x environment interactions in sugarcane I. Patterns of response across sites and crop-years in North Queensland". *Australian Journal of Agricultural Research*, 43:1447–1460.
- Jackson, P.A., T.A. McRae, and J.K. Bull. 1996. "The role of family selection in sugarcane breeding programs and the effect of genotype x environment interactions". *Proc. ISSCT XXII Congress*, 2:261–270.
- Kuntohartono, T. 1977. "Keselektifan ametrina terhadap beberapa varietas tebu". *Berita P3GI*, 80 hlm.
- Lamadji, S. dan G. Sukarso. 1986. "Sejarah dan perkembangan pemuliaan tebu di Indonesia". *Majalah Perusahaan Gula*, XXII(1):15–22.
- Legendre, B.L. 1992. "Potential for increasing sucrose content of sugarcane varieties in Louisiana through breeding". *Proc. ISSCT 21th Congress* pp. 367–379.
- Lo, C.C. 1987. "Sugarcane breeding for different environments". *Copersucar International Sugarcane Breeding Workshop*. Copersucar Techol. Centre. Brasil. 189–202.
- McIntyre, C.L. and P.A. Jackson. 1996. "How much selfing occurs in sugarcane breeding programs?" In: Wilson, J.R., D.M. Hogarth, J.A. Campbell, and A.L. Garside (Eds.) *Sugar-*

- cane: *Research towards Efficient and Sustainable Production*. Brisbane: CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures. pp. 47–48.
- Milligan, S.B., K.A. Gravois, K.P. Bischof, and F.A. Martin. 1990. "Crop effects on broad sense heritabilities and genetic variances of sugarcane yield components". *Crop Sci.*, (30): 344–349.
- Milligan, S.B. 1994. "Test site location within and among stages of a sugarcane breeding program". *Crop Sci.*, (34):1184–1190.
- Mirzawan, P.D.N. 1995. "Eksplotasi interaksi genotipa dengan lingkungan (G x E): Peningkatan efisiensi seleksi dengan memanfaatkan data percobaan multilokasi". *Bulletin P3GI*, 142:1–15.
- Mirzawan, P.D.N. and E. Sugiyarta. 1999. "Ratooning ability in sugarcane: Direct vs indirect selection based on clonal performance in younger crops". *Proc. ISSCT XXIII India*. pp. 467–475.
- Mirzawan P.D.N., S. Lamadji, E. Sugiyarta, S. Sastrowijono, Soeprijanto, dan K.A. Wahjudi. 1997. "Program pemuliaan tebu di Indonesia: Modifikasi guna peningkatan efisiensi dan produktivitas". *Bulletin P3GI*, 146:20–43
- Moore, P.H. dan K.J. Nuss. 1985. "Flowering and flower shynchronization". In: Heinz, D.J. (ed). *Sugarcane Improvement Through Breeding*. Amsterdam: Elsevier. pp. 273–311.
- Parthasarathy, N. 1946. "The probable origin of North India sugarcane". MOP I younger comm. Vol. *Journ. Indian Botanical Soc.*, :133–150.
- Pawirosemadi, M. 2011. *Dasar-Dasar Teknologi Budi Daya Tebu dan Pengolahan Hasilnya*. (Ed. Suyanto Simoen). UM press. 811 hlm.
- Poehlman, J.M. and D. Borthakur. 1969. *Breeding Asian Field Crops: With Special Reference to Crops of India*. Oxford & IBH. p. 385
- Ricaud, R and Arceneaux, A. 1968. *Cultural Practices and Soil Fertility for Sugarcane*. Sugarcane Research Agricultural Progress Report. Louisiana. Agric, Exp. Stn. Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana. Pp. 18–37.
- Roach, B.T. and Daniels. 1987. "A review of the origin and improvement of sugarcane". *Copersucar, Internation Sugarcane Breeding Workshop*: 1–31
- Rossi, G. 2016. "Cane variety: the backbone of sugar industry, trend and outlook for the future". *Prosiding Kongres IKAGI 2016* di Surabaya tanggal 5 April 2016.
- Santchurn, D. 2010. *Evaluation and Selection of Different Types of Sugarcane Varieties for Multipurpose Use from a Population of Interspecific Derived Clones in Mauritius*. M.Sc. Thesis. University of Free State Bloemfontein, South Africa. 152 p.
- Simmonds, N.W. 1978. *Principles of Crop Improvement*. London: Longman Ltd. 408 p.
- Singh, R.K. and S.P. Singh. 2002. Stability in ratooning ability of early sugarcane varieties for higher yield and recovery. *Indian J. Agric. Sci.*, (72):716–718.
- Singh, R.K., S.P. Singh, and S.B. Singh. 2005. "Correlation and path analysis in sugarcane ratoon". *Sugar Tech.*, 7(4):176–178.
- Soeprijanto and G. Sukarso. 1989. "Emasculation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) tassels using alcohol immersion". *Proc. ISSCT XX* :860–864.
- Stalker, H.T. 1980. "Utilization of wild species for crop improvement". *Adv. Agron.*, 33:111–147.
- Sugiyarta, E. 1994. "Strategi perakitan tebu varietas unggul dan pengertian kemasakan tebu". *Pros. Pert. Teknis*. Pasuruan, 23–24 November 1994. 9 hlm.

- Sugiyarta, E., K.A. Wahyudi, dan P.D.N. Mirzawan 2004. "Perakitan varietas tebu unggul rendemen tinggi dengan daya kepras baik". Laporan Penelitian DIP. (Tidak diterbitkan).
- Sugiyarta, E. 2009. "Evaluasi sifat-sifat agronomis dan komponen produksi klon-klon tebu introduksi luar negeri". *MPG*, 42(3-4):41-50.
- Sukarso, G. 1986. "Assessment of family selection on original seedlings of sugarcane at Pasuruan". *Proc ISSCT 19th Congress*. pp. 440-446.
- Sukarso, G. 1988. "Pemilihan lokasi penyebaran biji tebu berdasarkan hubungan antarkebun percobaan". *Bulletin P3GI* 135, 9 hlm.
- Sukarso, G. and L.M. Engle. 1981. "Analysis of stability and modelling of ideal genotype of sugarcane". *Crop Sci. Society of the Philippines*. Bacnotan.
- Sukarso, G. dan H. Budhisantosa. 1991. "Pemuliaan tebu di Indonesia". *Pros. Simposium Pemuliaan Tanaman I. Perhimpunan Pemuliaan Tanaman Indonesia Komisariat Daerah Jawa Timur*. hlm. 187-211.
- Sundara, B. 1989. "Improving sugarcane productivity under moisture constraints and through cropping systems". In: Naidu, K.M.; T.V. Sreenivasan, and M.N. Premachandran (Eds). *Proc. Intl. Symp. Sugarcane Varieties Improvement. Present and Future Strategies*. Coimbatore, India. pp. 221-256.
- Stringer, J.K., T.A. McRae, and M.C. Cox. 1996. "Best linear unbiased prediction as a method of estimating breeding value in sugarcane". In: Wilson, J.R., D.M. Hogarth, J.A. Campbell, and A.L. Garside (Eds.) *Sugarcane: Research Towards Efficient and Sustainable Production*. Brisbane: CSIRO Division of Tropical Crops and Pastures. pp. 39-42.
- Thangavelu, S. 2005. "Internode length of sugarcane genetic stocks and its association with growth factors, nutrients, sucrose % in juice and yield of cane and sugar". *Indian Sugar*, 40(12):1041-1048.
- Thippeswamy, S., S.T. Kajjidoni, P.M. Salimath, and J.V. Goud. 2003. "Correlation and path analysis for cane yield, juice quality and their component traits in sugarcane". *Sugar Tech.*, 5(1&2):65-72.
- Vega, A. and G. Galves. 1996. "The environment and its usefulness as testing environment". *Proc. XXII ISSCT Congres*, Colombia. 2:282-285.
- Warner, J.N. 1962. "Sugarcane: An indigenous Papuan cultigen". *Ethnology*, 1:405-411.
- Widyasari, W.B. 2009. "Analisis kemiripan dan hubungan genetik antara tetua persilangan tebu menggunakan penanda molekuler". *MPG*, 45(4):193-202.
- Widyasari, W.B. dan Lestari. 2009. "Keragaman genetic karakter pendukung toleransi koleksi tebu hibrid (*Saccharum hybrid*) terhadap cekaman kekeringan". *MPG*, 45(3):133-148.

PENGADAAN BENIH TEBU BERMUTU

Rully Dyah Purwati dan Parnidi

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: rdpurwati@gmail.com

Ringkasan

Pengadaan benih tebu dapat dilakukan dengan dua cara yaitu konvensional dan kultur jaringan. Benih tebu konvensional adalah benih yang berasal dari batang tebu dengan 2–3 mata tunas atau lonjoran yang belum tumbuh yang disebut bagal; biasanya bagal diambil dari batang tanaman tebu umur 6–8 bulan. Tersedianya benih tebu konvensional dalam skala besar, waktu cepat, jenis yang seragam, dan bebas dari Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), sangat sulit dipenuhi pada saat dibutuhkan. Untuk mengatasi hal tersebut, pengadaan benih tebu perlu dilakukan dengan teknik kultur jaringan. Pengadaan benih tebu melalui kultur jaringan yang dilaksanakan di Balai Penelitian Pemanis dan Serat (Balittas) menggunakan eksplan daun pucuk yang masih menggulung. Induksi kalus menggunakan media MS dengan penambahan 2,4-D dan air kelapa, sedangkan untuk induksi tunas menggunakan zat pengatur tumbuh BAP, IBA dan air kelapa. Induksi perakaran tunas tebu menggunakan media MS dengan komposisi bahan-bahan kimia setengahnya (1/2 MS) + NAA. Aklimatisasi planlet dilakukan pada media tanah:pasir:kompos dengan komposisi 3:1:1. Pada penanaman benih di lapangan, dilakukan penjenjangan benih tebu sebagai berikut: Kebun Benih Pokok (KBP) setara dengan generasi nol (G0), Kebun Benih Nenek (KBN) setara dengan generasi satu (G1), Kebun Benih Induk (KBI) setara dengan generasi dua (G2), dan Kebun Benih Datar (KBD) setara dengan generasi tiga (G3). Benih tebu G3 kemudian digunakan untuk penanaman tebu di areal pengembangan.

Kata kunci: Tebu, benih, konvensional, kultur jaringan, pengadaan

Procurement Quality of Sugarcane Seed

Summary

Procurement of sugarcane seed can be done in two ways i.e. conventional and tissue culture. The conventional seed is seed derived from sugarcane stems with 2–3 shoots or full stem with has not been growing shoots. Usually the seed is taken from 6–8 months old of sugarcane plant. The availability of conventional sugarcane seeds on a large scale, fast time, uniform, and free from pests and diseases, is very difficult to be filled at the time of need. Therefore for the procurement of sugarcane seed have to be done with tissue culture techniques. Procurement of sugarcane seed through tissue culture which is held in Indonesian Sweetener and Fiber Crops Research Institute (ISFCRI) using a rolling tip leaves as explants. Callus induction was performed using MS medium with the addition of 2,4-D and coconut water, while for shoot induction using BAP, IBA, and coconut water. Rooting induction of sugarcane shoots was done using MS medium with half concentration of chemicals composition (1/2 MS) with NAA. Plantlets acclimatization was done on soil : sand : compost with the composition of the 3:1:1. The sugarcane seeds plantation in the field is ranked as follows: Breeder (G0), Granny seed equivalent to first generation (G1), Foundation seed is equivalent to the second generation (G2),

and the Extension seed is equivalent to generation (G3). Sugarcane seeds G3 is ready to be used in sugarcane cultivation in the development area.

Keywords: Sugarcane, seed, conventional, tissue culture, procurement

Pendahuluan

Benih unggul bermutu berpengaruh terhadap produktivitas, mutu hasil, dan efisiensi usaha tani (Ditjentan 2008). Menurut Baihaki (2008) benih unggul bermutu merupakan penentu batas atas produktivitas dan kualitas produk suatu usaha tani, baik itu usaha tani berskala kecil maupun besar. Selain itu benih unggul bermutu juga harus sesuai dengan lokasi penanaman dan musim tanam yang tepat, serta jumlah dan harga yang terjangkau petani. Untuk menghasilkan benih unggul bermutu, diperlukan pengelolaan pertanian yang optimal meliputi pemilihan lokasi yang tepat, teknik budi daya, penanganan pascapanen, dan seleksi yang ketat (Balitbangtan 2007).

Benih tanaman tebu umumnya diperbanyak secara vegetatif dengan setek/bagal. Metode tersebut memiliki kekurangan karena membutuhkan waktu lama dalam perbanyakan benih, membutuhkan tanaman induk dan tenaga yang banyak, kontaminasi patogen sulit dihindari, dan ketergantungan musim tanam. Selain itu dapat terjadi degenerasi klonal atau peluruhan genetik tanaman (Sukmadjaja dan Mulyana 2011). Aplikasi *hot water treatment* (HWT) dan teknik kultur jaringan diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang dihadapi dalam produksi benih tanaman tebu.

Penulisan naskah ini menyajikan beberapa pendekatan terkait pengadaan benih tebu yang bermutu tinggi, baik secara konvensional maupun dengan kultur jaringan. Dengan menggunakan benih yang bermutu tinggi diharapkan produktivitas tebu meningkat, sehingga pendapatan petani meningkat, kebutuhan gula nasional terpenuhi, dan swasembada gula tercapai.

Kebutuhan Benih Tebu

Peningkatan produktivitas tebu nasional diperlukan untuk mendukung program swasembada gula yang ditargetkan tahun 2019. Salah satu cara meningkatkan produktivitas tebu adalah dengan perluasan lahan dan pembangunan pabrik gula (PG) baru. Pemerintah akan menyediakan lahan untuk pengembangan tebu seluas 600.000 ha di luar Pulau Jawa. Perluasan areal kebun tebu dimulai pada tahun 2016, dan pada tahun 2019 diperkirakan total perluasan areal kebun tebu mencapai 2,4 juta ha dengan 10 PG baru (Julianto 2015).

Rencana tersebut dapat terwujud apabila kebutuhan benih tebu dapat terpenuhi.

Kebutuhan benih tebu per hektar antara 18.000 benih satu mata tunas (*bud chips* atau *bud set*), sehingga untuk luasan 600.000 ha pada tahun 2016 dibutuhkan sekitar 10 miliar benih tebu dengan satu mata tunas. Apabila dari satu hektar kebun benih dihasilkan 350.000–420.000 mata tunas, maka faktor perbanyak benih tebu dengan satu mata tunas adalah 1:20–25 (Balittas 2016). Dengan demikian untuk memenuhi kebutuhan benih 600.000 ha tersebut diperlukan kebun benih datar (KBD) seluas 24.000–30.000 ha. Kebutuhan benih akan bertambah menjadi empat kali lipat atau sekitar 40–48 miliar benih tebu dengan satu mata tunas, jika areal pertanaman tebu seluas 2,4 juta ha benar-benar terwujud pada tahun 2019. Dengan faktor perbanyak 1:20–25, untuk memenuhi kebutuhan benih tebu tahun 2019 diperlukan KBD seluas ± 100.000 –120.000 ha.

Pengadaan Benih Tebu

Penyediaan benih yang seragam, murni (tidak tercampur dengan varietas lain), sehat, tidak mengalami kerusakan fisik, dan tersedia dalam jumlah besar pada saat dibutuhkan merupakan suatu keharusan untuk membangun kebun tebu yang baik. Pengadaan benih tebu dapat dilakukan dengan dua teknologi yaitu konvensional dan kultur jaringan.

1. Benih Tebu Konvensional

Indrawanto *et al.* (2010) menyatakan bahwa benih tebu konvensional adalah benih yang berasal dari batang tebu dengan 2–3 mata tunas atau lonjoran yang belum tumbuh yang disebut bagal. Biasanya bagal diambil dari batang tanaman tebu umur 6–8 bulan. Sedangkan Pawirosemadi (2011) membedakan benih tebu konvensional menjadi beberapa macam:

1. Benih bagal: benih bagal berasal dari lonjoran batang tebu yang matanya belum berkecambah, sesuai dengan pemotongannya dapat terdiri atas benih bagal dengan satu, dua, dan tiga mata.
2. Lonjoran: benih bagal dalam bentuk lonjoran batang tebu dengan panjang $\pm 1,25$ cm terdiri atas 6 hingga 8 mata.
3. Dederan: benih berasal dari batang tebu yang telah ditumbuhkan tunasnya (dideder). Benih dederan yang berumur 1–1,5 bulan, siap digunakan sebagai bahan tanam dengan cara mencabut tunas beserta akarnya.

4. Rayungan: benih berasal dari pangkasan batang tebu yang matanya telah tumbuh tunas, bentuk benih dapat terdiri atas satu tunas dan dua tunas rayungan. Benih rayungan dapat digunakan sebagai bahan tanam apabila tunas telah tumbuh antara 5 hingga 7 daun atau umur benih ± 45 hari.
5. Benih tebu *polybag* atau *pottray*: benih tebu *polybag* atau *pottray* adalah benih yang diperoleh dari tanaman tebu setek satu mata yang ditumbuhkan pada *polybag* atau *pottray* plastik dengan tanah sebagai media tumbuhnya. Benih tebu *polybag* atau *pottray* berdasarkan bahan tanamnya dapat dibedakan menjadi benih *bud set* dan benih *bud chips*, sebagai berikut:
 - A. *Bud set* adalah benih tebu yang diperoleh dari batang tebu dalam bentuk setek satu mata, dengan panjang setek 5 cm dengan posisi mata terletak di tengah-tengah dari panjang setek.
 - B. *Bud chips* adalah benih tebu dalam bentuk mata tebu yang diambil dari batang tebu dengan mengikutsertakan sebagian dari primordial akar yang diambil dengan memotong sebagian ruas batang tebu dengan pemotong *bud chips* (Hunsigi 2001).

Produktivitas tebu dapat meningkat dengan penggunaan bahan tanaman bermata tunas tunggal, karena benih dengan satu mata tunas dapat menghasilkan jumlah anakan per tanaman lebih banyak dibandingkan benih bagal. Benih mata tunas tunggal pada *plant cane* (PC) dapat menghasilkan 10 anakan tiap tanaman di-bandingkan dengan benih bagal hanya lima anakan tiap tanaman (Gujja *et al.* 2009). Pada penggunaan benih mata tunas tunggal, maka anakan akan tumbuh lebih serempak dan lebih banyak. Hal ini disebabkan karena benih dalam kondisi tercekam pada media tanam yang hanya sedikit di pesemaian, sehingga pada saat benih ditanam di kebun akan tumbuh serentak dan membentuk anakan dalam jumlah banyak dan seragam (Yuliardi 2012). Oleh karena itu, benih *bud set* dan benih *bud chips* saat ini banyak digunakan dalam pengembangan tanaman tebu.

2. Benih Tebu Kultur Jaringan

Penggunaan teknik kultur jaringan bertujuan untuk mengatasi keterbatasan pengadaan benih tebu secara konvensional. Hal ini disebabkan faktor pengandaannya yang tinggi sehingga varietas unggul cepat diperbanyak, benih lebih terjamin kesehatannya, membutuhkan ruang yang relatif kecil, bahan tanam dan pohon induk sedikit, dan eksplan dapat diproduksi secara cepat dan banyak (Mariska dan Rahayu 2011).

Kultur jaringan tebu pertama kali dilakukan pada tahun 1969 oleh Heinz dan Mee yang berhasil meregenerasi kalus secara *in vitro* menjadi tanaman

tebu. Seiring dengan perkembangannya, hingga saat ini telah banyak dilaporkan regenerasi kalus pada kultur jaringan tebu dengan eksplan yang berbeda (Chen *et al.* 1988; Rahman *et al.* 2002; Khan *et al.* 2004; Ali *et al.* 2008). Niaz dan Quraishi (2002) melakukan studi embriogenesis somatik tidak langsung pada dua kultivar tebu dengan menggunakan eksplan daun, mata tunas, dan tunas pucuk yang dikulturkan pada media MS dengan penambahan zat pengatur tumbuh NAA dan 2,4-D. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan 1 mg/l NAA dan 3 mg/l 2,4-D pada media MS dapat mengoptimalkan embriogenesis. Daun merupakan sumber eksplan yang terbaik dalam proses embriogenesis. Karim *et al.* (2002) melaporkan bahwa di antara tiga macam auksin yang digunakan (IBA, NAA, dan 2,4-D), maka 2,4-D merupakan auksin yang paling bagus untuk induksi kalus tebu. Hasil penelitian Ho dan Vasil (1983) menunjukkan bahwa media MS yang ditambah dengan 2–3 mg/l 2,4-D, 5% air kelapa, dan 500 mg/l kasein hidrolisat mampu menghasilkan pembentukan kalus pada kultur jaringan tebu.

Regenerasi tunas pada tebu dapat terjadi melalui dua pola regenerasi, yaitu embriogenesis dan organogenesis, atau kombinasi keduanya (Khan dan Khatri 2006). Tunas yang dihasilkan dari embriogenesis somatik memiliki kemiripan dengan tunas yang terbentuk dari organogenesis (Falco *et al.* 1996). Berdasarkan penelitian Behera dan Sahoo (2009) diketahui bahwa respon terbaik pada induksi tunas ditunjukkan oleh perlakuan 2 mg/l BAP yang dikombinasikan dengan 0,5 mg/l NAA. Sedangkan Ali *et al.* (2008) menyatakan bahwa respon terbaik dari induksi tunas tebu varietas BL-4 diperoleh dari media MS dengan 1 mg/l BAP. Tolera *et al.* (2014) memperoleh tunas terbanyak pada media MS+1 mg/l BAP+0,5 mg/l kinetin untuk varietas B41-227 dan media MS+2 mg/l BAP untuk varietas N14. Hasil penelitian Parnidi *et al.* (2015) media yang sesuai untuk regenerasi tunas tebu adalah MS+ 0,5 mg/ l BAP+0,1 mg/l IBA.

Regenerasi tunas dapat dilakukan secara langsung tanpa melalui kalus, dengan tujuan untuk penghematan biaya. Hasil penelitian Pandey *et al.* (2011) menunjukkan bahwa eksplan yang ditumbuhkan pada media MS+3 mg/l 2,4-D langsung membentuk planlet yang sudah berakar. Cheema dan Hussain (2004) menggunakan media ½ MS tanpa ZPT untuk perakaran planlet tebu. Sedangkan Biradar *et al.* (2009) berhasil menginduksi akar 70% planlet pada media MS+2 mg/l NAA. Planlet yang telah berakar tersebut siap untuk diaklimatisasi.

Pengadaan Benih Tebu *Bud Chips* dan *Bud Set*

Pengadaan benih dengan teknologi *bud chips* secara ekonomi dapat menurunkan biaya produksi dalam budi daya tebu. Karena ukurannya yang kecil, *bud chips* tidak membutuhkan tempat yang luas sehingga memudahkan dalam transportasi pengiriman. Pada pengembangan tebu varietas baru, pengadaan benih dengan *bud chips* sangat menguntungkan karena dapat dilakukan lebih cepat dan bobot benihnya 80% lebih ringan dibandingkan dengan benih bagal (Jain *et al.* 2010; Kuri dan Naik 2015). Hasil penelitian Rokhman *et al.* (2014), menunjukkan ada interaksi antara penggunaan benih bagal, *bud set*, dan *bud chips* dengan enam klon yang diuji dalam meningkatkan rendemen.

Benih *bud chips* atau *bud set* diambil dari tanaman tebu umur 6–8 bulan, dengan cara memotong batang tebu yang memiliki minimal 9 ruas. Mata yang digunakan untuk benih berasal dari daun +5 hingga +11 atau membuang 3 ruas atas dan 2 ruas bawah. Batang tebu yang baru dipanen dan masih dalam bentuk lonjoran, di-*klenthek* (dibuka pelepahnya) dan diambil mata tunasnya dengan menggunakan pemotong atau alat pembuat *bud chips* dengan diameter ± 2 –3 cm (Gambar 1). Dalam proses pengambilan/pemotongan, posisi mata tunas diusahakan tetap berada di tengah. Untuk benih *bud set*, batang tebu lonjoran dipotong-potong menjadi setek yang berukuran 5 cm dengan satu mata, posisi mata terletak di tengah-tengah dari panjang setek.



Gambar 1. Pengambilan mata tunas *budchips*.

Sebelum ditanam, benih *bud chips* atau *bud set* disterilkan dengan perlakuan *seed treatment* dan *hot water treatment* (HWT). *Seed treatment* adalah tindakan pencegahan atau pengendalian hama dan penyakit pada benih sebe-

lum penanaman, dengan menggunakan agensia tertentu baik secara fisik, kimia, atau hayati. *Hot water treatment* adalah salah satu metode *seed treatment* secara fisik menggunakan air panas dengan suhu tertentu yang dapat mematikan organisme tetapi tidak mematikan benih (Sharma *et al.* 2015).

Bud chips atau *bud set* yang akan disterilisasi dimasukkan ke dalam kantong jala (jaring), kemudian disiram dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran yang dapat menghambat proses HWT (Gambar 2). *Bud chips* atau *bud set* yang telah dibersihkan kemudian direndam dalam air panas yang memutar, dengan suhu $\pm 52^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam (BSNI 2008). Hasil penelitian Johnson dan Tyagi (2010) menunjukkan bahwa perendaman pada suhu 50°C selama 2 jam efektif untuk mengendalikan penyakit *Ratoon stunting disease* (RSD) di Fiji. Damayanti *et al.* (2010) memperoleh hasil bahwa perlakuan HWT pada suhu 53°C selama 10 menit mampu menurunkan serangan penyakit yang disebabkan oleh *Sugarcane streak mosaic virus* (SCSMV).



Gambar 2. Perlakuan hot water treatment

Setelah perlakuan HWT, *seed treatment* dilakukan dengan merendam *bud chips* dalam larutan insektisida atau nematisida (Karbofuran 3%) selama ± 10 menit, dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan zat pengatur tumbuh (Atonik) dan fungisida (Mankozeb 73,8% dan Karbendazim 6,2%) selama ± 10 menit. Hal ini bertujuan untuk mempercepat keseragaman pertumbuhan tunas awal, dan agar terbebas dari infeksi hama dan penyakit yang berpotensi menyebar ke lapangan. Selanjutnya benih *bud chips* atau *bud set* siap ditanam

di bedengan-bedengan, panjang bedengan dibuat sesuai dengan keinginan dengan lebar bedengan antara 1–1,5 m dan tinggi bedengan 4 cm (Permentan 2015). Bedengan ditutup dengan plastik hitam, kemudian di atasnya diberi media setebal 5 cm. Komposisi media berupa campuran antara kompos dan tanah dengan perbandingan 1:1. Pembuatan bedengan dibuat miring untuk memperlancar proses drainase. Penanaman benih *bud chips* atau *bud set* di bedengan dengan jarak tanam 2 cm x 2 cm atau 3 cm x 3 cm (Gambar 3). Setelah itu *bud chips* atau *bud set* ditutup tanah dengan ketebalan $\pm$ 1 cm. Penyiraman dilakukan 2 kali sehari pada pagi dan sore hari selama 14 hari atau sebelum dipindah ke *polybag*.

Transplanting dilakukan setelah *bud chips* atau *bud set* berumur 10–15 HST atau tanaman mempunyai $\pm$ 2 helai daun. Pengambilan benih *bud chips* atau *bud set* dilakukan satu per satu menggunakan bambu. Benih yang dipindah ke *polybag* dipilih yang pertumbuhannya seragam. Benih yang sudah ditransplanting ke dalam *polybag* disiram dan selanjutnya ditempatkan di atas plastik agar perakarannya tidak menembus tanah. Pemeliharaan di *polybag* meliputi penyiraman yang dilakukan 2 kali sehari yaitu pagi dan sore hari. Pemupukan dilakukan 5 hari setelah dipindah ke *polybag* dengan pupuk NPK pada dosis 25 gram dilarutkan dalam 10 liter air untuk luasan 1 m². Pupuk kedua diberikan dengan dosis yang sama setelah 1 bulan pemberian pupuk pertama. Benih yang telah berumur 2–2,5 bulan siap ditransplanting ke lahan/kebun.



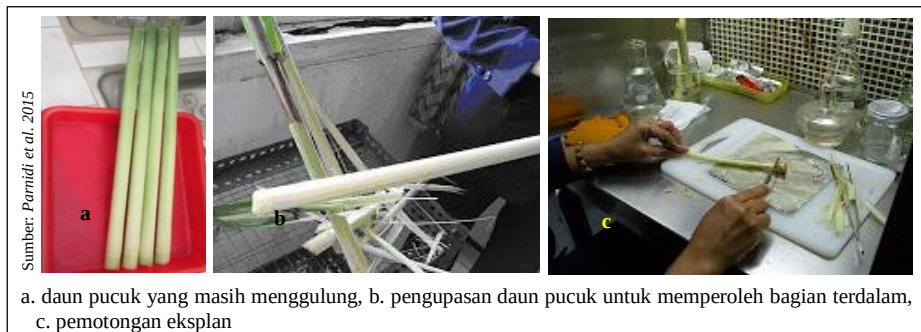
Gambar 3. Penanaman benih *bud chips* di bedengan

Perbanyakan Benih Tebu dengan Teknik Kultur Jaringan

Perbanyakan benih tebu dengan teknik kultur jaringan meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

1. Persiapan Eksplan

Eksplan yang digunakan dalam kultur jaringan tebu berupa potongan daun muda yang masih menggulung yang berasal dari pucuk tanaman tebu. Gulungan daun bagian terdalam dengan ukuran 0,5–1 cm diambil dari tanaman tebu yang berumur 4–8 bulan. Bahan eksplan dipotong-potong sepanjang 0,5 cm dan selanjutnya siap digunakan sebagai eksplan untuk induksi kalus (Gambar 4 a–c).



Gambar 4. Persiapan eksplan

Sterilisasi Eksplan dan Media

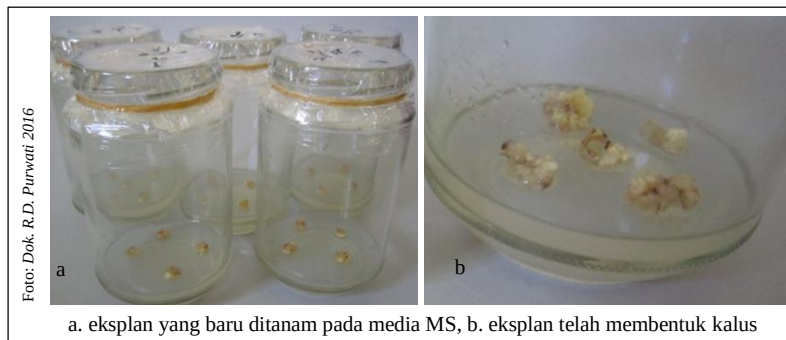
Eksplan harus bebas dari kontaminan yang berupa cendawan, bakteri, serangga, dan mikro organisme lainnya, karena senyawa toksik yang dikeluarkan cendawan dapat menyebabkan kematian eksplan. Hal prinsip yang perlu diperhatikan dalam sterilisasi adalah dapat menghilangkan kontaminan, tetapi bahan eksplan tidak rusak atau masih tetap hidup. Oleh karena itu, bahan-bahan yang digunakan untuk sterilisasi dipilih yang tidak merusak jaringan bahan eksplan. Sterilisasi bahan eksplan dilakukan dengan cara batang tebu dimasukkan sebentar dalam alkohol 70–96% kemudian dibakar sekilas di atas lampu bunsen (Sumaryono 2011).

Media MS (Murashige & Skoog 1962) yang digunakan untuk kultur jaringan tebu kaya akan gula, vitamin, dan mineral, sehingga sangat sesuai untuk pertumbuhan mikro organisme apabila kondisi tidak aseptis (steril).

Oleh karena itu, media perlu disterilisasi sebelum digunakan untuk penanaman eksplan. Sterilisasi media dilakukan dengan metode penguapan menggunakan *autoclave* selama 10 menit.

2. Penanaman Eksplan dan Induksi Kalus

Penanaman eksplan dilakukan pada media MS yang mengandung 2,4-D dan air kelapa (Gambar 5a). Pada media ini kalus akan terbentuk setelah 6–8 minggu (Gambar 5b). Menurut Yusnita (2003), perbanyak kalus bertujuan untuk menggandakan bahan tanaman seperti memperbanyak embrio atau tunas, dan dapat juga dipelihara agar tetap menjadi kalus dengan cara subkultur berulang pada media induksi kalus sehingga sewaktu-waktu dapat digunakan sebagai bahan tanam pada tahap berikutnya.



Gambar 5. Penanaman eksplan untuk induksi kalus

3. Regenerasi Tunas

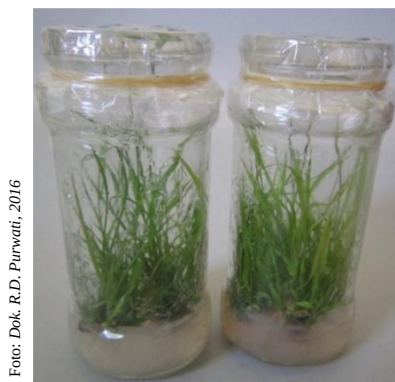
Kalus yang diperoleh dari penanaman eksplan dikeluarkan dari botol dan dipilih yang baik dan segar. Kalus kemudian dipotong kecil-kecil selanjutnya ditanam pada media regenerasi tunas yaitu media MS yang mengandung 0,5 mg/l BAP; 0,1 mg/l IBA; dan 10% air kelapa (Parnidi *et al.* 2015). Tunas tebu mulai terbentuk pada 30 hari setelah pemindahan kalus (Gambar 6), tunas siap dipindahkan ke media induksi akar antara 2–3 bulan setelah subkultur kalus.



Gambar 6. Tunas tebu umur 30 hari setelah pemindahan kalus

4. Induksi Perakaran dan Pembentukan Planlet

Tujuan dari tahap ini adalah untuk membentuk akar dan pucuk tanaman yang cukup kuat untuk dapat bertahan hidup sampai saat dipindahkan dari lingkungan *in-vitro* ke lingkungan luar (aklimatisasi). Induksi perakaran tebu dilakukan pada media $\frac{1}{2}$ MS + 3 mg/l NAA (Parnidi *et al.* 2015). Tunas yang telah disubkultur akan membentuk akar antara 4–6 minggu (Gambar 7). Hasil penelitian Godheja *et al.* (2014) menunjukkan penambahan 3 mg/l NAA dan 3 mg/l IBA pada media $\frac{1}{2}$ MS merupakan media perakaran yang terbaik untuk tebu. Santoso dan Nursandi (2003) menyampaikan bahwa dalam tahap ini, tanaman hasil kultur jaringan (planlet) telah cukup tahan terhadap pengaruh lingkungan, sehingga siap untuk diaklimatisasi.



Gambar 7. Planlet yang telah berakar dan siap diaklimatisasi

Pengadaan Benih Tebu di Lapangan

Menurut Pawirosemadi (2011) pembenihan tebu perlu dilakukan berjenjang mengingat masalah-masalah yang berkaitan dengan aspek teknis dan ekonomis. Penjenjangan kebun benih tebu meliputi Kebun Benih Pokok Utama (KBPU), Kebun Benih Pokok (KBP), Kebun Benih Nenek (KBN), Kebun Benih Induk (KBI), dan Kebun Benih Datar (KBD). Sedangkan penjenjangan benih hasil kultur jaringan meliputi generasi nol (G0), generasi satu (G1), generasi dua (G2), dan generasi tiga (G3). Pada pelaksanaannya, penjenjangan benih tebu konvensional dan kultur jaringan menjadi seperti berikut: Kebun Benih Pokok (KBP) setara dengan generasi nol (G0), Kebun Benih Nenek (KBN) setara dengan generasi satu (G1), Kebun Benih Induk (KBI) setara dengan generasi dua (G2), dan Kebun Benih Datar (KBD) setara dengan generasi tiga (G3).

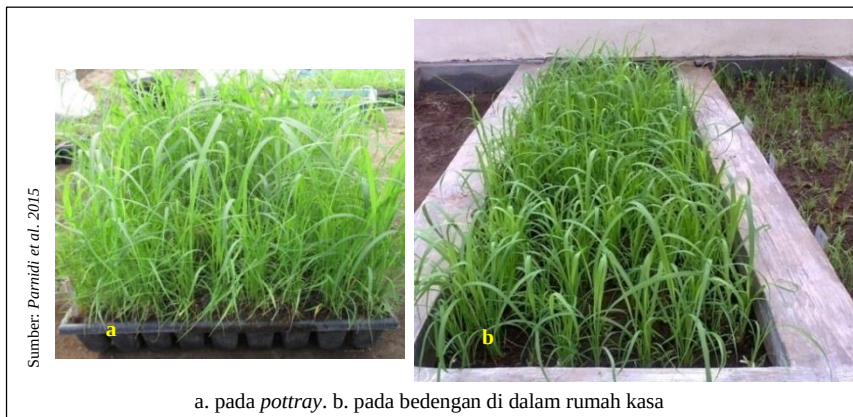
Penanaman benih tebu di lapangan dimulai dengan menanam tebu G0 untuk menghasilkan benih G1, dan seterusnya hingga dihasilkan benih G3. Teknik budi daya tanaman tebu untuk pembenihan terdiri atas:

1. Aklimatisasi Planlet (Tanaman G0) Setara dengan KBP

Aklimatisasi planlet yaitu pemindahan tanaman hasil kultur jaringan dari botol-botol kultur yang berisi media agar-agar ke dalam *pottray* atau *polybag* kecil yang berisi media tanah:pasir:kompos dengan perbandingan 3:1:1. Pemindahan planlet dari kondisi lingkungan yang aseptik (ruang kultur) dengan suhu dan cahaya yang terkontrol ke lingkungan luar atau rumah kaca yang kurang terkontrol. Untuk tanaman tebu, aklimatisasi dilakukan melalui dua tahap:

A. Tahap Tanam Rumpun di Rumah Kassa

Pada tahapan ini planlet yang telah siap untuk diaklimatisasi dikeluarkan dari botol-botol kultur dan ditanam secara bergerombol atau berumpun. Dalam satu rumpun terdiri atas 10–15 planlet ditanam pada *pottray/polybag* kecil/bedengan (Gambar 8). Benih tebu berumpun yang telah ditanam dalam *pottray/polybag* kecil/bedengan diletakkan pada rumah kaca dengan sumber cahaya 70%, suhu 28–30°C dan kelembapan 50–80%. Planlet berumpun yang telah berumur 3–4 minggu siap dipisahkan menjadi masing-masing satu planlet.



Gambar 8. Aklimatisasi planlet berumpun.

B. Tahap Pisah Satu

Media yang digunakan pada tahap ini adalah media baru atau media bekas aklimatisasi tanaman berumpun yang tidak terserang penyakit. Wadah untuk pemisahan planlet menjadi satu tanaman menggunakan *pottray* atau kantong plastik dengan diameter 5–7 cm. *Pottray* atau *polybag* diisi dengan media kira-kira 2/3 bagian selanjutnya benih tebu ditanam dan ditutup dengan media lagi supaya akar tertutup dengan tanah. Pada tahap ini benih tebu dipisah satu batang satu pot (Gambar 9). Benih tebu yang sudah ditanam segera disiram dengan air supaya kelembapan media terjaga tidak sampai benih mengalami kekeringan. Benih tebu hasil pisah satu diletakkan pada rumah kaca selama satu bulan. Selanjutnya benih diletakkan di luar rumah kaca sampai dengan benih memiliki 5–6 daun (atau sekitar 12 minggu). Selama 12 minggu dilakukan penyiraman sesuai dengan kebutuhan dan pemupukan sebanyak 2 kali. Pemupukan pertama dilakukan pada 2 minggu setelah pisah satu dan pemupukan kedua dilakukan pada 8 minggu setelah pisah satu dengan dosis 20 g/l air untuk 100 *pottray*. Benih yang telah memiliki 5–6 daun siap ditanam di lapangan sebagai sumber benih G1.



Gambar 9. Aklimatisasi planlet tebu satu batang pada satu lubang/*pottray*

2. Pengadaan Benih G1 di Lapangan Setara dengan KBN

Pengadaan benih G1 di lapangan dilakukan apabila benih di dalam *polybag* atau *pottray* telah siap untuk dipindah ke lapangan. Pengadaan benih di lapangan meliputi beberapa tahap sebagai berikut:

A. Pengolahan Lahan

Pembukaan kebun benih diawali dengan pengolahan tanah, dapat dilakukan secara manual atau mekanisasi. Pembajakan lahan dilakukan dua kali, selanjutnya dibuat got keliling dan got tengah untuk menjaga drainase. Juringan atau bedengan untuk penanaman benih tebu dibuat dengan jarak pusat ke pusat (PKP) 90–135 cm (Permentan 2015) dengan kedalaman juringan 15–20 cm.

B. Penanaman Benih

Benih yang akan ditanam berasal dari *polybag* dan sudah memiliki 5–6 daun. Lubang tanam dibuat dengan kedalaman 10–20 cm dan jarak antarlubang 40–60 cm. Dengan jarak antarlubang dan PKP seperti di atas, kebutuhan benih diperkirakan mencapai 25.000–30.000 benih per ha, termasuk cadangan (Permentan 2015).

Sebelum benih ditanam, *polybag* dilepas secara hati-hati sehingga tidak merusak perakaran. Benih ditanam pada lubang yang sudah disiapkan dan ditutup tanah remah hingga menutup media asal kemudian diairi. Untuk me-

ngurangi transpirasi, 2/3 bagian helaian daun dipotong sebelum ditanam. Tanaman benih G1 pada 1,5 bulan setelah tanam ditampilkan pada Gambar 10.



Sumber: Parnidi et al. 2015

Gambar 10. Tanaman benih G1 varietas BL umur 1,5 bulan setelah tanam

C. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman pada pengadaan benih G1 meliputi: penyulaman, pemupukan, pengairan, pengendalian gulma, pembumbunan, pengendalian OPT, dan pembuangan tipe simpang. Penyulaman dilakukan pada $\pm 4 - 5$ minggu setelah tanam. Bahan tanam yang digunakan untuk penyulaman harus berasal dari varietas yang sama.

Pemupukan dengan dosis 180 kg N, 75 kg P_2O_5 , dan 75 kg K_2O per ha dilakukan dua kali. Sepertiga dosis pupuk N dan satu dosis penuh pupuk P diberikan pada saat tanam sebagai pupuk dasar atau paling lambat satu minggu setelah tanam. Sisa pupuk N dan pupuk K diberikan pada 1–1,5 bulan setelah tanam. Pemupukan dilakukan dengan cara memasukkan pupuk pada lubang yang dibuat di sisi tanaman dengan jarak 10 cm dari tanaman. Lubang pupuk kemudian ditutup dengan tanah setelah pupuk dimasukkan ke dalam lubang (Ditjenbun 2011).

Tanaman tebu memerlukan air yang cukup, minimal sampai umur 5 bulan. Pengairan atau pemberian air disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Pada musim penghujan agar dihindari adanya genangan dalam juringan.

Pengendalian gulma perlu dilakukan untuk menjaga kesehatan tanaman tebu. Pada awal tanaman hingga tebu berumur 3,5 bulan diupayakan bebas dari gulma agar pertumbuhan tunas tidak terganggu. Tindakan pemeliharaan lain

yang tidak kalah pentingnya adalah pembumbunan (turun tanah). Turun tanah dilakukan minimal dua kali, yaitu pada satu dan dua bulan setelah tanam.

Pengendalian OPT dengan mengusahakan kebun benih bebas dari serangan hama dan penyakit atau pada batas yang ditoleransi untuk sumber benih. Monitoring hama dan penyakit sejak umur 1 bulan. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara terpadu atau Pengendalian Hama Terpadu (PHT) (Permentan 2015).

Tanaman benih tebu tidak dilakukan *klenthe*, karena pelepah daun diperlukan untuk melindungi mata tunas dan menghindari penguapan. *Roguing* atau pembuangan tipe simpang dilakukan dua kali, yaitu pada umur tanaman tiga bulan dan lima bulan, sesuai dengan deskripsi varietas. Tanaman yang menyimpang/sakit dibongkar dan dikeluarkan dari kebun. *Roguing* dilakukan oleh pemulia tanaman tebu.

D. Panen

Panen benih dilakukan pada umur 6–8 bulan, dengan cara mengambil batang yang memiliki minimal 9 ruas. Mata yang digunakan untuk benih berasal dari daun +5 hingga +11 atau membuang 3 ruas atas dan 2 ruas bawah (Pawirose-madi 2011). Selanjutnya diproses sesuai dengan bentuk benih (*bud set* atau *bud chips*) seperti pada subbab sebelumnya untuk bahan tanam kebun benih G2.

E. Pengemasan (*Packing*)

Benih bentuk *bud set* dikemas menggunakan besek (kotak yang terbuat dari anyaman bambu). Ukuran besek disesuaikan dengan jumlah benih yang akan dikemas. Sedangkan benih bentuk *bud chips* dikemas dengan menggunakan keranjang plastik dengan ukuran panjang 62 cm, lebar 42 cm, dan tinggi 31,5 cm.

3. Pengadaan Benih G2 di Lapangan Setara dengan KBI

Pengadaan benih G2 di lapangan hampir sama dengan pengadaan benih G1, meliputi:

A. Persiapan dan Pengolahan Tanah

Pembukaan kebun benih dapat dilakukan secara manual atau mekanisasi. Selanjutnya dibuat got keliling dan got tengah untuk menjaga drainase. Juringan dibuat dengan jarak pusat ke pusat (PKP) 90–135 cm (Permentan 2015) dengan kedalaman juringan 15–20 cm. Pengolahan lahan untuk pola I dilakukan menjelang musim kemarau dan pola II dilakukan menjelang musim penghujan. Untuk tanah relatif gembur dilakukan bajak dua kali, kemudian diratakan dengan garu selanjutnya dibuatkan lubang tanam. Sedangkan untuk tegalan dilakukan bajak agak dalam (≥ 20 cm) dua kali, kemudian diratakan dengan garu selanjutnya dibuatkan lubang tanam.

B. Pemindahan ke Lapangan

Musim tanam untuk benih tebu menyesuaikan kebutuhan benih untuk tebu giling, dengan cara menghitung mundur minimal 21 bulan sebelum tanam tebu giling. Periode tanam tebu giling terdiri atas dua pola, yaitu pola I pada awal musim kemarau (Mei–Agustus) dan pola II pada awal musim hujan (September–November).

Benih yang akan dipindah ke lapangan seharusnya sudah memiliki 5–6 daun. Lubang tanam dibuat dengan kedalaman 10–20 cm dan jarak antarlubang 40–60 cm. Benih yang dibutuhkan antara 25.000–30.000 benih per ha, termasuk cadangan (Permentan 2015). Sebelum benih ditanam, *polybag* dilepas secara hati-hati sehingga tidak merusak perakaran. Benih ditanam pada lubang yang sudah disiapkan dan ditutup tanah remah hingga menutup media asal dan diberi pengairan. Untuk mengurangi transpirasi, 2/3 bagian helaian daun dipotong sebelum ditanam.

C. Pemeliharaan Tanaman di Lapangan

Pemeliharaan tanaman sama dengan pemeliharaan tanaman pada pengadaan benih G1 yaitu terdiri atas penyulaman, pemupukan, pengairan, pengendalian gulma, pembumbunan, pengendalian OPT, dan *roguing* (pembuangan tipe simpang). Tindakan pemeliharaan yang berbeda adalah cara dan waktu pemberian pupuk karena ada dua pola tanam. Pada pola I: pemupukan pertama dilakukan pada saat tanam, dengan memberikan pupuk N 1/3 dosis dan pupuk P dosis penuh. Pemupukan kedua dilakukan sebelum pembumbunan kedua, dengan pupuk N 2/3 dosis dan pupuk K dosis penuh. Pada pola II: pemupukan pertama dilakukan pada saat tanam, pupuk yang diaplikasikan adalah pupuk N

1/3 dosis dan pupuk P dosis penuh, serta pupuk K 1/3 dosis. Pemupukan kedua dilakukan sebelum pembumbunan kedua, dengan pupuk N 2/3 dosis dan pupuk K 2/3 dosis.

D. Sertifikasi Kebun Benih

Sertifikasi dilakukan oleh tim pengendali mutu/pemulia tanaman tebu untuk menjaga kemurnian benih dan kebenaran varietas.

E. Panen Benih

Panen benih dilakukan pada umur 6–8 bulan, dengan cara memotong/mengambil batang yang memiliki minimal 9 ruas. Mata yang digunakan untuk benih dari daun +5 hingga +11 atau membuang 3 ruas atas dan 2 ruas bawah. Selanjutnya diproses sesuai dengan bentuk benih (*bud set* atau *bud chips*) untuk bahan tanam kebun benih G3. Benih G3 siap digunakan untuk penanaman tebu konsumsi (Kebun Tebu Giling/KTG).

F. Pengemasan

Pengemasan disesuaikan dengan bentuk benih. Benih bagal 2–3 mata dikemas menggunakan kantong jala. Sedangkan benih bentuk *bud chips* dikemas dengan menggunakan keranjang plastik dengan panjang 62 cm, lebar 42 cm, dan tinggi 31,5 cm. Proses pengemasan dilakukan untuk menghindari adanya kerusakan. Kerusakan benih dapat terjadi karena pengaruh faktor luar, misal: suhu dan kelembapan tinggi atau karena hama.

Persyaratan Mutu Kebun Benih di Lapangan

Benih tebu yang bermutu dapat diperoleh apabila sejak penanaman di kebun benih telah dikelola dengan baik. Untuk itu diperlukan persyaratan khusus yang meliputi kemurnian varietas, kesehatan benih, kondisi benih, dan sebagainya. Persyaratan mutu benih berdasarkan BSNI (2008) tercantum pada Tabel 1.

Adanya teknologi pengadaan benih *bud set* dan *bud chips* yang secara ekonomis lebih menguntungkan (Jain *et al.* 2010), persyaratan mutu benih yang tercantum dalam SNI benih tebu (BSNI 2008) menjadi kurang sesuai. Oleh karena itu dalam draft Permentan yang disusun tahun 2015, tentang

Tabel 1. Persyaratan mutu benih

No	Tolak ukur	Satuan	Persyaratan mutu			
			KBP	KBN	KBI	KBD
1.	Varietas		Benih bina	Benih bina	Benih bina	Benih bina
2.	Umur benih	Bulan	6–8	6–8	6–8	6–8
3.	Kesehatan					
	a. Penyakit		Sehat	Sehat	Sehat	Sehat
	b. Hama		Bebas serangan	Bebas serangan	Bebas serangan	Bebas serangan
4.	Kondisi benih					
	a. Bentuk		Bagal/ Rayungan/ Planlet	Bagal/ Rayungan/ Planlet	Bagal/ Rayungan/ Planlet	Bagal/ Rayungan/ Planlet
	b. Kesegaran		Segar	Segar	Segar	Segar
	c. Mata tunas		Dorman	Dorman	Dorman	Dorman
	d. Ukuan ruas batang	cm	P: 15–20, d > 2cm	P: 15–20, d > 2cm	P: 15–20, d > 2cm	P: 15–20, d > 2cm
	e. Perlakuan		HWT	HWT	-	-
	f. Kemasan		Bos/ikat	Bos/ikat	Bos/ikat	Bos/ikat
5.	Label		berlabel	berlabel	berlabel	berlabel

Tabel 2. Persyaratan mutu benih

No.	Tolok ukur	Persyaratan mutu		
		KBN = G1 (Benih dasar)	KBI = G2 (Benih pokok)	KBD (Benih sebar)
1	Peta kebun	Ada	Ada	Ada
2	Kualifikasi Benih	Benih bina	Benih bina	Benih bina
3	Benih Sumber			
	a. Asal	KBP*/Kebun bibit bersertifikat/Kelayakan	KBN*/Kebun bibit bersertifikat/Kelayakan	KBI*/Kebun bibit bersertifikat/Kelayakan
	b. Bentuk	Bagal/Rayungan/ Plantet/ <i>Bud set/ ud chip</i>	Bagal/Rayungan/ Plantet/ <i>Bud set/Bud chip</i>	Bagal/Rayungan/ Plantet/ <i>Bud set/Bud chip</i>
	c. Kemasan			
4	a. Penggunaan lahan sebelumnya	Tidak bekas tanaman tebu	Tidak bekas tanaman tebu	Tidak bekas tanaman tebu
	b. Lokasi	Dekat jalan	Dekat jalan	Dekat jalan
	c. Kesuburan tanah	Baik/subur	Baik/subur	Baik/subur
	d. Drainase, penyediaan air	Baik	Baik	Baik
5	Tanaman			
	a. Tingkat kerebahan	Tegak	Tegak	Tegak
	b. Tingkat serangan penyakit sistemik	0%	0%	0%
	c. Tingkat serangan hama			
	- Penggerek pucuk	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%
	- Penggerek batang	≤ 2%	≤ 2%	≤ 5%
	- Hama lain	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%
6	Campuran varietas lain	0%	≤ 2%	≤ 5%
7	Faktor penangkaran	Min 1 : 6	Min 1 : 6	Min 1 : 6

Keterangan: *) Lembaga Pemulia yang ditunjuk Pemerintah

Standar Operasional Prosedur (SOP) Penetapan Kebun Sumber Benih, Sertifikasi Benih dan Evaluasi Kebun Sumber Benih Tanaman Tebu, persyaratan mutu benih dimodifikasi menjadi seperti yang tercantum pada Tabel 2.

Penutup

Pengadaan benih tebu dapat dilakukan dengan cara konvensional dan kultur jaringan. Benih tebu konvensional dapat dibedakan menjadi beberapa macam di antaranya: benih bagal, lonjoran, dederan, rayungan, benih *bud set*, dan benih *bud chips*. Pengadaan benih *bud set* dan *bud chips*, serta pengadaan benih dengan metode kultur jaringan menghasilkan benih lebih bermutu dibandingkan dengan benih bagal, lonjoran, dederan, dan rayungan. Oleh sebab itu, disarankan kepada petani atau *stake holders* penanam tebu untuk menggunakan benih dengan mata tunas tunggal (*bud chips*).

Daftar Pustaka

- Ali, A., S. Naz, S.A. Siddiqui, and J. Iqbal. 2008. "An efficient protocol for large scale production of sugarcane through micropropagation". *Pak. J. Bot.*, 40:139–149.
- Badan Litbang Pertanian. 2007. Pedoman umum, kegiatan produksi benih sumber padi dalam mendukung program benih berbantuan tahun 2007. Jakarta: Badan Litbang Pertanian.
- Badan Standart Nasional Indonesia (BSNI). 2008. Standart Nasional Indonesia Benih Tebu. SNI 7312. Jakarta. hlm. 1–8.
- Baihaki, A. 2008. Permasalahan yang dihadapi oleh pemulia perseorangan dalam pengembangan benih unggul melalui industri perbenihan dan pembibitan swasta nasional. Makalah disampaikan dalam integrated workshop "Konsolidasi sumber daya iptek pangan untuk mencapai kemandirian benih dan bibit dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan dan MDG's 2015". Jakarta: BPPT. 15 hlm.
- Balittas. 2016. Keunggulan perbenihan *bud chips*/SBP. <http://balittas.litbang.pertanian.go.id/index.php/component/content/article/58-berita/388-budchips?Itemid=101>. Diakses tanggal 20 Juli 2016.
- Behera, K.K. and S. Sahoo. 2009. "Rapid in vitro micropropagation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L. cv-Nayana) through callus culture". *Nature and Science*, 7(4):1–10.
- Biradar, S., D.P. Biradar, V.C. Patil. S.S. Patil, and N.S. Kambar. 2009. "In vitro plant regeneration using shoot tip culture in commercial cultivar of sugarcane". *Karnataka Journal Agric. Sci.*, 22(1):21–24.
- Cheema, K.L. and M.M. Hussain. 2004. "Micropropagation of sugarcane through apical bud and axillary bud". *Int. Journal of Agriculture & Biology*, 6(2):257–259.
- Chen, W.H., M.R. Davey, J.B. Power, and E.C. Cocking. 1988. Control and maintenance of plant regeneration in sugarcane callus cultures. *Journal of Experimental Botany*, 39:251–261.

- Damayanti, T.A., L.K. Putra, and Giyanto. 2010. "Hot water treatment of cutting-cane infected with sugarcane streak mosaic virus (SCSMV)". *J. Int. Soc. for Southeast Asian Agric. Sciences*, 16(2):17–25.
- Ditjenbun. 2011. *Peningkatan Produksi, Produktivitas, dan Mutu Tanaman Semusim, Pedoman Teknis Pelaksanaan Pengembangan Tanaman Tebu*. Jakarta.
- Ditjentan. 2008. Regulasi dan kebijakan perbenihan nasional. Makalah disampaikan dalam integrated workshop "Konsolidasi sumber daya iptek pangan untuk mencapai kemandirian benih dan bibit dalam rangka mewujudkan ketahanan pangan dan MDG's 2015". Jakarta: BPPT. 16 hlm.
- Falco, M.C., B.M.J. Mendes, M. Beatriz, A. Tulmann-Neto, and B. Appezzato-Da-Glória. 1996. "Histological characterization of in vitro regeneration of *Saccharum* sp." *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 8(2):93–97.
- Godheja, J., K. Shekhar, and D.R. Modi. 2014. "The standardization of protocol for large scale production of sugarcane (Co-86032) through micro propagation". *Int. Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 4(11):135–143.
- Gujja, B., N. Loganandhan, G.V. Vinoud, A. Manisha, B. Sashi, and S. Alwara. 2009. *Sustainable Sugarcane Initiative: Improving Sugarcane Cultivation in India*. Icrishat, Patancheru.
- Ho, W-J and I.K. Vasil. 1983. "Somatic embryogenesis in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.): Growth and plant regeneration from embryogenic cell suspension cultures". *Annals of Bot.*, 51:719–726.
- Hunsigi, G. 2001. *Sugarcane in Agriculture and Industry*. India: Eastern Press.
- Indrawanto, C., Purwono, Siswanto, M. Syakir, dan W. Rumini. 2010. *Budi Daya dan Pasca-panen Tebu*. Jakarta: Eska Media.
- Jain, R., S. Solomon, A.K. Shrivastava, and A. Chandra. 2010. "Sugarcane bud chips. A promising seed material". *Sugar Tech.*, 12(1):67–69.
- Johnson, S.S. and A.P. Tyagi. 2010. "Effect of ratoon stunting disease (RSD) on sugarcane yield in Fiji". *The South Pacific J. of Nat. and App. Sci.*, 28:69–73.
- Julianto. 2015. Tingkatkan produktivitas tebu. <http://tabloidsinartani.com/read-detail/read/tingkatkan-produktivitas-tebu>. Diakses tanggal 20 Oktober 2015.
- Karim, M.Z., M.N. Amin, M.A. Hossain, S. Islam, F. Hossain, and R. Alam. 2002. "Micropropagation of two sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) varieties from callus culture". *J. of Biol. Sci.*, 2(10):682–685.
- Khan, I.A., A. Khatri, G.S. Nizamani, M.A. Siddiqui, M.H. Khanzada, N.A. Dahar, N. Seema, and M.H. Naqvi. 2004. "In vitro studies in sugarcane". *Pak. J. Biotech.*, 1:6–10.
- Khan, I.A. and A. Khatri. 2006. "Plant regeneration via organogenesis or somatic embryogenesis in sugarcane: Histological studies". *Pak. J. Bot.*, 38(3):631–636
- Kuri, N.H. and R.J. Naik. 2015. "Design and development of sugarcane bud chipping machine". *Int. J. of Res. in Aeronautical and Mechanical Engineering*, 3(12):97–110.
- Mariska, I. dan S. Rahayu. 2011. "Pengadaan bibit tebu melalui kultur jaringan". *Jurnal Litbang Pertanian* Edisi 6, 12 Juli 2011. No. 3413. Tahun XLI.
- Murashige, I. and F. Skoog. 1962. "A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture". *Physiol. Plant* 159: 473 –497.
- Niaz, F. and A. Quraishi. 2002. "Studies on somatic embryogenesis in sugarcane". *J. Biol. Scie.*, 2(2):67–69. <http://dx.doi.org/10.3923/jbs.2002.67.69>. Diakses pada 20 Oktober 2015.

- Pandey, R.N., J. Rastagi, M.L. Sharma, and R.K. Singh. 2011. "Technologies for cost reduction in sugarcane micropropagation". *Africa Journal of Biotechnology*, 10(40):7814–7819.
- Parnidi, R.D. Purwati, R. Hamida, F. Rochman, dan D.A. Sunarto, 2015. *Produksi Benih Sumber Tanaman Pemanis dan Minyak, Produksi Benih Sumber Tanaman Tebu*. Laporan Akhir Tahun. Malang: Balai Tanaman Pemanis dan Serat.
- Pawirosemadi, M. 2011. *Dasar-Dasar Teknologi Budi Daya Tebu dan Pengolahan Hasilnya*. Cet. 1. Malang: Penerbit Universitas Negeri Malang.
- Permentan. 2015. *Peraturan Menteri Pertanian tentang Pedoman Produksi Benih Sumber Tebu*. Jakarta.
- Purlani, E. 2013. *Pelatihan Akselerasi Adopsi Benih Unggul Tebu dan Tehnik Perbenihannya Bagi Penangkar dan Petugas Lapang*. http://balittas.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=282:djenkol&catid=4:info-aktual&Itemid=5. Diakses pada 19 Oktober 2015.
- Rahman, S.U., M.T.H. Shahid, M. Hussain, M.K. Tanvir, and M.A Javed. 2002. "Genotypic effect on callogenesis and organogenesis in sugarcane". *Pak. Sugar J.*, 17(6):13–20. <http://dx.doi.org/10.4238/vol10-3gmr1122>. Diakses pada 19 Oktober 2015.
- Rokhman, H., Taryono, dan Supriyanta. 2014. "Jumlah anakan dan rendemen enam klon tebu (*Saccharum officinarum* L.) asal bibit bagal, mata ruas tunggal (*bud set*), dan mata tunas tunggal (*bud chips*)". *Vegetalika*, 3(3):89–96.
- Santoso, U. dan Nursandi, F. 2003. *Kultur Jaringan Tanaman*. Malang: Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang. 191 hlm.
- Sharma, K.K., U.S. Singh, P. Sharma, A. Kumar, and L. Sharma. 2015. "Seed treatment for sustainable agriculture-A review". *J. Applied and Natural Science*, 7(1):521–539.
- Sukmadjaja, D. dan A. Mulyana. 2011. "Regenerasi dan pertumbuhan beberapa varietas tebu (*Saccharum officinarum* L.) secara *in vitro*". *Jurnal Agro Biogen*, 7(2):106–118.
- Sumaryono. 2011. "Kultur *in vitro* tanaman". Makalah disampaikan pada Pelatihan Teknologi Somatic Embryogenesis untuk Komoditas Tebu. Tanggal 14–16 November 2011. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.
- Tolera, B., M. Diro, and D. Belew. 2014. "Effects of 6-Bencyl Aminopurine and kinetin on *in vitro* shoot multiplication of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) varieties". *Advances in Crop Science and Technology*, 2(3):1–5.
- Yuliardi, R. 2012. Bud Chip. <http://jccry.blogspot.com/2012/08/bud-chip.html>. Diakses pada 19 Oktober 2015.
- Yusnita, 2003. *Kultur Jaringan Cara Memperbanyak Tanaman Secara Efisien*. Jakarta: AgroMedia Pustaka. 105 hlm.

IKLIM DAN PENGELOLAAN AIR TANAMAN TEBU

Prima Diarini Riajaya

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199 Malang, 65152
e-mail: primariajaya@yahoo.com

Ringkasan

Penanaman tebu di Indonesia umumnya dilakukan di lahan kering dan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dari curah hujan untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Pemahaman mengenai iklim dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi sangat penting karena kebutuhan air pada setiap fase pertumbuhan, dan pengelolaan air tanaman sangat dibutuhkan untuk memperoleh produktivitas tebu yang tinggi. Fase pertunasan sampai pemanjangan batang merupakan periode pembentukan komponen hasil yang paling kritis terhadap kebutuhan air, sehingga stres air yang terjadi pada periode tersebut berpengaruh terhadap penurunan hasil. Tingkat ketersediaan air pada periode pemanjangan batang menentukan tinggi batang, sedangkan pada periode pemasakan akan menentukan tingkat rendemen. Tebu merupakan tanaman yang berumur panjang hingga satu tahun dengan produksi biomassa yang tinggi sehingga kebutuhan air juga tinggi. Bila kandungan air tanah berkurang sampai 50% maka pertumbuhan dan produksi batang akan berkurang. Pengairan diberikan apabila curah hujan tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman, dan diberikan berdasarkan kapasitas tanah memegang air. Produksi tanaman tebu sangat ditentukan oleh jumlah dan bobot batang, sehingga usaha untuk menjamin ketersediaan air selama pertumbuhan sangat diperlukan. Drainase dibutuhkan apabila curah hujan melebihi kebutuhan tanaman dan kapasitas tanah memegang air. Pada kondisi anomali iklim yang mengarah pada curah hujan tinggi menyebabkan potensi genangan pada lahan berdrainase buruk dan bila terjadi pada musim kemarau akan menurunkan rendemen. Pemilihan lahan yang sesuai sebaiknya mempunyai drainase lancar untuk menghindari genangan, dan untuk mendukung hal tersebut maka usaha untuk perbaikan saluran drainase sangat diperlukan. Tulisan ini memaparkan pemahaman mengenai faktor iklim yang berpengaruh pada setiap fase pertumbuhan tanaman tebu dan pengelolaan air mendukung upaya peningkatan produktivitas dan rendemen tebu.

Kata kunci: Tebu, iklim, , pengelolaan air

Climate and Water Management for Sugarcane

Summary

Planting sugarcane in Indonesia is generally carried out in dry land and strongly influenced by the availability of water from rainfall to meet the water needs of plants. An understanding of the climate and its impact on growth and production is important in which water needs in each phase of growth and crop water management is needed to obtain a high productivity of sugarcane. Starting from sprouting until stem elongation phase is a period of yield formation and the most critical period to the needs of water, so the water stress that occurs during this period resulted in yield reduction. The level of water availability in the period of stem elongation determine the height of the stem, while the maturity period influences the sucrose content. Sugarcane has a

long crop age of up to one year with the production of high biomass that water demand is also high. When the soil water content is reduced to 50%, then growth and stem production will be reduced. Watering is delivered if rainfall is not able to meet the water needs of plants and is given according to the needs of plants and water holding capacity of the soil. Crop production is largely determined by the number and weight of stalk, so that efforts to ensure the availability of water during the growth of the plant is needed. Drainage is required if the rainfall exceeds the water needs of plants and water holding capacity of the soil. Under climate anomalies that lead to high rainfall causing potential inundation on land that is poorly drained and if they occur in the dry season will decrease the yield. Selection of suitable areas should be based on good drainage to avoid puddles, and to meet that demand on attempt to repair the drainage channel is needed. This paper describes the understanding of climatic factors that affect every phase of plant growth and water management of sugarcane for increased productivity and yield of sugarcane.

Keywords: Climate, sugarcane, water management

Pendahuluan

Tebu merupakan salah satu komoditas strategis penghasil gula dan bioenergi yang dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis dengan kendala utama ketersediaan air untuk mendukung pertumbuhan dan produksi (Kingston 1994; Silva *et al.* 2013). Penanaman tebu di Indonesia umumnya dilakukan di lahan kering dan dipengaruhi oleh ketersediaan air dari curah hujan. Faktor iklim terutama curah hujan berpengaruh terhadap tingkat produktivitas tebu di samping suhu, kelembapan, dan lama penyinaran. Tingkat produktivitas tebu berbeda dari satu wilayah ke wilayah lainnya tergantung pada kondisi iklim terutama curah hujan, tingkat pengelolaan tanaman, dan air. Variasi produksi tebu di Nigeria dipengaruhi oleh faktor evaporasi saat pertumbuhan cepat dan suhu minimum saat perkecambahan (Binbol *et al.* 2006). Total evapotranspirasi selama pertumbuhan tebu sangat tinggi yaitu 800–2.000 mm (FAO 2012). Rata-rata kebutuhan air tanaman tebu berkisar 20 Ml/ha dan kira-kira 80% dari total kebutuhan tersebut dipenuhi dari air tanah (Shrivastava dan Solomon 2011).

Total lahan tebu di Indonesia pada tahun 2014 seluas 474.928,7 ha dan 60% dari total luas lahan tersebut merupakan lahan tebu rakyat yang umumnya diusahakan di lahan kering dengan masa tanam pada pola II atau awal musim hujan sehingga pengaturan masa tanam optimum sangat diperlukan agar tanaman tebu mendapatkan kecukupan air untuk pertumbuhannya. Pemenuhan kebutuhan air tanaman dipenuhi dari curah hujan sehingga produktivitas akan bervariasi dengan pola hujan. Informasi kondisi iklim perlu diketahui sedini mungkin untuk meminimalkan dampak negatif terhadap pertumbuhan dan produksi tebu. Kurangnya informasi tentang pengaruh iklim, umur tanaman, dan varietas terhadap produksi dan rendemen merupakan faktor utama yang

berpengaruh terhadap produksi gula dan etanol di Brazil (Cardozo dan Sentelhas 2013).

Perubahan iklim berpengaruh terhadap tingkat produktivitas tebu, terutama di negara berkembang yang tingkat adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim masih rendah. Kejadian cuaca ekstrim yang meningkat akibat perubahan iklim berpengaruh negatif terhadap produktivitas tebu (Zhao dan Li 2015; Kumar dan Sharma 2014). Kumar dan Sharma (2014) mendapatkan hubungan non-linear antara produktivitas tebu dan faktor iklim. Variabilitas iklim global (suhu dan curah hujan) akan menjadi faktor utama pengendali produksi pertanian di masa mendatang, langkah-langkah adaptasi dan mitigasi perlu disiapkan untuk menghadapi isu perubahan iklim (Marin *et al.* 2013).

Faktor-faktor iklim dan dampaknya terhadap pertumbuhan dan produksi perlu diketahui. Untuk memperoleh produktivitas tebu yang tinggi dibutuhkan pemahaman mengenai iklim dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi, kebutuhan air pada setiap fase pertumbuhan, dan pengelolaan air untuk tanaman. Kekurangan air akibat kekeringan dan kelebihan air menurunkan produksi tebu. Kenyataan di lapangan sulit untuk mendapatkan kondisi optimum pada setiap fase pertumbuhan karena perubahan cuaca. Tebu merupakan tanaman yang berumur panjang hingga satu tahun dengan produksi biomassa yang tinggi sehingga kebutuhan air juga tinggi. Di samping itu kesesuaian lahan untuk tebu harus diperhatikan. Lahan berdrainase lancar dengan suplai air cukup, sangat sesuai untuk tebu untuk menghindari terjadinya genangan terutama pada fase kemasakan. Produktivitas tebu lahan kering lebih rendah dibanding lahan beririgasi.

Pengelolaan air tanaman yang baik dan menjamin ketersediaan air yang dibutuhkan setiap fase tumbuh dapat meningkatkan produktivitas tebu dan rendemen. Air bagi tanaman mempunyai peran penting dalam proses biokimia dan difusi yang terjadi di dalam sel dan dapat mengatur suhu dalam tanaman dan turgor sel. Untuk mendapatkan tingkat produksi yang optimum diusahakan tanaman tidak mengalami stres air terutama saat kebutuhan air maksimum. Stres yang terjadi saat fase pertumbuhan maksimum akan menurunkan pertumbuhan dan produksi. Setiap fase pertumbuhan tanaman mempunyai respon yang berbeda terhadap stres air, jumlah air yang digunakan tanaman berkaitan erat dengan tingkat produksi yang dihasilkan (Wright dan Whitty 2011). Tulisan ini memaparkan pemahaman mengenai faktor iklim yang berpengaruh pada setiap fase pertumbuhan tanaman tebu dan pengelolaan air tanaman untuk peningkatan produktivitas dan rendemen tebu.

Iklim dan Respon Ketersediaan Air Setiap Fase Pertumbuhan

Tanaman tebu berasal dari Asia dan tersebar di lahan irigasi dan lahan kering pada 23°LU dan 23°LS . Tanaman ini membutuhkan periode pertumbuhan relatif lama dengan kondisi lingkungan yang beradiasi dan berketersediaan air tinggi, diikuti dengan kondisi yang cerah (*sunny*) saat pemasakan dan panen. Pertumbuhannya membutuhkan suhu antara 22–30°C dengan suhu minimum 20°C (FAO 2015) dan suhu optimum 28–30°C (Liu dan Bull 1998). Suhu optimum 27°C dan minimum 15°C pertumbuhan akan terhambat (Ebrahim *et al.* 1998). Tanaman tebu menyimpan gula (sukrosa) dalam jumlah banyak di batang yang tumbuh di atas tanah. Produksi akhir tebu merupakan fungsi dari pertumbuhan batang yang menghasilkan ruang atau volume untuk pembentukan gula pada periode pemasakan. Hal ini merupakan hasil dari proses fisiologi yang kompleks dalam pertumbuhan dan pembentukan gula. Dengan mengetahui proses yang terjadi akan membantu pemahaman pembentukan gula dan peningkatan produktivitas.

Bahan untuk pertumbuhan dan hasil tebu adalah hasil proses fotosintesis. Akumulasi gula dalam batang berhubungan erat dengan aktivitas fotosintesis sehingga cekaman biotik dan abiotik selama fase pertumbuhan cepat akan menurunkan hasil (Endres *et al.* 2010). Proses fisiologi yang terjadi sangat berkaitan dengan kandungan air dalam tanaman, membuka dan menutup stomata tergantung pada turgor tanaman. Air dalam tanaman sangat dibutuhkan untuk proses fotosintesis dan menjaga turgor tanaman (Bull 2000). Endres *et al.* (2010) mendapatkan bahwa apabila turgor daun mencapai -1,5 MPa, maka laju fotosintesis kurang dari 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{detik}$ dan stomata menutup, konsentrasi CO_2 dalam daun untuk fotosintesis berkurang. Pada kondisi optimum dengan konduksi stomata mencapai 0,6 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{detik}$ akan dihasilkan laju fotosintesis sampai 40 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{detik}$. Pada siang hari tanpa stres air, potensial air daun tebu mencapai -1 MPa dan turun menjadi -1,5 MPa pada kondisi stres. Dengan demikian potensial air daun dapat dijadikan indikator stres air.

FAO (2015) membagi fase pertumbuhan tanaman tebu menjadi empat fase yaitu perkecambahan (*initial*) selama 30 hari, pertunasan (*crop development*) selama 50 hari, pemanjangan batang atau pertumbuhan cepat (*mid season*) selama 180 hari, dan pemasakan (*late season*) selama 60 hari. Pada fase perkecambahan dibutuhkan kondisi yang lembap di sekitar benih yang baru ditanam. Laju pertumbuhan awal masih lambat kemudian meningkat sampai mencapai pertumbuhan maksimum kemudian menurun bersamaan

dengan fase pemasakan. Fase pertunasan sampai pemanjangan batang merupakan periode pembentukan komponen hasil dan paling kritis terhadap kebutuhan air, sehingga stres air yang terjadi pada periode tersebut paling berpengaruh terhadap penurunan hasil (Ramesh dan Mahadevaswamy 2000).

Pembungaan tebu dipengaruhi oleh panjang hari, ketersediaan air atau nitrogen. Umur tanaman tebu bervariasi mulai 9 bulan sampai 12 bulan bahkan 14 bulan di wilayah tropis, akan tetapi dari segi indeks penggunaan waktu (*index of time value*) semakin lama umur panen semakin menurun indeks penggunaan waktu, angka *poll*, *brix*, produksi, dan sukrosa. Produksi gula optimum di wilayah tropis di Etiopia pada berbagai varietas dicapai bila tanaman dipanen umur 12 bulan dengan indeks penggunaan waktu yang optimum yaitu 91,36 ton/ha/bulan (Hagos *et al.* 2014).

Kondisi lingkungan sangat menentukan pertumbuhan dan perkembangan setiap fase tanaman tebu. Ketersediaan air yang cukup pada fase perkecambahan dapat mempercepat tumbuhnya batang (*shoot*) dan akar (*root*), dan pertumbuhan jumlah anakan pada fase pertunasan. Batang tebu terdiri atas bagian yang masih muda dan yang sudah tua. Bagian muda berada pada 8 internode teratas dengan pertumbuhan cepat dan kandungan sukrosa masih rendah. Batang yang sudah tua berada di bagian bawah, pertumbuhannya lambat, dan kandungan sukrosanya tinggi. Pada saat batang memanjang kandungan serat meningkat akan tetapi kandungan sukrosa masih rendah (Bull 2000). Seiring dengan bertambah panjangnya batang tebu dan sudah berumur delapan bulan atau lebih, bagian batang yang sudah tua lebih banyak dibanding yang muda sehingga menandakan saat panen. Pada proses pemasakan dapat dipercepat dengan menunda irigasi untuk merangsang terjadinya stres air atau melalui aplikasi zat pemacu kemasakan (Inman-Bamber *et al.* 2002). Bila kandungan air tanah berkurang sampai 50% maka pertumbuhan dan produksi batang akan berkurang (Inman-Bamber dan Smith 2005).

Tingkat ketersediaan air pada periode pemanjangan batang menentukan tinggi batang, sedangkan pada periode kemasakan akan menentukan rendemen. Batang tebu akan terus tumbuh sepanjang kebutuhan air dan nutrisi terpenuhi dan suhu tidak membatasi. Pada saat kanopi mulai menutup, pertumbuhan jumlah anakan berhenti dan mencapai maksimum, tunas yang baru tumbuh akan mati, selanjutnya tunas tersebut tumbuh menjadi batang yang memanjang, menebal, dan membentuk sukrosa (FAO 2012). Inman-Bamber dan Smith (2005) menyatakan bahwa pemanjangan batang lebih sensitif terhadap stres air dibanding pemanjangan daun. Pada kondisi air tanah tersedia lebih dari 230 mm, laju pemanjangan batang dan daun menurun pada defisit kandungan air tanah mencapai 60–130 mm, jumlah daun per batang berku-

rang saat defisit air tanah 80 mm, biomassa berkurang pada defisit air tanah 130 mm, dan produksi sukrosa menurun pada defisit air tanah 150 mm. Robertson *et al.* (1999) mendapatkan bahwa stres air yang terjadi saat fase pembentukan anakan, tanaman tebu masih dapat membentuk anakan kembali pada periode berikutnya bila kondisi air tanah kembali mencukupi kebutuhan tanaman, tetapi apabila stres air terjadi saat kanopi tanaman sudah menutup sempurna maka akan terjadi penurunan produksi batang dan sukrosa karena menurunnya total biomassa.

Selanjutnya Smit dan Singels (2006) mendapatkan bahwa varietas yang mempunyai konduksi stomata dan potensial air daun yang tinggi pada kondisi stres air dapat menjaga perkembangan kanopi lebih lama. Silva *et al.* (2013) menyatakan bahwa respon pertama tanaman terhadap kondisi kekeringan adalah menutup stomata. Tanaman yang mempunyai mekanisme fisiologi yang dapat mengontrol fungsi stomata merupakan tanaman yang lebih tahan terhadap kekeringan, stomata dapat dikontrol dengan tingkat defisit air yang dapat menutup sebagian stomata sehingga fiksasi karbon masih terus berlangsung dan efisiensi penggunaan air meningkat.

Pada lahan berpengairan, pengairan dihentikan sebelum panen dengan istilah yang biasa dipakai periode *drying-off* agar kondisi lahan kering dan meningkatkan kandungan sukrosa. Kondisi kering sebelum panen diperlukan tanpa mengurangi produksi tebu (Carr dan Knox 2011) yaitu 30 hari sebelum panen dengan defisit air 37,76 mm (Araujo *et al.* 2016). Penurunan produksi tebu kurang dari 4% bila irigasi dihentikan pada periode *drying-off* namun tidak mempengaruhi produksi gula. Pada wilayah dengan curah hujan dan kapasitas tanah memegang air tinggi membutuhkan periode *drying off* lebih lama (Donaldson dan Bezuidenhout 2000). Fase kemasakan tebu terjadi antara pertumbuhan dan kematian dan merupakan fase pembentukan sukrosa di batang mulai dari batang bawah sampai atas. Dengan demikian batang tebu merupakan *reservoir* atau *storage sink* yang pada kondisi optimum akan diisi oleh sukrosa dalam jumlah yang banyak. Batang tebu terdiri atas internode yang terbentuk setiap 10 hari (Cardozo dan Sentelhas 2013).

Dengan demikian idealnya panen dilakukan pada saat yang tepat yaitu pada saat puncak kemasakan dengan kandungan sukrosa yang optimum pada musim kemarau. Kondisi yang demikian sering tidak terpenuhi karena perubahan cuaca, menunggu jadwal tebang, terbatasnya tenaga atau mesin tebang sehingga tebu dipanen sebelum atau sesudah mencapai rendemen puncak. Varietas dengan tipe kemasakan awal lebih sensitif terhadap kondisi cuaca sehingga masak lebih cepat dibanding varietas masak lambat yang mencapai kandungan sukrosa maksimum pada akhir panen (Scarpari dan de Beauclair

2009). Ketersediaan air yang rendah merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap pemasakan yang dapat menurunkan laju fotosintesis, pemanjangan daun dan batang (Cardozo dan Sentelhas 2013).

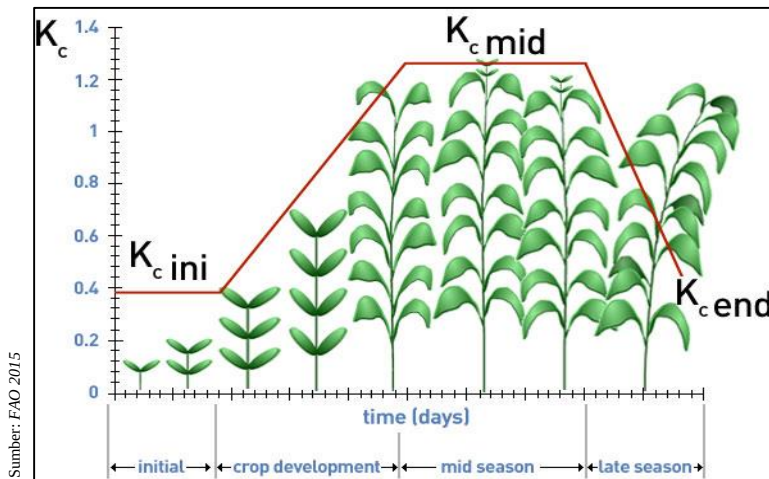
Dengan periode hujan yang terbatas, penanaman tebu pada periode I (akhir musim hujan) seringkali dihadapkan pada kondisi stres air terutama pada fase pertunasan sehingga diperoleh jumlah tunas yang sedikit. Penanaman tebu pada periode II (awal musim hujan) biasanya dihadapkan dengan stres air terutama pada fase pemanjangan batang dan menyebabkan panjang batang kurang optimal. Stres yang terjadi pada fase pemanjangan batang akan menyebabkan ruas batang pendek dan pertumbuhan tinggi tanaman terhambat. Sedangkan pada fase kemasakan justru diperlukan kondisi kering. Respon tanaman terhadap tingkat stres air akan berbeda pada setiap fase pertumbuhan.

Pembentukan sukrosa sangat ditentukan oleh periode kering sehingga dengan curah hujan yang merata sepanjang tahun terutama pada curah hujan tahunan 2.000–3.000 mm akan diikuti dengan periode kering yang pendek sehingga waktu yang dibutuhkan untuk kemasakan tebu berkurang dan menurunkan kandungan sukrosa dalam batang tebu sehingga menurunkan rendemen gula. Varietas tebu masak awal akan masak terlebih dahulu begitu memasuki musim kemarau kemudian varietas tebu masak lambat membutuhkan waktu yang lebih lama lagi akan masak.

Pengelolaan Air pada Tanaman Tebu

1. Kebutuhan Air Tanaman Tebu

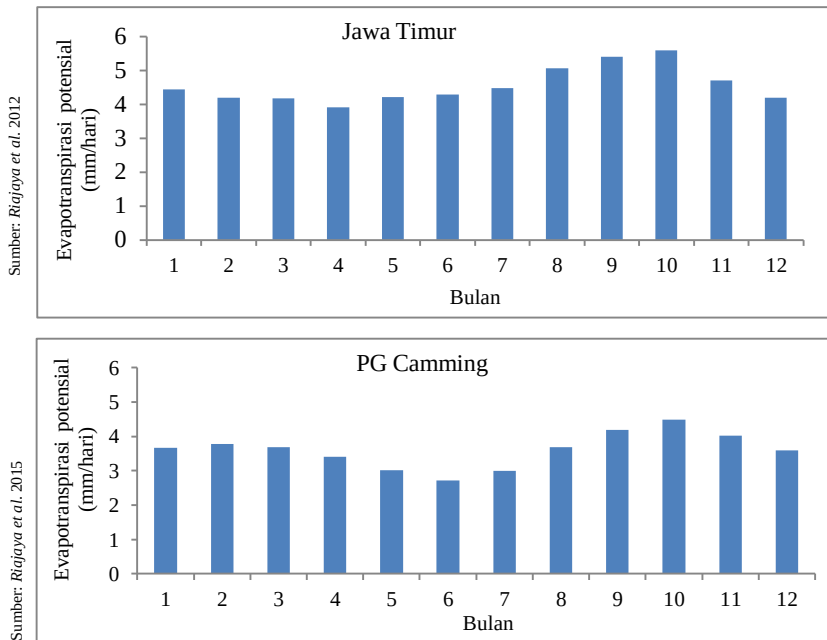
Evapotranspirasi (ET) tanaman atau evapotranspirasi aktual mencerminkan kebutuhan air tanaman yang tergantung pada tingkat penutupan permukaan tanah oleh kanopi, kadar lengas tanah, dan distribusi akar. ET nilainya rendah pada fase awal tumbuh tanaman, meningkat pada fase pertumbuhan cepat, dan menurun kembali pada fase akhir pertumbuhan. Faktor yang mempengaruhi ET meliputi radiasi matahari, kelembapan, temperatur, dan angin. Evapotranspirasi potensial terkait dengan kondisi tersedianya energi untuk menguapkan air dari tanah dan angin untuk mengangkut uap air dari tanah naik ke permukaan. Secara sederhana kebutuhan air tanaman merupakan perkalian antara ET potensial dikalikan dengan koefisien tanaman. Koefisien tanaman menurut FAO (2015) disajikan pada Gambar 1 yang menggambarkan pola kebutuhan air tanaman tebu.



Gambar 1. Koefisien tanaman tebu (K_c) tiap fase pertumbuhan tanaman, yaitu fase perkecambahan (*initial*), pertunasan (*crop development*), pemanjangan batang, atau pertumbuhan cepat (*mid season*), dan kemasakan (*late season*)

Pada tanaman tebu, kebutuhan air berbeda tergantung setiap fase pertumbuhan. Pada fase perkecambahan kebutuhan air tanaman masih rendah, kemudian mulai meningkat pada fase pertunasan, mencapai puncaknya pada fase pemanjangan batang atau pertumbuhan cepat, dan mulai menurun pada fase pemasakan sampai panen. Kebutuhan air ini berbeda dari lokasi ke lokasi dan kondisi iklim. Pada saat tanam kondisi tanah harus cukup lembap (50% kandungan air tanah tersedia).

Evapotranspirasi potensial dapat dihitung menggunakan metode Penman berdasarkan data iklim. Riajaya *et al.* (2012;2015) menghitung evapotranspirasi potensial di wilayah Jawa Timur dan PG Camming, Bone yang disajikan pada Gambar 2a dan 2b. Evapotranspirasi potensial menggunakan data rata-rata lima tahun (2007–2011) suhu maksimum, suhu minimum, kelembapan, lama penyinaran, dan kecepatan angin dari Stasiun Meteorologi Perak I Surabaya dan PG Camming, Bone. Selama musim hujan sampai awal musim kemarau evapotranspirasi potensial di wilayah Jawa Timur berkisar 3,92–4,70 mm/hari, kemudian meningkat pada Agustus sampai Oktober dengan kisaran 5,06–5,59 mm/hari seiring dengan meningkatnya suhu maksimum, intensitas radiasi matahari, dan kecepatan angin. Di wilayah PG Camming evapotranspirasi potensial berkisar 2,72–4,48 mm/hari, dan Desember–Mei berkisar 3,01–3,78 mm/hari, Juni–Juli 2,72–2,99 mm/hari, dan Agustus–November 3,69–4,48 mm/hari.



Gambar 2. Evapotranspirasi potensial di wilayah (a) Jawa Timur dan (b) PG Camming

Total evapotranspirasi potensial selama musim tanam di wilayah PG Camming 1.278 mm (Riajaya *et al.* 2015) dan 1.692 mm di Jawa Timur pada penanaman bulan November (Riajaya *et al.* 2012). Dari data tersebut mengindikasikan bahwa pengembangan tebu di masing-masing wilayah diarahkan ke wilayah dengan curah hujan tahunan mendekati total evapotranspirasi potensial yang tersebar merata sesuai dengan pola kebutuhan air tebu. Dengan curah hujan efektif 80% maka dibutuhkan curah hujan tahunan sebesar 2.100 mm untuk wilayah Jawa Timur dan 1.600 mm untuk PG Camming. Idealnya saat puncak kebutuhan air tanaman yaitu saat fase pemanjangan batang bersamaan dengan musim hujan (3–4 bulan) dan pada akhir musim hujan mulai memasuki fase kemasakan. Pada fase awal perkecambahan tidak bersamaan dengan puncak musim hujan, jadi penanaman dilakukan pada awal musim hujan saat intensitas curah hujan masih rendah. Informasi total kebutuhan air ini penting diketahui dalam upaya pengembangan ke wilayah baru dan perkiraan hasil.

Total evapotranspirasi di Brazil 1.645 mm/tahun (da Silva *et al.* 2012), 1.369,84 mm di Myanmar (Win *et al.* 2014), 1.450 mm di Bundaberg, Australia (Kingston 1994), 1.100–1.960 mm di berbagai lokasi di Australia (Holden dan McGuire 2013), 1.542–1.964 mm di Hawaii (Osorio *et al.* 2014) dan

1.100–1.800 mm di beberapa lokasi tebu di dunia dengan puncak kebutuhan air 6–15 mm/hari (Carr dan Knox 2011). Tanaman tebu membutuhkan air 20 Ml/ha selama siklus hidupnya (Shrivastava dan Solomon 2011). Dengan memadukan pola kebutuhan tanaman dan pola hujan di suatu wilayah maka dapat ditetapkan masa tanam yang optimum. Stres terjadi akibat kebutuhan air hanya terpenuhi 50% sehingga menurunkan total bahan kering 20–56% dan total produksi 17–52% (Basnayake *et al.* 2012).

Efisiensi penggunaan air tanaman tebu 12,21 ton/Ml air di Australia (Kingston 1994); 4,8–12,1 ton/Ml air di Afrika bagian Selatan, Hawaii, dan Australia (Robertson dan Muchow 1994); 5,43 kg/m³ air di Iran (Bahrani *et al.* 2009); dan 12,6 ton/100 mm air di Afrika Selatan (Olivier dan Singels 2003). Setiap 10 mm air akan dihasilkan satu ton tebu per hektar dan dengan irigasi yang sangat efisien produktivitas dapat ditingkatkan menjadi 1,5 ton per hektar (Holden dan McGuire 2013). Efisiensi penggunaan air pada kondisi air tanah 80% di berbagai wilayah di dunia dilaporkan oleh FAO sebesar 5–8 kg tebu/m³ air dan 0,6–1 kg sukrosa/m³ air. Kingston (1994) membuat ringkasan dari berbagai sumber menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang linear antara penggunaan air tanaman dan produksi biomassa pada beberapa tanaman termasuk tebu pada kondisi lingkungan seperti pupuk, radiasi, dan suhu optimum. Pada tanaman tebu sebagian besar produksi biomassa berupa produksi batang tebu. Produktivitas dan efisiensi penggunaan air yang tinggi menunjukkan pengelolaan tanaman yang baik, produktivitas dan efisiensi penggunaan air yang rendah menunjukkan perlunya memperbaiki pengelolaan tanaman.

Pada kondisi lingkungan yang optimum yaitu radiasi 7.300 MJ/m², 4.000 *growing degree days* (GDD) pada suhu dasar 10°C, dan suplai air 1.800 mm menghasilkan produktivitas 200 ton/ha dan 24 ton gula/ha (Inman-Bamber 1995). Kondisi aktual di lapangan produktivitas tebu irigasi berkisar 80–150 ton/ha dengan 10–17 ton gula/ha. Produktivitas tebu irigasi rata-rata 120 ton/ha termasuk tingkat produktivitas yang tinggi. Produktivitas tebu lahan kering 30–90 ton/ha dengan rata-rata 60 ton/ha termasuk tingkat produktivitas yang tinggi.

2. Pengairan dan Drainase

Pengairan diberikan apabila curah hujan tidak dapat memenuhi kebutuhan air tanaman dan ditujukan untuk mengisi kembali profil tanah antara kapasitas lapang dan titik layu permanen. Defisit air sangat membatasi produktivitas tanaman tebu. Air tanah tersedia dapat digunakan oleh tanaman, dan bila air ta-

nah tersebut telah habis digunakan oleh tanaman maka akan dicapai titik layu permanen. Ketersediaan air dalam tanah tergantung jenis tanah. Pada tanah dengan tekstur pasir kira-kira 80% dari total air tersedia yang tersedia untuk tanaman dan pada tanah dengan tekstur liat hanya 40–50%. Tabel 1 menyajikan total air tanah tersedia yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, hasil rangkuman Holden dan McGuire (2013). Efisiensi pengairan dimaksudkan untuk memberikan air yang cukup di sekitar perakaran tetapi tidak melebihi kapasitas lapang dan sesuai kebutuhan. Dengan demikian pemberian irigasi pada waktu dan volume yang tepat serta efisien dan ekonomis sesuai kebutuhan tanaman dan kapasitas tanah memegang air (Schroeder *et al.* 2009).

Tabel 1. Air tanah tersedia pada berbagai tekstur tanah (*RAW: readily available water*)

Jenis tanah	RAW (mm)
Liat	90–100
Lempung berliat	80–90
Lempung	70–80
Lempun berpasir	50–60
Liat berlempung	30–40

Sumber: Holden dan McGuire (2013)

Drainase dibutuhkan apabila curah hujan melebihi kebutuhan air tanaman dan kapasitas tanah memegang air. Pemilihan lahan yang sesuai sebaiknya mempunyai drainase lancar untuk menghindari genangan, maka usaha untuk perbaikan saluran drainase sangat diperlukan. Pada kondisi anomali iklim yang mengarah pada curah hujan tinggi menyebabkan potensi genangan pada lahan berdrainase buruk dan bila terjadi pada musim kemarau akan menurunkan rendemen.

Produksi tanaman tebu sangat ditentukan oleh jumlah dan bobot batang sehingga usaha untuk menjamin ketersediaan air tanaman selama pertumbuhan sangat diperlukan. Pada fase kritis tanaman tebu yaitu mulai fase anakan sampai pertumbuhan cepat sehingga kebutuhan air tanaman harus tercukupi untuk membentuk komponen produksi yang tinggi. Silva *et al.* (2008) mendapatkan penurunan produktivitas tebu 22,5% bila stres air terjadi pada fase pertumbuhan cepat karena menurunnya jumlah, panjang, dan bobot batang. Komponen produksi tersebut sangat dipengaruhi lingkungan dan dapat menentukan produksi pada kondisi stres air dan responnya sangat tergantung genotipe.

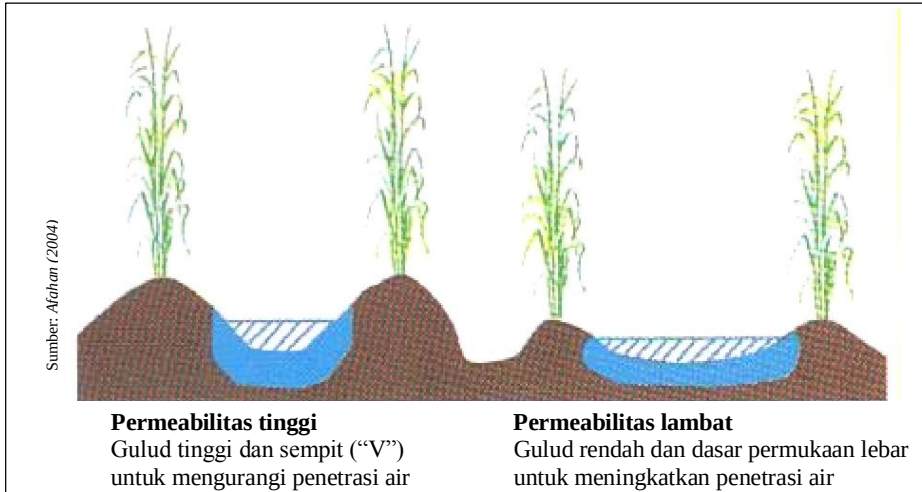
Idealnya penanaman tebu dilakukan sebelum memasuki musim hujan dengan menambah pengairan pada awal pertumbuhan yaitu pada fase perkecambahan sampai pertunasan sehingga memasuki fase pemanjangan batang

bersamaan dengan musim hujan dan menjelang kemasakan bersamaan dengan musim kemarau. Penanaman tebu di lahan kering pada pola II dapat dilakukan pada awal musim hujan. Tanaman tebu membutuhkan 9 bulan dengan tingkat kecukupan air sebelum memasuki periode kemasakan sehingga waktu tanam sangat berpengaruh pada tanaman baru (PC). Saat fase kemasakan tanaman tebu tidak membutuhkan pengairan. Pertumbuhan tinggi batang dapat dijadikan indikator kebutuhan irigasi. Saat kandungan air tanah kurang dari 50% pertumbuhan berkurang.

Jumlah air yang dibutuhkan untuk mengairi pada fase awal tumbuh lebih sedikit dibanding mengairi pada fase pemanjangan batang. Tanaman tebu sedikitnya membutuhkan 850 mm per tahun untuk lahan kering. Irigasi penuh dibutuhkan bila curah hujan tahunan kurang dari 800 mm, irigasi tambahan dibutuhkan bila curah hujan tahunan kurang dari 1.000 mm untuk menjaga kestabilan hasil. Irigasi bisa diberikan melalui alur, drip, berjadwal berdasarkan kondisi air tanah yang dapat ditentukan berdasarkan pengukuran potensi air tanah (ambang -40 sampai -80 kPa), air tanah tersedia (ambang 50% air tanah tersedia) atau model simulasi (FAO 2012). Tanaman tebu di Indonesia menyebar mulai dari wilayah kering dengan curah hujan tahunan rata-rata 985–1.590 mm di Sampang, Madura (Riajaya *et al.* 2012) dan wilayah basah dengan curah hujan tahunan 1.650–2.500 mm di Bone Sulawesi Selatan (Riajaya *et al.* 2015).

Irigasi alur (*furrow irrigation*) paling banyak dipakai di berbagai negara karena tidak banyak membutuhkan peralatan irigasi, mudah dilaksanakan, dan sesuai untuk lahan dengan kemiringan kurang dari 3% dengan efisiensi pemberian air bervariasi 30–90%. Guludan dibentuk saat tanaman telah berumur 3–6 bulan dengan ketinggian bervariasi 15–25 cm dan di antara guludan dapat dijadikan alur irigasi. Apabila penetrasi air ke dalam tanah lambat maka kemiringan saluran air landai (0,06%). Semakin panjang juringan semakin rendah efisiensi penggunaan air dan meningkatkan perkolasi. Tingkat kemiringan lahan menentukan panjang juring yang dibuat, bila kemiringan lahan meningkat maka dibuat juring lebih panjang tetapi harus mempertimbangkan penetrasi air ke dalam tanah. Genangan sering terjadi dengan semakin panjang juring dan kemiringan lahan yang rendah. Pada tanah dengan permeabilitas yang lebih tinggi dan kemiringan lahan >0,5% maka dibuat juring yang lebih pendek. Guludan tinggi dengan bentuk guludan “V” dipakai untuk mengurangi penetrasi air ke dalam tanah untuk menghindari perkolasi dalam dan mengurangi kontak permukaan tanah dengan air. Guludan yang lebih pendek sesuai untuk lahan dengan permeabilitas rendah dan meningkatkan kontak permukaan tanah dengan air. Laju aliran air tergantung pada kemiringan la-

han, infiltrasi, dan panjang juring. Sebagai ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 3. Pada irigasi alur dalam periode yang lama bisa menyebabkan pemadatan tanah yang dapat mengurangi penetrasi air ke dalam tanah maka pengolahan tanah setelah panen sangat diperlukan.



Gambar 3. Bentuk gulud pada tanah dengan permeabilitas tinggi dan lambat

Penutupan tanah dengan sisa-sisa tanaman pada awal pertumbuhan tanaman dapat mengurangi evaporasi dan dapat menunda irigasi, juga berfungsi memperlambat pergerakan air sepanjang alur irigasi sehingga dibutuhkan irigasi yang lebih lama. Untuk menghemat air irigasi pengairan bisa diberikan tidak di setiap alur tanaman (*alternate furrow irrigation*) dengan membiarkan satu alur diberi mulsa dan alur berikutnya diairi karena air masih bisa bergerak lateral dengan frekuensi pemberian air ditingkatkan karena hanya sebagian permukaan tanah yang diairi.

Sistem irigasi *sprinkler* yang *portable* hanya dapat digunakan pada tanaman yang masih muda dan membutuhkan tenaga yang lebih banyak untuk memindahkan alat ke tempat lain untuk menjangkau lahan yang lebih luas sehingga tidak praktis digunakan untuk tanaman yang keragaannya tinggi seperti tebu. Setiap *sprinkler riser* hanya menjangkau 12–14 baris tanaman. Laju pemberian air sangat tergantung dengan tekstur tanah, tingkatutupan tanah, dan kemiringan lahan. Pada lahan berpasir dibutuhkan 50 mm/jam pada kemiringan lahan 0,5% dibanding dengan 5 mm/jam pada lahan bertekstur liat. Dengan memberikan tekanan pada *nozzle* sebesar 400 kPa akan dihasilkan diameter *spray* sampai 39 m tergantung pada ketinggian *nozzle*. Irigasi

sprinkler yang bisa bergerak secara otomatis membentuk lingkaran menggunakan *centre pivot irrigator* yang dapat mengairi lahan yang lebih luas.

Irigasi tetes atau drip mempunyai efisiensi pengairan yang tinggi karena air diberikan langsung di daerah perakaran tanaman melalui pipa dan dibutuhkan investasi yang mahal. Evaluasi irigasi tetes di Zimbabwe untuk menggantikan irigasi permukaan menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan air meningkat, namun demikian kendala distribusi air dari *emiter* karena penyumbatan sehingga harus dilakukan penyaringan dan pemasangan filter yang baik (Ndeketya *et al.* 2014). Pada irigasi *subsurface* kendala yang dihadapi adalah apabila terjadi kebocoran pipa tidak bisa terdeteksi dengan mudah sehingga harus dilakukan pengecekan berkala. Pada tanah berlempung, irigasi dalam waktu lama akan menyebabkan tanah jenuh, pertumbuhan batang tebu yang tinggi akan mudah roboh bila diterpa angin yang kuat.

Irigasi tetes memberikan air di atas atau di bawah permukaan tanah dalam volume yang sedikit tetapi frekuensinya sering, dengan *low rate* langsung di daerah perakaran tanaman. Penggunaan irigasi tetes di Maharashtra, India pada tanaman tebu membutuhkan air 940 mm/ha dengan produktivitas tebu 170 ton/ha dibanding 2.150 mm air/ha dengan irigasi konvensional yang biasa dipakai yaitu irigasi permukaan dengan produktivitas 128 ton/ha, sehingga menghemat 65% penggunaan air dan meningkatkan produktivitas 33% (Shrivastava dan Solomon 2011). Di samping itu biaya produksi tanaman tebu dengan irigasi tetes lebih murah 18% dibanding dengan irigasi permukaan, pemupukan dapat diaplikasikan bersamaan dengan air irigasi sehingga penyerapan pupuk lebih efisien, kehilangan air irigasi dapat dikurangi (Narayanamoorthy 2005), dan tidak terjadi *run-off* karena permukaan tanah yang basah hanya bersifat parsial tidak membasahi semua permukaan tanah sehingga pertumbuhan gulma terbatas (Lewis *et al.* 2011).

Pengairan yang berlebihan atau curah hujan yang tinggi menyebabkan genangan yang dapat berlangsung beberapa saat atau hari. Pada kondisi curah hujan yang berlebihan menyebabkan tanah jenuh air sehingga tergenang karena air tidak dapat dialirkan keluar atau naiknya permukaan *water table* mendekati permukaan tanah. Penurunan produksi tanaman tergantung lama dan kedalaman genangan. Tanaman tebu tidak tahan genangan lebih dari dua hari (James 2004) yang dapat menurunkan produktivitas 0,5 ton/ha setiap hari genangan (Davis 2014). Drainase dibuat agar terjadi keseimbangan antara kandungan air dalam tanah dan udara di wilayah perakaran.

Perbaikan drainase sangat diperlukan melalui drainase permukaan (*surface drainage*) untuk mengalirkan air permukaan atau *run-off* setelah hujan dan drainase bawah permukaan (*subsurface drainage*) untuk menjaga muka air

tanah (James 2004). Bila genangan disebabkan oleh naiknya muka air tanah maka drainase bawah permukaan diperlukan melalui pemasangan pipa di area yang tergenang dan mengalirkan air keluar dari daerah perakaran menuju drainase permukaan (terbuka). Naiknya muka tanah biasanya disebabkan oleh tingginya curah hujan yang terjadi setiap tahun (bertahun-tahun), minimnya saluran pembuangan air, dan lahan relatif datar. Drainase permukaan ditujukan untuk mengalirkan air permukaan dari lahan untuk mengurangi genangan melalui pembuatan kemiringan lahan berjenjang (*field levelling*) terutama pada lahan dengan sistem irigasi alur. *Levelling* lahan bisa dibuat di setiap batas lahan pada posisi lahan yang lebih rendah untuk mengalirkan air. Pada sistem drainase di lahan sebaiknya dangkal dan bentuknya tidak mengganggu pergerakan alat-alat mekanisasi dan pada bidang permukaan dasar drainase berumput sebagai penyaring sedimen, nutrien, atau pestisida sebelum air mencapai sungai, dan memperlambat aliran. Sebelum memilih sistem drainase yang sesuai harus diperhatikan faktor penyebabnya, bila setelah irigasi terjadi genangan maka efisiensi irigasi harus ditingkatkan dengan memperhatikan saluran pembuangan yang tepat. Saluran drainase dibuat terlebih dahulu sebelum melakukan pengairan.

Pada lahan tebu yang luas dan relatif datar sering terjadi genangan, bila muka air tanah naik akan mengganggu perakaran tanaman dan menurunkan potensi hasil. Untuk itu perlu mengamati kedalaman muka air tanah (kurang dari 120 cm di bawah permukaan tanah) menggunakan alat piezometer yang dipasang di lahan atau dengan memonitor tinggi muka air pada sumur dangkal yang biasa ditemui di lahan sehingga fluktuasi muka air tanah dapat diketahui dan dapat mengatasi masalah drainase dengan tepat (Bakker 2012).

Penutup

Pemahaman mengenai iklim dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi, kebutuhan air pada setiap fase pertumbuhan, dan pengelolaan air tanaman sangat dibutuhkan untuk memperoleh produktivitas tebu yang tinggi. Mulai fase pertunasan sampai pemanjangan batang merupakan periode pembentukan komponen hasil dan paling kritis terhadap kebutuhan air, sehingga stres air yang terjadi pada periode tersebut harus dihindari. Tebu merupakan tanaman yang berumur panjang dengan produksi biomassa yang tinggi sehingga kebutuhan air juga tinggi. Pengairan diberikan apabila curah hujan tidak dapat memenuhi kebutuhan air tanaman yang diberikan sesuai kebutuhan tanaman dan kapasitas tanah memegang air. Drainase dibutuhkan apabila curah hujan melebihi kebutuhan air tanaman dan kapasitas tanah me-

megang air. Pada kondisi anomali iklim yang mengarah pada curah hujan tinggi menyebabkan potensi genangan pada lahan berdrainase buruk dan bila terjadi pada musim kemarau akan menurunkan rendemen. Pemilihan lahan yang sesuai sebaiknya mempunyai drainase lancar untuk menghindari genangan, maka usaha untuk perbaikan saluran drainase sangat diperlukan.

Daftar Pustaka

- Araujo, R., J.A. Junior, D. Casaroli, and A.W.P. Evangelista. 2016. "Variation in the sugar yield in response to drying-off of sugarcane before harvest and the occurrence of low air temperatures". *Agrometeorology Article. Bragantia*, 75(1):118–127. Epub Jan 08, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.170>.
- Bahrani, M.J., M. Shomeili, S.H. Zande-Parsa, and A. Kamgar-Haghighi. 2009. "Sugarcane responses to irrigation and nitrogen in subtropical Iran". *Iran Agricultural Research*, 27(1–2):17–25.
- Bakker, H. 2012. *Sugar Cane Cultivation and Management*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Springer Science & Business Media. Kluwer Academic/Plenum Publishers. 679p.
- Basnayake, J, P.A. Jackson, N.G. Inman-Bamber, and P. Lakshmanan. 2012. "Sugarcane for water-limited environments. Genetic variation in cane yield and sugar content in response to water stress". *Journal of Experimental Botany*, 63(16):6023–6033.
- Binbol, N.L., A.A. Adebayo, and E.H. Kwon-Ndung. 2006. "Influence of climatic factors on the growth and yield of sugarcane at Numan, Nigeria". *Climate Research*, 32:247–252.
- Bull, T. 2000. "The sugarcane plant". Mac Hogarth, D, Mac Hogarth, and P. Allsopp (Eds). *Manual of Cane Growing* Chapter 4. Bureau of Sugar Experiment Station. pp. 71–88.
- Cardozo, N.P. and P.C. Sentelhas. 2013. "Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age". Review. *Scientia Agricola*, 70(6):449–456.
- Carr, M.K.V. and J.W. Knox. 2011. "The water relations and irrigation requirements of sugarcane (*Saccharum officinarum*)": A review. *Expl. Agric.*, 47(1):1–25.
- Davis, M. 2014. "Managing poor drainage and waterlogging to improve sugarcane yields". 1p. www.sugarresearch.com.au (Diakses tanggal 16 Februari 2016).
- da Silva, V.P.R., C.J.R. Borges, C.H.A. Farias, V.P. Singh, W.G. Albuquerque, and B.B. da Silva. 2012. "Water requirements and single and dual crop coefficients of sugarcane grown in a tropical region, Brazil". *Agricultural Sciences*, 3(2):274–286. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2012.32032> (Diakses tanggal 25 Agustus 2014).
- Donaldson, R.A. and C.N. Bezuidenhout. 2000. "Determining the maximum drying off periods for sugarcane grown in different regions of the South African Industry". *Proceedings of the South African Sugar Technologist Association*, 74:162–166.
- Ebrahim, M.K., O. Zingsheim, M.N. El-Shourbagy, P.H. Moore, and E. Komor. 1998. "Growth and sugar storage in sugarcane grown at temperatures below and above optimum". *Journal of Plant Physiology*, 153(5–6):593–602.
- Endres, L., J.V. Silva, V.M. Ferreira, and G.V. de S. Barboza. 2010. "Photosynthesis and water relations in Brazilian sugarcane". *The Open Agriculture Journal*, 4:31–37.
- FAO. 2012. "Crop yield response to water". *Sugarcane*, pp. 174–180.

- FAO. 2015. "Crop water information: sugarcane". FAO. Water, Land, and Water Division. www.fao.org/nr/water/cropinfo_sugarcane.html (Diakses 26 Januari 2016).
- Hagos, H., L. Mengistu, and Y. Mequanint. 2014. "Determining optimum harvest age of sugar cane varieties on the newly establishing sugar project in the tropical areas of Tendaho, Ethiopia". *Advances in Crop Science and Technology*, 2(5), 4p.
- Holden, J.R. and P.J. McGuire. 2013. *Irrigation of Sugarcane Manual*. QLD-Aust.: BSES Limited Technical Publication. 68p.
- Inman-Bamber, N.G. 1995. "Climate and water as constraints to production in the South African sugar industry". *Proc. of Conf. South African Sugar Technol. Assoc.*, 69:55–59.
- Inman-Bamber, N.G. and D.M. Smith. 2005. "Water relations in sugarcane and response to water deficits". *Field Crops Research*, 92(2–3):185–202.
- Inman-Bamber, N.G., R.C. Muchow, and M.J. Robertson. 2002. "Dry matter partitioning of sugarcane in Australia and South Afrika". *Field Crops Research*, 76(1):71–84.
- James, G.L. 2004. "An Introduction to sugarcane". In James, G. (Ed.). *Sugarcane. World Agriculture Series*. Second Edition. UK. USA. Australia: Blackwell Science Ltd. pp. 1–18.
- Kingston, G. 1994. "Benchmarking yield of sugarcane from estimates of crop water use". *Proc. of Australian Society of Sugarcane Technologies*, pp. 201–209.
- Kumar, A. and P. Sharma. 2014. "Climate change and sugarcane productivity in India: An Econometric analysis". *Journal of Social and Development Sciences*, 5(2) June 2014:111–122.
- Lewis, E.M., C. Fearon, and T. Falloon. 2011. "Profitable drip irrigation". *Sugarcane*, 27(1), 12p. Jamaica: Sugar Industry Research Institute, Sugar Industry Authority.
- Liu, D.L. and T.A. Bull. 1998. "A new technique for the determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including suboptimum and supra-optimum temperature regimes". *Agricultural and Forest Meteorology*, 90(1–2):119–139.
- Marin, F.R., J.W. Jones, A. Singels, F. Royce, E.D. Assad, G.Q. Pellegrino, and F. Justino. 2013. "Climate change impacts on sugarcane attainable yield in Southern Brazil". *Climatic Change*, (2013) 117:227–239.
- Narayanamoorthy, A. 2005. "Economics of drip irrigation in sugarcane cultivation: case study of a farmer from Tamil Nadu". *Ind. Jn. of Agri. Econ.*, 60(2) April–June:235–248.
- Ndeketea, A., F. Rusere, O. Svubure, S. Gwatibaya, G. Soropa, and J. Mashonganyika. 2014. "Drip irrigation as a potential alternative to furrow irrigation in sugarcane production-A case of the lowvels estate, Zimbabwe". *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 2(1) January 2014:026–032.
- Olivier, F. and A. Singels. 2003. "Water use efficiency of irrigated sugarcane as affected by row spacing and variety". *Proc. South Africa Sugar Technol. Ass.*, (2003) 7:347–351.
- Osorio, J., J. Jeong, K. Bieger, and J. Arnold. 2014. "Influence of potential evapotranspiration on the water balance of sugarcane fields in Maui, Hawaii". *Journal of Water Resource and Protection*, 6:852–868.
- Ramesh, P. and M. Mahadevaswamy. 2000. "Effect of formative phase drought on different classes of shoots, shoot mortality, cane attributes, yield and quality of four sugarcane cultivars". *J. Agron Crop Sci.*, 185:249–258.
- Riajaya, P.D., F.T. Kadarwati, dan Djumali. 2015. "Potensi sumber daya iklim di Kabupaten Bone untuk pengembangan tanaman tebu". *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 7(1) April 2015:28–44.

- Riajaya, P.D., Mastur, F.T. Kadarwati, Djumali, Sholeh, S. Mulyaningsih, C. Suhara. 2012. "Evaluasi hidrologi pengembangan tebu lahan kering di Kabupaten Bangkalan dan Sampang". Laporan Akhir Kerja Sama antara Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur dengan Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. (tidak dipublikasi). 106 hlm.
- Robertson, M.J. and R.C. Muchow. 1994. "Future research challenges for efficient crop water use in sugarcane production". *Proc. Austr. Soc. Sugarcane Technol.*, 16:193–200.
- Robertson, M.J., N.G. Inman-Bamber, R.C. Muchow, and A.W. Wood. 1999. "Physiology and productivity of sugarcane with early and mid-season water deficit". *Field Crops Research*, 64(3):211–227.
- Scarpari, M.S. and E.G.F. de Beauclair. 2009. "Physiological model to estimate the maturity of sugarcane". *Sci. Agric.*, 66(5):622–628.
- Schroeder, B., J. Panitz, T. Linedale, C. Whiteing, B. Callow, P. Samson, A. Hurney, D. Calcinio, and P. Allsopp. 2009. *SmartCane Harvesting and Ratoon Management*. BSES. Cane Growers, Environmental Protection Agency, Qld Gov. BSES Limited Technical Publication. 34p.
- Shrivastava, A.K. and S. Solomon. 2011. "Sustaining sugarcane productivity under depleting water resources". *Current Science*, 101(6):748–754.
- Silva, M. de A, J.A.G. da Silva, J. Enciso, V. Sharma, and J. Jifon. 2008. "Yield components as indicators of drought tolerance of sugarcane". *Sci.Agric.*, 65(6):620–627.
- Silva, M. de A., J.L. Jifon, C.M. dos Santos, C.J. Jadoski, and J.A.G. da Silva. 2013. "Photosynthetic capacity and water use efficiency in sugarcane genotypes subject to water deficit during early growth phase". Brazilian Archives of Biology and Technology. *An International Journal*, 56(5):735–748.
- Smit, M.A. and A. Singels. 2006. "The response of sugarcane canopy development to water stress". *Field Crops Research*, 98(2–3):91–97.
- Win, S.K., O.B. Zamora, and S. Thein. 2014. "Determination of the water requirement and Kc values of sugarcane at different crop stages by lysimetric method". *Sugar Tech.*, 16(3):286–294. DOI. 10.1007/s12355-013-0282-1.
- Wright, D.L. and E.B. Whitty. 2011. *Water Use and Irrigation Management of Agronomic Crops*. SS-AGR-155. IFAS Extension, University of Florida. 5p.
- Zhao, D. and Yang-Rui Li. 2015. "Climate change and sugarcane production: potential impact and mitigation strategies". *International Journal of Agronomy*, Vol. 2015. 10 p. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/547386> (Diakses 19 Januari 2016).

TANAMAN TEBU SEBAGAI TANAMAN C4: METABOLISME SUKROSA DAN STRESS ABIOTIK

Fadjry Djufry¹⁾ dan Muhammad Syakir²⁾

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan¹⁾

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian²⁾

Jln. Tentara Pelajar No. 1 Bogor

e-mail: dfadjry@yahoo.com

Ringkasan

Peningkatan produksi tebu dapat dilakukan antara lain dengan memanfaatkan lahan suboptimal yang tersedia cukup luas di Indonesia. Peningkatan produktivitas dan rendemen dapat tercapai antara lain dengan menguasai mekanisme fisiologis yang berkaitan dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman tebu termasuk dalam golongan C4 yang mempunyai tingkat efisiensi fotosintesa yang tinggi yaitu dalam merubah energi matahari menjadi energi kimia. Biosintesa gula atau akumulasi sukrosa berasal dari hasil fotosintesa dan disimpan pada sel-sel somatik sebagai sink dalam 2 jalur yaitu menuju sel-sel penyimpan pada sink karena enzim *Sucrose Phosphate Sintase* (SPS) dan *Sucrose Phosphate Phosphatase* (SPP). Pada tanaman Tebu aktifitas SPS berkorelasi dengan kandungan sukrosa, disamping itu dapat terjadi sebaliknya yaitu oleh enzim *Sucrose Synthase* (SuSy) yang dapat merombak sukrosa menjadi fruktosa dan UDP-glukosa. Selain itu juga terjadi pembongkaran sukrosa menjadi heksosa yang dimanfaatkan untuk energi pertumbuhan tebu yang dikatalisa oleh enzim invertase. Mekanisme fisiologi terkait dengan toleransi terhadap cekaman abiotik juga berpengaruh terhadap produktivitas dan rendemen tebu.

Kata kunci: Tebu, fotosintesa, C4, biosintesa gula, pembongkaran gula

Sugarcane As a C4 Plant: Sucrose Metabolism and Abiotic Stress

Summary

Increased sugar production can be reached by exploiting sub-optimal areas that are widely available in Indonesia. Increased crop productivity and sugar production would be reached if physiological mechanisms related with growth and development of the plant are well understood. Sugarcane is a C4 plant that has a high photosynthetic efficiency which change solar energy into chemical energy. Sugar biosynthesis or sucrose accumulation in sugarcane is derived from photosynthetic reaction, and is stored in somatic cells as sink, via two pathways i.e. enzymes *Sucrose Phosphate Sintase* (SPS) and *Sucrose Phosphate Phosphatase* (SPP). Activity of SPS is also correlated with sucrose content. Catabolism of sucrose into fructose and UDP-glucose is done by *Sucrose Synthase* (SuSy). Other enzyme that also chopped sucrose into hexoses is invertase. Physiological mechanisms related to abiotic stresses tolerance are also influenced productivity and sugar production.

Keywords: Sugarcane, photosynthetic, C4, biosynthetic, chopped sucrose

Pendahuluan

Pemerintah telah mencanangkan program swasembada pangan antara lain gula yang berbahan baku tebu. Peningkatan produksi tebu dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan sub optimal yang tersedia cukup luas di Indonesia. Di sisi lain budi daya tebu pada masyarakat petani dinilai masih kurang efisien dan optimal sehingga tingkat produktivitas dan rendemen gula masih rendah, jauh dari pencapaian di negara produsen gula lainnya (Anonymous 2013). Peningkatan produktivitas dan rendemen dapat tercapai dengan menguasai mekanisme fisiologis terkait pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Mekanisme fisiologis toleran cekaman abiotik seperti toleran kekeringan, peningkatan suhu bumi, lahan masam dan lahan salin yang luas di Indonesia sangat penting dalam menghadapi pemanasan global.

Tanaman tebu termasuk dalam golongan C4 dengan tingkat efisien fotosintesa yang tinggi yaitu dalam merubah energi matahari menjadi energi kimia. Pada tanaman C4 terdapat 2 tipe sel khloroplas untuk fotosintesa yaitu mesofil dan seludang ikatan pembuluh (*bundle sheet*) yang dikenal dengan nama anatomi KRANZ. Tanaman C4 mempunyai daya gabung (afinitas) terhadap CO₂ yg lebih besar dibanding tanaman C3. Enzim *Phospho Enol Piruvat Carboksilase* (PEPC) berperan dalam fiksasi CO₂ pada tanaman C4. Untuk tanaman C4 seperti tebu yang terbentuk pertama kali adalah 3 senyawa asam beratom C4 yaitu Oksalo asetat, malat, dan aspartat. Pada tanaman C3 tidak mempunyai seludang ikatan pembuluh seperti pada tanaman C4, asam beratom C4 dalam mesofil kemudian ditranslokasi ke dalam seludang ikatan pembuluh.

Enzim PEPC mempunyai daya pemekatan yang kuat terhadap CO₂ dibanding dengan enzim Rubisco (pada tanaman C3). Dengan demikian walaupun lingkungan tumbuh mempunyai konsentrasi CO₂ yang rendah, tanaman tebu dapat melakukan proses fotosintesa yang lebih efisien. Tanaman C4 seperti tebu akan lebih adaptif dalam kondisi panas, kering bahkan lembap dibandingkan tanaman C3. Pada tanaman C4 tidak ada fotorespirasi yang dapat diukur. Kondisi tersebut menyebabkan tanaman C4 mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan tanaman C3 umumnya (Goldsworthy 1970).

Daya gabung yang kuat dari PEPC terhadap CO₂ terjadi dalam sel mesofil dan sebagian dialirkan ke dalam seludang ikatan pembuluh dan difiksasi oleh enzim Rubisco dalam seludang ikatan pembuluh walaupun konsentrasinya rendah sekitar 10%. Pengikatan CO₂ oleh PEPC pada fotosintesa dapat membentuk sukrosa atau gula derivatif, kemudian didistribusikan pada kumpulan sel yang berperan sebagai *sink* melalui floem selanjutnya digunakan untuk

perkembangan tanaman dan disimpan pada jaringan yang berperan sebagai *sink* (Poorter dan Villar 1997).

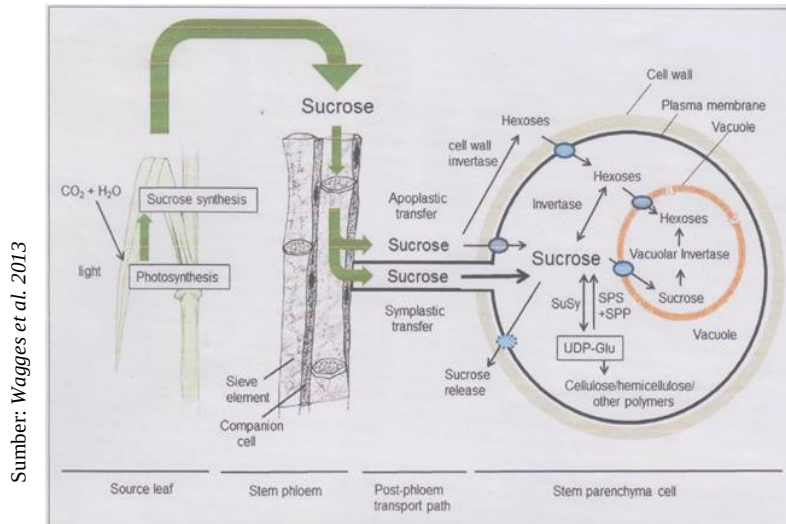
Tanaman C4 termasuk tebu mempunyai ciri-ciri, (1) mempunyai 2 tipe sel untuk fotosintesa yaitu mesofil dan seludang ikatan pembuluh yang lebih dikenal dengan Anatomi Kranz; (2) untuk fiksasi CO₂, enzim PEPC (Phospho Enol Piruvat Carbosilase) mempunyai afinitas yang lebih tinggi terhadap CO₂ dibandingkan Rubisco (Rubilosa Bifosfat Carbosilase) pada tanaman C3; (3) terdapat pemisahan tempat antara reduksi NO₂, NO₃ dengan reduksi CO₂; (4) fotorespirasi tidak terukur; (5) substrat pada tanaman C4 adalah CA (Carbonic Annyhidrase). Makalah ini menyajikan pembahasan masalah fisiologi dan metabolisme dalam tanaman tebu.

Metabolisme Sukrosa pada Tanaman Tebu

Transportasi hasil fotosintesa (sukrosa) melalui floem (Hatch & Glasziou 1964) menuju sink untuk pertumbuhan, metabolisme respirasi dan disimpan (Hawker 1985). Akumulasi sukrosa pada jaringan parenkim batang sebagai sink terbatas pada kapasitas jaringan parenkim (tergantung pada ukuran dan aktifitas dari sel-sel somatik penyusun sink). Selama tahap maturasi (pendewasaan) pada tebu komersial terjadi penurunan laju fotosintesa pada saat peningkatan penyimpanan sukrosa pada parenkim (McCormick *et al.* 2006). Penurunan tersebut terjadi karena regulasi dari kapasitas *source* yang terbatas (fotosintesa) atau dapat pula karena kekurangan nitrogen pada tahap pendewasaan sehingga menyebabkan penurunan laju fotosintesa (Wang *et al.* 2012). Dengan demikian diperlukan adanya keseimbangan antara “Source” dan “Sink” untuk mendapatkan produktivitas dan rendeman yang tinggi.

Akumulasi sukrosa yang berasal dari hasil fotosintesa dan disimpan pada sel-sel somatik sebagai sink dikendalikan oleh dua macam enzim yaitu *Sucrose Phosphate Synthase* (SPS) dan *Sucrose Phosphate Phosphatase* (SPP). Pada tanaman tebu aktifitas SPS berkorelasi dengan kandungan sukrosa (Grof *et al.* 2007). Disamping itu dapat terjadi sebaliknya yaitu oleh enzim *Sucrose Synthase* (SuSy) yang dapat merombak sukrosa menjadi fruktosa dan UDP-glukosa. Kedua komponen organik tersebut digunakan untuk respirasi, pembentukan pati atau biosintesa penyusun dinding sel. Enzim SuSy aktif pada internode batang muda dari tanaman tebu (Schafer *et al.* 2004) dan berkolerasi negatif dengan sukrosa dan positif dengan heksosa (Verma *et al.* 2011)

Diagram tranlokasi sukrosa dan metabolisme pada tanaman tebu mulai dari fotosintesa pada daun sebagai source sampai disimpan pada batang sebagai *sink* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses translokasi sukrosa dan metabolisme pada tebu dari hasil fotosintesa pada daun dan dideposit pada batang

Aliran sukrosa hasil fotosintesa dari jalur pentosa fosfat ditranslokasi melalui floem menuju parenkim sebagai sink. Terdapat 2 jalur yaitu (1) simplas melalui plasmodesmata pada batang internode dan (2) apoplas (Rae *et al.* 2005a). Pada internode batang yang sudah dewasa, aliran sukrosa lebih banyak melalui simplas (Patrick *et al.* 2013). Kompartementasi gula pada apoplas, sitosol, dan vakuola merupakan bagian yang penting untuk penyimpanan pada batang yaitu parenkim (Rae *et al.* 2005b). Melalui apoplas dapat pula terjadi hidrolisis dari sukrosa membentuk hexosa oleh *Cell Wall Invertase*. Hexosa dan sukrosa masuk ke dalam parenkim, di samping itu hexosa dapat berasal dari sukrosa dalam sel yang dihidrolisis oleh enzim *Neutral Invertase* yang ada dalam sitoplasma atau oleh enzim *Vakuola Acid Invertase*. Sukrosa dapat disimpan dalam vakuola dan dinding sel, keseimbangan antara sukrosa dan hexosa termasuk ditranslokasi dan disimpan pada apoplas. Sukrosa yang berada di sel disimpan dalam C sink untuk keseimbangan dengan UDP-glukosa serta prekursor untuk biosintesa dinding sel.

Sukrosa yang berasal dari floem ditranslokasi melalui apoplas dapat melalui 2 jalur yaitu (1) langsung menuju sel-sel pada jaringan parenkim; dan (2) sukrosa pada apoplas dihidrolisa terlebih dahulu oleh *Apoplas Acid Invertase* (AAI) menjadi glukosa dan fruktosa. Pada tahap selanjutnya diresintesis kembali membentuk sukrosa oleh *Sucrose P Phosphatase* atau *Sucrose Phosphate Synthase* dalam sitoplasma sebelum disimpan dalam vakuola.

Disamping itu *Sucrosa Synthase* dapat pula ikut berperan dalam sintesa sukrosa (Goldner *et al.* 1991) tetapi rasio antar enzim dapat merubah proses menjadi perombakan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa Soluble Acid Invertase (SAI) yang ada dalam vakuola dan apoplas pada daerah pemanjangan akan menghilang pada saat pertumbuhan internode berhenti dan akan muncul kembali pada saat pertumbuhan atau pemanjangan. Netral Invertase meningkat selama maturasi/pendewasaan dan muncul kembali untuk mengontrol aliran sukrosa dari tempat penyimpanan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa:

1. Soluble Acid Invertase berhubungan dengan pertumbuhan dan diferensiasi.
2. Cell Wall Invertase aktifitasnya menyerupai SAI.
3. Netral Invertase merupakan *house keeping* yang berperan untuk menjaga konversi hexosa dalam sitosol (Albertson *et al.* 2001).

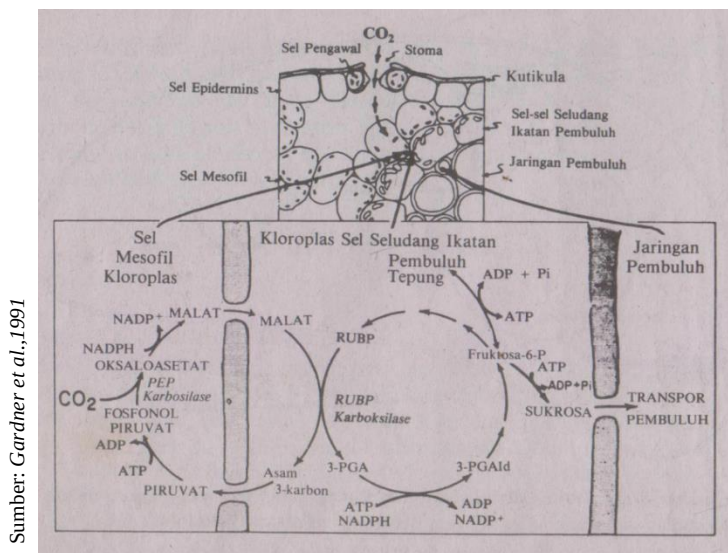
Umumnya sekitar 35–40% dari sukrosa digunakan untuk pemanjangan, pembesaran dan pembelahan sel, diferensiasi, penyerapan nutrisi, dan pemeliharaan pertumbuhan. Sebagian lagi ada dalam sel sebagai metabolit, antara yaitu komponen organik sederhana (asam amino, asam organik), sisanya disimpan dalam vakuola atau diremobilisasi (seperti pada plastida) atau untuk pembentukan selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

Pada batang tebu, produksi sukrosa merupakan suatu proses yang unik yaitu adanya sistem *source* dan *sink*. Sebagai *sink*, sukrosa disimpan sebagai disakarida yang larut, sukrosa dengan konsentrasi lebih dari 650 mM (Well Baund dan Meinzer 1990) atau 18% dari berat basah batang pada varietas tebu komersial (Inman-Bomber *et al.* 2011). Pada batang, sukrosa disimpan dalam parenkim dan akumulasinya dapat di dalam dan luar sel baik pada simplas atau apoplas (Welbaum dan Meinner, 1990; Rae *et al.* 2005a). Akumulasi sukrosa pada *sink* tergantung ukuran dan aktivitas *sink* yang dapat ditingkatkan dengan laju fotosintesa yang tinggi (McCormick *et al.* 2006). Selama tahap maturasi pada tanaman tebu komersial laju fotosintesa menurun dan akumulasi pada batang meningkat (McCormick *et al.* 2006).

Pada dekade terakhir ini dunia sedang menghadapi perubahan iklim global, yang menyebabkan cuaca sulit diprediksi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan produksi berbagai komoditas di berbagai belahan dunia menurun, dan terjadi pula pada tebu. Di Zimbabwe (Chandiposha 2013) dan Fiji produktivitas tebu berturut turut 516 dan 529 ton pada kondisi lingkungan yang baik tetapi pada tahun 1997, 1998, dan 2003 sebesar 47, 50 dan, 43% lebih rendah karena kekeringan (Gawander 2007).

Dari pemaparan di atas disimpulkan bahwa sukrosa pada batang dikatabolisma oleh Sukrosa Synthesa (Susy) atau salah satu dari ketiga enzim Invertase (Moore dan Maretzki 1996; Hanson dan Nelson, 1980). Enzim tersebut yaitu:

1. Soluble Acid Invertase (SAI) dengan konsentrasi tinggi ditemukan pada apoplas, vakuola dari internode muda ditemukan tetapi dengan konsentrasi rendah dan pada jaringan dewasa tidak ditemukan.
2. Cell Wall Acid Invertase dapat ditemukan pada semua siklus pertumbuhan tanaman pada dinding sel.



Gambar 2. Fotosintesa pada tanaman C4

3. Netral Invertase pada sitoplasma dengan konsentrasi rendah pada jaringan muda dan meningkat pada sel-sel dewasa (Hussain *et al.* 2004). Enzim seakan mengontrol aliran sukrosa pada sel-sel dewasa. Level dan waktu akumulasi sukrosa pada sel penyusun parenkim mempunyai korelasi yang

erat dengan aktivitas “Soluble Acid Invertase”. Peranan SAI berkorelasi erat dengan pertumbuhan dan diferensiasi, kondisi yang sama dengan CWI. Netral Invertase berperan dalam memelihara kandungan hexosa dalam sitosol (Albertson *et al.* 2001).

Mekanisme fisiologis toleran terhadap cekaman abiotik

Perubahan iklim global dapat menurunkan produktivitas dan rendemen pada tanaman tebu, sehingga harus diantisipasi dengan mengetahui mekanisme fisiologis toleran terhadap cekaman abiotik (Zhao dan Yang-Rui. 2015). Peningkatan konsentrasi CO₂ sekitar 10% karena penggunaan bahan bakar dari fosil, industri yang semakin meningkat dan deforestasi yang memberikan kontribusi terhadap fenomena perubahan iklim global (Houghton *et al.* 2001). Telah diprediksi konsentrasi CO₂ dapat mencapai sekitar 550 ppm, peningkatan tersebut dapat menyebabkan fenomena El Nino yang kuat (musim kering yang panjang), atau La Nina (curah hujan yang berkepanjangan). Dengan kondisi tersebut di atas dapat menyebabkan peningkatan suhu bumi antara 2–5,4°C.

Tanaman tebu merupakan tanaman yang sangat potensial untuk produksi gula dan bioenergi yang dapat tumbuh pada daerah sub tropis maupun tropis. Dengan adanya perubahan iklim global akan memberikan pengaruh yang negatif terhadap produksi tebu di berbagai negara, antara lain di Zimbabwe (Chandiposha 2013) demikian pula di Australia (Carvalho *et al.* 2015). Untuk itu perlu adanya upaya peningkatan efisiensi fotosintesa dalam mengatasi cekaman abiotik. Berbagai faktor mekanisme fisiologis yang dapat meningkatkan efisiensi fotosintesa antara lain dengan:

1. Mempertahankan luas daun lebih lama sehingga dapat memperpanjang laju fotosintesa untuk menghasilkan produktivitas yang tinggi
2. Meningkatkan intersepsi cahaya matahari. Dengan bentuk kanopi daun yang tegak secara teoritis dapat meningkatkan laju fotosintesa. Selain itu tergantung pula pada luas daun, kandungan pigmen fotosintesa dan umur tanaman yang lebih lama.
3. Efisiensi penggunaan cahaya. Laju fotosintesa yang tinggi pada satuan luas daun sangat penting untuk produktivitas dan rendemen yang tinggi.
4. Keseimbangan antara *source* dengan *sink*. Parenkim sebagai *sink* harus mampu memanfaatkan hasil fotosintesa sebagai *source*. Dengan demikian pada tanaman tebu berbagai aktifitas enzim diperlukan untuk menjaga keseimbangan antara *source* dan *sink* dan telah dipaparkan pada bab

sebelumnya. Agar laju fotosintesa yang tinggi dapat terus berlangsung maka *sink* harus mampu memanfaatkan asimilat dari *source*.

5. Konduktivitas stomata. Konduktivitas stomata erat hubungannya dengan inhibitor asam absisik (ABA), yang merupakan signal biokimia untuk memacu penutupan stomata pada kondisi cekaman abiotik (lingkungan panas dan kekeringan).

Produktivitas tanaman merupakan hasil fotosintesa yang dikurangi oleh proses respirasi. Dengan demikian laju fotosintesa yang tinggi penting untuk mendapatkan biomasa yang tinggi pula.

Sumber daya lahan untuk tanaman pangan antara lain tanaman tebu dapat memanfaatkan lahan sub optimal, dan yang belum digunakan sekitar 322 juta ha (Adimiharja *et al.* 2004), yang tersebar di Kalimantan, Sumatra dan Papua. Lahan sub optimal antara lain lahan salin, lahan masam dan lahan kering. Beberapa mekanisme fisiologis tanaman terkait toleransi terhadap lahan sub optimal adalah sebagai berikut:

1. Mekanisme toleran terhadap peningkatan suhu bumi. Mekanisme toleran terhadap suhu tinggi umumnya mempunyai hubungan yang erat dengan cekaman kekeringan (Hussain *et al.* 2004). Penurunan produktivitas pada tanaman tebu terjadi antara 21 sampai 29,2% apabila dibandingkan area pertanaman yang diirigasi. (Ramosh dan Maheswari 1999). Tanaman yang toleran akan meningkatkan biosintesa senyawa osmolit kompatibel seperti glisin betain, fruktan, prolin, trikhalose, poliol, poliamin (Mitra 2001). Senyawa osmolit kompatibel tersebut dapat berperan sebagai osmo regulator, pelindung enzim sitoplasma dan membran, bahan simpan setelah tanaman mengalami cekaman abiotik.
2. Mekanisme toleran terhadap kekeringan. Pengaruh kekeringan tergantung pada tahap pertumbuhan, derajat kekeringan, periode/lama kering. Pada umumnya kekeringan pada awal dan tahap pertengahan pertumbuhan dapat menurunkan produktivitas dan rendemen. Kekeringan yang moderat pada tahap akhir pertumbuhan dapat memperbaiki kandungan sukrosa pada batang. Sebaliknya genangan air juga dapat menurunkan pertumbuhan bahkan menurunkan produktivitas antara 18–60% tergantung pada periode perendaman, tahap pertumbuhan dan varietas (Glaz dan Lingle 2012).

Tebu dapat tumbuh normal pada suhu maksimal 45°C dan tumbuh lambat pada suhu 40°C. Tanaman yang toleran mempunyai mekanisme adaptasi seperti perubahan morfologi, fisiologi, dan biokimia.

- Menurunkan luas dan jumlah daun, melakukan penebalan kutikula dan penggulungan daun, pembentukan lapisan lilin pada daun,

- Meningkatkan konduktivitas stomata,
 - Meningkatkan rasio akar terhadap daun. Kandungan ABA endogen yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan tajuk tetapi mendorong pertumbuhan akar (Dallaire *et al.* 1994),
 - Menurunkan ukuran sel,
 - Merubah aktifitas enzim,
 - Meningkatkan biosintesa inhibitor ABA, yang mempunyai hubungan erat dengan konduktivitas stomata. Dan berperan sebagai signal biokimia pada tajuk, sehingga terjadi penutupan stomata pada saat mengalami cekaman abiotik,
 - Mempercepat siklus pertumbuhan sebelum cekaman abiotik, memelihara turgor sel, meningkatkan kedalaman akar, meningkatkan laju dan jumlah translokasi air ke tajuk. Pada *Saccharum spontaneum* mempunyai sistem perakaran yang dalam dan karakter tersebut diwariskan karakter pada perakaran merupakan karakter yang penting untuk adaptasi terhadap kekeringan (Peng dan Ismail 2004).
3. Mekanisme toleran terhadap Salinitas. Di Indonesia saat ini salinitas telah menjadi masalah serius terutama yang terletak di pinggir pantai utara Jawa, Sulawesi Selatan dan Sumatra, hampir 50% lahan irigasi mengalami masalah salinitas. Efek osmotik dan cekaman ion mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Yang *et al.* (2008) menyatakan bahwa mekanisme salinitas ada 2 yaitu inklusi dan eksklusi. Mekanisme inklusi merupakan kemampuan tanaman mencegah terjadinya keracunan garam dengan sintesa senyawa osmolit kompatibel, kompartementasi garam dalam vakuola dan sekresi garam, menggugurkan daun tua. Untuk mekanisme eksklusi yaitu mencegah masuknya garam Na ke dalam jaringan tanaman, mengurangi kekurangan air internal dengan sintesis senyawa solut serta meningkatkan sukulensi (Blum 2002). Sama halnya dengan mekanisme toleran terhadap kekeringan, toleransi terhadap salinitas terkait dengan peningkatan kandungan ABA. Secara morfologi menyerupai dengan tanaman yang adaptif terhadap kekeringan. Lahan salin selain mempunyai kandungan NaCl, juga kandungan Na_2SO_4 , CaCl_2 , Mg_2SO_4 dan MgCl yang relatif tinggi (Ghafoor *et al.* 2004). Kandungan NaCl dalam lahan salin 8–15% dan mendapat intrusi laut lebih dari 6 bulan pertahun. Kondisi tersebut dapat memberikan cekaman abiotik yang mempengaruhi produktivitas dan rendemen.

Dengan kandungan garam mineral yang tinggi seperti NaCl, dapat menurunkan potensial osmotik larutan air tanah sehingga mengurangi ketersediaan air bagi tanaman (Ghafoor *et al.* 2004). Tanah yang dianggap

- lahan salin adalah yang mempunyai daya hantar listrik lebih dari 4 dsm yang setara dengan 40 mM NaCl dalam larutan air tanah. Tanaman yang tidak dapat tumbuh pada lahan salin umumnya disebut glycophytes dan yang toleran atau memerlukan garam tinggi disebut halophytes. Tanaman yang adaptif pada lahan salin akan berubah secara morfologi, fisiologi, dan anatomi. Pada tahap perkecambahan dan tahap awal pertumbuhan akan menghambat pada tanaman tebu pertumbuhan, selanjutnya dan meningkatkan proses katabolisme. Toleransi terhadap lahan salin merupakan proses yang kompleks dan dikontrol oleh banyak gen (Gracia *et al.* 1995). Gen tersebut hanya akan terekspresi pada saat tanaman mengalami stress. Tebu merupakan tanaman yang moderat sensitif terhadap salinitas. *Cell Wall Invertase* ekspresinya akan meningkat di bawah kondisi yang memerlukan karbohidrat tinggi untuk menyuplai kepada *sink*. Disamping itu terjadi penurunan sukrosa larut pada seluruh batang.
4. Mekanisme toleransi terhadap lahan masam (kandungan Al tinggi). Dari total luas daratan di Indonesia sekitar 47,6 juta hektar merupakan lahan kering yang didominasi oleh tanah masam Podsolik Merah Kuning. Kawasan untuk budi daya tanaman pangan mencapai 18,2 juta ha (Mulyani *et al.* 2003), dengan penyebaran di Kalimantan, Sumatra, dan Papua. Untuk tanaman yang peka menunjukkan akar pendek dan bengkok, sehingga penyerapan air dan hara terganggu. Tudung dan meristem akar merupakan target utama keracunan Al. Menurut Samac dan Tesfaye (2003) asam organik mempunyai peran penting dalam mekanisme toleran terhadap Al. Kendala yang dihadapi adalah keracunan Al dan H⁺ serta kahat hara makro. Menurut Marschner (1995) ada 2 mekanisme toleran terhadap Al yaitu mekanisme eksklusi dan internal. Untuk mekanisme eksklusi terjadi imobilisasi pada dinding sel, permeabilitas selektif plasmalema, meningkatkan pH pada rhizosfer, maupun apoplas, eksklusi ligan pengkelat dan efluks Al. Untuk mekanisme internal antara lain biosintesa asam organik pengkelat (asam oksalat, asam sitrat, asam suksinat, asam humat, asam fulfat, fenolat, dan asam malat), kompartementasi Al dalam vakuola, sintesa protein spesifik pengikat Al (Kochian *et al.* 2004). Tanaman yang toleran cenderung menaikkan pH di daerah perakaran lebih cepat dibanding tanaman peka (Ganesan *et al.* 1993; Galvez dan Clark 1991).

Penutup

Tanaman tebu termasuk dalam tanaman C4 yang dikenal sebagai tanaman yang efisien dalam fotosintesa. Walaupun demikian dengan fenomena perubahan iklim global yang melanda dunia saat ini terjadi penurunan produktivitas dan rendemen di negara yang dikenal sebagai produsen utama dunia. Untuk itu diperlukan strategi dengan pendekatan multi disiplin antara lain fisiologi, pemuliaan, bioteknologi dan agronomi untuk produksi gula yang berkelanjutan. Penguasaan mekanisme fisiologi baik untuk metabolisme gula, efisiensi fotosintesa dan toleran cekaman abiotik dapat mendukung program pemuliaan untuk perakitan varietas baru. Terdapat enzim yang berperan dalam biosintesa sukrosa dan dalam proses penyimpanan yaitu SuSy (*Sucrose Synthase*), SPS (*Sucrose Phosphate Synthase*), dan SPP (*Sucrose Phosphate Phosphatase*). Sukrosa hasil fotosintesa ditranslokasi melalui floem dan disimpan pada parenkhim sebagai sink melalui simplas dan apoplas.

Daftar Pustaka

- Admimiharja, A, A. Mulyani, N. Heryani, G. Irianto. 2004. “Analisis perkembangan sumberdaya lahan dan air dalam rangka peningkatan ketahanan pangan”. Prosiding Seminar Widyakarya Pangan dan Gizi, Jakarta
- Anonimous. 2013. Pedoman umum percepatan teknologi tebu terpadu (P₂T3), Badan Litbang Pertanian, Kementan.
- Albertson, P.L., K.F. Peters, and C.P.L. Grof. 2001. “An improved method for the measurement of cell wall invertase activity in sugarcane tissue”. *Australian J. Plant Physiol.*, 28:323 –8.
- Carvalho, A.L. de, R.S.C. Menezes, R.S. Nubrega, *et al.* 2015.”Impact of climate change on potential sugarcane yield in Pernambuco, northeastern region of Brazil”, *Renewable Energy*, vol 78, p. 26–34.
- Blum, A. 2002. Drought tolerance – is it a complex trait? Field screening for drought tolerance in crop plants with emphasis on rice. In: Saxena NP, O’Toole JC (Eds.) ‘field screening for drought tolerance in crop plants with emphasis on rice, International Workshop on field screening for drought tolerance on rice’. ICRISAT, Patancheru, India, p. 17 –22.
- Chandiposha, M. 2013. “Potential impact of climate change in sugarcane and mitigation strategies in Zimbabwe,” *African Journal of Agricultural Research*, 8:214–239.
- Dallaire, S., M. Houde, Y. Gagne, H.S. Saini, S. Boileau, N. Checrier, and F. Sarhan. 1994. “ABA and low temperature induce freezing tolerance via distinct regulatory pathways in wheat”. *Plant Cell Physiol.*, 35(1):1–9.

- Ganesan, K.B. Sankaranarayana, and T. Balakumar. 1993. "Physiological basis of difference aluminium tolerance in rice genotypes". *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24 (17&18): 2179–2191.
- Gawander, J. 2007. "Impact of climate change an sugarcane production in Fiji," *WMO Bulletin*, 56:34 –39.
- Galvez, A.F. and R.B. Clark. 1991. "Nitrate and ammonium uptake change for Al-tolerant and Al-sensitive Sorghum (*Sorghum bicolor*) genotypes grown with and without aluminium". *Plant Soil.*, 134:179 –188.
- Glasziou, K.T. and K.R. Gayler, 1972. "Storage of sugars in stalks of sugarcane". *Bot. Rev.*, 38:471–490
- Glaz, B. and S.E. Lingle, 2012. "Flood duration and time of flood onset effects on recently planted sugarcane," *Agronomy Journal*, 104(3):575–583.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, and R.L. Mitchell. 1991, "*Fisiologi tanaman budaya*". Penerjemah Herawati Susilo, penerbit UT.
- Ghafoor, A., M. Qadir, G. Murtaza. 2004. Salt- Affected Soils: Principles of Management. 1ed . Allied Book Centre. Lahore. 304 p.
- Goldner, W., M. Thom, and A. Maretzki. 1991. "Sucrose metabolism in sugarcane cell suspension cultures". *Plant Sci.*, 73:143–147.
- Goldsworthy, A. 1970. *Bot. Rev.* 36:321–40.
- Gracia, A., D. Senadhira, T.J. Flowers, and A.R. Yeo, 1995. "The effect of selection for sodium transport and for agronomic characteristics upon salt resistance in rice (*Oryza sativa* L.)". *Theor. Appl. Genet.*, 90:1106–11.
- Grof, C.P. L., Albertson, P.L., Bursle, and Manners, J.M. 2007. "Sucrose- phosphate synthase, a biochemical marker of high sucrose accumulation in sugarcane". *Crop Sci*, 47, 1530 –1539.
- Hanson. A.D. and A.D. Nelson 1980. Water. *In*: Carlson, P.S. (ed). *Adoption of crops to drought prone environments- biology of crop productivity*. p. 77–152. Academic Press, New York.
- Hatch, M.D., and K.T. Glasziou, 1964. "Direct evidence for translocation of sucrose in sugar cane leaves and stems". *Plant Physiol.*, 39:180 –4.
- Hawker, J.S. 1985. Sucrose. *In*: Dey. P.M. and R.A. Dixon (eds.). *Biochemistry of storage carbohydrates in green plants*. pp. 1 –51. Academic Press, Orlando. F.L.
- Houghton, R.A., K.T. Lawrence, J.L. Hackler, and S. Brown. 2001. "The Spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates", *Global Change Biology*, 7(7):731–746.
- Hussain, A., I.K. Zafar, Y.G. Muhammad, A. Muhammad, , P. Raheela, and H.R. Muhammad, 2004 "Sugarcane, sugar metabolism and some abiotic stresses" *Internationel Jurnal of Agriculture and Biology*. 4:732–742.
- Inman-Bamber, G., P. Jackson, , G. Bonnett., and T. Morgan. 2001. "Have we reached peak CCS?" in 33rd Annual Conference of the Australian Society Cane Technologists 2011, ed. R.C. Bruce (Red Hook, NY: Curran Associates, Inc.), p. 1–9.

- Kochian L.V., O.A. Hoekenga, M.A. Pineros 2004. "How do crop plants tolerate acid soil? Mechanisms of aluminium tolerance and phosphorous efficiency". *Annu. Rev. Plant Biol.* 52:459–493.
- McCormick, A.J., M.D Cramer,. and D.A. Watt, 2006. "Sink strength regulates photosynthesis in sugar cane". *New Phytol.* 171:759–770.
- Mitra, J. 2001. "Genetics and genetic improvement of drought resistance in crops plants". *Current Sci.* 80:758–735.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd. Academic Press Harcourt Brace & Company, London. 889 p.
- Mulyani, A., Hikmatullah, H. Subagyom 2003. *Karakteristik dan potensi tanah masam kering di Indonesia*. Buku I. Bandar Lampung. 29-30 Sept. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Balitbangtan, Deptan, Bogor
- Moore, P.H. and A. Maretzki, 1996. Sugarcane. In: Zamski, E. and A.A. Schafer (eds) *Photoassimilate Distribution in Plants and Crops. Source-sink Relationship*. pp. 643–69. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Patrick, J.W., F.C. Botha, and R.G. Birch, 2013. "Metabolic Engineering of sugar and simple sugar derivatives in plants". *Plant Biotechnology Journal*, 11:142–156.
- Peng, S. and A.M. Ismail. 2004. "Physiological Basis of Yield and Environmental adaptation in Rice". In. Nguyen, H.T. and A. Blum (eds). *Physiology and Biotechnology Integration for plant breeding*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Poorter, H. and Villar, R. 1997. "The fate of acquired carbon in plants: chemical composition and construction cost," in Resource Allocation in Plants, eds F.A. Ff eooj [Bazzaz and J. Grace (San Diego: Academic Press).
- Rae, A.L., C.P.L. Grof, R.E. Casu, and G.D. Bonnett, 2005a. "Sucrose accumulation in the sugarcane stem: pathways and control points for transport and compartmentation". *Fields Corps Res.* 92:159–168.
- Rae, A.L., J.M. Perroux, and C.P.L. Grof, 2005b. "Sucrose partitioning between vascular bundles and storage parenchyma in the sugarcane stem: a potential role for the ShSUTI sucrose transporter". *Planta* 220:817–825.
- Ramesh, P. and M. Mahadevaswamy. 1999. "Water requirement and water use efficiency of sugarcane varieties as influenced by drought during formative phase". *Indian Sugar*, 49:405–409.
- Samac, D.A. and M. Tesfaye 2003. "Plant improvement for tolerance to aluminium in acid soil – a review". *Plant Cell, Tissue, and Culture*, 75:189–207.
- Schafer, E.W., J.M. Rohwer, and F.C. Botha, 2004. "Protein level expression and localization of sucrose synthase in sugarcane culm" *Physiology Plant.* 121:187–195.
- Verma, A.K., S.K. Upadhyay, P.C. Verma, S. Solomon, and S.B. Singh.. 2011. "Functional analysis of sucrosephosphate synthase (SS) in sugarcane (*Saccharum*) cultivars". *Plant Biol.* 13:325–332.
- Wang Y, Zhang H, Lu X, Huang H, Dung X, Chen J, Dong J, Yang X, Hang H, and Jiang T. 2012. Coiled-coil networking shapes cell molecular machinery. *Mol. Biol. Cell* 23(19):3911–3922.

- Welbaum, G.E. and F.C. Meinzer. 1990. "Compartmentation of solutes and water in developing sugarcane stalk tissue". *Plant Physiology*. 93:1147–1153.
- Yang, X.H., X.J. Peng, G.H. Yang, L.L. Feng, K. Wang, and Y.S. Li, 2008. "Preliminary functional analysis of rice OsRab7 in salt tolerance and construction its genetic transformation vector", *Jurnal of Wu Han Botanical Research*, 26(1):1–6.
- Zao, D. and L. Yang-Rui, "Climate Change and sugarcane production: Potential Impact and Mitigation Strategies" *International Journal of Agriculture*.

PERAN ENZIM INVERTASE PADA TANAMAN TEBU

Emy Sulistyowati¹⁾, Fitriiningdyah Tri Kadarwati¹⁾, dan Fadry Djufry²⁾

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat¹⁾

Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan²⁾

Jln. Tentara Pelajar No. 1, Bogor 16111

e-mail: emysulistyowati@yahoo.co.uk

Ringkasan

Tebu merupakan tanaman penghasil gula yang utama yang mampu mengakumulasi sekitar 27% sukrosa dari berat segarnya atau 62% dari berat keringnya. Sukrosa dihasilkan melalui proses fotosintesa dalam jaringan mesofil daun yang kemudian hasilnya ditranslokasikan ke sel-sel parenkim sebagai jaringan penyimpanan. Enzim invertase berperan dalam proses hidrolisa sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa sebagai sumber energi yang digunakan untuk pertumbuhan dan pemanjangan sel, dan proses metabolisme lainnya. Terdapat tiga tipe invertase, yaitu invertase vacuolar (vacuolar invertase) yang disebut juga invertase larut dalam asam (soluble acid invertase, SAI), invertase dinding sel (cell wall invertase, CWI), dan invertase sitoplasmik atau netral (cytoplasmic or neutral invertase, NI). Enzim invertase memiliki peranan mengatur pembagian karbohidrat, proses perkembangan tanaman, respon hormonal, dan interaksi tanaman dengan faktor biotik dan abiotik. Selain itu, enzim invertase juga berpengaruh terhadap kandungan sukrosa dalam batang tebu. Enzim invertase dapat dimanipulasi secara transgenik, melalui pendekatan supresi gen invertase atau pendekatan RNAi dalam rangka menekan kandungan heksosa (glukosa dan fruktosa) dan meningkatkan kandungan sukrosa dalam tanaman.

Kata kunci: Tebu, fotosintesa, sukrose, enzim, invertase

The Roles Invertase Enzyme In Sugarcane

Summary

Sugarcane is a sugar producing plant that is capable of accumulation of around 27% sucrose out of its fresh weight, or around 62% sucrose out of its dry weight. Sucrose is yielded through photosynthetic process in the mesophyll tissue in the leaves which is then translocated into parenchyma cells as stored tissue. Invertase enzyme roles in the hydrolysis of sucrose into glucose and fructose which are used as energy source for cell growth and expansion, and other metabolic processes. There are three types of invertase i.e. soluble acid invertase (SAI), cell wall invertase (CWI), and cytoplasmic or neutral invertase (NI). Invertase enzymes regulated carbohydrate partitioning, plant development, hormonal response, and plant interaction with biotic and abiotic factors. In addition, invertase enzymes influence the sucrose content in the sugarcane internodes. Invertase enzyme can be transgenically manipulated by suppression or RNAi approaches targeted to minimize hexose content and to increase sucrose content in the plant.

Key words: Sugarcane, photosynthesis, sucrose, enzyme, invertase

Pendahuluan

Tebu merupakan tanaman penghasil gula yang utama; termasuk dalam famili Poaceae (golongan tanaman C4) dan genus *Saccharum*. Terdapat kelompok tanaman yang dikenal sebagai kompleks *Saccharum* yang terdiri dari genus-genus *Saccharum*, *Erianthus* seksi *Ripidium*, *Miscantus* seksi *Diandra*, *Narenga* dan *Schlerostachya*. Genus *Saccharum* terdiri dari enam spesies, yaitu *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. edule*, *S. barberi*, dan *S. sinense*. Program pengembangan tebu menggunakan hibrida tebu multispesies antara spesies-spesies antara lain *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L., *Saccharum robustum* Brandes et Jeswiet ex Grassl., dan *Erianthus*. Kandungan sukrosa pada aksesori-aksesori *S. officinarum* mencapai 21%, *S. spontaneum* mencapai sekitar 6% dan aksesori *S. robustum* mengandung sukrosa kurang dari 10% (Zhu *et al.* 1997).

Dalam kondisi normal, tebu mampu mengakumulasi sekitar 27% sukrosa dari berat segarnya atau 62% dari berat keringnya (Sachdeva *et al.* 2011). Hampir 65–70% persediaan gula dunia dipenuhi oleh tebu (Carson dan Botha 2002; Lakshmanan *et al.* 2005). Sukrosa dihasilkan melalui proses fotosintesa dalam jaringan mesofil daun yang kemudian hasilnya ditraslokasikan ke sel-sel parenkim sebagai jaringan penyimpanan, dan proses ini dimulai sejak mulainya fase pemanjangan sampai berhentinya fase pertumbuhan vegetatif tersebut (Halford *et al.* 2010; Batta *et al.*, 2011). Selama fase pemasakan, konsentrasi sukrosa terus meningkat, dan sebagai konsekuensinya proporsi batang tebu yang mengandung heksosa sederhana (glukosa dan fruktosa) menurun. Hal ini menjelaskan bahwa metabolisme sukrosa berkorelasi positif dengan degradasinya dalam menghasilkan glukosa dan fruktosa.

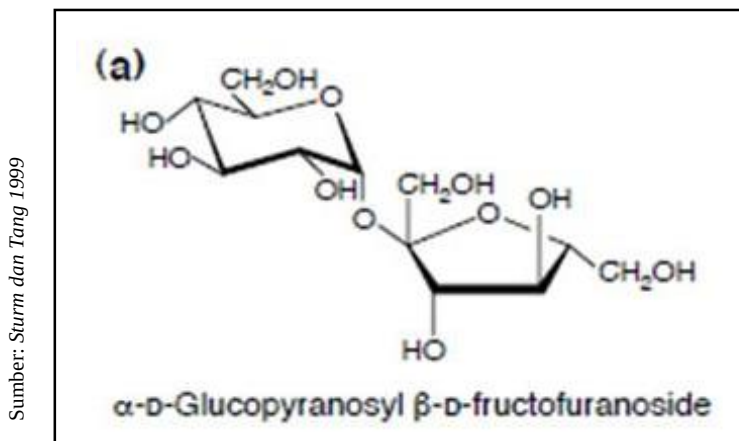
Akumulasi gula dalam batang tebu ditentukan oleh selisih antara aktivitas biosintesa dan degradasi sukrosa, dan kedua proses tersebut masing-masing dikatalisa oleh enzim-enzim sucrose phosphate synthase (SPS), sucrose synthase (SS) dan invertase. Enzim SPS mengkatalisis pembentukan sucrose-6-phosphate (suc6P) dari *fructose-6-phosphate* (F6P) dan *uridine-5-diphospho glucose* (UDPG). Selanjutnya *phosphate* pada suc6P diputus oleh enzim *sucrose phosphate phosphatase* (SPP) sehingga dihasilkan sukrosa (Chen *et al.* 2005). Aktivitas enzim SPS menentukan kandungan sukrosa daun dan berkorelasi positif dengan rasio sukrosa : pati daun (Galtier *et al.* 1995). Dalam tanaman tebu, sukrosa secara umum dimanfaatkan untuk pertumbuhan sel, proses-proses metabolisme, respirasi, atau disimpan (Ayre 2011; Wang *et al.* 2013).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa enzim invertase memiliki peranan yang penting dalam proses hidrolisa atau pembongkaran sukrosa. Tidak saja pada tebu, enzim invertase juga terdapat pada tanaman-tanaman lain dan memiliki peranan yang penting dalam proses pertumbuhan, dan pembentukan dan penyimpanan gula-gula dalam tanaman. Hasil penelitian Tana *et al.* (2014) menunjukkan bahwa setelah mencapai fase kemasakan, maka aktivitas enzim invertase pada tebu meningkat sehingga kandungan sukrosa berkurang. Dalam hal ini terdapat korelasi negatif yang nyata antara aktivitas enzim invertase dengan akumulasi sukrosa. Chandra *et al.* (2012) menerangkan bahwa aktivitas invertase menurun karena pengaruh beberapa jenis logam yaitu Mn^{2+} , Hg^{2+} , $FeCl_2$, $CuCl_2$, $ZnCl_2$, dan $AlCl_3$.

Makalah ini menyajikan uraian tentang peranan enzim Invertase terhadap kandungan gula pada tebu, meliputi peranannya terhadap metabolisme dalam tanaman tebu dan pengaruhnya terhadap kandungan gula pada tanaman tebu.

Struktur dan Klasifikasi Enzim Invertase

Enzim invertase yang juga disebut *beta-fructofuranosidase* berperan dalam proses hidrolisa sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa sebagai sumber energi yang digunakan untuk pertumbuhan dan pemanjangan sel, dan proses metabolisme lainnya (Roitsch dan Gonzalez 2004). Gambar 1 menunjukkan struktur kimia enzim invertase.

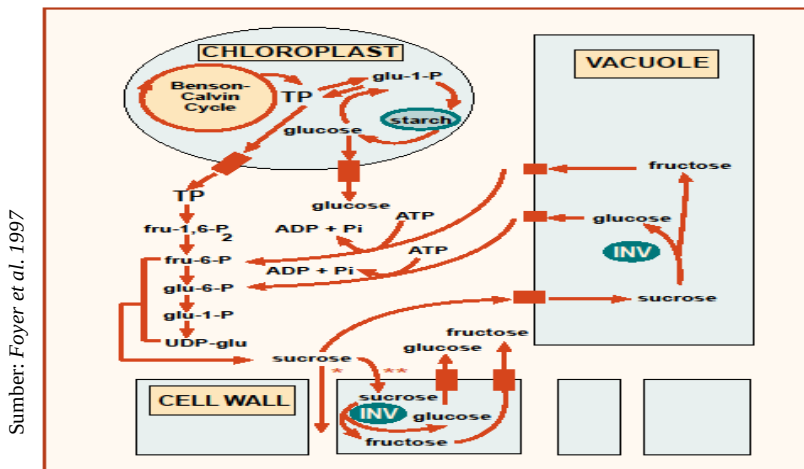


Gambar 1. Struktur kimia enzim invertase

Menurut Chandra *et al.* (2012), enzim invertase diklasifikasi berdasarkan lokasinya secara sub-selular, pH optimum, daya larut, dan titik iso-elektrik menjadi tiga tipe invertase, yaitu invertase vakuolar (vacuolar invertase) yang disebut juga invertase larut dalam asam (soluble acid invertase, SAI), invertase dinding sel (cell wall invertase, CWI), dan invertase sitoplasmik atau netral (cytoplasmic or neutral invertase, NI).

SAI dan CWI masing-masing berlokasi di vakuola dan apoplast, berfungsi untuk memotong fruktosa dari disakarida dalam tanaman, selain itu juga dari bentuk sukrosa lain seperti rafinosa dan staciosa. Gambar 2 menyajikan posisi enzim invertase dalam sel tanaman dan peranannya dalam metabolisme sukrosa.

CWI terletak pada apoplast, berfungsi untuk menyeimbangkan kandungan sukrosa dalam organ-organ *source* dan *sink*, berperan dalam ketahanan fisik tanaman, dan mentransportasi sukrosa ke jaringan yang masih muda, sehingga enzim CWI dinilai sebagai enzim yang berperan dalam pemanjangan sel. SAI berperan dalam meregulasi tekanan osmotik dan pembesaran sel, mengontrol komposisi gula dalam buah ataupun organ penimbun yang lain, dan respon terhadap suhu rendah. NI diprediksi berperan dalam katabolisme sukrosa untuk metabolisme tanaman (Sturm dan Tang 1999). Hasil penelitian Lingle (1999) menunjukkan bahwa kedua enzim invertase vakuolar tersebut berperan pada pemanjangan dan perkembangan batang tebu.



Keterangan: fru= fruktosa; glu= glukosa, INV= invertase, dan TP= triosa fosfat.

Gambar 2. Skema regulasi kandungan heksosa dalam sel, dan posisi enzim invertase dalam sel tanaman

Peranan Enzim Invertase dalam Metabolisme Tebu

Enzim iInvertase memiliki peranan yang cukup penting dalam metabolisme tanaman. Bersama fitohormon lainnya, invertase mengatur aspek-aspek pertumbuhan dan perkembangan tanaman mulai ekspresi gen sampai alokasi nutrisi. Peranan lainnya adalah mengatur pembagian karbohidrat, proses perkembangan tanaman, respon hormonal, dan interaksi tanaman dengan faktor biotik dan abiotik (Roitsch dan González 2004; Fotopoulos 2005). Hasil penelitian Lingle (1999) menunjukkan bahwa enzim invertase berperan dalam mengatur pertumbuhan jaringan muda, dan hal ini ditunjukkan dengan adanya korelasi positif antara aktivitas SAI dengan kecepatan pemanjangan batang tebu. Fungsi lain dari invertase adalah dalam pengaturan tekanan turgor sel yang berperan dalam perkembangan sel (Wyse *et al.* 1986, Perry *et al.* 1987), dan mengontrol komposisi gula dalam jaringan penyimpan (Klann *et al.* 1993). Bersama enzim-enzim SS dan SPS, invertase berfungsi dalam metabolisme sukrosa, yaitu menyeimbangkan konsentrasi sukrosa dalam jaringan phloem.

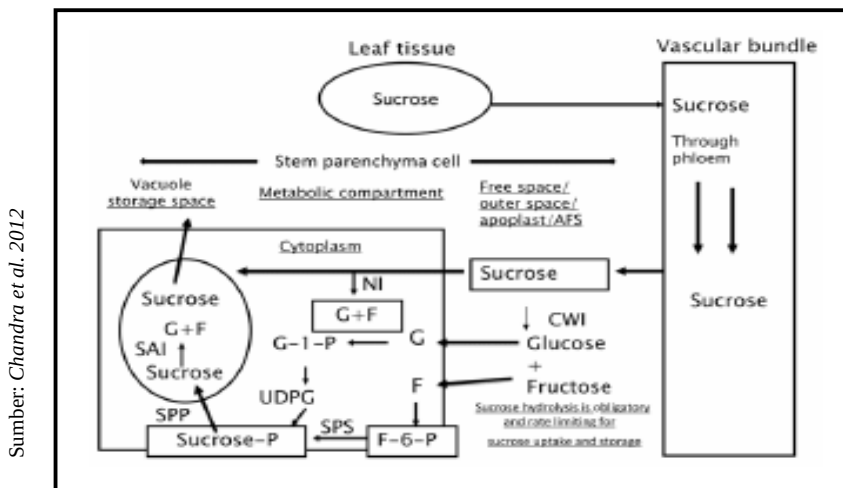
Strum dan Tang (1999) juga menjelaskan peranan CWI dan SAI dalam berperan dalam diferensiasi sel, pertumbuhan tanaman, regulasi pembungaan, diferensiasi jaringan vaskula, dan perkembangan organ-organ penyimpan. Invertase yang berperan dalam memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa, berakibat meningkatnya tekanan osmotik dalam sel dan mekanisme inilah yang mendorong terjadinya pemanjangan sel dan proses pertumbuhan (Leite *et al.* 2015). Bahasan oleh Roitsch *et al.* (2003) menjelaskan bahwa CWI berperan dalam pembentukan organ pembungaan dan dapat dimanfaatkan dalam perakitan tanaman mandul jantan. Aktivitas CWI sangat dipengaruhi oleh fitohormon antara lain auksin (GA3 dan IAA) dan sitokinin.

Enzim invertase juga berperan sebagai salah satu komponen ketahanan fisik tanaman tebu dengan mengaktivase respon imunitas. CWI dalam hal ini berperan dalam reduksi alokasi sukrosa atau impor heksosa dalam bagian terinfeksi dengan bantuan hexose transporters (Proels dan Hückelhoven 2014). Rasio sukrosa dan heksosa memicu suatu signal spesifik untuk menginduksi produksi agen-agen protektan seperti antosianin dan metabolit sekunder lainnya (Kwon *et al.* 2011) Lebih lanjut Moghaddam dan Ende (2012) menerangkan bahwa aktivitas CWI yang tinggi merangsang produksi hidrogen peroksida (H_2O_2) yang berfungsi sebagai signal respon ketahanan tanaman terhadap pathogen. Hal ini disebabkan karena H_2O_2 berperan aktif dalam lintasan asam salisilat dan asam jasmonat yang merupakan faktor dalam respon imunitas. Hasil degradasi sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa berperan

sebagai molekul signal dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan pathogen. Sukrosa berkorelasi dengan signal lintasan heksokinase, sedangkan peran fruktosa diperkirakan sebagai signal lintasan asam absisik dan etilen (Tauzin dan Giardina 2014)

Peranan Enzim Invertase dalam Kandungan Gula Tanaman Tebu

Sukrosa adalah hasil terpenting dari proses fotosintesa, yang ditransportasikan dari daun ke seluruh organ tanaman. Sukrosa disimpan ataupun dibongkar menjadi glukosa dan fruktosa yang berperan sebagai sumber energi dalam sintesa berbagai komponen dari sel-sel hidup. Translokasi sukrosa berjalan lebih cepat dalam pengaruh suhu rendah. Akumulasi sukrosa adalah proses yang berkelanjutan antara pembongkaran dan sintesa sukrosa (Whittaker dan Botha 1997). Pada Gambar 3 disajikan peranan enzim invertase dalam sintesa dan pembongkaran sukrosa.



Keterangan: SAI = Soluble Acid Invertase, CWI= Cell Wall Invertase, NI= Neutral Invertase, G= glukosa, F= fruktosa, SPP= Sucrose Phosphate Phosphatase, SPS= Sucrose Phosphate Synthase

Gambar 3. Peranan enzim invertase dalam sintesa dan pembongkaran sukrosa dalam tanaman tebu

Enzim SAI dilaporkan memiliki peranan yang paling signifikan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Pan *et al.* (2009) yang menyebutkan bahwa

aktivitas enzim SAI adalah yang terpenting dalam pengaturan kandungan sukrosa dalam batang tebu dibandingkan enzim-enzim SPS, SS, dan NI. Leite *et al.* (2015) menjelaskan bahwa terdapat korelasi yang tinggi antara aktivitas enzim invertase dengan kondisi iklim. Pada musim yang sesuai untuk pertumbuhan vegetatif, maka aktivitas SAI yang meningkat, dan sebaliknya pada kondisi iklim yang sesuai untuk pemasakan maka aktivitas NI yang meningkat. Miswar *et al.* (2007) juga memperkuat pendapat ini bahwa aktivitas SAI lebih berpengaruh terhadap akumulasi sukrosa dalam batang tebu dibandingkan aktivitas SPS. Faktor eksternal yang berpengaruh terhadap aktivitas SAI adalah cekaman kekeringan, fotoperiodisitas yang pendek, temperatur rendah, dan aplikasi hormon pemacu pemasakan tebu (Leite *et al.* 2015).

Mekanisme akumulasi sukrosa berbeda antara jaringan dewasa dan jaringan muda disebabkan perbedaan konsentrasi enzim-enzim invertase dan kebutuhan jaringan tersebut untuk perkembangannya. Konsentrasi sukrosa dalam batang tebu berkorelasi dengan aktivitas SAI dan tingkat pemasakan. Pada batang tebu yang telah mencapai fase pemasakan, terjadi penurunan konsentrasi dan aktivitas SAI dalam vakuola, dan sebaliknya NI menjadi lebih dominan, dan terjadilah akumulasi sukrosa dalam vakuola. Pada saat kandungan sukrosa mencapai 15–20% maka penyimpanan sukrosa terjadi pada ruang-ruang interselular (Lingle 1999). Enzim NI berperan dalam mengatur pergerakan sukrosa dari jaringan vascular ke jaringan penyimpan pada batang tebu yang telah masak.

Masing-masing varietas tebu berbeda kandungan sukrosanya. Pada tanaman tebu dengan tipe pemasakan awal, terjadi penurunan aktivitas SAI secara cepat sehingga pemasakan sangat berkorelasi dengan kandungan sukrosa yang tinggi. Akan tetapi pada varietas tebu dengan tipe pemasakan lambat, maka menurunnya aktivitas SAI berlangsung sangat lambat. Aktivitas invertase tertinggi ditemukan pada batang tebu yang belum mencapai pemasakan, dan hal ini tidak dipengaruhi oleh varietas tebu ataupun umurnya (Joshi *et al.* 2013).

Pada jaringan tebu muda, sukrosa yang disintesa didegradasi oleh SAI, tetapi pada fase pemasakan, kecepatan proses produksi sukrosa semakin tinggi sementara proses hidrolisis oleh SAI menurun. Sebaliknya aktivitas CWI meningkat ketika jaringan tebu semakin tua. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Lontom *et al.* (2008) dan Rose dan Botha (2000). Komor *et al.* (2000) menjelaskan bahwa pada jaringan muda, translokasi karbon yang berfungsi sebagai energi dari floem ke batang tebu dimanfaatkan untuk

pertumbuhan, sedangkan pada jaringan translokasi karbon dimanfaatkan untuk penyimpanan sukrosa.

Penutup

Enzim invertase memegang peranan penting dalam mengatur metabolisme tanam tebu dan kandungan sukrosanya. Untuk meningkatkan kandungan sukrosa dalam tanaman tebu, sangatlah penting untuk mengerti peranan enzim invertase. Enzim invertase dapat dimanipulasi secara molecular untuk dimanfaatkan dalam pendekatan transgenik, melalui pendekatan supresi gen invertase atau pendekatan RNAi dalam rangka menekan kandungan heksosa (glukosa dan fruktosa) dan meningkatkan kandungan sukrosa dalam tanaman. Pendekatan transgenik juga dapat ditargetkan untuk menekan besarnya kehilangan sukrosa pasca panen, yaitu dengan memanfaatkan promoter gen yang spesifik untuk fase pasca kemasakan tebu dengan target untuk menekan aktivitas invertase dalam mendegradasi sukrosa.

Daftar Pustaka

- Ayre, B.G. 2011. Membrane-transport systems for sucrose in relation to whole plant carbon partitioning. *Mol. Plant.*, 4:377–394.
- Batta, S.K., B. Kaur, J.S. Sital, S.K. Sandhu, and S.K. Uppal. 2011. Sucrose accumulation and internodal soluble invertase isoenzymes in plant and ratoon crops of sugarcane. *Sugar Technology*, 13(1):51–59.
- Carson, D.L. and F.C. Botha. 2002. Genes expressed in sugarcane maturing intermodal tissue. *Plant Cell Reports*, 20:1075–1081.
- Chandra, A., R. Jahin, and S. Solomon. 2012. Complexities of Invertases controlling sucrose accumulation and retention in sugarcane. *Current Science* 102(6):857–866.
- Chen, S., M. Hajirezaei, M. Peisker, H. Tschiersch, U. Sonnewald, and F. Bornke. 2005. Decreased sucrose-6-phosphate phosphatase level in transgenic tobacco inhibits photosynthesis, alters carbohydrate partitioning, and reduces growth. *Planta* 221:479–492.
- Fotopoulos, V. 2005. Plant invertases: structure, function and regulation of a diverse enzyme family. *Journal of Biological Research*, 4:127–137.
- Foyer, C., A. Kingston-Smith, and C. Pollock. 1997. Sucrose and Invertase, An Uneasy Alliance. *IGER Innovation*: 17–21.
- Galtier, N., C.H. Foyer, E. Murchie, R. Alred, P. Quick, T.A. Voelker, C. Thepenier, G. Lasceve, and T. Betsche. 1995. Effect of light and atmospheric carbon dioxide enrichment on photosynthesis and carbon partitioning in leaves tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants overexpression sucrose phosphate synthase. *J. Exp. Bot.*, 46:1335–1344.
- Halford, N.G., T.Y. Curtis, N. Muttucumaru, J. Postles and D.S. Mottram. 2010. Sugar in crop plants. *Ann. Appl. Biol.*, 158:1–25.

- Joshi, J.B., S. Krishnaveni, D. Vijayalakshmi, R. Sudhagar and M. Raveedran. 2013. Activities of enzyme involved in synthesis and degradation of sucrose in popular sugarcane varieties. *Asian Journal of Experimental Biology Science*, 4(2):237–244.
- Klann, E.M., R.T. Chetelat, and A.B. Bennett. 1993. Expression of acid invertase gene controls sugar composition in tomato (*Lycopersion*) fruit. *Plant Physiology* 103:863–870.
- Komor, E. 2000. The physiology of sucrose storage in sugarcane. In: Gupta, A.K. and Kaur, N. (Eds.). *Carbohydrate Reserves in Plants: Synthesis and Regulation*. Elsevier Amsterdam. p. 35–53.
- Kwon, Y.R., J.E. Oh, H.N. Noh, S.W. Hong, S.H. Bhoo, and H.J. Lee. 2011. The ethylene signaling pathway has a negative impact on sucrose induced anthocyanin accumulation in *Arabidopsis*. *Journal of Plant Research*, 124:193–200.
- Lakshmanan, P., R.J. Geijskes, K.S. Aitken, C.P.L.Grof, G.D. Bonnett and G.R. Smith. 2005. Sugarcane biotechnology: the challenges and opportunities. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 41:345–363.
- Leite, G.H.P., C.A.C. Crusciol, G.F. de Siqueira, and M.de Almeida Silva I. 2015. Plant regulators and invertase activity in sugarcane at the beginning of the harvest season (Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana de açúcar no início da safra). *Ciência Rural, Santa Maria* 45(10):1788–1794.
- Lingle, S.E. 1999. Sugar metabolism during growth and development in sugarcane internodes. *Crop Science* 39 480–486.
- Lontom, W., M. Kosittrakun, and S.E. Lingle. 2008. Relationship of Acid Invertase Activities to Sugar Content in Sugarcane Internodes during Ripening and after Harvest. *Thai Journal of Agricultural Science*, 41(3–4):143–151.
- Miswar, B. Sugiharto, T. Handoyo, Dan S.A. Made. 2007. Peranan Sucrose Phosphate Synthase (Sps) Dan Acid Invertase (Ai) Internoda Tebu (*Saccharum officinarum* L.) dalam Akumulasi Sukrosa. *Agritrop* 26(4):188–194.
- Moghaddam, M.R.B. and W.V. den Ende. 2012. Sugars and plant innate immunity. *Journal of Experimental Botany Advance Access*, p. 1–10.
- Pan, Y., H.Luo, and Y.Li, 2009. Soluble acid invertase and sucrose phosphate synthase: key enzyme in regulating sucrose accumulation in sugarcane stalk. *Sugar Technology*, 11:28–33.
- Perry, C. A., Leigh, R. A., Tomos, A. D., Wyse, R. E. and Hall, J. L., The regulation of turgor pressure during sucrose mobilization and salt accumulation by excised storage-root tissue of red beet. *Planta*: 353–361.
- Proels, R.K. and R. Hückelhoven. 2014. Cell-wall invertases, key enzymes in the modulation of plant metabolism during defence responses. *Molecular Plant Pathology*, 15(8):858–864.
- Roitsch, T., M.E. Balibrea, M. Hofmann, R. Proels, and A.K. Sinha. 2003. Extracellular invertase: key metabolic enzyme and PR protein. *Journal of Experimental Botany*, 54(382):513–524.
- Roitsch, T. and M.C. González. 2004. Function and regulation of plant invertases: sweet sensations. *Trends in Plant Science*, 9:606–613.
- Rose, S. and F.C. Botha. 2000. Distribution patterns of neutral invertase and sugar content in sugarcane internodal tissues. *Plant Physiology and Biochemistry* 38:819–824.
- Sachdeva, M., S. Bhatia, and S.K. Batta. 2011. Sucrose accumulation in sugarcane: a potential target for crop improvement. *Acta Physiol. Plant*. 33:1571–1583.

- Strum, A. and G.Q. Tang. 1999. The sucrose cleaving enzymes of plants are crucial for development and carbon partitioning. *Trends in Plant Science*, 4(10):401–407.
- Tana, B., S. Chanprame, N. Tienseree, and S. Tadakittisarn. 2014. Relationship Between Invertase Enzyme Activities and Sucrose Accumulation in Sugarcane (*Saccharum* spp.). *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 48:869–879.
- Tauzin, A.S. and T. Giardina. 2014. Sucrose and invertases, apart of the plant defense response to the biotic stresses. *Frontiers in Plant Science*, (5):1–8.
- Wang, J., S. Nayak, K. Koch and R. Ming. 2013. Carbon partitioning in sugarcane (*Saccharum species*). *Plant Science*, 201(4):1–6.
- Whittaker, A. and F.C. Botha. 1997. Carbon Partitioning during Sucrose Accumulation in Sugarcane Internodal Tissue. *Plant Physiology* 115:1651–1659.
- Wyse, R. E., E. Zamski, and A. D. Tomos. 1986. Turgor regulation of sucrose transport in sugar beet taproot tissue. *Plant Physiology*, 81:478–481.
- Zhu Y. J., E. Komor, and P.H. Moore. 1997. Sucrose Accumulation in the Sugarcane Stem Is Regulated by the Difference between the Activities of Soluble Acid Invertase and Sucrose Phosphate Synthase. *Plant Physiology*, 115:609–616.

TANAH, NUTRISI, DAN PEMUPUKAN PADA TEBU

Fitriiningdyah Tri Kadarwati

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

Jl. Raya Karangploso Kotak Pos 199, Malang

e-mail: fitriningdyah@gmail.com

Ringkasan

Tanaman tebu dapat tumbuh dalam berbagai jenis tanah, namun tanah yang baik untuk pertumbuhannya adalah yang dapat menjamin kecukupan air yang optimal, solum dalam (>60 cm), tekstur lempung berpasir dan lempung liat. Derajat keasaman (pH) tanah yang paling sesuai untuk pertumbuhan tebu berkisar antara 5,5–7,0. Tanaman tebu sangat tidak menghendaki tanah dengan kandungan Cl tinggi. Tanah dengan ketinggian < 500 m dpl. dan curah hujan 1.000–1.300 mm per tahun merupakan lingkungan yang baik untuk tebu. Nitrogen merupakan salah satu unsur utama yang sangat diperlukan oleh tanaman tebu untuk pertumbuhan vegetatif dan meningkatkan hasil serta kualitasnya. Kekurangan nitrogen dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat seperti batang dan daun mengecil. Namun kelebihan nitrogen dapat memperpanjang pertumbuhan vegetatif, memperlambat pemasakan, mengurangi kadar gula, mudah roboh, lebih peka terhadap hama dan penyakit. Untuk meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen, perlu diperhatikan dosis, frekuensi, cara, dan waktu aplikasi pupuk N. Ketersediaan P-tanah dan aplikasi pupuk P sangat memperbaiki pertumbuhan tebu, hasil tebu, rendemen, dan kualitas gula yang dihasilkan. Indeks luas daun dan produksi bahan kering meningkat pada aplikasi pupuk P dosis tinggi. Distribusi pertumbuhan akar tanaman tebu ke arah vertikal dan horizontal juga berhubungan erat dengan ketersediaan P-tanah. Aplikasi pupuk P dosis tinggi dalam strategi pemupukan berimbang sangat meningkatkan hasil tebu dan hasil gula. Perbaikan ketersediaan P-tanah, dapat meningkatkan hasil tebu hingga 31% dibandingkan dengan kondisi kontrol. Pemberian kalium melalui pemupukan pada tebu sering dilakukan. Pada kondisi kadar K tanah sangat tinggi tidak perlu lagi diberikan pupuk K, karena K tersedia dalam tanah dalam bentuk K dapat ditukarkan sangat efektif diserap oleh akar. K sangat dibutuhkan pada fase pemanjangan batang, maka pupuk K dapat diberikan pada saat bersamaan tanam atau pada saat tanaman tebu berumur 1–2 bulan. Peningkatan hasil tebu akibat pemupukan kalium, ada kalanya diikuti oleh peningkatan rendemen, dan ada kalanya tidak diikuti oleh peningkatan rendemen. Penyerapan kalium oleh tanaman tebu yang berlebihan dapat mereduksi pembentukan sukrosa selama proses penggilingan tebu.

Kata kunci: Tebu, tanah, nutrisi, pemupukan

Soil, Nutrition, and Fertilization of Sugarcane

Summary

Sugarcane plant can grow in different types of soil. The best soil for growing sugarcane is one that ensure optimal water availability, with deep solum (>60 cm), land texture of sandy loam and clay. Acidity (pH) of the soil most suitable for cane growth is ranged from 5.5 to 7.0. Sugarcane plants require soil with a very high Cl content. Elevation of less than 500 meters

above sea level with rainfall 1000–1300 mm per year is good living for sugarcane. Nitrogen is one of major element required by sugarcane plants for vegetative growth, increasing yield and quality. Nitrogen shortage can cause stunted plant growth in which the stem and leaf grow shrunked. However, excess nitrogen can cause poisoning, prolonging vegetative growth, slow ripening, reduce blood sugar, more susceptible to pests and diseases. To improve the efficiency of absorption of nitrogen, it is needed to know the dose, frequency, manner and time of application of N fertilizer. Availability of P-soil and P applied fertilizer significantly improve the growth of sugarcane, yield and sugar content. Sugarcane leaf area index and dry matter production increased in high-dose P fertilizer applications. Distribution of the sugarcane plant root growth towards the vertical and horizontal angles are also closely linked to the availability of P-land. P fertilizer application in high doses for balanced fertilization strategy greatly increases the yield of sugarcane and sugar yield. Improvement of P-soil availability can increase the yield of sugarcane by 31% compared with the control condition. Giving potassium through fertilization in sugarcane often increases sugarcane and sugar yield. In condition of very high soil K level there is no longer need to apply K fertilizer, because available K in the soil in the form of exchangeable K can be very effectively absorbed by the roots. K is take a lot on the stem at elongation phase, therefore applying K fertilizer can be done at the same time at planting or at the time of sugarcane crops 1–2 months old. Increased yield of sugarcane as a result of potassium fertilization, sometimes followed by an increase in yield, and not accompanied by an increase in yield. The excessive absorption of potassium by sugarcane crop from the soil can reduce sucrose recovery during sugarcane milling process.

Keyword: Sugarcane, nutrients, fertilization

Pendahuluan

Dalam dua dasa warsa terakhir, sebagai akibat persaingan dengan tanaman pangan, penanaman tebu bergeser dari lahan sawah ke lahan tegalan (kering). Akibatnya, luas areal lahan kering meningkat cukup tajam ditambah setelah beroperasinya pabrik gula di luar Jawa yang menggunakan lahan kering/tegalan (Suhadi *et al.* 1988). Hal ini karena lahan kering umumnya kurang subur. Pergeseran lahan tebu ke lahan kering memberikan konsekuensi terhadap penurunan produktivitas tebu. Hasil tebu lahan kering setara dengan 0,5 hingga 0,7 kali tebu sawah (Toharisman *et al.* 1991). Ini berarti untuk menggantikan satu satuan luasan sawah diperlukan sekitar 1,5 hingga 2 kali luasan lahan kering.

Menurut Hidayat dan Mulyani (2002) lahan kering didefinisikan sebagai suatu hamparan lahan yang tidak pernah digenangi atau tergenang air pada sebagian waktu dalam setahun dan hanya mengandalkan dari air hujan. Budidaya tebu lahan kering bercirikan pada teknik pengelolaan tebu tanpa pengairan (tadah hujan), pengolahan tanah dengan sistem bajak, tanpa saluran drainase yang intensif, serta penggunaan tenaga kerja yang terbatas. Kendala hidrologi di lahan kering adalah keterbatasan jumlah air dan penyebarannya (Pawirosemadi 2011).

Penanaman tebu di lahan kering memerlukan perhatian yang lebih seksama mengingat masalah yang dijumpai di lahan ini lebih banyak dibanding lahan sawah. Kondisi yang sering dijumpai di lahan kering, antara lain miskin hara, jumlah air terbatas, rawan erosi, gulma, dan hama. Tanpa unsur hara atau nutrisi dan air yang cukup tanaman tebu tidak mungkin tumbuh normal (Ahmed *et al.* 2005).

Ketersediaan unsur hara pada pertumbuhan tanaman tebu merupakan salah satu faktor yang menyebabkan tinggi atau rendahnya produksi dan rendemen. Menurut Robinson *et al.* (2007), hasil tebu yang optimum dapat dicapai apabila ketersediaan hara makro primer (N, P, K), hara makro sekunder (Ca, Mg, S) dan hara mikro (Cu, Zn) dalam tanah lebih tinggi dari batas kritisnya. Hara makro dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak, sedangkan hara mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang sedikit.

Tulisan ini mengulas tentang tanah, nutrisi atau hara khususnya hara makro N, P, dan K dan pemupukan tanaman tebu agar pembaca lebih memahami permasalahan tersebut khususnya tebu lahan kering.

Tanah untuk Tanaman Tebu

Tanah merupakan lapisan teratas dari bumi, terbentuk dari batuan yang mengalami pelapukan. Proses pelapukan ini terjadi dalam waktu yang lama bahkan hingga ratusan tahun. Pelapukan batuan menjadi tanah juga dibantu dengan beberapa mikroorganisme, perubahan suhu, dan air sehingga jenis tanah dari satu daerah dengan daerah lainnya berbeda tergantung dari komponen yang ada di dalam daerah tersebut (Kalsim dan Sapei 2003). Komponen di dalam tanah yang baik untuk tanaman adalah mineral 50%, bahan organik 5%, dan air 25%

Tanah yang sesuai untuk tanaman tebu adalah tanah yang bertekstur lempung. Keadaan tanah ini dapat mempengaruhi kadar sukrosa dalam tebu. Beragam jenis tanah di lahan kering, namun tanah vertisol, ultisol, dan inceptisol merupakan tanah-tanah yang dominan di lahan kering di Indonesia (Hidayat dan Mulyani 2002). Tebu yang ditanam di tanah vertisol memiliki pertumbuhan kurang baik karena di samping sangat miskin unsur hara, sifat fisiknya sangat jelek dan teksturnya sangat berat, sedangkan tebu yang ditanam di tanah inceptisol cukup baik karena tanah ini merupakan jenis tanah yang masih muda belum mengalami perkembangan lanjut dan kesuburan sedang (Perez dan Melgar 2000; Ramadhan *et al.* 2014).

Persyaratan Iklim dan Tanah untuk Tanaman Tebu

Secara umum lahan yang sesuai untuk tebu antara lain tipe iklim C dan D (Oldeman), topografi datar sampai berlereng landai (lereng $<15\%$) dan memiliki kedalaman tanah cukup dalam ($>1\text{m}$) (Djaenudin *et al.* 2003 dan Mulyadi *et al.* 2009). Menurut Indrawanto *et al.* (2010), tanaman tebu tumbuh baik pada kondisi iklim tropis dan sub tropis dengan kondisi tanah yang tidak terlalu lembab dan tidak terlalu kering. Pertumbuhan tanaman tebu dipengaruhi juga oleh kondisi tanah, curah hujan, suhu, kelerengan dan pH.

Tanah dengan ketinggian kurang dari 500 m dpl dengan curah hujan 1.000–1.300 mm per tahun termasuk dalam kondisi tanah yang baik (Mulyadi 2013). Dengan curah hujan 1.000–1.300 mm tahun⁻¹, tanaman tebu memperoleh kecukupan dalam kebutuhan air tanaman. Air yang ada di dalam tanah digunakan tanaman untuk tumbuh dan untuk melembabkan tanah dan lingkungan. Kelembaban tersebut mempengaruhi suhu yang ada pada suatu lahan. Suhu ideal untuk pertumbuhan tanaman tebu adalah $24^{\circ}\text{--}34^{\circ}\text{C}$, karena pada suhu tersebut pembentukan sukrosa pada tebu menjadi optimal (Indrawanto *et al.* 2010).

Tanah yang baik untuk tebu adalah tanah bersolum dalam ($>60\text{ cm}$), lempung, baik yang berpasir maupun liat. Derajat keasaman (pH) tanah yang paling sesuai untuk pertumbuhan tebu berkisar 5,5–7,0. Tanah dengan pH di bawah 5,5 kurang baik bagi tanaman tebu karena sistem perakaran tidak dapat menyerap air maupun unsur hara dengan baik, sedangkan tanah dengan pH tinggi (di atas 7,0) sering mengalami kekurangan unsur P karena mengendap sebagai kapur fosfat, dan tanaman tebu akan mengalami “chlorosis” daunnya karena defisiensi unsur Fe. Tanaman tebu sangat tidak menghendaki tanah dengan kandungan Cl yang tinggi (Nuryanti 2007; Mulyadi *et al.* 2009).

Secara umum persyaratan iklim dan tanah untuk pertumbuhan tanaman tebu dan estimasi produksi tebu dikemukakan oleh Sys *et al.* (1993) dan Djaenudin *et al.* (2011) selengkapnya disajikan pada Tabel 1.

Kemiringan lereng optimal untuk pertanaman tebu tidak lebih dari 3%, dengan toleransi maksimum 15% dan bentuk lahan yang relatif datar sampai berombak lemah. Pengembangan tebu ke lahan kering memerlukan teknologi untuk mencapai kesesuaian bagi tanaman tebu.

Tabel 1. Persyaratan penggunaan lahan untuk tanaman tebu

Persyaratan penggunaan / karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
Klas kesesuaian lahan	S1	S2	S3	N
Estimasi produktivitas (%) dari kemampuan produktivitas tebu optimal	>85–100	>60–85	>40–60	0–40
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C) harian	24–30	22–24/30–32	21–22/32–34	<21/>34
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	>1.600	1.100–1.600	800–1.100	<800
Kelembaban (%)	≤70	>70		
Tipe iklim	C1, C2	B1, B2, C3	D1	A, D2, E
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	Baik, sedang	Agak terhambat	Terhambat, agak cepat	Sangat terhambat, cepat
Nilai Ks (permeabilitas) mm/hari	50–500 (sedang)	>500 (tinggi)	5–50 (lambat)	<5 (sangat lambat)
Media perakaran (rc)				
Tekstur	L, Si, SiL, SCL, CL	LS	SiC	G, C, S, SC, AC >55
Bahan kasar (%)	<15	15–35	35–55	<25
Kedalaman tanah (cm)	>75	50–75	25–50	
Retensi hara (nr)				
KTK total (cmol/kg tanah)	>5	3,5–5	2–3,5	<2
Kejenuhan basa (%)	>50	35–50	<35	
pH H ₂ O	5,5–6,5/ 6,5–7,5	5,0–5,5/ 7,5–8,0	4,5–5,0/ 8,0–8,5	<4,5
C-organik (%)	>0,4	≤ 0,4	>0,8	
N (%)	>0,2	0,1–0,2	<0,1	
P (ppm)	>45	25–45	3–25	<3
K (ppm)	>60	30–60	<30	
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	<8	8–16	16–30	>30
Bahaya erosi	Sangat rendah	Rendah-sedang	Berat	Sangat berat
Bahaya banjir (fh)				
Genangan	F0	-	F1	>F1
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	<5	5–15	15–40	>40
Singkapan batuan (%)	<5	5–15	15–25	>25

Keterangan :

S1 = sangat sesuai; S2 = cukup sesuai; S3 = sesuai marginal; N = tidak sesuai

L = loam; Si = silt; SiL = Silt loam; SCL = Sandy Clay loam; CL = Clay Loam; LS = Loamy Sand;

SiC = Silty Clay; C = Clay; S = Sand; SC = Sandy Clay; F0 = *no flood*, F1 = *slight flood*

Sumber: Sys *et al.* (1993); Djaenudin *et al.* (2011)

Tekstur tanah yang sesuai bagi tanaman tebu berdasarkan sifat olah tanah adalah sedang sampai berat atau menurut klasifikasi tekstur tanah (Buckman dan Brady 1960) yaitu: lempung, lempung berpasir, lempung berdebu, liat berpasir, liat berlempung, liat berdebu dan liat atau yang tergolong ber tekstur agak kasar sampai halus. Menurut Sugiyarta (2012), kemasaman tanah (pH) yang terbaik untuk tanaman tebu adalah pada kisaran 6,0–7,0 namun masih dapat tumbuh pada kisaran pH 4,5–7,5. Kesuburan tanah (status hara), berdasarkan hasil penelitian P3GI yang sesuai untuk tanaman tebu adalah N total >1,5 ppm P_2O_5 tersedia >75 ppm, K_2O tersedia >150 ppm, dan kejenuhan Al <30 %.

Tipologi Lahan untuk Tanaman Tebu

Pemanfaatan lahan harus didasarkan pada kesesuaian lingkungan dengan persyaratan tumbuh tebu (varietas tebu), sehingga dapat diterapkan teknologi andal yang tepat guna. Informasi daya dukung lahan yang dibutuhkan tidak sebatas pada luasannya, tetapi juga perlu dukungan informasi mengenai karakteristik agroekologinya, khususnya mengenai kesuburan tanah dan sifat fisik lahan. Sugiyarta (2012) mengemukakan bahwa karakteristik lahan yang sangat menentukan kesesuaiannya dengan tipe kemasakan varietas tebu adalah tekstur, drainase, dan pengairan. Lebih jauh dikemukakan bahwa faktor lingkungan utama yang berpengaruh terhadap produktivitas tebu adalah tingkat kesuburan tanah untuk mendukung ketersediaan unsur hara dan oksigen serta iklim utamanya ketersediaan air, berkaitan dengan masa tanam dan panen. Pengelolaan lahan tebu dipengaruhi oleh keragaman tanah, maka untuk memudahkan pengelolaan varietas dengan kondisi lingkungan, dilakukan pengelompokan terhadap kondisi tipologi lahan (spesifik lokasi). Tujuan dilakukan pengelompokan adalah untuk memudahkan pengelolaan lahan dalam penerapan teknologi budi daya varietas yang sesuai.

Tipologi lahan merupakan pembagian area penanaman (lahan) kebun berdasarkan tekstur, ketersediaan air, dan drainase. Secara rinci karakteristik lahan untuk menyesuaikan tipologi lahan disajikan pada Tabel 2.

Dari tiga faktor yang masing-masing memiliki dua taraf pembeda didapatkan delapan kombinasi kategori tipologi yaitu: BPL, BHL, RPL, RHL, BPJ, BHJ, RPJ, dan RHJ (Tabel 3).

Tabel 2. Karakter lahan untuk menyusun tipologi lahan

Karakteristik lahan	Kriteria	Penjelasan
1) Tekstur tanah	a) Tekstur Berat (B)	Tanah menunjukkan kandungan liat yang tinggi, terjadi retakan tanah >5 cm pada musim kemarau.
	b) Tekstur Ringan (R)	Kandungan pasir cukup tinggi hingga jenis tanah berlempung.
2) Ketersediaan air	a) Berpengairan (P)	Mendapatkan air dari irigasi, pompa 3 kali atau lebih pada musim kemarau, dan tanaman dengan varietas masak tengah lambat masih bisa tahan tetap segar hingga September.
	b) Tadah hujan (H)	Sepenuhnya mengandalkan air hujan atau hanya dapat diairi kurang dari 3 kali. Varietas masak awal sudah mengering pada Agustus–September.
3) Drainase	a) Lancar (L)	Tidak terjadi genangan air di lahan pada musim hujan;
	b) Jelek (J)	Pada musim penghujan terdapat genangan lahan secara kontinu selama 3 hari atau lebih.

Tabel 3. Tipologi lahan untuk tanaman tebu

1)	BPL	:	tekstur tanah berat, pengairan semi teknis/teknis, drainase lancar
2)	BPJ	:	tekstur tanah berat, pengairan semi teknis/teknis, drainase jelek
3)	BHL	:	tekstur tanah berat, tadah hujan (tidak ada pengairan), drainase lancar
4)	BHJ	:	tekstur tanah berat, tadah hujan (tidak ada pengairan), drainase jelek
5)	RPL	:	tekstur tanah ringan sampai sedang, pengairan semi teknis/teknis, drainase lancar
6)	RPJ	:	tekstur tanah ringan sampai sedang, pengairan semi teknis/teknis, drainase jelek
7)	RHL	:	tekstur tanah ringan sampai sedang, tadah hujan (tidak ada pengairan), drainase lancar
8)	RHJ	:	tekstur tanah ringan, tadah hujan (tidak ada pengairan), drainase jelek

Sumber: Sugiyarta 2012

Setiap tipe wilayah disiapkan 2 varietas yang sesuai dikembangkan pada wilayah tersebut.

Peta tipologi lahan di beberapa wilayah pengembangan tebu telah dihasilkan oleh Kadarwati *et al.* (2013) yaitu di Jawa Timur (Tuban, Lamongan, Bojonegoro, Bangkalan dan Sampang) dan Jawa Tengah (Blora, Rembang, dan Kudus) dan Sulawesi Selatan (Takalar dan Bone). Sebagai contoh ditampilkan peta tipologi lahan dari Kabupaten Rembang (Gambar 1). Peta tipologi lahan tersebut memberikan informasi tentang kondisi pengairan (bisa diairi atau tidak), tekstur tanah, drainase tanah dan kadar air tanah yang tersedia bagi tanaman tebu.

Dari peta tipologi lahan (Gambar 1) dan persyaratan tumbuh suatu tipe kemasakan varietas tebu, yang keduanya di “overlay” atau tumpang tindih maka dapat disusun peta rekomendasi kesesuaian varietas dengan tipologi lahan. Sebagai contoh, peta rekomendasi tersebut seperti pada Gambar 2. Khusus untuk di Kabupaten Rembang direkomendasikan varietas tebu dengan tipe kemasakan awal–tengah (warna ungu) dan tipe kemasakan tengah–lambat (warna toska). Adapun total luasan masing-masing rekomendasi kesesuaian varietas dengan tipologi lahan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Luasan rekomendasi tipe kemasakan varietas untuk tanaman tebu di Kabupaten Rembang

Rekomendasi tipe kemasakan varietas tebu	Luas (Ha)
Awal–tengah	24 729
Tengah–lambat	29 988
Grand total	54 717

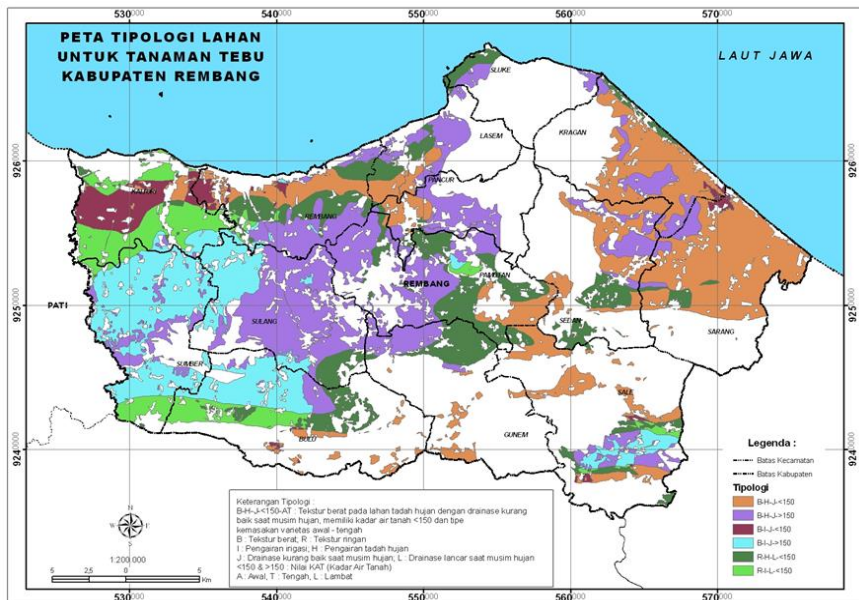
Sumber: Kadarwati *et. al.* (2013)

Nutrisi untuk Tanaman Tebu

Pengertian yang luas, nutrisi atau hara tanaman adalah bahan-bahan yang diperlukan oleh tanaman untuk pembentukan isi sel-selnya, ditambah bahan-bahan anorganik atau mineral yang diserap dari dalam tanah (Mengel dan Kirby 1982). Pembahasan selanjutnya akan difokuskan pada hara mineral yang diserap tanaman dari dalam tanah. Kingston (2014) menyebutnya dengan unsur hara esensial bagi tanaman tebu dan membaginya kedalam unsur makro primer (N, P, K), unsur makro sekunder (Ca, Mg, S dan bisa juga Si) dan unsur mikro (Cu, Zn, Fe, Mn, B, Mo, dan Cl).

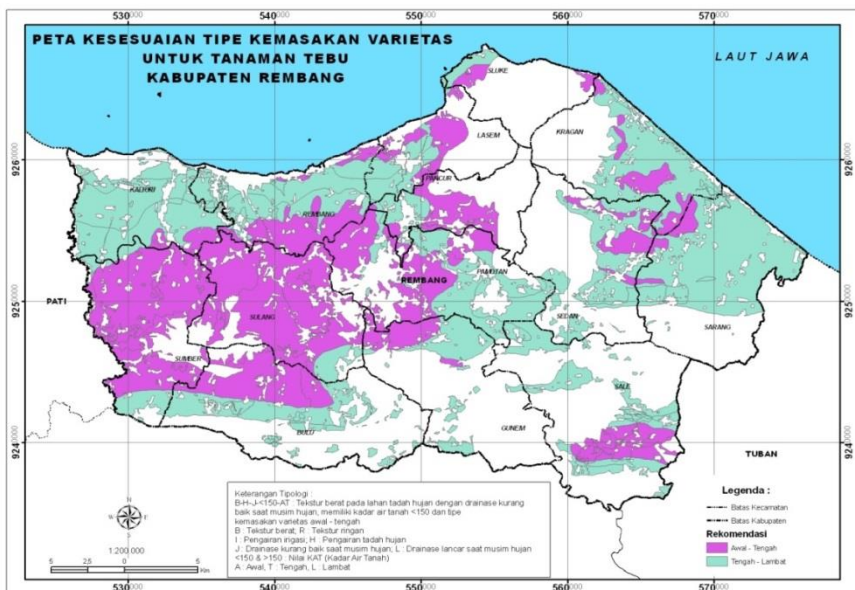
Menurut Robinson *et. al.* (2007), hasil tebu yang optimum dapat dicapai apabila ketersediaan hara makro primer, hara makro sekunder dan hara mikro terutama Cu, Zn dalam tanah lebih tinggi dari nilai kritisnya. Hara makro dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak, sedangkan hara mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang sedikit. Kadar hara dalam tanah diketahui bila dilakukan analisis tanah atau uji tanah. Hasil uji tanah sangat diperlukan dalam pengelolaan hara dan pemupukan bagi tanaman tebu. Tabel 5 memperlihatkan kriteria kadar hara utama tanah untuk menentukan kecukupan hara pada tanaman tebu (Hakim dan Arifin 2011).

Sumber: Kadarwati et al. 2014



Gambar 1. Peta tipologi lahan untuk tanaman tebu di Kabupaten Rembang

Sumber: Kadarwati et al. 2014



Gambar 2. Peta rekomendasi tipe kemasakan varietas untuk tanaman tebu di Kabupaten Rembang

Kadar hara N tanah dengan kriteria kurang ($<0,1\%$) harus dilakukan pemupukan dengan dosis tinggi, lahan kering untuk tanaman tebu biasanya pada kisaran angka tersebut bahkan jauh di bawahnya. Demikian juga dengan kadar P tanah, dengan nilai P tersedia kurang dari 25 ppm merupakan kriteria kurang untuk tanaman tebu dan biasanya harus ditambah melalui pemupukan. Sedangkan kadar K tanah yang dianggap kurang adalah apabila nilai kadar K tanah kurang dari 0,2 me/100 g tanah.

Tabel 5. Kriteria kadar hara utama tanah untuk pengelolaan tebu di Indonesia

Kategori	Kadar N tanah (%)	Kadar P tanah (ppm)	Kadar K tanah (me/100g)
Sangat baik	$>2,0$	>50	$>0,4$
Baik	1,0–2,0	25–50	0,3–0,4
Sedang	0,1–1,0	15–25	0,2–0,3
Kurang	$<0,1$	<25	$<0,2$

Sumber: Hakim dan Arifin (2011)

Selain kadar hara dalam tanah, status hara dalam tanaman tebu diperlukan untuk melengkapi hara tanah dalam pengelolaan hara. Salah satu cara untuk evaluasi status hara tanaman yaitu pendekatan *Critical Nutrient Level* (CNL) yang sering dikenal dengan nilai kritis. Nilai kritis adalah “konsentrasi hara” di bawah mana produksi tanaman mulai terganggu (Anderson dan Bowen 1990). Nilai kritis hara ini mengacu pada bagian tanaman tertentu pada fase pertumbuhan tertentu, dimana kehilangan produksi mencapai 5–10%. Kisaran optimum hara adalah konsentrasi hara tanaman yang dianggap optimum bagi produksi. Anderson dan Bowen (1990) mengelompokkan nilai kritis hara pada tanaman tebu seperti pada Tabel 6. Semua kadar hara pada tanaman/bagian tanam tebu harus diusahakan pada kisaran optimum agar produksi tebu yang dihasilkan optimum.

Tebu memerlukan hara dalam jumlah yang tinggi untuk dapat tumbuh secara optimum. Di dalam 1 ton hasil panen tebu terdapat 1,95 kg N; 0,30–0,82 kg P_2O_5 dan 1,17–6,0 kg K_2O yang berasal dari dalam tanah (Hunsigi 1993; Halliday dan Trenkel 1992). Ini berarti pada setiap panen tebu akan terjadi pengurasan hara N, P, dan K yang sangat besar dari dalam tanah. Oleh karena itu pada sistem budi daya tebu diperlukan pemupukan N, P dan K yang optimal agar hasil panen tebu tetap tinggi dan daya dukung tanah dapat dipertahankan (Ismail *et. al.* 2009).

Tabel 6. Nilai kritis dan kisaran optimum hara pada daun tebu

Hara	Nilai Kritis (%)	Kisaran Optimum (%)
Nitrogen (N)	1,80	2,00–2,60
Phosphorus (P)	0,19	0,22–0,30
Potassium (K)	0,90	1,00–1,60
Calcium (Ca)	0,20	0,20–0,45
Magnesium (Mg)	0,12	0,15–0,32
Sulfur (S)	0,13	0,13–0,18
Silicon (Si)	0,50	>0,70
mg/kg		mg/kg
Iron (Fe)	-----	50–105
Manganese (Mn)	-----	12–100
Zinc (Zn)	15	16–32
Copper (Cu)	3	4–8
Boron (B)	4	15–20
Molybdenum	0,05	-----

Sumber: Anderson dan Bowen (1990)

Hara Nitrogen

1. Sumber N dalam tanah

Senyawa nitrogen di dalam tanah terdapat dalam 2 bentuk yaitu yang pertama adalah nitrogen organik seperti protein, asam amino, urea. Bentuk kedua yaitu nitrogen anorganik termasuk di dalamnya ammonium (NH_4), gas amonia (NH_3^+), nitrit (NO_2^-), dan nitrat (NO_3^-). Dari kedua bentuk senyawa nitrogen tersebut ada yang larut dalam air dan ada yang tidak, ada yang bersifat aktif bergerak dan ada yang bersifat tidak aktif bergerak, dan ada yang dapat diserap langsung oleh tanaman dan ada yang tidak (Trautmann *et al.* 2007). Nitrogen di dalam tanah sendiri terbentuk secara terus-menerus melalui reaksi fisika, kimia dan biologi yang kompleks dan biasa disebut daur nitrogen. Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3^- (nitrat) atau NH_4^+ (amonium). Senyawa nitrat umumnya bergerak menuju akar karena aliran massa, sedangkan senyawa amonium karena bersifat tidak aktif bergerak sehingga selain melalui aliran massa juga melalui difusi (Buckman dan Brady 1982).

Tanaman tebu memerlukan unsur hara dalam jumlah yang tinggi untuk dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik. Satu ton hasil panen tebu terdapat sekitar 2,00 kg N yang berasal dari dalam tanah (Kingston 2014). Oleh karena itu diperlukan pemupukan N yang cukup agar hasil panen tebu tetap tinggi dan kesuburan tanah dapat dilestarikan. Penambahan pupuk N karena

hara N yang tersedia dalam tanah berasal dari luar tanah, yaitu: (1) bahan organik sisa panen tanaman, (2) fiksasi N dari udara oleh mikroba tanah, (3) air irigasi, dan (4) pupuk N (Otto *et al.* 2014).

2. Peranan N pada tebu

Nitrogen merupakan salah satu unsur hara makro primer yang sangat diperlukan oleh tanaman tebu, sehingga seringkali diperlukan pemupukan N untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil tebu. Peranan nitrogen bagi tanaman tebu adalah (a) meningkatkan produksi dan kualitasnya, (b) untuk pertumbuhan vegetatif (pertumbuhan tunas, daun, batang). Pertumbuhan vegetatif berarti mempengaruhi produktivitas (Gava *et al.* 2008; Pawirosemadi 2011 dan Kingston 2014).

Tanaman tebu menyerap nitrogen dalam bentuk nitrat (NO_3^-) dan amonium (NH_4^+). Efisiensi relatif absorpsi amonium dan nitrat dipengaruhi oleh pH tanah dan potensial redoks tanah. Pupuk nitrat bersifat sangat mudah berpindah, cepat diserap dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-), dan mudah tercuci. Nitrogen dalam bentuk nitrat dapat bergerak ke atas bersama air kapiler selama musim kemarau. Amonium tidak mudah tercuci karena kation ini diikat oleh partikel liat (*clay*), pengikatan ini sedemikian rupa sehingga tidak mudah tercuci, tetapi masih tersedia bagi tanaman (Otto *et al.* 2014).

Unsur N sangat mobile dalam tanaman, dialihtempatkan dari daun yang tua ke daun yang muda. Kadar nitrogen dalam jaringan tanaman adalah 2%–4% berat kering. Kadar nitrogen dalam tanah sangat bervariasi tergantung pada pengelolaan dan penggunaan lahan tersebut. Pertumbuhan optimum selama fase vegetatif diperoleh bila pemupukan N diimbangi dengan pemupukan unsur lain. Sebagai contoh, penyerapan nitrat untuk sintesis menjadi protein dipengaruhi ketersediaan K^+ (Kingston 2014).

Kecukupan hara nitrogen sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Indikatornya terlihat jelas pada ukuran daun, tinggi batang, luas permukaan daun dan jumlah anakan tanaman tebu. Defisiensi N sering terjadi pada tanaman tebu yang ditanam pada tanah-tanah berpasir. Aplikasi pupuk N secara bertahap pada tanah berpasir dilakukan selama musim pertumbuhan tanaman tebu untuk mencapai produksi tebu yang optimal (Sime 2013). Kegagalan menyuplai hara N yang kurang pada fase pertumbuhan kritis mengakibatkan tanaman kerdil, pemasakan prematur, dan hasil biomasa serta hasil gula menurun (Muchovej dan Newman 2004). Selain itu, kekurangan unsur ini membuat pertumbuhan tanaman merana, ukuran daun mengecil, kurus dan berwarna kekuningan.

Kapasitas fotosintesis tanaman tebu sangat dipengaruhi oleh ketersediaan N tanah. Nitrogen dapat mempengaruhi laju fotosintesis per unit luas daun, mengubah konsentrasi pigmen fotosintesis atau enzim-enzim fotosintesis. Ada hubungan erat antara laju fotosintesis daun dengan kadar N daun. Akan tetapi seringkali efek utama nitrogen terhadap fotosintesis melalui penambahan total luas daun dan penyerapan cahaya. Sebagian besar N dari aplikasi pupuk diakumulasikan dalam vakuola daun tebu dan dalam akar tebu. Akumulasi N dalam daun dan akar ini menimbulkan efek osmotik, yang mengakibatkan penyerapan air menjadi lebih baik dan penggunaan air lebih efisien. Pada kondisi lengas tanah yang bagus, daun-daun tebu menjadi kaku dan stomatanya membuka lebar, sehingga dapat mempercepat transpirasi. Aktivitas enzim reduktase nitrat dalam daun tebu meningkat dengan adanya pemupukan nitrogen. Enzim ini berperan dalam asimilasi nitrat menjadi pigmen (Amaliotis *et al.* 2004).

Tabel 7 memperlihatkan bahwa pemupukan N tanaman tebu dapat meningkatkan pembentukan komponen kloroplast seperti enzim asimilasi karbon, dan kompleks protein-klorofil per unit area, meningkatkan total karotenoid pada daun terutama pada kondisi intensitas radiasi tinggi. Semua efek positif ini dipadukan dengan efek N terhadap peningkatan luas daun sehingga meningkatkan fotosintesis tanaman. Pemupukan N yang cukup dapat meningkatkan luas daun tanaman tebu, yang selanjutnya akan memperbaiki intersepsi cahaya untuk meningkatkan fotosintesis (Amaliotis *et al.* 2004). Lebih lanjut dikemukakan bahwa peningkatan pemupukan N akan meningkatkan transpirasi tanaman yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air (Tabel 7).

Tabel 7. Pengaruh pupuk N terhadap kadar N-daun tebu, kadar klorofil (SPAD), fotosintesis, transpirasi dan efisiensi penggunaan air tanaman tebu

Perlakuan	Nitrogen (%)	Kadar Klorofil	Fotosintesis ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{S}^{-1}$)	Transpirasi	Efisiensi Penggunaan air ($\mu\text{mol.mmol}^{-1}$)
0 N	0,81	23,37	26,26	2,92	9,02
1/6 N	1,54	32,62	20,74	1,62	15,15
1/3 N	1,59	33,22	18,30	1,63	11,20
½ N	1,84	35,23	24,60	2,39	10,29
1 N	1,92	37,43	26,14	2,61	10,02
2N	2,28	39,25	29,78	3,04	9,79

Sumber: Amaliotis *et al.* 2004

Gejala defisiensi nitrogen pada tebu antara lain: a) daun berwarna kuning pucat, b) ruas lebih pendek, c) pertumbuhan daun semakin lambat, d) batang lebih pendek dan kurus, e) akar lebih panjang, tetapi lebih kecil ukur-

annya, f) jika defisiensi berkelanjutan, ujung daun dan daun yang terbawah menjadi nekrosis (Anderson dan Bowen 1990; Kingston 2014). Lebih lanjut dikemukakan bahwa kelebihan unsur nitrogen dapat berakibat negatif juga yakni: a) efek racun untuk tanaman, b) pertumbuhan vegetatif memanjang, c) memperlambat kemasakan, d) mengurangi kadar gula, e) mengurangi kualitas jus (nira), f) menambah nitrogen yang larut pada jus dalam stasiun klarifikasi, g) mudah roboh, h) lebih mudah terserang hama dan penyakit.

Kehilangan hara N dari lahan tebu dapat terjadi karena penguapan amonia setelah pupuk N diaplikasikan ke tanah. Kehilangan N pada aplikasi pupuk N di permukaan tanah mencapai 59,1%, sedangkan kehilangan N dari aplikasi pupuk N yang dibenamkan sebesar 45,6. Pembenanaman pupuk urea ke dalam tanah dapat mengurangi kehilangan penguapan amonia dari 37,3% menjadi 5,5% dari total pupuk N (Fortes *et al.* 2013).

Hara Fosfor (P)

1. Sumber P dalam tanah

Martin *et al.* (1997) dan Bokhtiar and Sakuari (2003) mengemukakan bahwa kandungan P total di lapisan olah tanah (20 cm) sebagian besar tanah berkisar antara 2.000 hingga 3000 kg P_2O_5 per hektar. Delapan puluh persennya berada dalam bentuk organik, dan sisanya dalam bentuk P-terlarut. Unsur P tersedia bagi tanaman hanya merupakan sebagian kecil dari keseluruhan, dan biasanya berada dalam kadar 0,01–0,1 ppm di dalam larutan tanah.

Pengendalian P-tersedia dalam tanah sangat menentukan hasil tebu dan gula. Perkembangan akar tebu menjadi lambat kalau suplai P-tersedia terkendala, sehingga muncul gangguan dalam proses penyerapan air dan hara oleh akar tanaman (Pawirosemadi 2011). Ketersediaan P-tanah dan aplikasi pupuk P sangat memperbaiki pertumbuhan tebu, hasil tebu dan kualitas rendemennya. Indek luas daun tanaman tebu dan produksi bahan kering meningkat pada aplikasi pupuk P dosis tinggi. Distribusi pertumbuhan akar tanaman tebu ke arah vertikal dan horisontal juga berhubungan erat dengan ketersediaan P-tanah.

Hasil tebu maksimum sebesar 76 t/ha atau hasil gula sebesar 12 t/ha dicapai pada tanah yang kaya P-tersedia, sedangkan pada tanah yang miskin P-tersedia ternyata hasil tebu hanya sekitar 53 t/ha atau hasil gula sebesar 8 t/ha (Martin *et al.* 1997). Lebih lanjut dikemukakan bahwa kandungan P-tersedia yang terlalu tinggi dapat menekan penyerapan Zn dan Cu oleh tanaman tebu.

Kandungan P-tersedia dalam tanah yang dianggap optimum adalah 11–17 mg $P_2O_5/100$ g tanah.

Aplikasi pupuk P dosis tinggi dalam strategi pemupukan berimbang sangat meningkatkan hasil tebu dan hasil gula. Perbaikan ketersediaan P-tanah dapat meningkatkan hasil tebu hingga 31% dibandingkan dengan kondisi kontrol. Pendekatan yang lebih berimbang untuk nutrisi P tanaman tebu sangat diperlukan untuk mencapai hasil tebu dan hasil gula yang optimal (Wood *et. al.* 2003). Lebih jauh di kemukakan bahwa kadar P-tanah ekstrak air (Pw) dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi pupuk P bagi tanaman tebu. Rekomendasi pemupukan P disusun berdasarkan hasil analisis contoh tanah yang diambil sebelum tanam. Hasil penelitian merekomendasi dosis pupuk fosfat bagi tebu berkisar antara 0–75 kg per hektar. Tanah-tanah yang mempunyai Pw lebih besar dari 6 kg per hektar tidak perlu dipupuk fosfat.

2. Persyaratan P bagi tanaman tebu

Fosfor mempunyai pengaruh yang dominan terhadap perkembangan akar dan tunas. Hara P membantu pembentukan protein, hal ini terjadi di inti sel-sel yang hidup dan diperkirakan mengendalikan sebagian besar kegiatan sel. Hara P juga sangat penting bagi pembelahan sel yang menyebabkan pemanjangan akar dan batang atau pertumbuhan tanaman. Panjang dan diameter ruas meningkat, daun menjadi lebih panjang dan lebar, tetapi lebih tipis. Nisbah berat pucuk dan berat batang tanaman menurun, demikian pula nisbah akar dan tunas (Pawirosemadi 2011). Hara P juga memacu kegiatan fotosintesis, daun-daun berkadar P tinggi mempunyai kegiatan fotosintesis yang lebih besar dibanding daun berkadar P rendah. Hasil fotosintesis yang diperoleh pada tanaman kena naungan kurang dari sepertiganya dari tanaman yang tidak ter-naungi. Peranan unsur P, nyata sekali terutama proses fotofosforilasi dalam kaitannya dengan penangkapan tenaga cahaya matahari untuk kegiatan fotosintesis (Kingston 2014).

Hara P pada tanaman tebu terhimpun di pusat-pusat kegiatan yang tertinggi dalam proses pembentukan ATP dan ADP yang merupakan energi tertinggi dalam siklus tanaman. Selain itu, fosfor sangat berperan dalam sintesis sukrose dan dalam sistim enzim.

3. Gejala defisiensi P

Fosfor merupakan unsur utama yang penting sebagai hara tanaman tebu, gejala defisiensinya kurang jelas dan lebih sukar dipastikan daripada gejala-gejala kebanyakan unsur hara lainnya. Tanaman tebu yang kekurangan P mem-

punyai daun yang lebih sempit dan lebih pendek, pengurangan lebar daunnya lebih besar daripada pengurangan panjang daunnya. Warna daun tidak begitu tampak dipengaruhi, atau bahkan menjadi lebih tua, biru kehijauan, sebagian disebabkan oleh akumulasi nitrogen, namun kemudian daun yang lebih tua menjadi hijau kekuningan, akhirnya coklat kekuningan, selanjutnya ujung dan tepinya mengering. Pada varietas yang mempunyai kemampuan mengembangkan anthosianin, pada keadaan kahat P akan memperlihatkan peningkatan pigmentasi anthosian sehingga helaian daun akan tampak jelas keungu-unguan. Daun-daunnya juga mempunyai kecenderungan menjadi tegak (Kingston 2014)

Defisiensi P banyak terjadi pada tebu *ratoon*. Bentuk P terlarut dari pupuk yang diberikan ke dalam tanah, banyak yang bereaksi dengan besi, aluminium, liat, bahan organik dan karbonat-karbonat sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu, jarang suatu tanaman memperoleh lebih dari 15 hingga 20 persen P dari pupuk yang diberikan secara langsung (Glendenning 1999). Bahkan pada tanah-tanah masam efisiensinya sangat rendah, dengan perolehan kembali oleh tanaman hanya 1 hingga 5% (Pramo-no 1995) dan gejala defisiensi semakin parah dengan bertambahnya umur tanaman.

P bersifat mudah berpindah dalam tubuh tanaman, sehingga gejala defisiensi muncul pertama pada daun tua. Defisiensi P ini mengakibatkan pertumbuhan tanaman kerdil. Panjang ruas, panjang batang dan diameter batang tebu semuanya mengecil kalau terjadi defisiensi P. Mula-mula gejala defisiensi pada daun tidak tampak, kemudian daun menjadi silinder dan berwarna hijau kebiruan. Warna merah dan ungu juga dapat muncul, terutama di bagian pucuk daun dan tepi daun yang terkena cahaya langsung. Akhirnya helai daun mati mulai dari ujung daun dan menjalar sepanjang tepi daun (Pawiro-semadi 2011).

Hara Kalium (K)

Kalium umumnya cukup banyak dijumpai di dalam tanah dan sebagian besar berada dalam senyawa bentuk mineral. Sumber alam kalium biasanya berupa mineral silikat primer dan mineral liat. Silikat primer yang mengandung kalium antara lain muskovit, biotit, ortoklas, mikroklin, mika-K, feldspar-K dan beberapa mineral lain. Sedangkan mineral liat yang mengandung kalium di antaranya adalah ilit, vermikulit, kaolinit, monmorilonit, zeolit dan alofan (Glendenning 1999)

1. Sumber K dalam tanah

Secara umum, total kandungan kalium (K) tanah bervariasi. Tanah dalam kategori rendah dengan kadar $K \leq 5$ g/kg dan sebarannya menduduki 88,5%; dalam kategori sedang dengan K dalam tanah 5–10 g/kg dan sebarannya menduduki 9,6 %; dalam kategori tinggi dengan K tanah 10–15 g/kg dan tersebar 1,9 %, serta tidak ada K tanah melebihi dari 15 g/kg (Glendenning 1999).

Kalium mempunyai peranan yang sangat penting, ikut serta pada semua aktivitas tanaman, di antaranya adalah fotosintesis, sintesis protein, translokasi dan transformasi gula dan protein. Kalium bertindak sebagai katalisator dalam proses metabolisme tanaman, dan dijumpai bilamana terjadi transformasi energi tinggi. Keberadaannya memungkinkan pembentukan gula dari senyawa karbohidrat sederhana, dan mengubah gula menjadi zat tepung dan karbohidrat dengan berat molekul tinggi lainnya (Kingston *et.al.* 2009). Kalium juga berfungsi sebagai aktivator enzim serta K sangat penting dalam sintesis dan translokasi sukrosa dari daun menuju ke jaringan penyimpanan dalam batang. Kalium juga berperan dalam mengendalikan hidrasi dan osmosis dalam *guard-cell* stomata.

Pergerakan karbohidrat dari daun menuju batang berlangsung dengan kecepatan sekitar 2,5 cm/menit dalam tanaman yang kecukupan kalium. Kekurangan kalium akan mereduksi kecepatan pengangkutan ini hingga separuhnya. Oleh karena itu kekurangan K dalam tanaman akan mengakibatkan sebagian hasil fotosintesis tetap berada di daun, tidak dapat dikirim dan disimpan dalam batang. Selanjutnya kalau tanaman kekurangan kalium, aktivitas hidrolisis dari enzim invertase akan meningkat dan hasilnya adalah tanaman tebu kaya gula-reduksi dan kandungan sukrosanya rendah (Medina *et. al.* 2013)

Peranan kalium dalam pengendalian air sangat penting. Kalium mempunyai peranan dalam pengaturan tekanan osmotik sel, bekerjanya stomata dan laju transpirasi sehingga meningkatkan turgiditas sel-sel tanaman, dan memelihara tegangan jaringan tanaman. Keberadaan kalium dinding sel jaringan tanaman juga diperkuat (Rajendra *et al.* 2007).

Kalium diserap tanaman dalam bentuk K^+ , kalium banyak terkandung pada abu. Pucuk tebu yang muda mengandung 60–70% K_2O . Satu ton hasil panen tebu terdapat 1,17–6,0 kg K_2O yang berasal dari dalam tanah (Wood 1990 dan Kingston 2014). Kalium terdapat di dalam sel-sel yaitu sebagai ion di dalam cairan sel dan sebagai persenyawaan adsorptif di dalam zat putih telur dari sitoplasma. Inti sel tidak mengandung kalium. Sebagai ion di dalam

cairan sel, kalium berperan dalam melaksanakan turgor yang disebabkan oleh tekanan osmotis.

Medina *et al.* (2013) telah mempelajari distribusi kalium pada tanaman tebu selama musim pertumbuhannya. Konsentrasi kalium dalam akar, batang dan daun diukur setiap dua sampai tiga bulan dimulai sekitar lima bulan setelah tanam tebu. Hasilnya menunjukkan konsentrasi K lebih tinggi pada awal perkembangan tanaman dan menurun dari waktu ke waktu, ada osilasi konsentrasi K di setiap bagian tanaman, mencapai konsentrasi yang lebih rendah pada saat tanaman dewasa. Evolusi distribusi kalium dalam tebu digambarkan Medina *et al.* (2013) sebagai model untuk menafsirkan hasil tebu berdasarkan distribusi kalium dalam batang dan daun selama pertumbuhan tebu.

Pada tanaman tebu di Jawa, 30 hingga 80 persen dari kandungan kalium tanaman (tidak termasuk akar dan bagian dari klaras=*trash*) terdapat di dalam nira perahan. Persentasenya lebih tinggi (70–80) pada tanaman yang kandungan kaliumnya tinggi, dan lebih rendah (30–40) pada tanaman yang kandungan kaliumnya rendah (Pawirosemadi 2011). Kandungan kalium daun meningkat dari daun yang tertua ke daun yang termuda, dengan bagian pangkal masing-masing daun kandungan kaliumnya tertinggi dan menuju ke ujung daun tersebut kandungannya berangsur berkurang (Perez and Melgar 2000).

2. Defisiensi K

Tanaman tebu yang kekurangan kalium cepat mengayu atau menggabus. Hal ini disebabkan kadar lengas dalam jaringan tanaman yang lebih rendah. Kalium berpengaruh pada pembentukan dinding-dinding sel sehingga sel-sel lebih baik kandungan airnya, dan tumbuh lebih baik, lebih kuat dan lebih panjang.

Kalium dalam tanaman tebu bersifat mudah berpindah, gejala awal defisiensi K muncul pada daun-daun tua. Bagian tepi dan pucuk daun-daun tua menunjukkan gejala klorosis kuning-oranye dengan becak-becak khlorosis dan selanjutnya menjadi becak-becak klorosis kecokelatan. Gejala ini akan mengurangi luas daun hijau dan dapat mereduksi kemampuan fotosintesis tanaman.

Laju fotosintesis menurun dengan meningkatnya tingkat keparahan defisiensi K, pertumbuhan tanaman terhambat, ruas menjadi memendek, batang tebu menjadi lebih pendek, dan diameter batang tebu menjadi lebih kecil. Tanaman tebu yang defisien K tidak mampu berfotosintesis dengan baik kalau kadar K-daun mencapai 0.40 % K atau kurang (Khuhro *et al.* 2014)

Gejala defisiensi kalium tampak 2 hingga 5 bulan setelah tanaman kekurangan kalium. Pertumbuhan tanaman secara keseluruhan terhambat, batang-

nya menjadi kecil dan lentur, ke arah atas tirus dengan cepat dan menghasilkan susunan daun pucuk seperti kipas. Pertunasan menurun meskipun jauh lebih kecil daripada yang terjadi pada tanaman yang kahat nitrogen atau fosfor. Daun-daunnya memperlihatkan suatu pola perubahan warna yang khas. Pada kebanyakan daun yang masih aktif (daun nomor 2–6 Kuijper), warna pada sepanjang kedua tepi daun berubah menjadi kuning. Perubahan warna ini dimulai dari ujung dan berjalan terus hingga mendekati pertengahan helaian daun. Perubahan warna ini diikuti pengeringan ujung daun, dan wilayah kering berangsur menyebar dalam suatu bentuk huruf V terbalik menuju ke bawah, berakhir pada suatu jalur tepian kering yang sempit pada kedua sisi helaian daun. Jalur-jalur atau garis-garis kering dipisahkan dari bagian daun yang hijau oleh suatu jalur kuning yang sempit (Pawirosemadi 2011).

Pada daun yang lebih tua, selain terjadi kematian daun dari ujung dan tepi daun, tampak bercak-bercak berwarna kuning-jingga yang kemudian menjadi coklat dengan pusat-pusat yang mati. Bila bercak-bercak tersebut menjadi satu akan menghasilkan daun yang berwarna coklat. Bercak daun meningkat dengan cepat sekali dengan bertambah tuanya daun. Gejala yang paling akhir ini serupa dengan gejala keracunan magnesium dan kalium. Gejala semacam ini di lapangan sering tampak bilamana nisbah K/Mg yang biasanya berkisar antara 5–8, menurun menjadi kurang dari 1 (Santo *et al.* 2000).

Kandungan gula pada tanaman tebu yang mengalami defisien kalium biasanya rendah, demikian pula rendemennya. Nisbah pucuk terhadap tebu-giling meningkat. Perkembangan sistem perakaran pada tanaman yang defisien kalium relatif terpacu, dan karena perkembangan bagian tanaman di atas tanah kurang baik, maka nisbah akar-tunas meningkat (Ahmed *et al.* 2005).

Hara Makro Sekunder dan Mikro

Hara makro sekunder terdiri dari kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur atau belerang (S), sedangkan unsur hara mikro diperlukan dalam jumlah sangat sedikit. Peranan Ca pada tanaman tebu masih sedikit yang diketahui. Kadar kalsium tertinggi terdapat pada jaringan meristem dan daun-daun yang lebih muda. Kingston dan Aitken (2000) melaporkan bahwa defisiensi kalsium pada tanaman tebu pada tanah masam dapat mengakibatkan pengaruh buruk yang lebih parah daripada defisiensi unsur yang lain unsur hara yang lain.

Meskipun peranan Mg secara mendalam belum diketahui, namun peranan umum di dalam tubuh tanaman tebu dapat meliputi (a) pembentuk klorofil, seperti yang telah disebutkan di muka; (b) bersama dengan kalium mempertahankan pH di dalam kloroplast dan sitoplasma tetap berada sekitar 6,5 hing-

ga 7,5 dibandingkan dengan pH cairan vakuola yang jauh lebih rendah, yaitu antara 5,0–6,0; (c) proses fotosintesis yang mencakup pembentukan gula dan protein; (d) bertindak sebagai pembawa fosfor dari dalam tubuh tanaman (Kingston 2014). Laju penyerapan magnesium oleh tanaman tebu serupa dengan serapan terhadap kalsium, magnesium ditimbun di daun-daun hijau tebu muda. Jika tebu menjadi dewasa sebagian besar magnesium berada di batang dan daun kering. Jumlah magnesium yang ditimbun di daun-daun kering jauh lebih kecil daripada yang terjadi pada kalsium (Skilton *et al.* 2000).

Gejala defisiensi magnesium dalam beberapa hal mirip dengan defisiensi kalsium (Kingston dan Aitken 2000). Daun-daun yang muda berwarna hijau muda sedangkan daun yang lebih tua berwarna hijau kekuningan. Perubahan warna itu makin tegas jika kekahatan tersebut berlanjut. Pada daun-daun yang lebih tua terdapat bercak-bercak (noda) klorotik kecil yang kemudian berubah menjadi coklat tua. Jika jumlah bercak ini banyak dapat menyakutkan dan menjadikan daun tampak seperti berkarat.

Hara belerang merupakan bagian yang penting untuk pembentukan protein tertentu yang diperlukan sebagai penyusun protoplasma. Belerang juga merupakan unsur pokok asam-asam amino yang mengandung belerang seperti sistein dan metionin dan kemudian protein. Defisiensi belerang bisa terjadi di tanah-tanah tidak beririgasi yang mengalami pencucian yang hebat dan kandungan bahan organiknya rendah, serta tidak pernah mengalami pemupukan dengan pupuk yang mengandung belerang (Pawirosemadi 2011). Penggunaan amonium sulfat (ZA) yang meluas sebagai pupuk tanaman tebu, akan memberi cadangan belerang yang mencukupi bagi tanaman pada kondisi yang normal, tetapi penggunaan urea yang terus menerus dapat mengakibatkan terjadinya defisiensi belerang. Sulfur direkomendasikan pada per-tanaman tebu di Florida apabila pH tanah >6, dengan dosis 560 kg S/ha pada tanah lempung berpasir dan 340 kg S/ha pada tanah pasir (Rice *et al.* 2008).

Unsur mikro (Cu, Zn, Fe, B, Mn, Mo) diperlukan tanaman tebu dalam jumlah yang sangat sedikit (kurang dari 1%) dan belum banyak dilaporkan penurunan produksi tebu akibat kekurangan hara mikro di Indonesia (Pawirosemadi 2011). Gejala defisiensi hara mikro akan nampak pada tanah yang ekstra masam dengan nilai pH dibawah 4 (Kingston 2014).

Kebutuhan Pupuk pada Tanaman Tebu

Pemupukan N pada tebu

Pupuk nitrogen merupakan salah satu unsur makro esensial yang berperan sebagai bahan pembentuk protein, asam nukleik, klorofil dan senyawa organik lain (Sundara 1998). Sebagai pelengkap bagi peranannya dalam sintesa protein, nitrogen merupakan bagian tak terpisahkan dari molekul klorofil dan karenanya suatu pemberian N dalam jumlah cukup akan mengakibatkan pertumbuhan vegetatif yang vigor dan warna hijau segar (Hakim dan Djakusutam 2009).

Dosis pupuk N tergantung pada tingkat kesuburan tanah, kandungan bahan organik tanah, tekstur tanah, KTK, dan jumlah biomas tanaman yang dihasilkan. Kelebihan dan kekurangan nitrogen pada tebu menyebabkan gangguan pada pertumbuhan tanaman, produksi dan kualitasnya (Sime 2013). Efisiensi penyerapan nitrogen ditentukan juga oleh jumlah, frekuensi, cara, dan waktu pemupukan N (Achieng *et al.* 2013). Lebih lanjut dikemukakan bahwa analisa daun, analisa tanah dan percobaan pemupukan di lapangan merupakan dasar pembuatan rekomendasi pemupukan N yang terintegrasi pada pengelolaan tebu yang baik.

Pemberian pupuk nitrogen dalam bentuk urea, ZA masih diperlukan dalam jumlah yang cukup karena biomas yang dihasilkan tanaman tebu sangat banyak, setiap tahunnya tidak kurang dari 100 ton biomasa per ha yang dihasilkan tanaman dan tidak kembali ke tanah lagi (Otto *et al.* 2014).

Pemupukan nitrogen harus tepat untuk pengelolaan tanaman dan untuk mendapatkan hasil yang optimum diperlukan analisis N (Joris *et al.* 2014). Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi pemupukan N pada budidaya tebu masih relatif rendah, yaitu sekitar 30–35% (Fortes *et al.* 2013). Efisiensi pemupukan N rendah tersebut disebabkan karena sebagian hara N dari pupuk hilang melalui proses-proses penguapan, pencucian, imobilisasi, denitrifikasi, erosi, dan *runoff*.

Tingkat kekurangan N tanaman tebu sangat bervariasi tergantung pada kondisi tanah, dan perkembangan tanaman. Pada awal pertumbuhan tanaman tebu, kekurangan N dapat mengurangi jumlah anakan, dan jumlah batang pada *ratoon*, daun menguning, pendek dan sempit. Kekurangan N pada masa vegetatif dapat menyebabkan penurunan diameter batang dan jumlah batang produktif. Kekurangan N yang ringan dapat mengurangi laju fotosintesis, pengaruhnya sangat besar kalau terjadi pada awal pertumbuhan tanaman.

Pupuk Urea dan ZA telah lazim digunakan dalam budi daya tanaman tebu. Namun teknologi inovasi dalam aplikasi pupuk N ini masih sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensinya. Pupuk ammonium sulfat (ZA) juga mengandung sulfur. Pemakaian ZA terus menerus dapat mengasamkan tanah. Aplikasi pupuk ZA dengan dosis 4–6 ku/ha (beragam tergantung kondisi tanah) dapat menghasilkan hablur gula yang diharapkan.

Pupuk amida bersifat lambat tersedia, N dalam pupuk ini tidak langsung tersedia bagi tanaman tetapi harus melalui beberapa perubahan kimia dahulu. Hasil akhirnya dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Jenis pupuk ini berkadar N tinggi, misalnya urea=46%. Sifat urea yang mudah larut dalam air memungkinkan untuk dipakai sebagai pupuk daun.

Dengan bantuan mikroba tanah, nitrogen yang ada dalam pupuk dapat dikonversi menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Proses perubahannya banyak tergantung pada iklim dan kondisi tanahnya. Konversi berjalan cepat apabila kadar air, aerasi, temperatur dan pH nya sesuai.

Aplikasi pemupukan sebaiknya 3 sampai 4 kali yakni pada saat sebelum tanam (pupuk dasar), setelah perakaran tumbuh (1–2 bulan), pada masa pertumbuhan tunas (anakan, 3 bulan) dan masa pertumbuhan, namun minimal dua kali setahun. Semakin sering frekuensi aplikasi pupuk dengan dosis rendah, hasilnya akan semakin baik, terutama bagi jenis pupuk yang cepat larut dalam air seperti pupuk ZA dan urea (Teshome and Hagos 2015).

Semakin rendah kandungan bahan organik tanah, maka dosis pupuk nitrogen akan semakin besar. Dosis pupuk N ini juga tergantung pada frekuensi aplikasi, karena nitrogen bersifat sangat mudah berpindah, mudah tercuci dan menguap. Cara aplikasi menentukan efisiensi pemupukan nitrogen, misalnya disebar akan lebih boros dibanding dengan ditanam.

Kebutuhan Pupuk N

Kadarwati *et al.* (2014 dan 2015) melaksanakan pemupukan N tunggal di lahan kering pada empat jenis tanah yaitu entisols, alfisol, vertisol dan inceptisol (berpengairan) dengan lima taraf pemupukan antara 100–260 kg N/ha. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari ketiga jenis tanah pada tebu PC, rendemen tertinggi dicapai pada tanah entisol (tanah berpasir) berkisar antara 8,65 sampai 9,30 persen dengan pemupukan 140 kg N/ha. Pada tanah vertisol dosis pupuk N yang dipilih 180 kg N/ha setara 900 kg ZA/ha dengan produktivitas tebu 77,42 ton/ha dan rendemen 7,35%. Pada tanah entisol dosis N yang dipilih 180 kg N/ha setara dengan 900 kg ZA/ha dengan produktivitas tebu 93,04 ton/ha dan rendemen 8,72%, sedangkan untuk tanah al-

fisols dosis N 140 kg N/ha setara dengan 700 kg ZA/ha dengan produktivitas tebu 143 ton/ha dan rendemen 7,19 %. Pada tanah inseptisol, dosis N yang dipilih adalah 140 kg N/ha setara dengan 700 kg ZA/ha dengan produksi tebu 168,10 ton/ha. Hasil selengkapnya sampai dengan *ratoon* 1 (RC1) disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh Pemupukan N pada 4 jenis tanah pada tebu PC dan RC 1.

Pemupukan N		Tebu PC		Tebu Ratoon 1 (RC 1)	
No	Jenis Tanah	Dosis yang dipilih	Produksi tebu (ton/ha)	Dosis yang dipilih	Produksi tebu (ton/ha)
1.	Entisols	180 N	93,04	180–220 N	109,40–112,26
2.	Alfisols	140 N	143,00	180 N	125,17
3.	Vertisols	180 N	77,43	180 N	111,76
4.	Inseptisols	140 N	168,10	Analisis data	

Sumber: Kadarwati *et al.* (2014 dan 2015)

Pada tanah entisol, dosis N yang dipilih untuk tebu RC1 adalah 180–220 kg N/ha dengan produksi tebu 109.4–112,26 ton/ha. Pada tanah alfisol, dosis N yang dipilih untuk tebu RC1 adalah 180 kg N/ha dengan produksi tebu 127,17 ton/ha. Pada tanah vertisol, dosis N yang dipilih untuk tebu RC1 adalah 180 kg N/ha dengan produksi tebu 111.76 ton/ha. Hasil ini memberi gambaran bahwa kadar hara N dalam tanah di tempat percobaan tergolong rendah sampai sangat rendah sehingga pemupukan N berdosisi 180 kg N/ha sudah mampu memberikan hasil yang tinggi. P3GI merekomendasikan pada tanah berkadar N sangat rendah, diberikan pupuk N berdosisi 180–200 kg N/ha (Pawirosemadi, 2011). Hasil yang sama didapatkan oleh Nyandere *et al.* (2013) bahwa pada tanah ringan, pemberian N sampai dengan 120 kg N/ha yang diberikan dua kali pada tebu *ratoon* 1, secara signifikan meningkatkan hasil tebu pada varietas CO 421.

Tanah berat (vertisol) memberikan pertumbuhan tanaman tebu yang kecil-kecil, tinggi dan jumlah anakannya lebih banyak. Hal ini disebabkan karena energi yang dihasilkan lebih banyak digunakan untuk membentuk anakan daripada memperbesar batang, sedangkan pada tanah ringan seperti entisol lebih banyak digunakan untuk memperbesar batangnya. Pemupukan N dari 100 kg N/ha sampai dengan 260 kg N /ha tidak meningkatkan pertumbuhan ke atas maupun diameter tanaman dan jumlah anakan pada tiga jenis tanah. Pada tanah entisol (berpasir) dan alfisols, jumlah anakan lebih sedikit (antara 14,42–15.42 pada entisols dan Alfisols 14,98–16,09) daripada vertisol 18,34–20,02. Khan *et al.* (2005) melaporkan bahwa peningkatan dosis N pada tebu dari 150 menjadi 200 kg N/ha meningkatkan tinggi tanaman dari 132 menjadi 230 cm akan tetapi peningkatan dosis N setelah itu tidak nyata meningkatkan

tinggi tanaman. Koochekzadeh *et al.* (2009) mendapatkan dosis terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan tebu adalah 92 kg N/ha dengan pemberian 3 kali.

Pemupukan Fosfat Tanaman Tebu

Hara P sangat penting bagi tanaman tebu untuk pertumbuhan akar, pemanjangan batang, kualitas tebu dan hasil gula. Hara P membantu serapan N oleh tanaman, ketidakseimbangan N/P tanaman menyebabkan tanaman tebu mudah roboh dan mengganggu kualitas tebu. Efisiensi pupuk fosfat biasanya agak rendah, karena sebagian P-tersedia dalam pupuk setelah diaplikasikan ke tanah diikat oleh komponen tanah menjadi bentuk P-tidak tersedia. Kendala fiksasi fosfat oleh tanah dapat dicarikan solusinya dengan disarankan juga aplikasi fosfat melalui daun tebu. Pupuk fosfat sebagai pupuk daun dapat meningkatkan kadar P-tanaman. Tanaman mengandung duapuluh kali lebih banyak P kalau disemprot dengan $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ dibandingkan dengan aplikasi pupuk yang sama lewat tanah (Tsado *et al.* 2013).

Respon hasil tebu terhadap pemupukan P terjadi pada tanah-tanah latosol yang kaya oksida Fe dan Al. Tanah-tanah seperti ini mempunyai kemampuan sangat besar untuk mengikat P. Pupuk P dapat diaplikasikan pada tanaman tebu dengan dosis 175 kg P (400 kg P_2O_5) per hektar. Perbedaan hasil tebu ternyata berhubungan dengan perbedaan kadar P tanaman tebu dan reduksi kadar Al dalam tanaman. Pupuk superfosfat yang lambat-larut lebih meningkatkan hasil tebu dibandingkan dengan pupuk $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ yang sangat mudah larut (Matin *et al.* 1997).

Peningkatan kadar P tanaman belum menjamin bahwa P ditranslokasikan ke seluruh tanaman atau tambahan P tersebut digunakan dalam proses metabolisme. Bukti-bukti lain menunjukkan bahwa pada tanah-tanah yang mempunyai nilai P tinggi, status P-tanaman tebu belum tentu tinggi (Kings-ton 2014)

Produktivitas tebu dapat ditingkatkan dengan pemupukan P yang dikombinasikan dengan N, K, S dan Zn. Hara P membantu serapan N oleh tanaman, ketidakseimbangan N/P tanaman menyebabkan tanaman tebu mudah roboh dan mengganggu kualitas tebu. Aplikasi pupuk P dosis tinggi dalam strategi pemupukan yang berimbang dapat meningkatkan hasil tebu dan hasil gula. Perbaikan ketersediaan P-tanah dapat meningkatkan hasil tebu hingga 31% lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi kontrol. Pendekatan pemupukan P yang berimbang ternyata diperlukan untuk meningkatkan hasil tebu dan hasil gula. Aplikasi pupuk P dapat merangsang pertumbuhan akar tebu, merangsang tumbuhnya anakan, mempengaruhi pertumbuhan tebu yang da-

pat digiling, dan meningkatkan hasil tebu per hektar. Status ketersediaan P tanaman tebu sangat diperlukan untuk akumulasi simpanan gula dalam jaringan batang tebu. Sekitar 10–20% pupuk P yang diaplikasikan ke tanah dapat dimanfaatkan oleh tanaman tebu dalam satu musim tanam (Bokhtiar and Sakurari 2003). Efisiensi pupuk fosfat biasanya agak rendah, karena sebagian P-tersebut dalam pupuk setelah diaplikasikan ke tanah akan diikat oleh komponen tanah menjadi bentuk P-tidak tersedia.

Kebutuhan Pupuk Fosfat

Rekomendasi pupuk P didasarkan pada hasil analisis tanah, disesuaikan dengan kapasitas tanah untuk memfiksasi P. Pupuk P diaplikasikan dalam larikan (alur) untuk memenuhi kebutuhan P tanaman tebu pada ratoon pertama. Tujuan rekomendasi pemupukan P adalah meningkatkan kandungan P-tanah hingga mendekati 206 kg P₂O₅/ha, seperti tertera pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekomendasi pemupukan P berdasarkan kadar P-tanah

P-tanah	kg P ₂ O ₅ /ha	160	115	68	28
Dosis pupuk	kg P ₂ O ₅ /ha	46	92	137	183

Sumber: McCray *et al.* (2012)

Efek residual pupuk P pada hasil tebu dan kualitasnya ternyata cukup besar pada tanah cambisol dan vertisol. Kandungan P-tanah (residual) masih cukup tinggi, sehingga tebu tidak memerlukan pupuk P.

Hasil penelitian Kadarwati *et al.* (2014) memperlihatkan bahwa setiap jenis tanah memberikan respon yang berbeda terhadap produksi tebu yang dihasilkan. Pada tanah vertisol yang bertekstur berat, tanaman tumbuh tinggi dengan populasi yang banyak (jumlah anakan banyak), akan tetapi diameternya kecil sehingga bobot per meternya juga rendah. Keadaan ini menyebabkan produktivitas tebu yang bisa dicapai juga rendah dibandingkan dengan jenis tanah yang lain. Pada tanah entisol bertekstur ringan, tanaman yang tidak tinggi akan tetapi gemuk sehingga bobot per meter juga tinggi. Akan tetapi produktivitas yang dicapai tidak sejalan dengan diameter batang. Produktivitas lebih dipengaruhi oleh panjang batangnya.

Markley dan Refalo (2011) melaporkan bahwa peningkatan dosis P di Kenya hanya terlihat nyata pada dosis kontrol (0 P) dibandingkan dengan penambahan dosis pupuk P. Akan tetapi peningkatan dosis pupuk P dari 40 kg P₂O₅/ha menjadi 120 kg P₂O₅ tidak meningkatkan produksi tebu dengan ki-

saran produksi 56,6–71,5 ton/ha. Hasil yang sama didapat pada tanah vertisol dan entisol. McCray *et al.* (2013) melaporkan bahwa pada tanah histosol di Florida, pemupukan P pada tebu yang diberikan selama 2 musim hanya sampai dosis 33 kg P/ha dan ini bisa dipertahankan sampai musim ke 4.

Hasil penelitian Kadarwati *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pada tebu tanam tahun pertama (PC) dosis pupuk P berbeda pada setiap jenis tanah. Dosis pupuk P yang dipilih pada tanah vertisol 72 ke P_2O_5 , dengan produktivitas tebu 79,62 ton/ha dan rendemen 7,43 %; pada tanah entisol 108 P_2O_5 dengan produktivitas 87,45 ton/ha dan rendemen 8,47%; sedangkan pada alfisol 180 kg P_2O_5 dengan produktivitas tebu 143,33 ton/ha dan rendemen 8,07 %. Pada tebu ratoon 1 pada obyek yang sama didapatkan hasil seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Pengaruh pemupukan P pada 4 jenis tanah pada tebu PC dan RC 1.

Pemupukan P		Tebu PC		Tebu ratoon 1 (RC 1)	
No.	Jenis Tanah	Dosis yang dipilih	Produksi tebu (ton/ha)	Dosis yang dipilih	Produksi tebu (ton/ha)
1.	Entisols	108 P_2O_5	87,45	108 P_2O_5	101,07
2.	Alfisols	144 P_2O_5	142,33	72 P_2O_5	128,42
3.	Vertisols	72 P_2O_5	79,62	108 P_2O_5	107,11
4.	Inseptisols	45 P_2O_5	173,25	-	-

Sumber: Kadarwati *et al.* (2014), (2015)

Pada tanah inseptisol, dosis pupuk P yang dipilih sampel tebu *ratoon* adalah 45 kg P_2O_5 dengan produksi 173,25 ton/ha. Pada tanah entisol, dipilih 108 kg P_2O_5 dengan produksi tebu 87,45 ton/ha. Pada tanah alfisol dipilih 108 kg P_2O_5 dengan produksi 128,42 ton/ha. Pada tanah vertisol 108 kg P_2O_5 dengan produksi 107,11 ton/ha. Hasil yang sama didapatkan oleh Tsado *et al.* (2013) bahwa peningkatan pemupukan superfosfat dari 50 kg/ha menjadi 150 kg/ha tidak berpengaruh terhadap jumlah anakan, tetapi terjadi peningkatan sebesar 30 persen dibandingkan kontrol (tanpa pupuk P).

Pemupukan K pada Tanaman Tebu

Respon tebu terhadap pemupukan kalium sangat tergantung pada ketersediaan kalium dalam tanah. Tanaman tebu mempunyai kemampuan yang kuat untuk menyerap kalium dari dalam tanah.

Pengaruh pemupukan kalium terhadap tinggi tanaman, jumlah batang dan hasil tanaman tebu sangat beragam oleh (Donaldson *et al.* 1990). Dosis pupuk K yang optimal juga beragam tergantung kondisi tanah dan iklim. Waktu aplikasi pupuk K juga berpengaruh terhadap hasil dan status hara tanaman tebu. Penundaan pemupukan K seluruh atau separuh dosis pupuk re-

komendasi 150 kg K/ha hingga periode puncak pertumbuhan tanaman tebu tidak berpengaruh terhadap hasil dan status hara K tanaman tebu.

Di daerah-daerah dengan curah hujan kurang dari 2000 mm per tahun (di Mauritius), kebutuhan K tebu hingga *ratoon* ke enam dapat dipenuhi dengan sekali aplikasi pupuk K pada saat tanam benih. Akan tetapi di daerah dengan curah hujan lebih dari 2000 mm per tahun, aplikasi pupuk K setiap tahun memberikan hasil lebih baik (Wood dan Schroede, 2004). Peningkatan hasil tebu dan gula akibat pemupukan K terjadi kalau tanahnya miskin kalium ($<0,30 \text{ cmol kg}^{-1}$ ekstrak $0,1\text{M H}_2\text{SO}_4$), sedangkan respon hasil tebu tidak nyata pada tanah yang kaya kalium ($> 0,60 \text{ cmol kg}^{-1}$ soil) seperti dihasilkan oleh Kingston *et al.* (2009). Demikian juga respon tanaman tebu terhadap pupuk kalium tidak nyata kalau tanah mengandung lebih dari $0,23 \text{ cmol K-tukar}$ per satu kg tanah. Pemupukan kalium tidak direkomendasikan pada tanaman tebu dan *ratoon*-nya kalau tanahnya mengandung K-tukar melebihi $0,70 \text{ cmol kg}^{-1}$ (Medina *et al.* 2013)

Peningkatan hasil tebu akibat pemupukan kalium, ada kalanya diikuti oleh peningkatan rendemen, dan ada kalanya tidak diikuti oleh peningkatan rendemen. Penyerapan kalium oleh tanaman tebu yang berlebihan dari dalam tanah dapat mereduksi pembentukan sukrosa selama proses penggilingan tebu. Kalium cenderung meningkatkan kelarutan sukrosa selama proses pengolahan gula, sehingga mempertahankan jumlah tertentu sukrosa dalam larutan, satu K^+ mengikat satu molekul sukrosa. Penelitian Wood (1990) di Afrika Selatan mencatat adanya reduksi konsentrasi sukrosa tanaman tebu setelah aplikasi pupuk kalium 183 kg K/ha. Sedangkan penelitian Chapman (1980) di Australia menunjukkan bahwa pemupukan kalium 196 kg K/ha sedikit menurunkan kadar sukrosa tanaman tebu dibandingkan dengan tanaman kontrol tanpa pupuk K. Hasil penelitian Korndorfer (1998) di Brazil menunjukkan pemupukan kalium dapat meningkatkan hasil tebu dari 98 menjadi 127 ton/ha, tetapi menurunkan rendemen dari 15,0 menjadi 13,1%.

Tanaman tebu tergolong pengkonsumsi paling banyak K. Kelebihan kalium pada tanaman tebu dapat mengganggu proses pengolahan gula. Kebutuhan K tanaman tebu dapat mencapai 800 kg/ha dan ada kecenderungan perilaku tanaman tebu mengkonsumsi K berlebihan. Menurut Humbert (1971), setiap 100 ton tebu menyerap sekitar 500 kg K_2O /ha. Peningkatan respon tanaman diikuti oleh kadar K-tanaman hingga optimum dan konsumsi berlebihan, bahkan tingkat toksik. Dosis pupuk K harus ditetapkan untuk mencapai kondisi K-tanaman yang optimum.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian di atas, K mempunyai peranan sangat penting bagi tanaman tebu, tetapi serapan K yang berlebihan dapat mengu-

rangi hasil gula. Dengan demikian penentuan rekomendasi dosis pupuk kalium seharusnya bersifat spesifik lokasi, sangat tergantung pada ketersediaan kalium dalam tanah, dan perimbangannya dengan unsur N dan P.

Tebu membutuhkan K dalam jumlah yang paling tinggi dibanding unsur-unsur yang lain. Kelebihan K dalam jaringan tanaman tebu dapat mengganggu dalam proses pengolahan gula karena pembentukan kerak di panci (Hunsigi 2011). Lebih lanjut dikemukakan bahwa kebutuhan K tanaman dapat melebihi 800 kg/ha. Nilai agronomi K terletak pada peningkatan produktivitas tebu, diameter dan bobot tebu, ketahanan kekeringan dan ketahanan terhadap penyakit, serta mengurangi bahaya roboh. Peranan dalam tanaman yang sedemikian rupa, K sangat esensial untuk mewujudkan produktivitas dan kualitas (rendemen) tebu yang tinggi dan respon tebu terhadap pemupukan K terlihat nyata daripada respon terhadap pemupukan N maupun P.

Sumber K tidak berpengaruh terhadap produktivitas tebu. Aplikasi basal tunggal diperlukan dan respon K berkisar 0,01–0,352 ton/ha pada PC dan 0,06–0,117 ton/ha per kg K pada RC, masing-masing pada dosis optimal. Beberapa larutan pengekstrak asam encer hingga alkali telah diuji tetapi 1 N H₂SO₄ atau 1M BaCl₂ memberikan prediksi yang lebih baik karena menghilangkan sebagian K non-tukar. K tersedia dalam tanaman dikenal sebagai STEP-K. Akhir-akhir ini, analisis data 100 tahun dari Rothamsted, Inggris, telah melaporkan hubungan yang kuat dengan K tukar dan keseimbangan K (Perez dan Melgar 2000; Asraf *et al.* 2008).

Hasil penelitian Khan *et al.* (2005) di Pakistan menyimpulkan bahwa untuk menghasilkan tebu 100 ton/ha, tanaman tebu memerlukan 208 kg N; 53 kg P; 280 kg K; 30 kg S; 3,4 kg Fe; 1,2 kg Mn; 0,6 Cu dari dalam tanah. Tanah harus menyediakan unsur-unsur tersebut untuk mendukung produktivitas tebu. Penambahan unsur mikro Fe, Mn dan Cu bisa dalam bentuk sulfat dengan cara disemprot lewat daun. Rekomendasi pemupukan N, P, K untuk tebu berbeda dari daerah satu dengan lainnya tergantung kesuburan tanahnya dengan kisaran pupuk N antara 70–400 kg/ha; fosfat 27–74 kg/ha dan kalium 25–141 kg/ha.

Rilner Aves *et al.* (2014) mengemukakan bahwa pemupukan K pada tebu RC1 masih bisa mendorong produksi tebu sampai 30% dari produksi PC dan peningkatan produksi tebu berbeda setiap jenis tanah. Pada RC2 produksi tebu sudah mulai menurun meskipun dilakukan pemupukan K pada tanah Oxisol.

Di Andhra Pradesh, India, umur optimum untuk tebu bisa dipanen adalah 12,96 bulan setelah tanam dan dosis pupuk K yang optimal adalah 119,7 kg/ha dengan produktivitas tebu 1.106,87 ku/ha. Di Bihar, umur optimum un-

tuk tebu bisa dipanen adalah 11,04 bulan setelah tanam dan dosis pupuk K yang optimal adalah 175,89 kg/ha dengan produktivitas tebu 1407,90 ku/ha. Di Kanartaka, umur optimum untuk tebu bisa dipanen adalah 16 bulan setelah tanam dan dosis pupuk K yang optimal adalah 151,9 kg/ha dengan produktivitas tebu 1.666,83 ku/ha. Di Uttar Pradesh, umur optimum untuk tebu bisa dipanen adalah 14 bulan setelah tanam dan dosis pupuk K yang optimal adalah 177,5 kg/ha dengan produktivitas tebu 692,45 ku/ha (Rajendra *et al.* 2007).

Chudhry dan Ahmed (2000) melaporkan bahwa pemupukan K pada tebu di Pakistan tidak berpengaruh terhadap komponen pertumbuhan tebu (jumlah batang per meter juring, panjang batang tebu, diameter batang, jumlah ruas dan bobot batang per meter. Demikian juga terhadap kadar sukrosa pada tebu. Hasil tebu tertinggi 1.000,83 ton per hektar diperoleh dengan pemupukan 180 kg K₂O/ha.

Kebutuhan Pupuk K

Hasil penelitian Kadarwati *et al.* (2014) menunjukkan bahwa dosis pupuk K pada vertisol 60 K₂O dengan produktivitas tebu 71,14 ton/ha dan rendemen 7,29 %. Pada entisols 180 K₂O setara 500 kg KCl/ha dengan produktivitas tebu 91,01 ton/ha dan rendemen 8,54 % sedangkan pada alfisol 120 K₂O dengan produktivitas tebu 129,67 ton/ha dan rendemen 7,88%. Penelitian lanjutan pada obyek yang sama pada tebu ratoon 1 didapatkan hasil seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Pengaruh pemupukan P pada 4 jenis tanah pada tebu tanam awal (PC) dan tebu *ratoon* 1 (RC 1).

No.	Jenis tanah	Pertanaman tebu PC		Pertanaman tebu RC1	
		Dosis pupuk dipilih	Produksi tebu (ton/ha)	Dosis pupuk dipilih	Produksi tebu (ton/ha)
Pemupukan K					
1.	Entisols	180 K ₂ O	91,01	90 K ₂ O	101,85
2.	Alfisols	120 K ₂ O	129,67	120 K ₂ O	133,42
3.	Vertisols	60 K ₂ O	71,14	120 K ₂ O	105,32
4.	Inseptisols	120 K ₂ O	178,30	180 K ₂ O	165,82

Pada tanah inseptisol, dosis pupuk K yang dipilih adalah 120 K₂O dengan produksi tebu 178,20 ton/ha. Pada tanah entisol, dosis pupuk K yang dipilih adalah 120 K₂O dengan produksi tebu 101,85 ton/ha. Pada tanah alfisol, dosis pupuk K yang dipilih adalah 120 K₂O dengan produksi tebu 133,42

ton/ha. Pada tanah vertisol, dosis pupuk K yang dipilih adalah 120 K₂O dengan produksi tebu 105,52 ton/ha.

Rekomendasi Pemupukan Pada Tebu

Dari Hasil penelitian pemupukan pada empat jenis tanah (entisol, alfisol, vertisol, dan inseptisol) selama dua tahun berturut-turut (pada tebu tanam pertama dan tebu raton) dapat disusun rekomendasi pemupukan tebu. Jenis tanah entisol rekomendasinya 180–220 kg N + 108 kg P₂O₅ + 90–180 kg K₂O per hektar (Tabel 11).

Tabel 12. Rekomendasi pemupukan N, P, dan K tanaman tebu pada empat jenis tanah

No.	Jenis Tanah	Rekomendasi pemupukan		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	Entisols	180–220	108	90–180
2.	Alfisols	140–180	72–144	120
3.	Vertisols	180	72–108	60–120
4.	Inseptisols	140–180	45–90	120–180

Penutup

Persyaratan tanah untuk tanaman tebu pada topografi dengan ketinggian kurang dari 500 mdpl dengan curah hujan 1.000–1.300 mm per tahun. Tekstur tanah dapat menjamin kecukupan air yang optimal yaitu lempung berpasir dan lempung liat, dengan solum tanah >60 cm. Derajat keasaman (pH) tanah yang paling sesuai untuk pertumbuhan tebu berkisar antara 5,5–7,0. Tanaman tebu sangat tidak menghendaki tanah dengan kandungan Cl tinggi. Peta tipologi lahan dapat digunakan dasar untuk menentukan tipe kemasakan varietas yang akan ditanam agar diperoleh produksi yang optimal selama musim giling.

Nitrogen merupakan salah satu dari unsur utama yang sangat diperlukan oleh tanaman tebu untuk pertumbuhan vegetatif (tunas, batang dan daun) serta meningkatkan hasil dan kualitasnya. Defisiensi nitrogen dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat seperti pertumbuhan batang dan daun mengecil. Gejalanya terlihat dari warna daun yang pucat kekuningan, ruas batang lebih pendek, diameter batang makin kecil, pertumbuhan akar terganggu sampai menjadi nekrotik apabila defisiensi berkelanjutan. Namun kelebihan nitrogen dapat menyebabkan keracunan, memperpanjang pertumbuhan vege-

tatif, memperlambat kemasakan, mengurangikadar gula, mudah roboh dan lebih peka terhadap hama dan penyakit. Untuk meningkatkan efisiensi penyerapan nitrogen, perlu diperhatikan dosis, frekuensi, cara dan waktu aplikasi pupuk N.

Ketersediaan P-tanah dan aplikasi pupuk P sangat memperbaiki pertumbuhan tebu, hasil tebu dan kualitas rendemennya. Indeks luas daun tanaman tebu dan produksi bahan kering meningkat pada aplikasi pupuk P dosis tinggi. Distribusi pertumbuhan akar tanaman tebu kearah vertikal dan horizontal juga berhubungan erat dengan ketersediaan P-tanah. Aplikasi pupuk P dosis tinggi dalam strategi pemupukan berimbang sangat meningkatkan hasil tebu dan hasil gula. Perbaikan ketersediaan P-tanah, dapat meningkatkan hasil tebu hingga 31% dibandingkan dengan kondisi kontrol.

Pemberian kalium melalui pemupukan pada tanaman tebu sering dilakukan. Pada kondisi kadar K tanah sangat tinggi tidak perlu lagi diberikan pupuk K, karena K tersedia dalam tanah dalam bentuk K dapat ditukarkan sangat efektif diserap oleh akar. K dibutuhkan banyak pada fase pemanjangan batang, maka pemberian pupuk K dapat dilakukan pada saat bersamaan tanam (dikarenakan K tidak mudah hilang tercuci) atau pada saat tanaman tebu berumur 1–2 bulan. Peningkatan hasil tebu akibat pemupukan kalium, ada kalanya diikuti oleh peningkatan rendemen, dan ada kalanya tidak diikuti oleh peningkatan rendemen. Penyerapan kalium oleh tanaman tebu yang berlebihan dari dalam tanah dapat mereduksi pembentukan sukrosa selama proses penggilingan tebu.

Daftar Pustaka

- Achieng, G., S. Nyandere, P. Owuor, G. Abayoand, C. Omondi. 2013. "Effects of rate and split application of nitrogen fertilizer on yield of two sugarcane varieties from ratoon crop". *Greener Journal of Agricultural Sciences*. Kenya, 3(3): 235–239.
- Ahmed, K., A. Khatri, G. Nizamani, M. Siddiqui, S. Raza, N. Dahar. 2005. "Effect of NPK fertilizers on the growth of sugarcane clone AEC86-347 developed at Nia, Tando Jam, Pakistan". *Pak. J. Bot*, 37(2): 355–360.
- Almeida, J.D. Hilario, F.J. Cruz, A. Marcio, R.A. Flores, R.D.L. Vasconcelos. 2015. "Decreased potassium fertilization in sugarcane ratoons grown under straw in different soils". *UNESP*, 9(7):596–604.
- Amaliotis, D., Therios, I., Karatissiou, M. 2004. "Effect of Nitrogen Fertilization on Growth, Leaf Nutrient Concentration and Photosynthesis in Three Sugarcone Cultivars". *ISHS. Acta*, 449: 36–42.
- Anderson, D.L. and J.E. Bowen. 1990. *Sugarcane Nutrition*. Atlanta: Potash and Phosphate Institute, 39p.
- Arifin, B. 2008. "Ekonomi Swasembada Gula Indonesia". *Economic Review*. September.

- Ashraf, M.Y., Faqir H., Javed, Akhter, Attiya, G., Marcuss R., George E. 2008. "Effect of different sources and rates of nitrogen and supra optimal level of potassium fertilization on growth, yield and nutrient uptake by sugar cane grown under saline conditions". *Agricultural Advisory Departements*, 40(4):1521–1531.
- Bokhtiar, S. M. and K. Sakuari. 2003. "Sugarcane response to soil phosphorus (Bangladesh)". *Better Crops International*, 17(1):20–25.
- Buckman, H.O. and Brady, N.C. 1982. *Ilmu Tanah*. Terjemahan Prof. Dr. Sorgiman. Jakarta: Bhatara Karya Aksara.
- Chapman, L.S. 1980. "Long term responses in cane yields and soil analyses from potassium fertilizer". *Proceedings of the 1980 Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*: 63–68.
- Chudhry, A. U. and A. Ahmed. 2000. "Determination of optimum level of potash and its effect on yield and quality of sugarcane". *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3(7):152–1153.
- Djaenudin. D., H. Marwan, Hidayat, A. 2011. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.
- Donaldson, R. A., Meyer, J. H. and Wood, R. A. 1990. "Response to potassium by sugarcane grown on base saturated clay soils in the Eastern Transvaal lowland". *Proceedings of the Annual Congress of South African Sugar Technologists Association*, 64:17–21.
- Flores, A. Rilner., D M. Renato, J A. Hilario, A P. Marcio, R M. Leandro and L R D S. Carlos. 2014. "Potassium nutrition in sugarcane ratoons grown in Oxisols by a conservationist system". *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, 14(7):652–659.
- Fortes, C. Vitti, A. Otto, R. Ferreira, D. Franco, H. Trivelin, P. 2013. "Contribution of nitrogen from sugarcane harvest residues and urea for crop nutrition". *Sci. Agric*, Vol 70, p. 313–320.
- Franco, H. Trivelin, P. Otto, R. Vitti, A. Oliveira, E. 2010. *Utilization by Plant Cane, and First and Second Ratoon Crops of Nitrogen Fertiliser Applied at Planting*, p. 287–290.
- Gava, G. Trivelin, P. Vitti, A. Oliveira, M. 2008. "Urea and sugarcane straw nitrogen balance in a soil-sugarcane crop system". *Beasilia.Pesq.Agropec*, 40:689–695.
- Ghaffar, M. A., Farrukh S., Asghar A., Azza Muhammad R. 2010. "Effect of K₂O levels and its application time on growth and yield of sugarcane". *Sugarcane Research Institute*, 48(3):315–325.
- Glendenning, J.S. 1999. "Potassium". *Australian Soil Fertility Manual*. Eds: J.S. Glendenning. Australia: Fertilizer Industry Federation of Australia Inc. & CSIRO, p.41–47.
- Hakim. M. dan S. Djakasutami. 2009. "Pemupukan nitrogen pada tanaman tebu untuk mencapai hasil maksimum". Artikel Tebu (Kumpulan Artikel Dari Universitas Padjajaran Bandung. Diakses pada tanggal 18 Agustus 2016. <https://www.scribd.com/>
- Hakim, M dan M. Arifin. 2011. *Beberapa Cara Perbaikan Tanam pada Tanaman Tebu Ratoon*. Bandung: Fak. Pertanian Universitas Padjadjaran.
- Halliday, D.J. & M.E. Trenkel. 1992. *World Fertilizer Use Manual*. Paris: International Fertilizer Industry Association.
- Harjanti, R., Tohari, S. Utami. 2004. "Pengaruh takaran pupuk nitrogen dan silika terhadap pertumbuhan awal (*Saccharum officinarum* L.) pada inceptisol". *Vegetalika*, 3(2): 35–44.

- Hidayat dan Mulyani. 2002. *Lahan Kering untuk Pertanian, dalam Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Humbert, R.P. (1971). "The nutrition of sugarcane". *Sugarland*, (4): 21–28.
- Hunsigi, G. 1993. *Production of Sugarcane, Theory and Practice*. Berlin: Springer-Verlag.
- Hunsigi, G. 2011. "Potassium management strategies to realize high yield and quality of sugarcane". *Karnataka J. Agric. Sci.*, 24(1):45–47.
- Indrawanto, C., P. Siswanto, M. Syakir dan W. Rumini. 2010. *Budi Daya dan Pascapanen Tebu*. Jakarta: Eska Media. p. 4–5.
- Ismail, S., N. Khasim, and R.J.R. Omar. 2009. "Double-row avenue system for crop integration with oil palm". MPOB Information Series No. 424.
- Joris, H., T. Souza, Z. Montezano, V. Vargas, H. Cantarella. 2014. "Evaluating nitrogen behavior in sugarcane after fertilization using leaf and sap extract analyzes". *American Journal of Plant Sciences*, 5:2655–2664.
- Kadarwati F.T., P.D. Riajaya, Djumali. 2013. "Sebaran tipologi lahan dan kesesuaiannya dengan tipe kemasakan varietas tebu". *Laporan Hasil Penelitian Anggaran APBN 2013*. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.
- Kadarwati F.T., S. Hidayati, S., M. Romli dan Mastur. 2014. "Penetapan dosis pupuk berbasis analisis tanah di beberapa lokasi pengembangan tebu (tebu PC)". *Laporan Hasil Penelitian Anggaran APBN 2014*. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.
- Kadarwati F.T., S. Hidayati, S., M. Romli dan Mastur. 2015. "Penetapan dosis pupuk berbasis Analisis tanah di beberapa lokasi pengembangan tebu (Tebu Ratoon/RC1)". *Laporan Hasil Penelitian Anggaran APBN 2014*. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.
- Kalsim DK dan Sapei A. 2003. *Fisika Lengas Tanah*. Bogor: Jurusan Teknik Pertanian, Fateta IPB.
- Khan, I. Khatri, A. Nizamani, G. Siddiqui, M. Raza, S. Dahar, N. 2005. "Effect of NPK fertilizers on the growth of sugarcane clone AEC86-347 developed at NIA, Tando Jam, Pakistan". *Pak. J. Bot.*, 37(2): 355–360.
- Kingston, G. and R. L. Aitken. 2000. Factors affecting the residual value of lime. In: *Activity Papers 1995–2000: A Synopsis of Research & Development Activities*, Cooperative Research Centre for Sustainable Sugar Production, Occasional Publication, Townsville, Australia. pp. 153–159
- Kingston, G. & M.C. Anink. 2008. Acquisition of nitrogen. by ratoon crops of sugarcane as influenced by waterlogging and split applications. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*, 30, 202–211.
- Kingston, G., M.C. Anink, B.M.Clift and R. Beattie. 2009. "Potassium management for sugarcane on base saturated soils in northern New South Wales". *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*, 31:186–194.
- Kingston, G. 2014. "Mineral Nutrition of Sugarcane". *Sugarcane: Biochemistry, and Functional Biology*. Edts. Paul H. Moore and Frederick C. Botha. John Wiley & Sons, Inc. p. 85–120.
- Koochekzadeh, A., G. Fathi, M.H. Gharineh, S.A. Siadat, S. Jafari, Alami-Saeid, Kh. 2009. "Impacts of rate and split application of N fertilizer on sugarcane quality". *International Journal of Agricultural Research*. 4(3):116–123.
- Korndorfer, G.H., Colombo, C.A., and Rodrigues, L.L. 1998. "Effect of thermo-phosphate as a silicon source for sugarcane". *Inter-American Sugar Cane Seminar 1998*.

- Khuhro S., Muneer A., M. Ramzan., Mustajab A.K. dan Shahmir A.K. 2014. "Assessing potassium nutrition status of sugarcane through soil and plant analysis". *Faculty of Crop Production*, 4:53–60.
- Rajendra, K., Sharma S.C., Singh N.P. 2007. "Study of the optimum time of harvesting and dose of potash for maximum sugarcane yield by using response surface methodology". *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*, BVAAP, 15(2):172–175.
- Matin. A. Md, Kazuhiro Oya, Toshiya Shinjo, and Tsuyoshi Horiguchi. 1997. "Phosphorus nutrition of sugarcane: growth, yield and quality of sugarcane as affected by soil phosphorus levels". *Jpn. J. Trop. Agr*, 41(2):52–59.
- Markley J. and B. Refalo. 2011. "Reducing the environmental impact and optimizing nutrient requirements for mill mud applications in cane farming operations". *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*, 11 pp.
- McCray J.M. dan Mylavarapu, R. 2008. "Sugarcane nutrient management using leaf analysis". *Sugarcane Handbook*, University of Florida. EDIS Publication #SS-AGR-335p. Diakses 12 September 2016. <http://edis.ifas.ufl.edu/sco38>.
- McCray, J.M., R.W. Rice, Y.Luo, and S.Ji. 2012. "Phosphorus fertilizer calibration for sugarcane on everglades histosols". *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 43:2691–2707.
- McCray J. M., Ronald W. Rice, Yigang Luo and Shangning J^a. 2013. Sugarcane Response to Phosphorus Fertilizer on Everglades Histosols. Univ. of Florida, EREC, 3200 E. Palm Beach Rd., Belle Glade, FL 33430, Univ. of Florida/Palm Beach County Extension Service, 2976 State Rd. 15, Belle Glade, FL 33430
- Medina, N.H., M.L.Branco, M.A.Silveira dan R.B.Santos. 2013. "Dynamic distribution of potassium in sugarcane". *Journal of Environmental Radioactivity*. 126C:172–175.
- Mengel, K. and E.A Kirkby. 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institut. Switzerland.
- Muchovej, R.M. and Newman P.R. 2004. "Nitrogen fertilization of sugarcane on a sandy soil: i. yield and leaf nutrient composition". *Journal American Society Sugarcane Technologists*. 24:210–224.
- Mulyadi, M., Aris Toharisman dan Mirzawan, PDN. 2008. *Identifikasi Potensi Lahan Untuk Mendukung Pengembangan Agribisnis Tebu di Wilayah Timur Indonesia*. Pasuruan: P3GI. www.sugarresearch.orgv (Potensi Lahan Tebu Indonesia Timur -P3GI, 2009).
- Mulyadi, M., Aris Toharisman dan Mirzawan, PDN. 2009. *Identifikasi Potensi Lahan untuk Mendukung Pengembangan Agribisnis Tebu di Wilayah Timur Indonesia*. 9p
- Nyandere A.G., S. Owuor, P. Abayoand, G. Omondi, C. 2013. "Effects of rate and split application of nitrogen fertilizer on yield of two sugarcane varieties from ratoon crop". *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3(3):235–239.
- Nuryanti, Sri. 2007. "Usahatani Tebu Pada Lahan Sawah dan Tegalan di Yogyakarta dan Jawa Tengah". Skripsi. Diakses tanggal 18 Juli 2016.
- Otto, R. Franco, H. Faroni, C. Vitti, A. Oliveira, E. Sermarini, R. Trivelin, P. 2014. "The role of nitrogen fertilizers in sugarcane root biomass under field conditions". *Agricultural Science*, p. 1527–1538.
- Pawirosemadi, M. 2011. *Dasar-dasar Teknologi Budi daya Tebu dan Pengolahan Hasilnya*. Malang: UM Press, 811p.
- Perez, Ovidio and Mario Melgar. 2000. "Sugar cane response to potassium fertilization on andisol, entisol, and mollisol soils of Guatemala". *Better Crops International*, 14(1).

- Pramono, D. 1995. *Sugarcane white grub in Indonesia*. Paper contributed for crop compedium. London: C.A.B International, 21 pp.
- PT. Perkebunan Nusantara X. 2012. *Strategi PT Perkebunan Nusantara X dalam Meningkatkan Rendemen dan Produktivitas Tebu*. Makalah disampaikan pada Semiloka Tanaman Pemanis, Serat, Tembakau, dan Minyak Industri. Malang: Balittas, 10 Oktober 2012.
- Ramadhan, I.C., Taryono, dan R. Wulandari. 2014. "Keragaan pertumbuhan dan rendemen lima klon tebu (*Saccharum officinarum* L.) di ultisol, vertisol, dan inceptisol". *Vegetalika* 3(4):77–87
- Ricardo de L. Vasconcelos, Renato de M. Prado Cid N. S. Campos Gustavo Caione, Hilário J. de Almeida Leandro R. Moda, Fernando T. Mello, Claudia C. Dela Marta. 2015. "Sources of phosphorus with sugar cane filter cake on the nutritional status and productivity of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivated in red-yellow latosol". *Australian Journal of Crop Science*, 8(11):1467–1474.
- Rice, R.W., R.A. Gilbert, and J.M. McCray. (2008). "Nutritional Requirements for Florida Sugarcane". Sugarcane Handbook, University of Florida. EDIS Publication #SS-AGR-228. Diakses pada tanggal 21 November 2016. <http://edis.ifas.ufl.edu/sc>.
- Rilner Alves F., dkk. 2014. *Pottasium Nutrition in Sugarcane ratoons Grown in Oxisols by a Conservationist System*,. Vol. 14 (7):652-659. Brazil. American-Eurasian J. Agric. & Environ.Sci.
- Robinson, N., A. Fletcher, A. Whan, C. Critchley, N. Von Wiren, P. Lakshmanan and S. Schmidt. 2007. "Sugarcane genotypes differ in internal nitrogen use efficiency". *Func. Plant Biol.* 34: 1122–1129.
- Santo, L.T., M.H. Nakahata, G. P., Ito. 2000. "Calcium and liming trials from 1994 to 1998 at HC&S". *Technical Supplement to Agronomy Report 83*, Honolulu: Hawaii Agricultural Research Center, 20 p.
- Sime, M. 2013. Effect of Different Nitrogen Rates and Time of Application in Improving Yield and Quality of Seed Cane of Sugarcane (*Saccharum spp.* L.) Variety B41/227. *International Journal of Scientific and Research*, 3(1): 1–7.
- Sugiyarta, E., Mirzawan P.D.N., Lamadji dan H. Budhisantoso. 2000. "Konsep Penataan Varietas Unggul di Wilayah Pabrik Gula". Pasuruan: Prosiding Pertemuan Teknis, 6p.
- Skilton, J.A., G. Kingston, and R.L. Aitken. 2000. Magnesic-sodic groundwater—what are the impacts on the soil resource? In: *Soil 2000: New Horizons for a New Century* (eds J.A. Adams & A.K. Metherell), Vol. 2: Oral Papers, pp. 273–274. Australian and New Zealand Joint Soils Conference, Lincoln University (3–8 December 2000), New Zealand Society of Soil Science.
- Sugiyarta, E. 2012. "Revitalisasi *on farm* berbasis penataan varietas pada budi daya tanaman tebu". Makalah disampaikan pada Pertemuan Teknis: Berbagi Pengalaman dalam Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi untuk Kemajuan Industri Gula Nasional. Pasuruan: Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, 18p.
- Suhadi, Sumojo, dan Marsadi. 1998. "Beberapa masalah pada tanah di perkebunan tebu lahan kering di luar Jawa". *Seminar Budi daya Tebu Lahan Kering*. Pasuruan: P3GI, 18p.
- Sundara, B. 1998. *Sugarcane Cultivation*. First Edition. New Delhi:Vikas Publishing House Pvt Ltd, 86p.
- Sys, C., E. Van Ranst, J. Debaveye, and F. Beenaert. 1993. "Land Evaluation, part III, Crop Requirements". *Agricultural Publications No. 7*. Brussels, Belgium: General Administration for Development Cooperations, 199p.

- Teshome, Z. Abejehu, G. Hagos, H. 2014. "Effect of nitrogen and compost on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) at Metahara Sugarcane Plantation". *Adv Crop Sci Tech*, 2:153–156.
- Teshome, Z. Fantaye and A. Hagos, H. 2014. "Effect of Nitrogen and Phosphorus on Yield Components, Yield and Sugarcane Juice Quality parameters of Soybean-Sugarcane Intercropping at Tendaho Sugar Factory". *Biochem Physiol*, 4:151–155.
- Toharisman, A., Suhadi, dan M. Mulyadi. 1991. *Pemakaian Blotong untuk Meningkatkan Kualitas Tebu di Lahan Kering. Pertemuan Teknis TT I/1991*. Pasuruan: P3GI, 9p.
- Trautmann, N.M., K.S. Porter, and R.J. Wagenet. 2007. *Nitrogen*: New York: The Essential Element. 67p.
- Tsado P.A., B. A. Lawal, C.A. Igwe, M.K.A. Adeboye, A.J. Odofin, A.A. Adekambi. 2013. *Effects of Sources and Levels of Phosphorus on Yield And Quality of Sugarcane in Southern Guinea Savanna Zone of Nigeria*. Minna, Nigeria: Department of Soil Science, Federal University of Technology, PMB 65, p:25–27.
- Vieira, M. Trivelin, P. Franco, H. Otto, R. Faroni, C. 2010. "Ammonium chloride as nitrogen source in sugarcane harvested without burning". *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1165–1174.
- Wood, R.A. 1990. "The roles of nitrogen, phosphorus and potassium in the production of sugarcane in South Africa". *Fertilizer Research*, 26:87–98.
- Wood, A.W., B.L. Schroeder., and R.L. Stewart. 2003. "Soil specific management guidelines for sugarcane production". *Soil Reference Booklet for the Herbert District, Technical Publication*. Townsville: Cooperative Research Center for Sustainable Sugar Production, 92 p.
- Wood, A.W. and B.L. Schroeder. 2004. *Pottasium: A critical role in Sugarcane production, Particularly in drought conditions*, Vol. 26. Bundaberg: BSES Limited.

PENGATURAN TATA TANAM TEBU UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN HASIL HABLUR

Djumali, Sri Mulyaningsih, dan Lestari

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: djumali_62@yahoo.com

Ringkasan

Pengembangan tebu menggunakan tata tanam juring tunggal dengan jarak antar juring (PKP = pusat ke pusat) yang bervariasi. Penggunaan PKP yang sesuai dengan kondisi lahan, manajemen nutrisi dan varietas tanaman dapat meningkatkan produktivitas dan hasil hablur. Peningkatan produktivitas dan hasil hablur yang diperoleh dari penggunaan tata tanam juring tunggal masih jauh dari harapan sehingga perlu dicari tata tanam yang lebih efisien untuk menghasilkan produktivitas dan hasil hablur sesuai harapan. Tata tanam juring ganda mampu meningkatkan intersepsi cahaya dan memaksimalkan lahan tersedia, sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, dan hasil hablur yang lebih tinggi dibanding tata tanam juring tunggal. Namun demikian, hasil hablur yang diperoleh masih belum memenuhi harapan. Tata tanam juring ganda benih ganda mampu menghasilkan produktivitas dan hasil hablur mendekati harapan bila menggunakan benih bagal. Penggunaan benih *bud chip* dalam tata tanam juring ganda benih ganda masih menghasilkan hasil hablur yang sama dengan tata tanam juring ganda sehingga perlu dicari kepadatan tanaman yang sesuai untuk juring ganda yang mampu meningkatkan hasil hablur mendekati harapan.

Kata kunci: Tebu, tata tanam, juring ganda, produktivitas

Sugarcane Planting Arrangement to Increase Productivity and Sugar Yield

Summary

The development of sugarcane using a single row planting arrangement with varied distance between rows (CTC = center to center). Use of CTC according to soil conditions, nutrient management and crop varieties can increase productivity and sugar yield. Increased productivity and sugar yield obtained by a single row planting arrangement is still far from expectations, so that it is needed to find the best planting arrangement that results in high productivity and sugar yield as expected. Double row planting arrangement is able to increase light interception and maximize the land availability and resulted in higher growth, productivity, and sugar yield than the single row planting arrangement. However, obtained sugar yield still has not met the expectation. Double row double seed planting arrangement is capable on generating high productivity and sugar yield as expected, when using stem cutting seed. The use of bud chip seed in double row double seed planting arrangement yields the same sugar yield as double row

planting arrangement, that is necessary to find suitable plant density for a double row plant-ing arrangement that can improve sugar yield that approaching expectations.

Keywords: Sugarcane, planting arrangement, double row, productivity

Pendahuluan

Tata tanam adalah penempatan individu-individu tanaman yang sedemikian rupa dalam suatu areal pertanaman sehingga diperoleh pemanfaatan yang se-optimal mungkin dalam penggunaan ruang, energi cahaya, dan ketersediaan hara dalam tanah. Pengaturan tata tanam yang sesuai dengan kondisi lahan pengembangan dapat memanfaatkan ruang, energi cahaya, dan hara dalam tanah semaksimal mungkin sehingga diperoleh pertumbuhan, produktivitas, dan hasilابلur yang optimal. Pengaturan tata tanam yang tidak sesuai dengan kondisi lahan pengembangan dapat mengganggu tanaman untuk menampilkan potensinya sehingga pertumbuhan, produktivitas, dan hasilابلur yang diperoleh menjadi rendah (Manimaran *et al.* 2009). Pengaturan tata tanam yang tidak sesuai dengan ketersediaan nutrisi dalam tanah masih dapat diperbaiki dengan manajemen nutrisi yang baik, sedangkan ketidaksesuaian dengan pemanfaatan ruang dan energi cahaya sulit untuk diperbaiki (Liu *et al.* 2012). Oleh karena itu pengaturan tata tanam yang tepat dan manajemen nutrisi yang efisien dapat meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, dan hasilابلur (Sajjad *et al.* 2014).

Tata tanam yang umum digunakan dalam pengembangan tebu adalah juring tunggal dengan PKP (jarak antarjuring atau pusat ke pusat) dan manajemen nutrisi yang bervariasi. Tata tanam juring tunggal tersebut tidak dapat menghasilkan produksiابلur sesuai harapan. Oleh karena itu dalam pengembangan tanaman tebu dikenalkan tata tanam juring ganda. Secara matematis tata tanam juring ganda yang dikenalkan hanya meningkatkan populasi benih sebanyak 40% dari tata tanam juring tunggalnya sehingga produksiابلur yang akan diperoleh meningkat tidak lebih dari 40%. Padahal produksiابلur yang diharapkan meningkat minimal 100%. Untuk mengatasi hal tersebut dicoba mengembangkan tata tanam juring ganda menjadi juring ganda benih ganda dengan memperbaiki manajemen nutrisinya.

Tulisan ini akan menguraikan (1) tata tanam juring tunggal, (2) tata tanam juring ganda, dan (3) tata tanam juring ganda benih ganda dapat meningkatkan hasilابلur. Dengan demikian pembaca dapat memilih tata tanam yang dapat meningkatkan hasil tebu sesuai dengan yang dikehendakinya sehingga secara keseluruhan diperoleh peningkatan produksi gula nasional.

Tata Tanam Juring Tunggal

Pengembangan tanaman tebu di Indonesia dilakukan dengan menggunakan tata tanam juring tunggal dan berbahan tanam bagal. PKP yang digunakan bervariasi 80–130 cm. Perbedaan PKP yang digunakan menyebabkan perbedaan ketersediaan hara dalam tanah bagi tanaman sehingga mempengaruhi produktivitas tebu yang dihasilkan (Bashir *et al.* 2005). Oleh karena itu penentuan PKP didasari oleh kondisi lahan dan manajemen nutrisi yang digunakan (Ghaffar *et al.* 2012).

Pada lahan-lahan yang kurang subur dan manajemen nutrisinya jelek, pertumbuhan tanaman tebu terhambat sehingga penampilan tanaman menjadi kecil-kecil dan bobot batang per batang menjadi rendah (Keshavaiah *et al.* 2012), sehingga rendemen menjadi tinggi (Ahmad *et al.* 2003). Untuk kondisi tersebut, penggunaan PKP sempit dapat digunakan. Keuntungan penggunaan PKP sempit adalah meningkatkan hasil yang diperoleh, efisiensi penggunaan lahan, *input*, cahaya, efisiensi dalam panen dan irigasi, menurunkan infestasi gulma akibat ketebalan kanopi, menekan kehilangan hasil, dan mengurangi kepadatan tanah (Sajjad *et al.* 2014). Oleh karena itu penggunaan PKP sempit menghasilkan hablur lebih tinggi dibanding PKP lebar (El-Gedawy *et al.* 2002).

Perbaikan manajemen nutrisi pada lahan-lahan yang kurang subur dapat dilakukan dengan menambah bahan organik dan pupuk anorganik ke dalam tanah sehingga ketersediaan hara bagi tanaman meningkat (Gana 2009). Dengan perbaikan manajemen nutrisi maka PKP sempit sudah tidak sesuai lagi untuk digunakan. Peningkatan PKP yang diikuti manajemen nutrisi yang baik menghasilkan komponen pertumbuhan tanaman yang tinggi (Cheema *et al.* 2002; Chatta *et al.* 2007). Tidak semua komponen pertumbuhan dipengaruhi PKP tergantung dari varietas tanaman yang digunakan. Pada varietas HSF-240, peningkatan PKP diikuti oleh peningkatan panjang batang dan bobot batang (Ghaffar *et al.* 2012). Pada varietas Thatta-10, peningkatan PKP diikuti oleh peningkatan diameter batang, bobot batang, dan tinggi tanaman (Soomro *et al.* 2009). Pada varietas Bululawang, peningkatan PKP diikuti oleh peningkatan diameter batang dan bobot batang (Tabel 1).

Dalam kondisi ketersediaan nutrisi dalam tanah yang bukan menjadi faktor pembatas, peningkatan PKP memang diikuti oleh peningkatan komponen pertumbuhan tanaman, namun terjadi penurunan panjang juring per hektar (faktor juring). Meskipun komponen pertumbuhan tanaman lebih rendah dan jumlah batang per meter juring tidak berbeda namun faktor juring yang lebih besar menyebabkan PKP sempit menghasilkan produktivitas tebu yang

lebih besar dibanding PKP lebar pada pertanaman pertama. Namun peningkatan komponen pertumbuhan pada PKP lebar jauh lebih tinggi dibanding PKP sempit seperti pada pertanaman *ratoon*, menyebabkan penggunaan PKP lebar menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi dibanding PKP sempit (Tabel 1). Shakoор-Ruk *et al.* (2014) juga memperlihatkan peningkatan PKP diikuti oleh penurunan jumlah tanaman per hektar namun meningkatkan panjang batang, diameter batang, jumlah anakan, dan bobot batang sehingga produktivitas tebu meningkat. Bahkan peningkatan jumlah batang per m juring yang tinggi pada PKP lebar saja sudah mampu meningkatkan produktivitas tebu (Rana *et al.* 2006).

Tabel 1. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* yang berasal dari bahan tanam bagal pada tata tanam juring tunggal PKP 110 cm dan 130 cm

Peubah penampilan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	PKP 110 cm	PKP 130 cm	PKP 110 cm	PKP 130 cm
Panjang batang (cm)	233,30	231,70	319,90	315,30
Diameter batang (mm)	25,80	27,40	23,10	24,00
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	506,10	597,10	421,00	497,20
- Per batang	1 182,50	1 282,10	1 346,90	1 567,40
Jumlah batang per m juring	9,27	9,10	10,07	10,77
Produktivitas (ton/ha)	71,20	68,80	87,70	92,40
Rendemen (%)	7,77	7,69	7,01	7,10
Hasil hablur (ton/ha)	5,55	5,29	6,15	6,57

Sumber: Djumali *et al.* (2014).

Peningkatan PKP tidak selalu berbanding lurus dengan produktivitas tebu yang dihasilkan. Peningkatan PKP sampai batas tertentu diikuti oleh peningkatan produktivitas tebu, sedangkan peningkatan selanjutnya diikuti oleh penurunan produktivitas. Patel *et al.* (2014) memperlihatkan peningkatan PKP dari 90 cm menjadi 150 cm ditanggapi produktivitas tebu dengan membentuk kurva kuadratik tertutup dengan puncaknya pada PKP 120 cm. Chatta *et al.* (2007) juga memperlihatkan PKP 120 cm menghasilkan produktivitas tebu yang paling tinggi. Penggunaan PKP yang optimum dan aplikasi pupuk yang tepat dapat meningkatkan produktivitas (Suggu *et al.* 2010).

Rendemen tebu dipengaruhi oleh genetik tanaman, teknik budi daya, dan manajemen nutrisi (Ahmad *et al.* 2003). Dalam kondisi manajemen nutrisi yang baik, rendemen ternyata tidak dipengaruhi oleh PKP yang digunakan. Tabel 1 memperlihatkan rendemen yang dihasilkan PKP sempit tidak berbeda dengan PKP lebar baik pada pertanaman pertama maupun pertanaman *ratoon*. Perbedaan penggunaan PKP tidak mempengaruhi rendemen yang dihasilkan (Shakoор-Ruk *et al.* 2014; Soomro *et al.* 2009).

Keterbatasan tenaga kerja pertanian menyebabkan dilakukan program mekanisasi dalam pengembangan tebu di Indonesia. Tidak semua PKP yang optimum bagi suatu areal pengembangan dapat dilakukan program mekanisasi. Agar program mekanisasi dapat berjalan dengan baik maka penggunaan PKP harus disesuaikan dengan ukuran alat-alat yang digunakan dalam program mekanisasi. PKP yang direkomendasikan minimal 130 cm. Oleh karena itu penentuan varietas yang sesuai dan perbaikan manajemen nutrisi perlu dilakukan agar diperoleh produktivitas dan hasil hablur yang optimal.

Penggunaan tata tanam juring tunggal kurang maksimal dalam menggunakan energi cahaya yang diterima tanaman. Jumlah energi cahaya yang diterima pertanaman tebu sebesar 11,923 MJ/ha/hari dan hanya 48,7% digunakan untuk produksi bahan kering (Waclawosky *et al.* 2010). Untuk memanfaatkan sisa energi yang diterima pertanaman tebu maka dikembangkan sistem tanam tumpang sari (Gambar 1). Tumpang sari tanaman tebu dengan tanaman pangan memberikan keuntungan bersih yang lebih tinggi dibanding monokultur (Rana *et al.* 2006). Namun sistem tanam tumpang sari tersebut menurunkan produktivitas tebu sekitar 1,4–21,8% tergantung dari jenis tanaman yang ditumpangsarikan (Nazir *et al.* 2002). Penurunan produktivitas terjadi melalui penurunan jumlah batang per m juring dan diameter batang (Khan *et al.* 2012). Ukuran kanopi dan populasi tanaman yang ditumpangsarikan dengan tebu merupakan faktor utama dalam menentukan penurunan produktivitas tebu dalam sistem tumpang sari (Nazir *et al.* 2002; Khan *et al.* 2012).



Foto: Dok. Djumali

Gambar 1. Tumpang sari kacang tanah dengan tebu dalam tata tanam juring tunggal

Pembatasan penggunaan tanaman *ratoon* hanya sampai *ratoon* ketiga menyebabkan setiap tahun dilakukan bongkar *ratoon* sebanyak 25% dari total luas areal pengembangan tebu di Indonesia. Kebutuhan benih tebu yang diperlukan setiap hektarnya sebanyak 6–8 ton atau setara dengan 32.000 bagal dua mata (Jain *et al.* 2014). Areal pengembangan tebu pada tahun 2014 seluas 479 ribu hektar sehingga jumlah benih bagal yang diperlukan dalam kegiatan bongkar *ratoon* sekitar 718–958 ribu ton atau setara dengan 3,8 miliar bagal dua mata. Kebutuhan benih tersebut sangat banyak dan hampir setara dengan 8–10% dari total luas tanaman produksi (Jain *et al.* 2011). Oleh karena itu perlu dicarikan benih alternatif yang lebih cepat dan murah dalam penyediaannya.

Kemajuan teknologi perbanyak tanaman menghasilkan bahan tanam tebu yang berpotensi menggantikan peran bagal. *Bud chip* merupakan jenis bahan tanam baru yang menggunakan satu mata, berukuran lebih ringan sehingga mampu menekan bobot benih hingga 80% dan lebih ekonomis (Jain *et al.* 2010) serta mampu menekan biaya produksi 16,7–20% (Singh dan Gurpreet 2015).

Penggunaan benih *bud chip* tidak hanya mampu meningkatkan penyediaan benih 6 kali dari metode konvensional, namun juga mampu meningkatkan produktivitas tebu sebesar 20% (Jain *et al.* 2014). Di Indonesia, penggunaan benih *bud chip* dikembangkan dengan menggunakan PKP 130 cm. Pada kondisi lahan kering berpasir, penggunaan PKP tersebut tidak mampu meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, rendemen, dan hasil hablur tebu (Tabel 2). Menurut Shanty dan Muthusamy (2012), benih *bud chip* memerlukan PKP yang lebar (minimal 150 cm) untuk menghasilkan produktivitas yang optimal. Pada benih *bud chip*, peningkatan PKP yang digunakan diikuti oleh peningkatan produktivitas tebu yang diperoleh (Munsif *et al.* 2015). Penggunaan PKP 150 cm pada benih *bud chip* mampu meningkatkan jumlah batang per rumpun 55%, bobot batang per batang 29%, dan produktivitas sebesar 20% dari benih bagal yang menggunakan PKP 120 cm (Loganandhan *et al.* 2012).

Penggunaan tata tanam juring tunggal baik dengan benih dari bagal maupun *bud chip* ternyata belum mampu memperoleh hasil hablur sesuai dengan harapan. Oleh karena itu perlu dikaji tata tanam lain yang memungkinkan memperoleh hasil hablur sesuai dengan harapan. Salah satu tata tanam tersebut adalah tata tanam juring ganda. Hasil penelitian Mendoza dan Rosario (2012) memperlihatkan tata tanam juring ganda menghasilkan produktivitas dan hasil hablur yang lebih baik dibanding sistem tanam juring tunggal, juring tiga, maupun juring empat. Di bawah ini akan dibahas bagaimana tata

tanam juring ganda mampu meningkatkan produktivitas dan hasil hablur baik yang menggunakan benih bagal maupun *bud chip*.

Tabel 2. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* yang berasal dari bahan tanam bagal dan bahan tanam *bud chip* pada tata tanam juring tunggal PKP 130 cm

Peubah penampilan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Bagal	<i>Bud chip</i>	Bagal	<i>Bud chip</i>
Panjang batang (cm)	149,10	145,30	212,70	202,10
Diameter batang (mm)	27,30	26,70	30,30	31,30
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	565,00	631,30	401,00	408,00
- Per batang	844,70	920,10	848,70	821,90
Jumlah batang per m juring	7,14	6,58	9,92	9,93
Produktivitas (ton/ha)	40,20	41,00	56,40	54,50
Rendemen (%)	6,82	7,38	9,09	9,37
Hasil hablur (ton/ha)	2,75	3,03	5,12	5,11

Sumber: Djumali *et al.* (2015a).

Tata Tanam Juring Ganda

Tata tanam juring ganda merupakan pengembangan dari tata tanam juring tunggal yang juring terdekat ditarik mendekati juring di sampingnya sehingga membentuk juring ganda (Gambar 2). Dengan demikian faktor juring pada tata tanam juring ganda sama dengan faktor juring pada tata tanam juring tunggal. Keuntungan menggunakan tata tanam juring ganda adalah mampu meningkatkan penetrasi cahaya dalam tajuk tanaman dan meningkatkan ketersediaan lahan (Wright *et al.* 2012). Tata tanam juring ganda lebih sesuai dan efisien digunakan untuk upaya menyimpan air dan mengurangi genangan (Rehman *et al.* 2014). Oleh karena itu sangat sesuai untuk pengembangan tebu di lahan kering dan lahan basah.

Tata tanam juring ganda mampu meningkatkan penggunaan energi cahaya (Dantata 2014). Besar peningkatan energi cahaya yang digunakan dipengaruhi oleh varietas tebu yang digunakan (Rana *et al.* 2006). Penggunaan varietas Bululawang dalam tata tanam juring ganda mampu meningkatkan penggunaan energi cahaya sebesar 9,7% pada pertanaman pertama dan 15,1% pada pertanaman *ratoon* (Gambar 3, Djumali *et al.* 2014). Oleh karena itu tata tanam juring ganda memberikan hasil hablur yang lebih tinggi dibanding dengan juring tunggal (Gupta *et al.* 2004). Peningkatan hasil hablur dapat mencapai 17,5% untuk pertanaman pertama dan 41,1% untuk pertanaman *ratoon* (Tabel 3).

130 cm

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

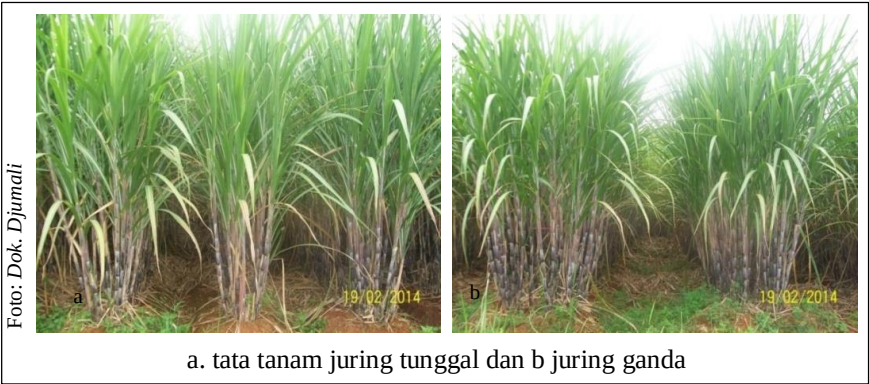
(a)

50 cm

X	X	170 cm	X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X
X	X		X	X		X	X		X	X		X	X		X

(b)

Gambar 2. Tata tanam (a) juring tunggal dan (b) juring ganda



Gambar 3. Penampilan tanaman tebu pada

Peningkatan hasil hablur akibat penggunaan tata tanam juring ganda terjadi melalui peningkatan produktivitas dan rendemen atau produktivitas saja. Hasil penelitian Mahmood *et al.* (2007) dan Sajjad *et al.* (2014) memperlihatkan peningkatan hasil hablur akibat penggunaan tata tanam juring ganda ter-

jadi melalui peningkatan produktivitas dan rendemen. Namun hasil penelitian Magsood *et al.* (2005); Raskar dan Bhoi (2005); serta Bhullar *et al.* (2008) memperlihatkan peningkatan hasil hablur terjadi melalui peningkatan produktivitas saja. Perbedaan hasil tersebut lebih disebabkan oleh perbedaan varietas tebu yang digunakan. Penggunaan varietas Bululawang juga memperlihatkan peningkatan hasil hablur terjadi melalui peningkatan produktivitas saja (Tabel 3).

Tabel 3. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* yang berasal dari bahan tanam bagal pada tata tanam juring tunggal PKP 130 cm dan juring ganda PKP 50/170 cm

Peubah penampilan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Juring tunggal	Juring ganda	Juring tunggal	Juring ganda
Panjang batang (cm)	233,30	237,70	319,90	317,30
Diameter batang (mm)	25,80	26,80	23,10	23,70
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	506,10	600,10	421,00	501,80
- Per batang	1 182,50	1 427,00	1 346,90	1 599,10
Jumlah batang per m juring	9,27	9,31	10,07	10,20
Produktivitas (ton/ha)	71,20	86,50	87,70	125,80
Rendemen (%)	7,77	7,50	7,01	6,91
Hasil hablur (ton/ha)	5,55	6,52	6,15	8,68

Sumber: Djumali *et al.* (2014).

Peningkatan produktivitas tebu akibat penggunaan tata tanam juring ganda terjadi minimal melalui peningkatan salah satu komponen produktivitas. Komponen produktivitas tebu meliputi panjang batang, diameter batang, bobot batang, dan jumlah batang per m juring. Hasil penelitian Chatta *et al.* (2007) memperlihatkan peningkatan produktivitas tebu akibat penggunaan tata tanam juring ganda terjadi melalui peningkatan panjang batang. Peningkatan produktivitas tebu terjadi melalui peningkatan panjang dan jumlah batang diperoleh Sajjad *et al.* 2014). Peningkatan produktivitas tebu terjadi melalui peningkatan bobot batang dan jumlah batang diperoleh Patel *et al.* (2014). Adapun peningkatan produktivitas tebu melalui peningkatan diameter, panjang, bobot, dan jumlah batang diperoleh Mahmood *et al.* (2007) dan Singh *et al.* (2012). Perbedaan tersebut terjadi sebagai akibat dari perbedaan varietas tebu yang digunakan. Penggunaan varietas Bululawang menghasilkan diameter batang dan bobot batang yang mempengaruhi produktivitas tebu (Tabel 3).

Pengembangan tebu yang menggunakan benih *bud chip* memerlukan PKP yang lebar yakni minimal 150 cm (Shanty dan Muthusamy 2012). Oleh

karena itu penggunaan tata tanam juring ganda lebih sesuai untuk digunakan dalam pengembangan tebu tersebut. Penggunaan tata tanam juring ganda pada pertanaman tebu dari benih *bud chip* mampu meningkatkan produktivitas tebu sebesar 28,0% pada pertanaman pertama dan 62,6% pada pertanaman *ratoon* tanpa diikuti oleh penurunan rendemen (Tabel 4). Peningkatan produktivitas tersebut terjadi melalui peningkatan jumlah batang per m juring.

Tabel 4. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* yang berasal dari bahan tanam *bud chip* pada tata tanam juring tunggal PKP 130 cm dan juring ganda PKP 50/170 cm

Peubah penampilan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Juring tunggal	Juring ganda	Juring tunggal	Juring ganda
Panjang batang (cm)	145,30	150,70	202,10	228,50
Diameter batang (mm)	26,70	27,60	31,30	31,60
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	631,30	526,30	408,00	428,10
- Per batang	920,10	793,90	821,90	976,00
Jumlah batang per m juring	6,58	8,40	9,93	11,43
Produktivitas (ton/ha)	41,00	52,50	54,30	88,30
Rendemen (%)	7,38	7,07	9,37	9,25
Hasil hablur (ton/ha)	3,03	3,69	5,11	8,17

Sumber: Djumali *et al.* (2015a).

Penggunaan tata tanam juring ganda dapat meningkatkan ketersediaan lahan (Wright *et al.* 2012). Ketersediaan lahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan populasi tanaman sehingga diperoleh produktivitas yang meningkat (Rehman *et al.* 2014). Penambahan populasi tanaman yang sesuai dengan kondisi lahan dan manajemen nutrisinya dapat memberikan hasil hablur dan pendapatan bersih/keuntungan yang lebih besar dibanding juring tunggal (Bhullar *et al.* 2008).

Peningkatan populasi tanaman tebu dapat dilakukan melalui (a) mempersempit PKP atau meningkatkan faktor juring dan (b) menambah kepadatan benih dalam juring tanpa mengubah faktor juring. Upaya mempersempit tata tanam juring ganda PKP 50/170 cm menjadi 50/135 cm mampu meningkatkan faktor juring sebesar 20%. Meskipun nutrisi yang ditambahkan sudah ditingkatkan sesuai dengan peningkatan populasi tanaman, namun jumlah batang per hektar yang dihasilkan tidak berbeda bahkan bobot batang dan produktivitas menjadi lebih rendah (Tabel 5). Raskar dan Bhoi (2005) juga memperlihatkan penurunan PKP pada tata tanam juring ganda menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman dan produktivitas yang diperoleh. Adanya kompetisi dalam penggunaan ruang tumbuh menyebabkan penurunan jumlah

batang per hektar sehingga produktivitas tebu yang diperoleh menurun (Rana *et al.* 2006). Pemilihan PKP yang sesuai kondisi lahan dalam tata tanam juring ganda dapat meningkatkan jumlah batang per hektar, bobot batang, dan produktivitas tebu (Suggu *et al.* 2010).

Tabel 5. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* pada tata tanam juring ganda PKP 50/135 cm dan 50/170 cm

Peubah penampilan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	PKP 50/135	PKP 50/170	PKP 50/135	PKP 50/170
Panjang batang (cm)	237,70	254,00	317,30	323,10
Diameter batang (mm)	26,80	27,60	23,70	24,10
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	600,10	625,70	485,00	494,90
- Per batang	1 427,00	1 589,10	1 539,00	1 599,10
Jumlah batang per m juring	7,77	9,27	8,50	11,20
Produktivitas (ton/ha)	86,50	95,50	102,00	116,10
Rendemen (%)	7,50	8,03	6,91	7,00
Hasil hablur (ton/ha)	6,52	7,66	7,05	8,13

Sumber: Djumali *et al.* (2014).

Penggunaan tata tanam juring ganda dengan PKP yang tepat dan manajemen nutrisi yang baik mampu meningkatkan produktivitas tebu dan hasil hablur maksimum masing-masing sebesar 28,0 dan 21,8% untuk pertanaman pertama serta 62,6 dan 59,9% untuk pertanaman *ratoon*. Peningkatan produktivitas dan hasil hablur tersebut belum memenuhi harapan sehingga perlu dicari tata tanam alternatif yang dapat meningkatkan produktivitas dan hasil hablur sesuai harapan.

Peningkatan populasi tanaman dalam tata tanam juring ganda dengan mempersempit PKP justru menurunkan produktivitas dan hasil hablur. Di sisi lain peningkatan populasi tanaman yang disertai dengan manajemen nutrisi yang baik diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan hasil hablur. Oleh karena itu perlu penataan tanaman yang sedemikian rupa tanpa mengubah PKP agar diperoleh peningkatan produktivitas dan hasil hablur sesuai dengan harapan. PKP lebar dengan jumlah benih sesuai rekomendasi memberikan keuntungan ekonomi yang lebih besar dibanding PKP sempit (Ehsa-nullah *et al.* 2011). Di bawah ini akan dibahas penggunaan benih ganda dalam tata tanam juring ganda yang dapat meningkatkan produktivitas dan hasil hablur sesuai harapan.

Tata Tanam Juring Ganda Benih Ganda

Tata tanam juring ganda benih ganda merupakan tata tanam juring ganda dengan meningkatkan populasi tanaman dua kali lipat tanpa mengubah PKP yang digunakan. Dalam juring ganda biasanya menggunakan benih 3 bagal dua mata atau 2 *bud chip* per meter juring, maka dalam juring ganda benih ganda menggunakan benih 6 bagal dua mata atau 4 *bud chip* per meter juring. Peningkatan populasi tanaman per luasan area diikuti oleh perbaikan manajemen nutrisi dapat meningkatkan hasil tanaman (Ehsanullah *et al.* 2011). Peningkatan populasi tanaman yang tidak diikuti oleh manajemen nutrisi yang baik menyebabkan penurunan produktivitas dan hasil hablur (Suggu *et al.* 2010). Oleh karena itu, dosis pupuk organik dan pupuk anorganik yang digunakan dalam tata tanam juring ganda benih ganda menjadi dua kali lipat dari tata tanam juring tunggalnya.

Penggunaan tata tanam juring ganda benih ganda dengan benih dari bagal tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman (panjang, diameter, dan bobot batang) yang dihasilkan (Tabel 6). Hal tersebut menunjukkan tidak terjadi kompetisi dalam penggunaan ruang dan hara dalam tanah. Peningkatan jumlah populasi tanaman diikuti oleh peningkatan jumlah batang per meter juring rata-rata sebesar 93,0%; produktivitas sebesar 79,3%; dan hasil hablur sebesar 89,2%. Dengan demikian tata tanam juring ganda benih ganda sesuai untuk digunakan dengan benih bagal.

Tabel 6. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* yang berasal dari bahan tanam bagal pada tata tanam juring ganda benih tunggal dan benih ganda

Peubah penampilan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Benih tunggal	Benih ganda	Benih tunggal	Benih ganda
Panjang batang (cm)	237,7	254,0	317,3	323,1
Diameter batang (mm)	26,8	27,6	23,7	24,1
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	600,1	625,7	501,8	482,6
- Per batang	1 427,0	1 589,1	1 599,1	1 559,0
Jumlah batang per m juring	9,31	18,60	10,20	19,00
Produktivitas (ton/ha)	86,50	191,00	125,80	177,40
Rendemen (%)	7,50	8,03	6,91	7,00
Hasil hablur (ton/ha)	6,52	15,33	8,68	12,43

Sumber: Djumali *et al.* (2014)

Penggunaan tata tanam juring ganda benih ganda dengan benih dari *bud chip* mampu meningkatkan bobot batang sebesar 21,0%; produktivitas sebesar 37,9%; dan hasil hablur sebesar 44,2% hanya pada pertanaman pertama.

Adapun pada pertanaman *ratoon* tidak dapat meningkatkan pertumbuhan, produktivitas, dan hasil hablur yang dihasilkan (Tabel 7). Dengan demikian penggunaan tata tanam juring ganda benih ganda tidak sesuai digunakan untuk benih *bud chip*. Oleh karena itu perlu dicari kepadatan populasi tanaman yang tepat dalam sistem tanam juring ganda untuk benih *bud chip* agar dapat diperoleh peningkatan produktivitas dan hasil hablur yang mendekati harapan.

Tabel 7. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* yang berasal dari bahan tanam *bud chip* pada tata tanam juring ganda benih tunggal dan benih ganda

Peubah penampilan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Benih tunggal	Benih ganda	Benih tunggal	Benih ganda
Panjang batang (cm)	150,70	155,60	228,50	217,20
Diameter batang (mm)	27,60	29,10	31,60	30,20
Bobot batang (g) :				
- Per meter batang	526,30	617,40	428,10	440,20
- Per batang	793,90	960,80	976,00	952,40
Jumlah batang per m juring	8,40	9,44	11,43	11,57
Produktivitas (ton/ha)	52,50	72,40	88,30	87,30
Rendemen (%)	7,07	7,33	9,25	9,59
Hasil hablur (ton/ha)	3,69	5,32	8,17	8,37

Sumber: Djumali *et al.* (2015a).

Penggunaan PKP yang lebar dalam tata tanam juring ganda memungkinkan diterapkan sistem tumpang sari dengan tanaman pangan sehingga meningkatkan pendapatan (Shanty dan Ramanjaneyulu 2014) dan berpotensi menghasilkan keuntungan ekonomi yang maksimal serta tidak menurunkan produktivitas tebu (Rehman *et al.* 2014). Pemilihan jenis tanaman legumino-sa seperti kedelai, kacang tanah, dan *Crotalaria juncea* diharapkan dapat meningkatkan kesuburan lahan sehingga mengurangi penggunaan pupuk organik dan pupuk anorganik dalam tata tanam juring ganda benih ganda.

Penggunaan tanaman kacang tanah sebagai tanaman tumpang sari dalam tata tanam juring ganda benih ganda (Gambar 4) mampu menekan penggunaan pupuk anorganik sebesar 50% tanpa diikuti oleh penurunan pertumbuhan, produktivitas tebu, dan hasil hablur. Bahkan pada pertanaman pertama mampu meningkatkan rendemen dan hasil hablur (Tabel 8). Namun demikian ketersediaan tenaga kerja di bidang pertanian yang terbatas menyebabkan sistem tumpang sari tanaman tebu dengan tanaman pangan kurang diminati oleh petani tebu. Oleh karena itu, upaya untuk menurunkan penggunaan pupuk anorganik pada tata tanam juring ganda benih ganda dapat dilakukan dengan menambah bahan organik.



Gambar 4. Tumpang sari tebu dengan kacang tanah dalam tata tanam juring ganda benih ganda

Tabel 8. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* pada tata tanam juring ganda benih ganda dalam sistem tanam monokultur dan tumpang sari dengan kacang tanah

Peubah pengamatan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Monokultur	Tumpang sari	Monokultur	Tumpang sari
Panjang batang (cm)	151,20	151,70	213,40	210,10
Diameter batang (mm)	24,80	23,40	27,80	27,40
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	537,60	502,20	425,70	415,50
- Per batang	811,30	763,30	911,30	877,30
Jumlah batang per m juring	7,57	7,79	10,68	11,77
Produktivitas (ton/ha)	46,17	48,57	76,42	82,02
Rendemen (%)	6,64	8,46	8,43	8,33
Hasil hablur (ton/ha)	3,09	4,12	6,45	6,82

Sumber: Djumali *et al.* (2015b).

Aplikasi bahan organik pada pertanaman tebu mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman tebu, terutama N, P, dan S (Gana 2009). Aplikasi bahan organik yang dikombinasi dengan pupuk anorganik mampu meningkatkan hara N, P, K, Ca, C-organik, bahan organik, dan KTK (Gana 2011). Secara umum bahan organik yang diaplikasikan dalam sistem pertanian di Indonesia adalah pupuk kandang. Aplikasi pupuk kandang yang disertai dengan penurunan dosis pupuk anorganik sebesar 50% pada tata tanam juring ganda benih ganda mampu meningkatkan bobot batang, jumlah batang per meter juring, produktivitas tebu, dan hasil hablur (Tabel 9). Namun demikian ketersediaan pupuk kandang untuk usaha tani tebu juga terbatas sehingga perlu dicari alternatif bahan organik lainnya yang lebih mudah ketersediaannya dan mempunyai fungsi yang tidak berbeda dengan pupuk kandang dalam me-

meningkatkan produktivitas dan hasil haulur. Pupuk hijau merupakan salah satu jenis bahan organik yang dapat digunakan untuk mengganti peran pupuk kandang.

Tabel 9. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* pada tata tanam juring ganda benih ganda yang diaplikasi pupuk kandang dan tanpa pupuk kandang

Peubah pengamatan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Tanpa pupuk kandang	Dengan pupuk kandang	Tanpa pupuk kandang	Dengan pupuk kandang
Panjang batang (cm)	151,20	165,40	213,40	215,15
Diameter batang (mm)	24,80	24,90	27,80	28,90
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	537,60	559,30	425,70	443,00
- Per batang	811,30	925,00	911,30	953,90
Jumlah batang per m juring	7,57	8,75	10,68	12,78
Produktivitas (ton/ha)	46,17	65,46	76,42	98,51
Rendemen (%)	6,64	7,84	8,43	8,21
Hasil haulur (ton/ha)	3,09	5,13	6,45	8,07

Sumber: Djumali *et al.* (2015b).

Crotalaria juncea merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai sumber pupuk hijau. Tanaman ini dapat ditanam sebagai tanaman tumpang sari dalam tata tanam juring ganda benih ganda dan dipanen setelah berumur 40 hari. Hasil panen brangkasan langsung diaplikasikan pada pertanaman tebu sebagai pupuk hijau. Pertanaman tebu yang diaplikasi pupuk hijau tersebut menghasilkan pertumbuhan, produktivitas, dan hasil haulur yang tidak berbeda dengan yang diaplikasi pupuk kandang (Tabel 10). Dengan demikian *Crotalaria juncea* dapat digunakan sebagai pengganti pupuk kandang dalam menekan penggunaan pupuk anorganik, meningkatkan produktivitas, dan hasil haulur.

Secara umum penggunaan sistem tanam tumpang sari menurunkan pertumbuhan, produktivitas, dan hasil haulur tebu (Nazir *et al.* 2002; Khan *et al.* 2012). Oleh karena itu perlu pengaturan populasi tanaman *Crotalaria juncea* yang dapat dimasukkan sebagai tanaman tumpang sari dalam tata tanam juring ganda benih ganda agar tidak menurunkan pertumbuhan, produktivitas, dan hasil haulur tebu (Gambar 5). Penggunaan 4 baris *Crotalaria juncea* per PKP lebar (170 cm) ternyata menghasilkan pertumbuhan, produktivitas, dan hasil haulur yang lebih baik dibanding dengan 2 baris *Crotalaria juncea* per PKP lebar pada pertanaman pertama (Tabel 11). Adapun pada pertanaman *ratoon* tidak ada perbedaan pengaruh antara penggunaan 4 baris dengan 2 baris *Crotalaria juncea* per PKP lebar terhadap pertumbuhan, produktivitas, dan hasil haulur.

Tabel 10. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* pada tata tanam juring ganda benih ganda yang diaplikasi pupuk kandang dan *Crotalaria juncea*

Peubah pengamatan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	Pupuk kandang	<i>Crotalaria juncea</i>	Pupuk kandang	<i>Crotalaria juncea</i>
Panjang batang (cm)	165,40	155,00	215,15	218,16
Diameter batang (mm)	24,90	25,20	28,90	28,20
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	559,30	570,30	443,00	454,60
- Per batang	925,00	883,30	953,90	992,40
Jumlah batang per m juring	8,75	8,38	12,78	12,31
Produktivitas (ton/ha)	65,46	60,14	98,51	98,83
Rendemen (%)	7,84	8,09	8,21	8,20
Hasil hablur (ton/ha)	5,13	4,86	8,07	8,09

Sumber: Djumali *et al.* (2015b).



Gambar 5. Tumpang sari (a) 4 baris dan (b) 2 baris *Crotalaria juncea* dalam tata tanam juring ganda benih ganda tebu pertanaman pertama

Tabel 11. Penampilan pertanaman tebu pertama dan *ratoon* pada tata tanam juring ganda benih ganda yang ditumpangsari 2 dan 4 baris *Crotalaria juncea* per PKP lebar

Peubah pengamatan	Pertanaman pertama		Pertanaman <i>ratoon</i>	
	<i>Crotalaria</i> 4 baris	<i>Crotalaria</i> 2 baris	<i>Crotalaria</i> 4 baris	<i>Crotalaria</i> 2 baris
Panjang batang (cm)	157,90	152,00	216,50	219,80
Diameter batang (mm)	26,00	24,30	28,30	28,20
Bobot batang (g):				
- Per meter batang	576,40	564,20	456,60	452,70
- Per batang	909,30	857,30	989,00	995,70
Jumlah batang per m juring	8,84	7,91	12,67	11,96
Produktivitas (ton/ha)	65,15	55,12	101,40	96,26
Rendemen (%)	8,06	8,12	8,27	8,14
Hasil hablur (ton/ha)	5,25	4,48	8,36	7,83

Sumber: Djumali *et al.* (2015b)

Penutup

Pengembangan tebu dilakukan dengan menggunakan tata tanam juring tunggal dengan penerapan manajemen nutrisi yang baik bahkan cenderung berlebihan. Penggunaan lahan kering sebagai lahan pengembangan tebu dengan penyediaan air menjadi faktor pembatas menyebabkan dipilihnya PKP sempit agar diperoleh produktivitas dan hasil hablur yang tinggi. Ketersediaan tenaga kerja pertanian yang terbatas memaksa dilakukan mekanisasi pada usaha tani tebu. Penerapan mekanisasi tersebut menyebabkan pemilihan PKP harus menyesuaikan dengan peralatan mekanisasi sehingga penggunaan PKP sempit sudah harus diganti dengan PKP lebar. Sebagai konsekuensi penggunaan PKP lebar adalah penurunan faktor juring sehingga produktivitas dan hasil hablur menurun. Penurunan faktor juring dapat dihindari dengan menerapkan tata tanam juring ganda. Tata tanam juring ganda tidak mengubah faktor juring asalnya bahkan dapat ditingkatkan. Penggunaan tata tanam juring ganda mampu meningkatkan jumlah cahaya yang terintersepsi dalam tanaman sehingga produktivitas dan hasil hablur meningkat. Tata tanam juring ganda juga dapat diterapkan untuk benih *bud chip* yang memerlukan PKP lebar sehingga dapat mengefisienkan penggunaan benih tebu. Peningkatan faktor juring dalam tata tanam juring ganda dimaksudkan untuk meningkatkan populasi tanaman sehingga diperoleh peningkatan produktivitas dan hasil hablur. Peningkatan produktivitas dan hasil hablur yang diperoleh lebih rendah dibanding dengan juring ganda yang tanpa peningkatan faktor juring. Peningkatan populasi tanaman dapat dilakukan dengan menambahkan jumlah benih yang digunakan pada setiap juringnya tanpa harus menambahkan faktor juring. Tata tanam tersebut disebut tata tanam juring ganda benih ganda. Jumlah benih yang digunakan dua kali lipat dari tata tanam juring tunggalnya. Sebagai konsekuensinya jumlah nutrisi yang diberikan dua kali dosis pupuk juring tunggalnya. Produktivitas dan hasil hablur yang diperoleh juga mendekati dua kali tata tanam juring tunggalnya. Tata tanam juring ganda benih ganda tidak sesuai untuk benih *bud chip* sehingga perlu dicari kepadatan populasi tanaman yang sesuai untuk benih *bud chip* pada tata tanam juring ganda.

Daftar Pustaka

- Ahmad, I., M. Ayub, M. Akhtar, and R. Ahmad. 2003. "Quality traits of sugarcane CV. CP-77/400 as affected by spatial arrangement and nutrient management". *Pakistan Sugar Journal*, 18:21–23.
- Bashir, S., A. Ali, and M. Yasin. 2005. "Sugarcane varieties and row spacing on sugarcane traits". *Pakistan Sugar Journal*, 20:18–20.
- Bhullar, M.S., K.S. Thind, S.K. Uppal, and K. Singh. 2008. "Productivity, profitability and quality of sugarcane (*Saccharum* spp.) plant-ratoon system in relation to planting methods and seedling rate". *Indian Journal of Agronomy*, 53:195–199.
- Chatta, M.U., A. Ali, and M. Bilal. 2007. "Influence of planting techniques on growth and yield of spring planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)". *Pakistan Journal of Agri-cultural Sciences*, 44(3):452–456.
- Cheema, I.A., M. Ayub, and A. Jabbar. 2002. "Bioeconomic efficiency of spring planted sugarcane as influenced by spatial arrangement and nutrient management". *Pakistan Sugar Journal*, 17:62–68.
- Dantata, I.J. 2014. "Effect of legume-based intercropping on crop yield: A review". *Asian J. Agric. Food Sci.*, 2(6):507–522.
- Djumali, A.D. Khuluq, dan S. Mulyaningsih. 2014. "Pertumbuhan dan Produktivitas Tebu pada Beberapa Paket Tata Tanam di Lahan Kering". Malang: Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 15 hlm.
- Djumali, Lestari, dan Suprijono. 2015a. "Pengaruh Jenis Benih dan Tata Tanam terhadap Pertumbuhan, Produktivitas, dan Hasil Hablur Tanaman Tebu". Malang: Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 16 hlm.
- Djumali, S. Mulyaningsih, dan T. Basuki. 2015b. "Pertumbuhan dan hasil tebu akibat aplikasi beberapa jenis bahan organik pada tata tanam juring ganda benih ganda". Malang: Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 17 hlm.
- Ehsanullah, K. Jabran, M. Jamil, and A. Ghaffar. 2011. "Optimizing the sugarcane row spacing and seedling density to improve its yields and quality". *Crop Environ.*, 2:1–5.
- El-Geddawy, I.H., D.G. Darweish, A.A. El-Sherbing, and E.A. El-Hady. 2002. "Effect of row spacing and number of bud/seed sets on yield components of ratoon crops for some sugarcane cultivars ratoon". *Pakistan Sugar Journal*, 17:2–8.
- Gana, A.K. 2009. "Evaluation of the residual effect of cattle manure combinations with inorganic fertilizer and chemical weed control on the sustainability of chewing sugarcane production at Badaggi Shouthern Guinea savanna of Nigeria". *Middle-East Journal of Scientific Research*, 4(4):282–287.
- Gana, A.K. 2011. "Cowdung: soil amendment agent for the sandy upland sugarcane ecology in Nigeria". *Journal of Agricultural Technology*, 7(2):497–505.
- Ghaffar, A., Ehsanullah, N. Akbar, S.H. Khan, K. Jabran, R.Q. Hashmi, A. Iqbal, and M.A. Ali. 2012. "Effect of trench spacing and micronutrients on growth and yield of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)". *Australia Journal of Crops Science*, 6(1):1–9.
- Gupta, R., R.L. Yadav, and S.R. Prasad. 2004. "Comparison of planting methods and irrigation techniques for water use efficiency, yield and juice quality of sugarcane in semiarid subtropics of India". *Indian Journal of Sugarcane Technology*, 19(1–2):1–6.
- Jain, R., S. Solomon, A.K. Shrivastava, and A. Chandra. 2010. "Sugarcane bud chip: A promising seed material". *Sugar Tech.*, 12(1):67–69.

- Jain, R., S. Solomon, A.K. Shrivastava, and A. Chandra. 2011. "Effect of ethephon and calcium chloride on growth and biochemical attributes of sugarcane bud chip". *Acta Physiol. Plant*, 33:905–910.
- Jain, R., A. Chandra, A.K. Shrivastava, and S. Solomon. 2014. "Bud chip technology for rapid seed multiplication and improving cane yield". *Indian Farming*, 63(10):1–6.
- Keshavaiah, K.V., Y.B. Palled, C. Shankarial, H.T. Channal, B.S. Nandihalli, and K.S. Jagadeesha. 2012. "Effect of nutrient management practices on nutrient dynamics and performance of sugarcane". *Karnatake Journal of Agric. Sci.*, 25(2):187–192.
- Khan, A.A., M.A. Khan, and Q. Khan. 2012. "Economic analysis of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) intercropping with canola (*Brassica napus* L.)". *Pakistan Journal of Agriculture Science*, 49:589–592.
- Liu, T., F. Song, S. Liu, and X. Zhu. 2012. "Light interception and radiation use efficiency response to narrow-wide row planting patterns in maize". *Australian Journal of Crop Science*, 6(3):506–513.
- Loganandhan, N., B. Gujja, V.V. Goud, and U.S. Natarajan. 2012. "Sustainable sugarcane initiative (SSI): a methodology of 'more with less'". *Sugar Tech.*, 14(1):1–5.
- Mahmood, A., M. Ishfaq, J. Iqbal, and S. Nazir. 2007. "Agronomic performance and juice quality of autumn planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) as affected by flat, ditch and pit planting under different spatial arrangements". *International Journal of Agriculture and Biology*, 9(1):167–169.
- Magsood, M., M. Iqbal, and M. Tayyab. 2005. "Comparative productivity performance sown in different planting patterns at farmer's field". *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 42:3–4.
- Manimaran, S., D. Kalyanasundaran, S. Ramesh, and K. Sivakumar. 2009. "Maximizing sugarcane yield through efficient planting method and nutrient management practices". *Sugar Tech.*, 11(4):395–397.
- Mendoza, T.C. and E.L. Rosario. 2012. Optimum Spatial Arrangement in Sugarcane-Legume Intercropping. <http://www.cabi.org/GARA/FullTextPDF/2009/20093019612.pdf>
- Munsif, F., K. Ali, S. Khalid, A. Ali, M. Ali, M. Ahmad, W. Ahmad, I. Ahmad, and A. Basir. 2015. "Effluence of row spacing on weed density, biomass and yield of chip bud settling of sugarcane". *Pakistan Journal of Weed Science & Research*, 21(1):137–144.
- Nazir, M.S., A. Jabbar, I. Ahmad, S. Nawaz, and I.H. Bhatti. 2002. "Production potential and economics of intercropping autumn-planted sugarcane". *International Journal of Agriculture & Biology*, 4(1):140–142.
- Patel, P., V.C. Raj, B. Tandel, B. Patel, D.U. Patel, and V. Surve. 2014. "Influence of planting distance and variety on growth of sugarcane and weed population under mechanization". *Journal Inter. Academic Res. Multidisc.*, 2(6):34–41.
- Rana, N.S., K. Sanjay, S.K. Saini, and G.S. Panwar. 2006. "Production potential and profitability of autumn sugarcane-based intercropping systems as influenced by intercrops and row spacing". *Indian Journal of Agronomy*, 51:31–33.
- Raskar, B.S. and P.G. Bhoi. 2005. "Dry matter accumulation and yield performance of pre-seasonal sugarcane Co 86032 with intra-row spacings, fertilizer levels and planting materials". *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*, 30:150–153.
- Rehman, A., R. Qamar, and J. Qamar. 2014. "Economic assessment of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) through intercropping". *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 3:24–28.

- Sajjad, M., A. Bari, M. Nawaz, and S. Iqbal. 2014. "Effect of planting pattern and nutrient management on yield spring planted sugarcane". *Sarhad J. Agric.*, 30(1):67–71.
- Shakoor-Ruk, A., M.N. Kandhro, S.K. Baloch, S. Ullah-Baloch, and A. Bakhsh-Baloch. 2014. "Impact of sett placement method and row directions on growth and yield of sugarcane variety LRK-2001". *Persian Gulf Crop Protection*, 3(2):53–59.
- Shanty, T.R. and G.R. Muthusamy. 2012. "Wider row spacing in sugarcane: a socio-economic performance analysis". *Sugar Tech.*, 14(2):126–133.
- Shanty, T.R. and S. Ramanjaneyulu. 2014. "Socio-economic performance analysis of sugar-cane cultivation under sustainable sugarcane initiative method". *Indian Res. J. Ext. Edu.*, 14(3):93–98.
- Singh, G.D., S.K. Saini, A. Bhatnagar, and G. Singh. 2012. "Effect of planting methods and irrigation scheduling on growth, yield and quality of spring planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.)". *Ann. Agric. Res.*, 33(1–2):21–24.
- Singh, G.J. and K. Gurpreet. 2015. "Infusion of single bud chip planting technique for sugar cane propagation". *Indian Journal of Economic and Development*, 11(1):227–232.
- Soomro, A.F., M.Y. Arain, R.N. Panhwar, M.A. Rajput, and N. Gujar. 2009. "Effect of spacing and seed placement on yield and yield contributing characters of sugarcane variety Thatta-co under agroecological conditions of Thatta". *Pakistan Journal of Science*, 61(2):110–115.
- Suggu, A.G., E. Ahmed, and H. Humayatullah, M. Ayaz, H.K. Ahmad, and M. Aslan. 2010. "Morphological responses of autumn planted sugarcane to planting geometry and nutrient management on different soil under arid conditions". *Pakistan Sugar Journal*, 25(1):2–9.
- Waclawosky, A.J., P.M. Sato, C.G. Lambke, P.H. Moore, and G.M. Souza. 2010. "Sugarcane for bioenergy production: an assessment of yield and regulation of sucrosa content". *Plant Biotech. J.*, 8:263–276.
- Wright, S., B. Hutmacher, A. Shrestha, G. Banuelos, M. Keeley, R. Delgado, and S. Elam. 2012. Double row and conventional cotton in Tulare Conty, California. http://www.regional.org.au/au/asa/2004/poster/2/7/4/1774_wrightsd.htm posting tanggal 26 November 2012.

RAWAT RATOON TEBU

Budi Santoso dan Ahmad Dhiaul Khuluq

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: b_santoso111@yahoo.com

Ringkasan

Keberadaan pertanaman tebu pada saat ini didominasi oleh pertanaman *ratoon* (RC) yang memiliki kecenderungan produktivitas yang menurun seiring dengan bertambahnya periode *ratoon*. Petani lebih memilih pertanaman *ratoon* disebabkan karena tanam tebu baru (PC) memerlukan biaya tinggi dari kegiatan bongkar *ratoon* dan pengadaan benih tebu yang banyak mencapai 10 ton/ha bagal atau 17.000 *budchip*. Tebu kepras atau *ratoon* perlu dilakukan pemeliharaan agar produktivitas dan rendemennya tetap terjaga dengan baik. Salah satu kegiatan rawat *ratoon* adalah kepras tebu agar didapatkan tunas baru yang tumbuh dari dalam tanah sehingga pertunasan dan perakaran tanaman tebu lebih baik. Penyulaman merupakan kegiatan penanaman untuk menggantikan benih tebu yang tidak tumbuh, baik pada tanaman baru ataupun lama (kepras) dapat berupa benih rayungan, *seblangan*, atau *budchip* agar diperoleh populasi tebu yang optimal dengan jumlah batang terpanen mencapai 72.500–75.000 batang/ha. *Pedot oyot* merupakan kegiatan pemutusan akar tebu RC yang sudah tua agar didapatkan pertumbuhan akar baru sehingga serapan hara dan air tinggi, laju pertumbuhan calon anakan lebih baik, cepat, dan seragam. Pertanaman tebu RC yang diusahakan terus menerus akan mengalami penurunan kandungan bahan organik tanah sampai dengan 50%. Penurunan bahan organik tanah berpengaruh buruk terhadap sifat fisik tanah, kimia dan biologi tanah. Pemberian bahan organik berupa pupuk kandang atau kompos dapat menggemburkan tanah, meningkatkan daya simpan air, kegiatan jasad renik berkembang dan menyuburkan tanah. Manajemen tebu *ratoon* yang baik dapat menjadi penentu faktor keberhasilan dalam pencapaian produktivitas dan rendemen tebu *ratoon* yang optimal. Manajemen tebu *ratoon* meliputi manajemen seresah, populasi tanaman, pemupukan, kebutuhan air, pengendalian gulma dan hama penyakit. Pemberian seresah (tanpa dibakar) di lahan mampu mempertahankan rata-rata produktivitas mulai RC 3 sampai RC 7 sebesar 125 ton/ha. Jumlah tunas yang di harapkan dalam fase pertunasan diupayakan di antara 75.000–80.000 tunas per hektar. Pemupukan beberapa dosis NPK dengan pengaturan seresah yang diletakkan antar baris tanaman tebu *ratoon* dapat memberikan rata-rata produktivitas selama periode 8 tahun tebu *ratoon* berkisar antara 142–158 ton/ha. Tumpang sari menggunakan palawija (jagung, kacang, kedelai) didapatkan produktivitas berkisar antara 71,75–95,67 ton/ha.

Kata kunci: Tebu, rawat *ratoon*, sistem tanam

Ratoon Maintenance of Sugarcane

Summary

The existence of the sugar cane crop at this time dominated by *ratoon* crop (RC), which has a tendency productivity decreases with *ratoon* period. Farmers prefer RC due to planting cane (PC) requires a high cost of unloading *ratoon* activities and procurement of seed up to 10 tonnes budset/ha or 17,000 *budchip*. *Ratoon* maintenance was required to obtain the productivity and

yield to remain well preserved. One of the ratoon maintenance activities is cutting the base of the cane flat ground (*kepras* activities) in order to get the new shoots that grow from the ground so that the shoot and root growth better. Seeding is a seed-planting to replace sugarcane plants that does not grow, either in the PC or RC crops with *rayungan* seed, budset or bud chips. It aims to obtain the optimal population with the amount of sugar cane harvest reaches 72.500-75.000 stems/ha. *Pedot oyot* is the old sugar cane roots termination in order to get the new root growth and nutrient uptake better so that the rate of growth of shacker better, faster, and uniforms. RC cane crop cultivated continuously can decreased soil organic matter content up to 50%. The decline in soil organic matter adversely affect the physical properties of the soil, chemical and biological soil. Organic matter such as manure or compost can fertilize the soil, increase the water holding capacities, activity of microorganisms flourish and enrich the soil. Good management of ratoon cane can be the deciding factor of success in achieving the productivity and yield of ratoon cane optimally. Management of Ratoon cane includes management of litter, plant population, fertilization, water requirements, control weeds and pests. Giving litter (without burnt) on land capable of maintaining the average productivity began ratoon cane from 3rd to 7th until 125 ton/ha. The number of shoots sprouting phase is expected to range between 75000-80000 shoots/ha. NPK fertilizer dosage by setting some litter that is placed between inter-rows of ratoon cane crops can give the average productivity over a period of 8 years ratoon ranges between 142-158 tons/ha. Intercropping use corn, beans, or soy obtained productivity ranged from 71.75 to 95.67 tonnes/ha.

Keywords: Sugarcane, ratoon maintenance, planting system

Pendahuluan

Keberadaan pertanaman tebu pada saat ini didominasi oleh pertanaman ratoon yang memiliki kecenderungan dengan produktivitas yang menurun seiring dengan bertambahnya periode ratoon. Penanaman tebu umumnya menggunakan benih dari batang (vegetatif) bukan dari biji (generatif). Kebutuhan benih sekitar 8–10 ton batang tebu/ha (bagal) atau sekitar 17.000 *budchip*/*budset*. Penanaman tebu yang menggunakan benih hanya terjadi pada tahun pertama yang biasa disebut PC (*Plant cane*). Pada tahun berikutnya sudah tidak memerlukan benih lagi tetapi memanfaatkan hasil ratoonnya yang biasa disebut RC (*Ratoon cane*). Berdasarkan jumlah kebutuhan benih tebu yang begitu banyak setiap hektarnya, maka para petani lebih menyukai pertanaman RC daripada PC karena harus melakukan bongkar ratoon dan mengeluarkan biaya cukup besar untuk pertanaman PC.

Produktivitas tebu pada tahun pertama cukup baik dan memiliki kecenderungan menurun seiring dengan semakin bertambahnya usia tanaman tebu. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa faktor seperti populasi tanaman per juring sudah berkurang, sistem perakaran sudah rapat sekali sehingga daya jelajah akar terganggu, tanah sebagai media tumbuhnya tebu mengalami pemadatan/keras, tanaman tebu umurnya sudah tua sehingga kemampuan untuk membentuk tunas-tunas baru berkurang, dan rentan terhadap serangan hama penyakit. Kegiatan rawat ratoon dimulai setelah tanaman tebu dipanen dimana kegiatan panen tebu masih meninggalkan seresah tebu yang masih tertinggal

di lahan dan keberadaan sisa batang bawah tanaman tebu yang dapat mempengaruhi pertumbuhan pertanaman RC selanjutnya. Makalah ini menyajikan tentang teknologi rawat ratoon tebu dan manajemen tebu ratoon agar diperoleh produktivitas dan rendemen tebu yang optimal dan tidak terjadi penurunan yang cukup tajam.

Panen Tebu

Panen tebu merupakan kegiatan akhir dari proses budi daya tanaman tebu di lahan dan diharapkan dapat memperoleh hasil rendemen dan produktivitas tebu yang tinggi. Produktivitas tebu pada tahun pertama dan kedua relatif cukup tinggi dan cukup bertahan sampai tahun ke tiga (RC-2). Pada tahun keempat (RC-3) dan seterusnya, produktivitas tebu cenderung menurun secara signifikan (Tabel 1). Hal ini dapat menurunkan pendapatan petani dan menjadi salah satu pendorong petani untuk melakukan kegiatan rawat ratoon tebu.

Tabel 1. Produktivitas beberapa varietas tebu pada sistem pertanaman ratoon di tanah vertisol

Varietas tebu	Produktivitas tebu (ton/ha)			
	PC	RC 1	RC 2	RC3
Co 6304	135,8	112,3	97,9	63,8
Co 7314	126,0	103,7	98,4	68,1
Co 8335	85,7	70,9	69,5	56,5
Co 8362	123,6	112,3	103,7	98,5
Co 8153	106,7	90,7	88,7	57,5

Keterangan: PC= plant cane, RC= ratoon cane (Sumber: Sundara dan Tripathi 1999)

Panen tebu dilakukan dengan cara ditebang bagian batangnya tepat dipermukaan tanah baik dilakukan secara manual menggunakan parang atau secara mekanisasi menggunakan mesin tebang tebu. Teknik penebangan tebu dapat dilakukan secara *bundled cane* (tebu ikat), *loose cane* (tebu urai), *chooped cane* (tebu cacah) (Indrawanto *et al.* 2010). Sedangkan saat panen tebu dilakukan berdasarkan pada tingkat kemasakan tebu. Tebu yang telah masuk fase kemasakan dapat dilihat dengan kondisi daun sebagian besar mengering. Akan tetapi kemasakan tebu tidak cukup dilihat secara visual, perlu dilakukan analisa kimia dengan mengukur nilai brix dan pol nira hasil perahan batang tebu bagian atas dan bawah. Nilai brix dan pol digunakan dalam penentuan faktor kemasakan (FK). Tebu dikatakan sudah masak jika FK kurang dari 25 (Jauhari *et al.* 2011) yang artinya perbedaan kandungan gula dibagian batang atas dan bawah selisihnya kecil sehingga peluang perolehan rendemen gula yang didapatkan menjadi lebih besar.

Kegiatan panen tebu bertujuan untuk mendapatkan batang yang sudah dipisahkan dari bagian pucuk dan daun kering (*daduk*). Limbah yang dihasilkan dari panen tebu berupa seresah yang terdiri dari daun kering (*daduk*), pucuk tebu, dan sisa batang tebu yang masih tertinggal di lahan (Gambar 1). Seresah tebu merupakan bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos dan jumlahnya sangat banyak dimana serasah hasil tebangan dilahan tebu mencapai 20–25 ton/tahun (Toharisman 1991). Bagi kebanyakan petani seresah tebu setelah panen menjadi masalah karena mengganggu dalam pemeliharaan tanaman sehingga biasanya petani membakar begitu saja. Hal ini dapat berdampak pada pengurangan kesuburan lahan, membahayakan pemukiman di sekitar perkebunan dan secara luas dapat menyebabkan pemanasan global.



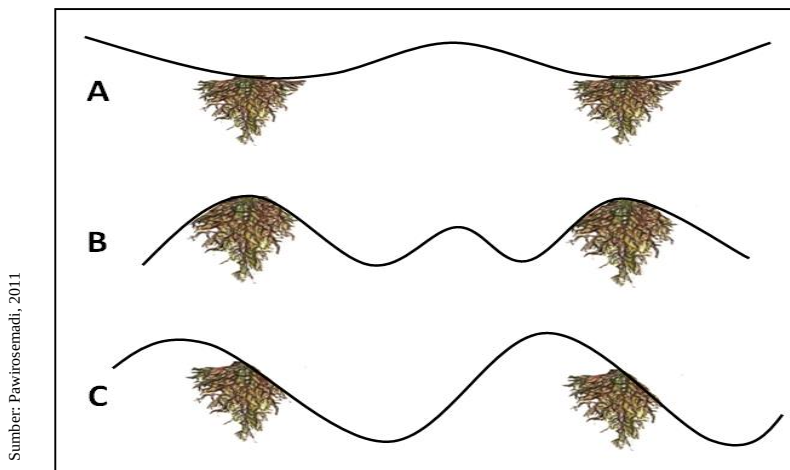
Sumber: Muchtaram 2012

Gambar 1. Limbah panen tebu di lahan berupa seresah tebu

Rawat Ratoon

Tebu kepras atau ratoon perlu dilakukan perawatan atau pemeliharaan agar produktivitas dan rendemennya tetap terjaga dengan baik. Salah satu kegiatan rawat ratoon yang biasa dilakukan petani adalah kegiatan kepras tebu. Hasil tebang manual biasanya masih meninggalkan sisa batang di permukaan tanah maka perlu dilakukan pengeprasan agar mendapatkan tunas baru yang tumbuh dari dalam tanah sehingga pertunasan dan perakaran tanaman tebu lebih baik. Pertanaman tebu yang akan dikepras lebih dahulu dibersihkan dari seresah daun kering, potongan-potongan batang tebu bekas tebang dan sisa-sisa kotoran yang lain. Alat kepras tebu adalah cangkul atau parang yang tajam.

Kepras tebu dilakukan segera setelah tebang atau paling lambat 1-2 minggu setelah tebang. Menurut Pawirosemadi (2011) terdapat tiga cara kepras tebu yaitu: 1. Kepras datar, 2 Kepras “W” dan 3. Kepras miring (Gambar 2). Cara kepras datar memberikan hasil kepras berbentuk datar ditengah-tengah rumpun tebu sepanjang juringan dengan cara berjalan searah juringan diantara dua got malang. Cara kepras “W” dilakukan dengan jalan mengepras dua sisi guludan rumpun tebu, tanah dari keprasan disusun diantara barisan tanaman sehingga terbentuk seperti guludan baru sehingga tampak bentuk “W”. Cara kepras miring dikerjakan sama dengan kepras “W” tetapi hanya dikerjakan dari satu sisi sehingga menghemat tenaga dan waktu.



Gambar 2. Tipe kepras tanaman tebu (A. Kepras datar, B. Kepras “W”, C. Kepras miring)

Populasi rumpun tebu pada pertanaman ratoon secara umum mengalami penurunan jumlahnya. Hal ini disebabkan banyak tunas-tunas yang mati karena proses pemanenan, serangan hama dan penyakit. Kondisi yang demikian dapat menurunkan tingkat produktivitas tebu yang dihasilkan. Kegiatan rawat ratoon meliputi penyulaman, *pedot oyot* dan penambahan bahan organik. Uraianannya adalah sebagai berikut:

A. Penyulaman

Penyulaman merupakan kegiatan penanaman untuk menggantikan benih tebu yang tidak tumbuh, baik pada tanaman baru ataupun lama (kepras) agar diperoleh populasi tebu yang optimal (Trytriono 2012). Pertanaman Tebu RC menghasilkan jumlah tunas anakan yang banyak, yang akan mempengaruhi populasi tanaman tebu per satuan luas lahan. Anakan tebu sebagai variabel

yang penting dalam usaha peningkatan produktivitas tebu. Tingkat produktivitas tebu per satuan luas lahan ditentukan oleh kemampuan tanaman membentuk anakan, semakin banyak anakan tebu yang terbentuk maka hasil tebu akan semakin melimpah (Rokhman *et al.* 2014).

Penyulaman dilakukan dengan menggunakan varietas dan umur yang sama. Jenis benih yang dapat digunakan dalam penyulaman adalah benih rayungan, *seblangan*, dan bud chip. Petani biasa melakukan kegiatan sulam dengan menanam benih *seblangan* yaitu mengambil benih dari tunas yang tumbuh dalam satu rumpun tebu di lahan tersebut untuk ditanam di bagian kosong pada rumpun yang mati. Pada saat melaksanakan penyulaman, harus dipastikan tersedia cukup air, untuk daerah tadah hujan maka dilakukan pada awal musim penghujan dengan diikuti pemupukan N untuk mempercepat pertumbuhannya. Menurut beberapa peneliti Tebu (PTPN XI 2008) ada beberapa cara dalam penyulaman tebu yaitu: 1) Penyulaman dilakukan pada saat pertanaman tebu berumur 3 minggu dan daun tebu sudah berdaun 3–4 helai, bibit berasal dari rayungan bermata dua atau dari pembibitan. 2) Penyulaman yang berasal dari pucuk/*rose* tebu, ketika tanaman sudah berumur lebih dari 1 bulan; 3) Penyulaman yang dilakukan setelah pembumbunan dan pemberian pupuk organik selesai yaitu umur 1,5 bulan.

B. Pedot Oyot

Sistem perakaran tebu RC lebih dangkal dari pada tanaman PC. Hal ini berkaitan dengan kenyataan di lapang bahwa tunas-tunas tanaman keprasan tumbuh dari permukaan yang lebih tinggi dibanding tanaman tahun pertama. Tebu berakar serabut, sehingga kedalaman jelajah akar tidak terlalu dalam yakni sekitar 40–50 cm. Namun perakaran yang terbanyak ditemukan pada kedalaman 10–30 cm dari permukaan tanah. Perakaran inilah yang perlu dikelola dengan baik agar fungsinya dalam mengabsorpsi unsur hara dapat berjalan dengan sebaik-baiknya (Hakim 2008). Pawirosemadi (2011) mengemukakan bahwa sistem perakaran tanaman keprasan perkembangannya kurang baik dibanding tanaman pertamanya. Tanaman keprasan mempunyai perakaran yang banyak dan akarnya sudah tua sehingga mengganggu dalam serapan hara dan air. Oleh karena itu petani biasanya melakukan kegiatan *pedot oyot* agar dapat meningkatkan serapan hara atau air bagi tebu dan didapatkan peremajaan akar tanaman RC.

Pedot oyot merupakan kegiatan pemutusan akar tebu RC yang sudah tua agar didapatkan pertumbuhan akar baru sehingga serapan hara dan air tinggi, laju pertumbuhan calon anakan lebih baik, cepat, dan seragam. *Pedot oyot* sangat diperlukan untuk pertanaman RC, tanpa perlakuan *pedot oyot*

pertumbuhan tebu akan terganggu. Menurut Depoer (2010) keterlambatan *pedot oyot* berakibat kurangnya anakan hasil keprasan dan mengganggu pertumbuhan pertanaman tebu. Berdasarkan petunjuk teknis dari PTPN XII (2014) dikemukakan bahwa pemotongan bekas batang tebu yang tertinggal (*dongkelan*) dilakukan pada kedalaman 5 cm dibawah permukaan tanah waras dan diikuti *pedot oyot* dan pupuk. Pemupukan tanaman RC dilakukan segera setelah *pedot oyot* tanpa menunggu hujan. Pupuk dimasukkan ke dalam lubang bekas *pedot oyot*, kemudian ditutup dengan tanah halus dengan rapat. Kadarwati *et al.*, 2015 menyatakan bahwa perlakuan *pedot oyot* pada pertanaman RC-4 di lahan tadah hujan memberikan peningkatan produksi 13,69% dibandingkan kontrol.

C. Penambahan Bahan Organik

Kemerosotan hasil tebu disebabkan oleh degradasi lahan yang ditandai dengan menurunnya kandungan bahan organik tanah. Lahan pertanaman tebu RC yang diusahakan terus menerus akan mengalami penurunan kandungan bahan organik tanah sampai dengan 50% (Bell *et al.*, 2007; Yadav *et al.* 2009; Galdos *et al.* 2009). Anaya dan Huber-Sanwald (2015) menyatakan bahwa penanaman tebu yang dilakukan terus menerus tanpa jeda waktu dapat menurunkan kadar bahan organik tanah disamping itu juga menyebabkan berkurangnya cadangan hara dari karbon dan nitrogen sebesar 25%.

Tabel 2. Akumulasi dan pemulihan N dalam tanaman dari bahan seresah di lahan tebu

Bagian tanaman	Akumulasi N (kg/ha)		N dalam tanaman dari seresah (kg/ha)		Pemulihan N dari seresah (%)	
	RC 1	RC 2	RC 1	RC 2	RC 1	RC 2
Batang	50 ± 5	43 ± 4	2,6 ± 0,2	2,6 ± 1,5	5,7 ± 0,6	6,9 ± 4,0
Daduk	33 ± 2	9 ± 3	0,6 ± 0,0	0,4 ± 0,2	1,4 ± 0,1	1,0 ± 0,6
Pucuk	43 ± 5	50 ± 10	0,9 ± 0,1	3,5 ± 2,5	2,4 ± 0,6	9,4 ± 6,9
Total	126 ± 12	102 ± 17	4,1 ± 0,3	6,5 ± 4,2	9,5 ± 1,3	17,3 ± 11,5

Keterangan: RC: ratoon cane/tebu kepras (Sumber: Vitti *et al.* 2010).

Pada Tabel 2 dijelaskan bahwa akumulasi N terbesar pada tanaman RC 1 terletak di batang tebu (50 ± 5 kg/ha) dan terjadi penurunan pada tanaman RC 2. Begitu juga keberadaan N yang dihasilkan dari dekomposisi seresah dalam tanaman juga cukup besar di bagian batang dengan *recoveri* sebesar $6,9 \pm 4\%$ pada tanaman RC 1. Sedangkan pada tanaman RC 2 terdapat peningkatan *recovery* N sebesar $17,3 \pm 11,5\%$ (Vitti *et al.* 2010). Hal ini menunjukkan bahwa seresah memiliki peran dalam mensuplai nitrogen dalam tanah bagi tanaman tebu meskipun jumlahnya kecil akan tetapi dalam kurun waktu yang

cukup lama dapat memberikan kontribusi pemulihan nitrogen yang besar sehingga dapat menurunkan pemberian unsur hara N dari luar.

Penurunan bahan organik tanah berpengaruh buruk terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Kondisi demikian menyebabkan penurunan produksi tebu (Speir *et al.* 2004). Pemberian bahan organik berupa pupuk kandang atau kompos dapat menggemburkan tanah dan mempunyai daya menyimpan air yang cukup besar. Di samping itu pupuk kandang menyebabkan kegiatan jasad renik berkembang dan menyuburkan tanah. Pada prinsipnya pertanaman tebu menghendaki tanah yang gembur dan berstruktur remah serta berdrainase baik. Pada lahan tadah hujan umumnya terjadi degradasi bahan organik yang berat diindikasikan keberadaan bahan organik tanah hanya kurang dari 1% sehingga dosis pemupukan bahan organik dianjurkan sebesar minimal 5 ton/ha. Peran bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Neves *et al.* 2003; Bell *et al.* 2007).

Manajemen Tebu Ratoon

Keberhasilan pertanaman tebu RC sangat dipengaruhi oleh manajemen atau pengaturan dalam perawatan dan pemeliharaan tanaman mulai dari setelah panen sampai dengan fase pertumbuhan tanaman tebu berikutnya, meliputi manajemen seresah, manajemen pupuk, pengelolaan kebutuhan air, pengendalian gulma, dan sistem tanam.

A. Manajemen Seresah

Kegiatan panen akan menghasilkan limbah biomassa berupa seresah tebu yang bagi sebagian besar petani dianggap sebagai masalah dalam pemeliharaan tebu RC selanjutnya. Akibatnya petani biasanya melakukan pembakaran seresah tebu karena dianggap lebih praktis (Gambar 3).

Pembakaran seresah di lahan dapat menurunkan potensi ketersediaan bahan organik dan unsur hara tanah dari proses dekomposisi di lahan. Pembakaran seresah dapat menghilangkan bahan organik, nitrogen, dan fosfor sementara hanya potasium yang tersedia bagi tanaman. Pemanfaatan kembali seresah tebu (*daduk*) dapat meningkatkan sifat fisik, kimia dan kandungan biologi tanah. Manajemen seresah yang efisien secara tidak langsung dapat menekan pertumbuhan gulma dan menjaga kelembapan tanah. Teknologi yang sesuai untuk aplikasi manajemen seresah tebu di lapangan telah berkembang dan petani dapat mengadopsi langkah ramah lingkungan ini untuk dapat meningkatkan hasil panen tebu tanpa mengganggu kelestarian ekosistem (Prasanna dan Pattar 2014). Dengan demikian diperlukan manajemen seresah agar dapat menggantikan persepsi seresah sebagai limbah menjadi suatu yang bermanfaat dan bernilai lebih dalam budi daya tebu RC.



A. Seresah tidak dibakar

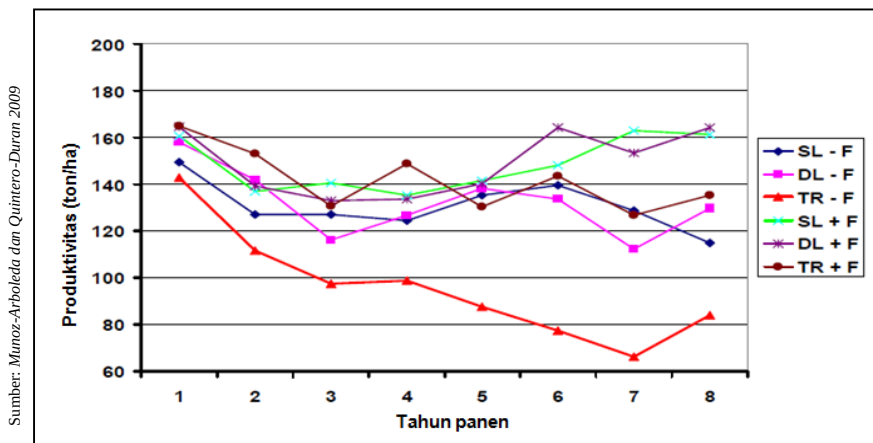
B. Seresah dibakar

Gambar 3. Kondisi lahan tebu ratoon

Pemanfaatan seresah dengan mengembalikan lagi ke lahan tebu dapat memberikan dampak pengaruh yang baik pada pertumbuhan tanaman tebu ratoon. Hal itu terlihat dengan pemberian seresah yang ditanamkan di antara juringan serta dikombinasikan dengan penambahan *Trichoderma* dan pupuk kandang dapat meningkatkan pertumbuhan tebu RC 1 umur 6 bulan pada parameter tinggi, jumlah dan bobot kering tanaman (Marbun *et al.* 2016). Pertumbuhan yang baik akan dapat berkontribusi dalam mempertahankan produktivitas tanaman tebu ratoon. Hal ini selaras dengan penelitian Mendoza *et al.* (2003) dengan memberikan perlakuan pembakaran dan pemanfaatan seresah sebagai mulsa di lahan pertanaman tebu PC sampai RC 5 (tahun ke-6). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan pemanfaatan seresah sebagai mulsa tanpa dilakukan pembakaran dapat mempertahankan produktivitas tebu sampai RC 5 dibandingkan dengan perlakuan pembakaran seresah dengan kisaran produktivitas mencapai 60–80 ton/ha. Munoz-Arboleda dan Quintero-Duran (2009) juga menyatakan peranan seresah yang cukup efektif dalam mempertahankan bahkan meningkatkan produktivitas tebu dalam periode ratoon yang panjang. Pemberian seresah (tanpa dibakar) di lahan mampu mempertahankan rata-rata produktivitas mulai RC 3 sampai RC 7 sebesar 125 ton/ha. Sedangkan perlakuan tanpa seresah dan tanpa pemupukan didapatkan kecenderungan penurunan produktivitas dari 140 ton/ha untuk PC menjadi 80 ton/ha untuk RC 7 (Gambar 4). Pola penurunan produktivitas ini diakibatkan karena kerusakan kesuburan kimia, fisik dan biologi tanah.

Pemilihan bahan tanam tebu yang tepat sangat mempengaruhi keberlangsungan pertanaman RC. Beberapa varietas tanaman yang telah dilepas dengan ketahanan kepras cukup baik dapat dijadikan alternatif pilihan agar didapatkan produktivitas dan rendemen pertanaman RC yang relatif masih tinggi dan layak ekonomi pada periode ratoon yang cukup lama. Disamping itu

jumlah populasi tanaman RC yang optimal perlu dijadikan acuan agar kecukupan dalam ketersediaan hara dan air untuk tanaman dapat terjaga. Pada tanaman tebu ada hubungan positif antara kepadatan anakan dan populasi tanaman (Bashir *et al.* 2000). Pertunasan yang terlalu banyak memiliki potensi peningkatan populasi tanaman yang melebihi kondisi optimal, mengakibatkan diameter batang tebu kecil yang berakibat produktivitas yang dihasilkan rendah. Jumlah tunas yang diharapkan dalam fase pertunasan diupayakan di antara 75.000–80.000 tunas per hektar. Kemudian Pada lahan beririgasi yang bisa di kendalikan pengelolaan airnya diharapkan pada akhir fase perpanjangan batang didapatkan jumlah batang berkisar antara 72.500–75.000 batang/ha, dengan tinggi 2,50–3,0 m, dan berat batang berkisar antara 1,20–1,40 kg/batang (Murwandono 2013).



Keterangan: TR= tanpa seresah, SL= pola antar baris 1:2 (tanpa seresah:seresah), DL= pola antar baris 2:2 (tanpa seresah:seresah), F= (-): tanpa pemupukan, (+): dengan pemupukan

Gambar 4. Pengaruh manajemen seresah pada produktivitas tanaman tebu

B. Manajemen Pupuk

Manajemen pupuk juga perlu dilakukan dengan baik agar dapat menjaga produktivitas dan rendemen tebu RC tetap tinggi. Interaksi diantara unsur hara, hubungan antara tanah dan tanaman, rasio unsur hara yang dibutuhkan dalam tanaman serta periode pemberian unsur hara berdasarkan kebutuhan tanaman sangat perlu diperhatikan agar didapatkan produktivitas tinggi (Prasanna dan Pattar 2014). Hal itu dapat dilakukan pendekatan praktis dengan mengetahui tingkat kandungan bahan organik tanah sebagai dasar rekomendasi pemupukan unsur hara N pada pertanaman RC (Tabel 3). Sehingga diharapkan kegiatan

pemupukan pada pertanaman tebu dapat dilakukan lebih baik dan efektif sehingga pencapaian produktifitas tanaman dapat mendekati potensi hasil yang diinginkan.

Tabel 3. Pedoman aplikasi pupuk N pada tanaman RC berdasarkan bahan organik tanah C

Potensi produksi (ton/ha)	Bahan organik tanah C (%)						
	<0,4	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2-1,6	1,6-2,0	2,0-2,4	>2,4
	Kebutuhan N (kg/ha)						
120	160	150	140	130	120	110	100
130	170	160	150	140	130	120	110
150	190	180	170	160	150	140	130
180	220	210	200	190	180	170	160

(Sumber: Schroeder *et al.* (2009))

Kombinasi antara manajemen pemupukan dengan manajemen seresah dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap produktivitas dan rendemen tebu RC pada periode ratoon yang relatif panjang. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 dimana pemberian beberapa dosis pupuk NPK dengan pengaturan seresah yang diletakkan antar baris tanaman tebu ratoon dapat memberikan rata-rata produktivitas selama periode 8 tahun tebu ratoon berkisar antara 142–158 ton/ha. Sedangkan tanpa pemupukan hanya dilakukan manajemen seresah saja didapatkan rata-rata produktivitas 131–132 ton/ha dan terjadi penurunan yang drastis ketika tidak dilakukan pemupukan dan manajemen seresah dengan rata-rata produktivitas mencapai 96 ton/ha. Begitu juga dengan perolehan rendemen tebu dimana kombinasi perlakuan pemupukan dan manajemen seresah diperoleh rata-rata rendemen selama periode 8 tahun tebu ratoon berkisar antara 12,04–12,46% sedangkan tanpa pemupukan didapatkan rendemen lebih rendah sebesar 11,59% (Munoz-Arboleda dan Quintero-Duran 2009).

Tabel 4. Pengaruh manajemen seresah dan dosis pemupukan terhadap produktivitas, rendemen dan bahan organik tanah dari rata-rata 8 kali periode panen tebu

N-P-K (kg/ha)	Pola antar baris 1:2 (tanpa seresah:seresah)			Pola antar baris 2:2 (tanpa seresah:seresah)			Tanpa seresah		
	Prod.	Rend.	BO	Prod.	Rend.	BO	Prod.	Rend.	BO
	(ton/ha)	(%)	(%)	(ton/ha)	(%)	(%)	(ton/ha)	(%)	(%)
100-25-30	142	12,04	3,00	142	12,14	3,17	141	12,66	3,16
150-50-60	153	12,46	3,09	147	12,04	3,22	145	12,49	3,10
200-75-90	154	12,30	3,11	158	12,11	3,27	139	12,46	2,91
150-0-60	150	12,38	3,29	152	12,32	3,35	141	12,49	3,27
150-50-0	143	12,43	3,07	146	12,01	3,36	143	12,16	3,30
0-0-0	131	11,59	3,19	132	11,75	3,20	96	12,30	2,98

Keterangan: Prod.= produktivitas, Rend.= rendemen, BO= bahan organik tanah

Sumber: Munoz-Arboleda dan Quintero-Duran (2009)

Pengelolaan Kebutuhan Air

Manajemen kebutuhan air bagi tanaman tebu juga merupakan faktor yang mempengaruhi keberhasilan budidaya tanaman tebu. Ketersediaan air sangat diperlukan dalam fase pertumbuhan tanaman tebu. Pada lahan kering, pemilihan masa tanam yang tepat dapat meminimalkan resiko tanaman mengalami cekaman kekeringan (*water stress*) pada fase kritis, mengkuantifikasi volume air yang harus ditambahkan untuk mencapai indek kecukupan air yang diinginkan, serta memaksimalkan intensitas tanam (Surmaini dan Irianto 2003). Sebagian besar tanaman tebu lahan kering yang ditanam periode Mei sampai September mengalami cekaman air (*water stress*) pada fase kritis yaitu fase pembentukan tunas dan pertumbuhan vegetatif (sampai dengan umur 165 hari). Kekeringan yang terjadi pada fase kritis akan berdampak terhadap penurunan produksi tebu/hektar paling besar dibandingkan fase lainnya yaitu fase pembentukan gula maupun fase pematangan (Irianto 2003). Tabel 5 menyajikan kebutuhan air selama setahun berdasarkan fase pertumbuhan tanaman tebu. Kebutuhan air tanaman tebu paling tinggi ketika fase perpanjangan batang dimana kebutuhan air total dapat mencapai 1200 WR-mm pertahun.

Tabel 5. Kebutuhan air tanaman tebu setahun berdasarkan fase pertumbuhan

Fase pertumbuhan	Umur tanaman (hari)	Durasi (hari)	Kebutuhan air total (WR-mm)	Kebutuhan air/hari (WR-mm)
Perkecambahan	0–45	45	300	6,67
Pertunasan	45–120	75	550	7,33
Perpanjangan batang	120–270	150	1200	8,00
Kemasakan	270–360	90	450	5,00
Jumlah	360	-	2500	6,94

Sumber: Kordorfer (1989)

Curah hujan merupakan unsur iklim yang besar pengaruhnya terhadap suatu sistem usaha tani, terutama pada lahan kering dan tadah hujan. Curah hujan sangat menentukan pola dan intensitas tanam yang dicirikan oleh *growing season* suatu lahan (Jayanti *et al.* 2015). Irianto (2003) menyatakan pendayagunaan sumber daya air untuk menekan resiko kekeringan, penurunan hasil tebu dapat dilakukan dengan pengembangan konsep "*rainfall and rainoff harvesting*" melalui pembangunan "*channel reservoir*". Berdasarkan karakteristik potensi sumber daya air hujan lahan kering dan hasil simulasi kebutuhan air untuk seluruh fase pertumbuhan tanaman ternyata secara kuantitas kebutuhan air tebu dapat dicukupi apabila potensi aliran permukaan dapat

disimpan pada saat musim hujan dan didistribusikan pada saat musim kemarau. Dengan demikian perlu perhatian lebih terutama manajemen perawatan tebu varietas masak awal dimana setelah tebang pada awal musim kemarau tebu ratoon memasuki fase kritis yang membutuhkan air untuk pertumbuhan sehingga keberadaan *channel reservoir* sangat membantu dalam menekan penurunan produktivitas tebu yang dihasilkan.

C. Pengendalian Gulma

Keberadaan gulma dapat menjadi hambatan dalam pencapaian produktivitas tebu secara optimal. Puspitasari *et al.* (2013) menyatakan tebu memerlukan masa bebas dari persaingan dengan gulma antara 2–3 bulan setelah tanam karena pada saat tersebut tanaman tebu sedang membentuk dan menumbuhkan tunas-tunas induk muda serta dimulainya fase peranakan. Selepas masa kritis tersebut tebu mampu bersaing dengan gulma. Penggunaan herbisida tunggal Ametrin (dosis 3 l/ha) 1 minggu sebelum olah tanah dan 1 bulan setelah tanam menghasilkan pertumbuhan vegetatif tanaman tebu yang lebih baik dilihat dari tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang maupun jumlah anaknya. Manajemen pengendalian gulma dapat dilakukan dengan penyemprotan herbisida atau dilakukan dengan menanam tanaman sela dengan sistem tumpang sari.

D. Sistem Tanam

Tumpang sari tebu lahan kering dengan tanaman palawija, unsur hara dan air tidak merupakan faktor pembatas karena dapat dipenuhi dari pupuk sedang air dari hujan. Masalah yang muncul adalah kebutuhan cahaya bagi tanaman sela menjadi terbatas karena tebu berhabitus tinggi sehingga dapat menaungi tanaman yang lebih rendah. Pengaturan saat tanam tanaman sela pada tebu dimaksudkan agar tanaman sela yang ditanam lebih awal mendapatkan cahaya matahari cukup, karena tebu masih kecil sehingga ruang tumbuh masih terbuka. Sebaliknya tanaman sela yang ditanam lebih lambat, cahaya matahari yang dibutuhkan berkurang karena mendapatkan naungan dari tajuk tebu yang semakin lebat (Soejono 2003). Hal itu dapat dilihat dari hasil perolehan hasil tebu dengan tumpang sari menggunakan palawija (jagung, kacang, kedelai) didapatkan produktivitas berkisar antara 71,75–95,67 ton/ha (Tabel 6). Disamping itu dalam manajemen tebu ratoon perlu juga diperhatikan perangkat teknis budi daya tebu serta pengendalian hama penyakit yang dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tanaman tebu. Dengan demikian

manajemen tebu ratoon sangat diperlukan untuk didapatkan produktivitas dan rendemen tebu yang tetap tinggi selama periode ratoon yang relatif panjang.

Tabel 6. Produktivitas Tebu pada tiap jenis tanaman sela

Waktu tanam tanaman sela	Jenis tanaman sela		
	Jagung	Kacang	Kedelai
	Produktivitas tebu (ton/ha)		
2 minggu sebelum tanam tebu	71,75	79,58	78,92
Bersama tanam tebu	74,00	81,75	84,33
2 minggu setelah tanam tebu	89,00	84,75	85,25
4 minggu setelah tanam tebu	90,17	77,50	85,33
6 minggu setelah tanam tebu	95,67	84,67	95,58
Tebu monokultur			

Sumber: Soejono (2003)

Penutup

Pemeliharaan atau rawat ratoon sangat diperlukan dalam budidaya tanaman kepras (RC). Hal ini dibutuhkan agar dapat menjaga tingkat produktivitas tanaman RC dan tidak terjadi penurunan yang terlalu tajam selama periode ratoon yang panjang. Kegiatan rawat ratoon meliputi kepras tebu, penyulaman, *pedot oyot*, dan pemberian pupuk organik. Manajemen tebu ratoon yang baik dapat menjadi penentu faktor keberhasilan dalam pencapaian produktivitas dan rendemen tebu ratoon yang optimal. Manajemen tebu ratoon meliputi manajemen seresah, populasi tanaman, pemupukan, kebutuhan air, pengendalian gulma dan hama penyakit. Pemberian seresah (tanpa dibakar) di lahan mampu mempertahankan rata-rata produktivitas mulai RC 3 sampai RC 7 sebesar 125 ton/ha. Jumlah tunas yang di harapkan dalam fase pertunasan diupayakan di antara 75.000–80.000 tunas per hektar. Pemupukan beberapa dosis NPK dengan pengaturan seresah yang diletakkan antar baris tanaman tebu ratoon dapat memberikan rata-rata produktivitas selama periode 8 tahun tebu ratoon berkisar antara 142–158 ton/ha. Tumpang sari menggunakan palawija (jagung, kacang, kedelai) didapatkan produktivitas berkisar antara 71,75–95,67 ton/ha.

Daftar Pustaka

- Anaya, C.A. and E. Huber-Sannwald. 2015. Long-Term Soil Organic Carbon and Nitrogen Dynamics after Conversion on Tropical Forest To Traditional Sugarcane Agriculture in East Mexico. *Soil and Tillage Research* 147:20–29.
- Bashir, S., M. Saeed, A. Ghaffar, Z. Ali and R. M. Z. Khan . 2000. Analysis of Economic Aspects of Raising Autumn Sugarcane at Different Planting Patterns and Seeding Densities. *J. Gric. Biol.*, 2:322–325.
- Bell, M.J., G.R. Stirling, C.E. Pankhurst. 2007. Management Impacts on Health of Soils Supporting Australian Grain and Sugarcane Industries. *Soil and Tillage research* 97:256–271.
- Depoer, D.P. 2010. “Pengembangan Perkebunan Tebu Tegal Berbasis Mekanisasi Sederhana”. dilihat 14 Juni 2016 <<https://www.Scribd.com/2/>>
- Galdos, M.V., C.C. Cerri, C.E.P. Cerri. 2009. Soil Carbon Stocks Under under Burned and Unburned Sugargane in Brazil. *Geoderma* 153:347–352.
- Hakim, M. 2008. *Tebu Menuju Swasembada Gula dengan 4 Pilar Terobosan*. Emha Training Center & Advisory Services. Bandung.
- Indrawanto, C. Purwono, Siswanto, M. Syakir, W. Rumini. 2010. *Budidaya dan Pascapanen Tebu*. Eska Media. Jakarta. Hal. 30
- Irianto, G. 2003. *Tebu Lahan Kering dan Kemandirian Gula Nasional*. dalam Tabloid Sinar Tani, 20 Agustus 2003.
- Jauhari, A.A. Fariza, K. Fathoni. 2011. “Penentuan Waktu Tebang Tebu dengan Menggunakan Nilai Awal pada Pabrik Gula (Studi Kasus: PG Pesantren Baru Kediri)”. dilihat tanggal 1 Agustus 2016 <<https://www.researchgate.net/publication/277109068>>
- Jayanti, K.D., P. Sudira. B.H. Sunarminto. 2015. Prediksi Neraca Air untuk Menentukan Masa Tanam Tebu di Kecamatan Kalasan, Sleman. *Ilmu Pertanian* 18(2):109–116
- Kadarwati, F.T., 2015. Peningkatan Produksi dan Rendemen Tebu (*Sacharrum officinarum*) Melalui Rawat Ratoon. *Journal Litri* 21(4):199–205.
- Kordorfer, G.H. 1989. Crescimento E Distribuiq O Do Sistema Radicular De Cana De Aqdcar Em Solo LVA., Bol. Tec. Copersucar (Piracicaba) p. 47–89 dalam Prasanna, S.M. and P.S. Pattar. 2014. Successful Ratoon Management in Sugarcane. *RRJAAS* 3(4):39–47.
- Marbun, A., A. Rauf, dan C. Hanum. 2016. Teknik Mulsa Vertikal pada Budidaya Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Ratoon Satu. *Jurnal Pertanian Tropik*. 3(1) (9):82–91
- Mendoza, T.C., R. Samson, and T. Helwig. 2003. Evaluating The Many Benefits of Sugarcane Trash Farming Systems. *Philippine Journal of Crop Science* 27(1):43–51.
- Muchtaram, I. 2012. “Teknik Budidaya Tebu”. dilihat tanggal 8 Agustus 2016 <<https://kelilingsurabaya.wordpress.com/2012/04/02/budi-daya-tebu/>>.
- Munoz-Arboleda, F. and R. Quintero-Duran. 2009. Trash Management after Green Cane Harvesting and Its Effect on Productivitu and Soil Respiration. *Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol.*, 27:1–8.
- Murwandono. 2013. “Budi Daya Tebu di Indonesia”. Makalah Seminar Bulanan Balittas 1 Oktober 2013. Malang.
- Neves, C.S.V.J., C. Feller, M.F. Guimaraes, C.C. Medina, J. Tavares Filho, M. Fortier 2003. Soil Bulk Density and Porosity of Homogeneous Morphological Units Identified by the Cropping Profile Method in Clayey Oxisols in Brazil. *Soil and Tillage Research* 71:109–119.

- Pawirosemadi, M. 2011. "Dasar-Dasar Teknologi Budidaya Tebu dan Pengolahan Hasilnya". *UM Press*. Malang. 811 hlm.
- Prasanna, SM and PS Pattar. 2014. successful ratoon management in sugarcane. *RRJAAS* 3(4):39–47
- PTPN XI. 2008. "Memahami Budidaya Tebu". Strategi Direksi PTPN XI Persero. Surabaya.
- PTPN XII. 2014. "Evaluasi Capaian Produktivitas Tebu Giling 2014 dan Rendemen". Disajikan dalam Lokakarya Kebun Tebu di Wilayah 1 dan 2 PTPN XII pada tanggal 9 Desember 2014 di Kebun Kandang Lembu.
- Puspitasari, K., H.T. Sebayang, B. Guritno. 2013. Pengaruh Aplikasi Herbisida Ametrin dan 2,4-D dalam Mengendalikan Gulma Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(2):71–80.
- Rokhman, H., Taryono, dan Supriyanta. 2014. Jumlah Anakan dan Rendemen Klon tebu (*Saccharum officinarum*) Asal Bibit Tanaman Tebu Diperbanyak Secara Vegetatif Bentuk Bagal. *Journal Vegetalika*, 3(3):89–96.
- Schroeder, B., J. Panitz, T. Linedale, C. Whiteing, B. Callow, P. Samson, A. Hurney, D. Calcino, P. Allsopp. 2009. "Smartcane Harvesting and Ratoon Management". BSES, Canegrowers and State of Queensland. p. 1–30.
- Soejono, A.T. 2003. Pengaruh Jenis dan Saat Tanam Tanaman Palawija dalam Tumpang sari Tebu Lahan Kering Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman. *Ilmu Pertanian*, 10(2):26–34.
- Speir, T.W., J. Horswell, R. G. McLaren, G. Fietje, A.P. VanSchalk. 2004. Compoatedbiolid Enhance Fertility of A Sandy Loam Soil under Dairy Pasture. *Biology and Fertility of Soil* 40:349–358.
- Sundara, B. and B.K. Tripathi. 1999. Available N Changes and N Balance under Multi Ratooning of Sugarcane Varieties in A Tropical Vertisol. *Proceedings of the XXIII ISSCT Congress*, New Delhi, India, 22–26 February, 2:80–88.
- Surmaini, E. dan G. Irianto. 2003. Anomali Iklim, Evaluasi Masa Tanam, Tingkat Kehilangan Hasil dan Pengaturan Sistem Produksi Pertanian di Kalimantan Timur. *Berita Biologi* 6(6):727–736.
- Toharisman. 1991. Pengelolaan Tebu Berkelanjutan. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia. dalam Sugandi, W.K., R.P.A. Setiawan, W. Hermawan. 2013. Uji Kinerja Unit Pemotong Seresah Tebu Tipe Reel. *Bionatura* 15(3):149–155.
- Trytriono. 2012. "Teknik Pemeliharaan Tebu dalam Usaha Budidaya". dilihat tanggal 2 Agustus 2016 <<http://trytrionoblogsport.com/2012/12/teknik-pemeliharaan-tebu-dalam-usahatani>>.
- Vitti, A.C., D.A. Ferreira, H.C.J. Franco, C. Fortes, R. Otto, C.E. Faroni and P.C.O. Trivelin. 2010. Utilisation of Nitrogen from Trash by Sugarcane Ratoons. *Proc. Int.Soc. Sugarcane Technol.* 27:1–8.
- Yadav, R.L., A. Suman, S.R. Prasad, O. Prakash. 2009. Effect of *Gluconacetobater diazotrophicus* and *Trichoderma viride* on Soil Health, Yield and N-Economy of Sugarcane Cultivation under Subtropical Climatic Conditions of India. *European Journal of Agronomy* 30:296–303.

HAMA TANAMAN TEBU DAN PENGENDALIANNYA

Dwi Adi Sunarto, Sujak, dan Subiyakto

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: dwiadizunarto@gmail.com

Ringkasan

Tanaman tebu merupakan komoditas utama penghasil gula. Swasembada gula telah menjadi salah satu program pemerintah. Untuk mencapai tujuan program tersebut, maka tanaman tebu sebagai komoditas utama harus ditingkatkan produktivitasnya. Keberadaan hama berpotensi menjadi salah satu gangguan yang dapat menurunkan produktivitas. Keberadaan hama pada tanaman tebu dapat menyebabkan kerusakan mulai dari ringan hingga berat dan gagal panen. Mengenali hama merupakan langkah awal sebagai dasar untuk menetapkan strategi pengelolaan hama yang tepat. Hama penting pada tanaman tebu dikelompokkan sebagai hama perusak akar, penggerek pucuk, penggerek batang dan tunas. Tidak kurang dari 24 spesies herbivora, terdiri atas serangga, tungau, dan binatang pengerat yang berasosiasi dengan tanaman tebu, tetapi sebagian besar tidak berstatus sebagai hama. Herbivora yang berstatus sebagai hama penting dan potensial berdasarkan bagian tanaman yang diserang adalah hama perusak akar, hama penggerek pucuk, dan hama penggerek batang. Hama perusak akar yang paling dominan di Jawa adalah *Lepidiota stigma* Fabricius, *Euchlora viridis* Fabricius, dan *Holothricia helleri* Bursk, dan di Lampung *Pachnessa nicobarica* Redtenbacher. Hama penggerek pucuk yang utama adalah *Scirpophaga excerptalis* Walker. Hama penggerek batang terdiri atas *Chilo auricilius saccharipagus* Dudgeon, penggerek batang berkilat *Chilo auricilius* Dudgeon, penggerek batang abu-abu *Tetramoera schistaceana* Snellen, penggerek batang kuning *Chilo infuscatellus* Snellen, penggerek batang jambon *Sesamia inferens* Walker, dan penggerek batang raksasa *Phragmataecia castaneae* Hubner. Pengelolaan hama tebu lebih ditekankan dengan mengendalikan musuh alami yang dikombinasikan dengan penanaman varietas tahan dan mekanis.

Kata kunci: Tebu, hama, perusak akar, penggerek batang, penggerek pucuk

Sugarcane Pest and Control

Summary

Sugarcane is a major commodity for sugar. Self-sufficiency has become one of the Indonesian government's program. To achieve the objective of the program, then the plant cane sugar as a major commodity producer should be increased productivity. Pest has the potential to be one of the disorders that can reduce productivity. The existence of pests in sugarcane can cause damage ranging from mild to severe and crop failure. Recognizing the pest is the first step as a basis for establishing appropriate pest management strategies. Important pests in sugarcane is classified as destructive pests root, shoot borers, stem borers, and shoots. No less than 24 species of pests were found in sugarcane consists of insects, mites, and rodents. Herbivore associated with relatively large sugarcane crops, but most are not status as pests. Herbivorous pest status as important and potentially parts of the plants are attacked by pest is the root, shoot borer, stem borer, and shoots. Pest root consists of the most dominant species in Java is *Lepidiota*

stigma Fabricius, *Euchlora viridis* Fabricus, and *Holothricia helleri* Bursk, in Lampung *Pachnessa nicobarica* Redtenbacher, The main shoot borer *Scirpophaga excerptalis* Walker. Stem borer and shoots consisting of *Chilo auricilius saccharipagus* Dudgeon, *Chilo auricilius* Dudgeon, *Tetramoera schistaceana* Snellen, *Chilo infuscatellus* Snellen, *Sesamia inferens* Walker, and *Phragmataecia castaneae* Hubner. Sugarcane pest management is emphasized by relying on the natural strength combined with planting resistant varieties and mechanical.

Keywords: Sugarcane, pest, pest roots, stem borer, shoots borer

Pendahuluan

Tanaman tebu merupakan komoditas utama penghasil gula. Swasembada gula menjadi salah satu program pemerintah. Untuk mencapai tujuan program tersebut, maka tanaman tebu sebagai komoditas utama penghasil gula harus ditingkatkan produktivitasnya. Keberadaan hama pada tanaman tebu berpotensi menjadi salah satu gangguan yang dapat menurunkan produktivitas, karena dapat menyebabkan kerusakan mulai dari ringan hingga berat dan gagal panen. Hama yang sering menyerang pada tanaman tebu terutama adalah penggerek, hama ini menyebabkan kerusakan batang 14,5% (Goebel *et al.* 2014). Di Bangladesh penggerek batang tebu menyebabkan kehilangan hasil 23–36%, sedangkan di Pakistan hama penggerek menyebabkan kehilangan hasil 30–70% (Chohan *et al.* 2014).

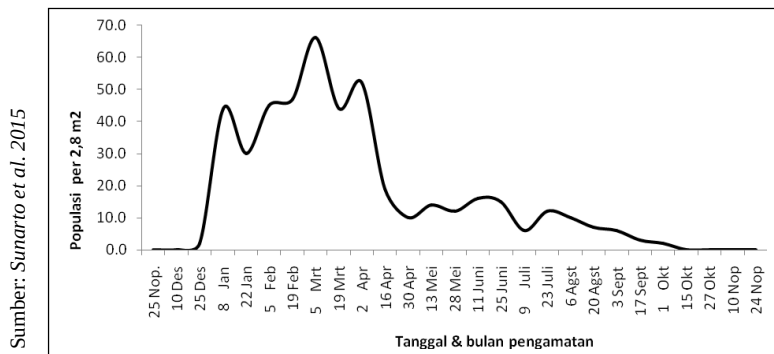
Binatang pemakan tumbuhan atau herbivora dianggap sebagai hama ketika binatang tersebut telah merugikan secara ekonomi. Selama kerusakan yang disebabkan oleh binatang belum mencapai ambang ekonomi, maka binatang tersebut belum disebut sebagai hama. Dalam rantai makanan posisi binatang pemakan tumbuhan merupakan tingkat tropik kedua, sehingga keberadaannya juga diperlukan di alam. Status binatang berubah menjadi hama, pada umumnya dipengaruhi oleh manusia dalam pengelolaan alam. Untuk mempertahankan populasi binatang agar tidak merugikan secara ekonomi, maka diperlukan pengelolaan yang baik.

Untuk itu pengelolaan hama yang tepat diharapkan dapat menekan terjadinya penurunan produktivitas tanaman tebu yang disebabkan oleh hama. Mengenali hama merupakan langkah awal sebagai dasar untuk menetapkan strategi pengelolaan hama yang tepat. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh Achadian *et al.* (2012), hama utama pertanaman tebu di Jawa ialah penggerek pucuk, penggerek batang, uret, dan tikus. Sekitar tidak kurang dari 24 spesies herbivora yang dijumpai pada tanaman tebu terdiri atas serangga, tungau, dan binatang pengerat (Achadian *et al.* 2011)

Hama Perusak Akar

Uret merupakan hama penting tanaman tebu yang ditanam pada lahan kering dengan tekstur tanah ringan. Hama ini dianggap penting karena sebarannya yang cukup luas dan mampu menyebabkan kegagalan panen. Kerugian yang disebabkan oleh uret pada tanaman tebu dapat mencapai 60 ton/ha (Lutfi dan Melina 2011). Di Purworejo serangan mencapai lebih dari 50%, di Sleman dan Purworejo mencapai lebih dari 60%. Di Asembagus, Kabupaten Situbondo serangan uret pada tanaman tebu menyebabkan kegagalan panen (Subiyakto *et al.* 2015).

Kemunculan uret sangat dipengaruhi oleh kelembapan tanah terutama yang disebabkan oleh turunnya hujan. Selama musim kemarau yaitu pada bulan Juni–Oktober uret instar akhir dan pupa berada di dalam tanah hingga mencapai kedalaman 1 m. Saat memasuki musim hujan bulan Oktober atau November dimulai penerbangan kumbang untuk mencari pasangan. Imago tertarik dengan cahaya dan aktif pada jam 18.00–20.00. Setelah kopulasi uret betina meletakkan telur di tanah. Stadium larva mulai dapat dijumpai pada bulan Desember hingga September (Gambar 1). Larva instar III merupakan stadia paling berbahaya banyak dijumpai pada Februari–April. Dalam satu tahun hanya terjadi satu siklus. Pemahaman siklus hidup uret di lapangan yang demikian ini dapat digunakan sebagai strategi pengendalian uret.



Gambar 1. Fluktuasi populasi larva uret pada tanaman tebu di Banyuputih, Situbondo pada tahun 2014–2015

Secara umum gejala serangan yang disebabkan oleh berbagai spesies uret tidak berbeda. Uret menyerang tanaman tebu pada bagian akar atau pangkal batang tebu. Gejala pada tanaman muda ditunjukkan dengan pucuk tanaman layu dan tahap selanjutnya menguning seperti gejala kekeringan. Serangan

pada tanaman muda dapat menyebabkan kematian tanaman, sedangkan pada tanaman tua menyebabkan tanaman mudah roboh. Tanaman yang terserang kehilangan sebagian hingga semua akar dan terbentuk rongga-rongga gerkakan.

Sedikitnya 25 spesies uret ditemukan di Indonesia. Spesies yang menyerang pada beberapa daerah pengembangan tebu berbeda-beda tergantung pada jenis dan tipe tanah serta sejarah penggunaan lahan. Spesies paling dominan di Jawa adalah *Lepidiota stigma* Fabricius, *Euchlora viridis* Fabricius, dan *Holothricia helleri* Bursk, di Lampung *Pachnessa nicobarica* Redtenbacher. Uret mempunyai siklus hidup relatif panjang, di daerah tropis sekitar 12 bulan, sedangkan di daerah subtropis sampai 24 bulan. Siklus hidup untuk beberapa spesies uret sebagai berikut:

1. *Lepidiota stigma* Fabricius

Lepidiota stigma Fabricius merupakan uret berukuran paling besar dibanding spesies uret yang lain yang menyerang tanaman tebu. Imago berwarna keco-kelatan, berukuran 25–35 mm biasanya muncul setelah hujan atau ketika kelembapan sesuai dengan syarat hidupnya yaitu berkisar pada bulan Oktober–Desember. Masa stadia pupa berkisar 50–60 hari. Kumbang *L. stigma* selain pada tanaman tebu, juga dapat dijumpai pada johan, nyamplung, asem, kamboja, waru, dll. Telur diletakkan di dalam tanah yang lembap setelah 8 hari imago berkopulasi. Telur berbentuk bulat berukuran diameter sekitar 2 mm dan berwarna putih jernih yang diletakkan di dalam tanah yang lembap. Lama stadia telur berkisar antara 14–15 hari. Larva yang baru menetas memakan bahan organik.

Dalam pertumbuhan selanjutnya larva memakan perakaran, baik perakaran rumput maupun tanaman tebu. Stadia larva yang paling merusak tanaman tebu adalah larva instar ke-3. Larva instar ke-4 yang merupakan instar akhir sebelum memasuki stadia pupa relatif kurang aktif makan. Larva instar ke-4 masuk ke dalam tanah yang lebih dalam dan lembap. Ukuran panjang larva instar akhir 6–8 cm dan lebar 1,5 cm. Larva berwarna putih kekuningan dengan kepala berwarna cokelat. Stadium larva berlangsung selama 240–290 hari, kemudian memasuki fase prepupa selama 15 hari. Selanjutnya menjadi pupa berada di dalam tanah yang relatif dalam yaitu hingga lebih dari 1 m dan dilindungi kokon yang terbuat dari tanah. Ukuran pupa 25–30 mm. Masa stadia pupa berkisar antara 20–30 hari. Masa pupa dapat berlangsung lebih lama jika lingkungannya tidak mendukung terutama kelembapan tanah yang sangat rendah (Pramono 2005a).



Foto: Dok. D.A. Sunarto

Gambar 2. *L. stigma* stadium larva dan imago

2. *Euchlora viridis* Fabricius

Imago *Euchlora viridis* Fabricius berwarna hijau mengkilap. Ukuran imago panjang 12 mm dan lebar 6 mm. Setelah berkopulasi imago meletakkan telur berwarna putih susu dan berangsur berubah menjadi putih gelap menjelang menetas di dalam tanah. Telur berukuran diameter 1 mm. Telur menetas setelah 9–10 hari. Larva yang baru menetas berwarna kuning susu dengan ukuran panjang 5–6 mm. Larva muda makan rerumputan dan pada perkembangan selanjutnya memakan akar tanaman tebu. Inang uret ini adalah *Axonopus compressus* (rerumputan), *Cynodon dactylon* (rumput grinting), *Polytria amaura* (lamuran). Jenis tanaman yang tidak disukai adalah *Amaranthus* sp. (bayam), *Portulaca* sp. (krokot), dan *Acasia villosa* (akasia) (Kalshoven 1981). Larva mengalami 3 kali pergantian kulit. Ukuran larva 2–2,6 mm. Pupa berada dalam kokon yang terbuat dari tanah di dalam tanah Stadium pupa berlangsung selama 13–14 hari.



Foto: Dok. Sri Hartati

Foto: D.A. Dok. Sunarto

Gambar 3. *E. viridis* stadium larva dan imago

3. *Hollothricia helleri* Bursk

Imago *Hollothricia helleri* Bursk setelah muncul dari pupa pada awalnya berwarna kuning muda dan selanjutnya berangsur-angsur berwarna cokelat tua. Ukuran imago panjang 12 mm dan lebar 6 mm. Setelah berkopulasi imago meletakkan telur, berwarna putih susu yang berangsur berubah menjadi putih gelap menjelang menetas di dalam tanah. Ukuran telur berdiameter 1 mm. Telur menetas setelah 9–10 hari. Larva yang baru menetas berwarna kuning susu dengan panjang 5–6 mm. Larva muda makan rerumputan dan pada perkembangan selanjutnya memakan akar tanaman tebu. Inang uret ini adalah *A. compressus* (rerumputan), *C. dactylon* (rumput grinting), *P. amaura* (lamuran). Jenis tanaman yang tidak disukai adalah *Amaranthus* sp. (bayam), *Portulaca* sp. (krokot), dan *A. villosa* (akasia) (Kalshoven 1981). Larva mengalami 3 kali pergantian kulit. Ukuran larva 2–2,6 mm. Pupa berada dalam kokon yang terbuat dari tanah di dalam tanah. Stadium pupa berlangsung selama 13–14 hari.



Foto: Dok. Sri Hartati

Gambar 4. *H. helleri* stadium larva dan imago

4. *Leucopholis rorida* Fabricius

Uret ini mirip dengan *L. stigma* namun berukuran lebih kecil. Mempunyai panjang badan 31 mm dan lebar 15 mm berwarna cokelat tua hingga kehitaman. Imago biasanya muncul pada awal musim hujan. Telur diletakkan pada kedalaman tanah 30–100 cm. Telur menetas 3–4 minggu. Larva mengalami 3 kali pergantian kulit. Larva berada pada kedalaman 20–80 cm. Ukuran larva 55 mm. Larva muda mulai ditemukan pada pertengahan September–Februari, sedang larva dewasa yang merugikan bulan Maret–Agustus. Fase prepupa 10–

30 hari. Pupa berwarna kuning kecokelatan dan terletak dalam kokon berupa rongga yang tertutup oleh tanah yang keras dan kering pada kedalaman tanah 75 cm. Masa pupa 4–5 minggu (Juni–Agustus).

Hama Penggerek Pucuk Tebu

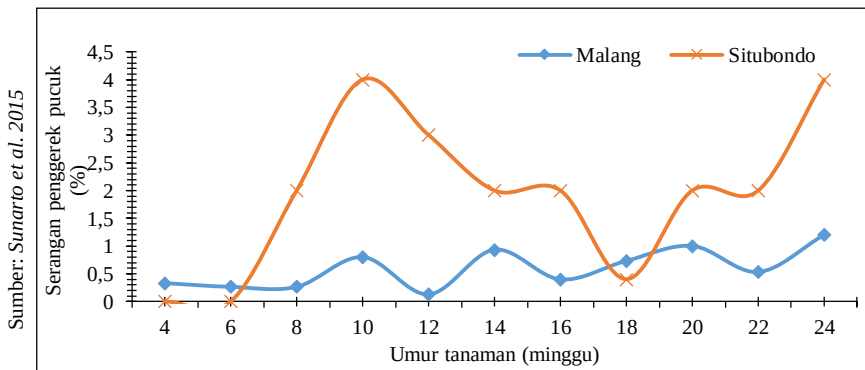
Jenis penggerek yang merusak tanaman tebu dan berpotensi menyebabkan kerugian cukup berarti adalah penggerek pucuk tebu *Scirpophaga excerptalis* Walker. *S. excerptalis* mampu menyebabkan penurunan hasil panen tanaman tebu sampai dengan 51%. Kerusakan tanaman yang disebabkan oleh penggerek pucuk bervariasi, di Papua New Guinea hama ini menyebabkan kerusakan 30 ton/ha tebu atau setara dengan 3 ton gula/ha (Kuniata 2010). Serangannya juga mampu menurunkan bobot dan panjang tebu hingga 30%. Survei yang dilakukan tahun 2012 dilaporkan bahwa penggerek pucuk menyebabkan kerusakan berkisar 3–48% (Asbani 2012). Pramono *et al.* (2009) juga melaporkan bahwa di pertanaman yang dikelola PG Kembang Mayang, Lampung, intensitas serangan penggerek pucuk mencapai 6–49%. Di Indonesia hama ini dilaporkan menyerang di beberapa daerah antara lain Jawa, Sumatra Selatan, Lampung, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara. Hama ini merupakan hama penting pada tanaman tebu.

Tingkat serangan penggerek pucuk dipengaruhi oleh faktor umur tanaman, varietas, lingkungan, dan perilaku pengelolaan tanaman. Serangan pada tanaman muda berumur kurang dari 2 bulan biasanya kurang berpengaruh terhadap produksi, karena kematian tanaman dapat tergantikan oleh tunas-tunas baru. Serangan penggerek pucuk pada tanaman umur menengah yaitu sekitar 5–6 bulan berpotensi menyebabkan penurunan produktivitas. Pola pengelolaan perkebunan tebu rakyat di sebagian besar Pulau Jawa dilakukan tanpa menggunakan pestisida. Hal ini sangat baik bagi keseimbangan alam pada agroekosistem pertanaman tebu. Kegagalan panen yang disebabkan oleh penggerek pucuk hampir tidak pernah terjadi di Pulau Jawa.

Hasil penelitian yang dilaporkan oleh Nurindah *et al.* (2013) dan Sunarto *et al.* (2015) tingkat serangan penggerek pucuk selalu dalam kategori serangan ringan yaitu tidak lebih dari 5% (Gambar 5). Persentase serangan tertinggi terjadi pada fase pertumbuhan yang kritis yaitu 8–14 minggu setelah tanam, tetapi intensitasnya sangat rendah. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kondisi keseimbangan alami pada agroekosistem perkebunan tebu rakyat di Malang dan Situbondo cukup baik dan tindakan pengendalian dari luar belum diperlukan. Kondisi ini perlu dipertahankan terus agar keseimbangan alam yang terbentuk tidak terganggu. Perilaku petani dalam aplikasi pestisida

yang biasanya cenderung tidak rasional harus dihindari agar masalah hama tidak menjadi problem yang sulit dipecahkan.

Gejala serangan *S. exerphtalis* umumnya ditandai dengan pucuk yang mati atau mati puser pada tanaman muda dan tua. Tanda serangan terlihat dari aktivitas ulat yang menggerek helaian daun pucuk yang masih menggulung. Pola lubang gerakan pada daun teratur merupakan ciri khas dari serangan penggerek pucuk. Pada perkembangan selanjutnya, larva menggerek tulang daun dan menuju titik tumbuh tanaman. Panjang gerakan yang terbentuk oleh penggerek pucuk mulai dari daun sampai titik tumbuh mencapai 18,47 cm. Ketika larva menyerang titik tumbuh, maka dapat menyebabkan terjadinya mati puser atau terbentuknya siwilan pada tanaman tebu. Pada satu batang tanaman tebu biasanya hanya dijumpai satu ekor larva yang menyerang (Pramono 2005b).



Gambar 5. Fluktuasi populasi penggerek pucuk tebu di Pakis, Malang, dan Asembagus, Situbondo pada tahun 2014

Imago *S. exerphtalis* sebagian besar keluar dari ruas tebu ke-3 dan 4. *S. exerphtalis* memiliki sayap depan dan belakang berwarna putih. Pada bagian ujung perut imago betina terdapat spot warna merah. Warna merah ini merupakan ciri spesifik yang tidak ditemui pada spesies *Scirpophaga* lainnya. Panjang ngengat berkisar 20–30 mm dan ngengat jantan biasanya lebih kecil dibanding betina (Kumar dan Rana 2013b). Stadium imago berlangsung selama 4 hari. Setelah berkopulasi betina meletakkan telurnya secara berkelompok di permukaan bawah daun (Gambar 6). Telur diselimuti dengan rambut-rambut berwarna cokelat kekuningan yang berasal dari bagian ujung abdomen induknya. Satu betina mampu bertelur 67–215 (Kumar dan Rana 2013a; Kumar dan Rana 2014) butir. Stadium telur berlangsung selama 8–9 hari. Larva yang baru menetas berukuran 2,5 mm dan ketika instar akhir, panjang-

nya dapat mencapai 50 mm. Larva bersifat kanibal, sehingga dalam satu batang tebu biasanya hanya terdapat satu larva. Stadium larva berlangsung selama 35 hari. Stadium pupa terletak di dalam lorong gerak pada sisi paling bawah berdekatan dengan lubang keluar. Pupa berwarna kuning pucat dengan bintik-bintik kuning kecokelatan. Stadium pupa berlangsung selama 8–12 hari. Total satu siklus hidup rata-rata selama 50 hari (Kumar dan Rana 2013a).



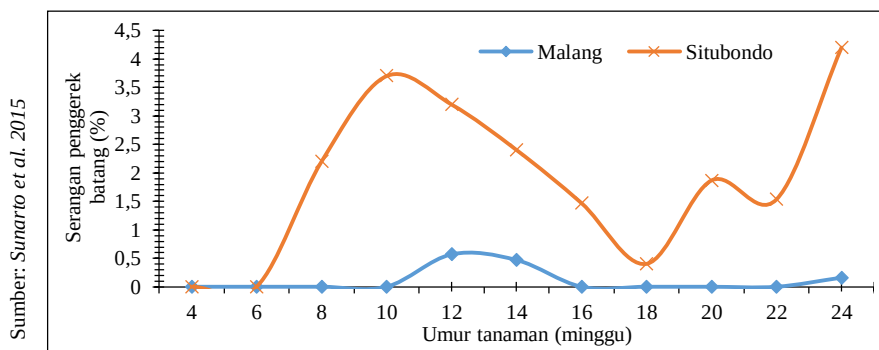
Foto: Dok. Sujak

Gambar 6. Imago penggerek pucuk, telur, ulat, dan gejala kerusakan

Hama Penggerek Batang

Penggerek batang tebu merupakan kelompok hama yang menyerang batang. Penggerek batang tebu yang menyerang di Indonesia terdiri atas 6 spesies yaitu penggerek batang bergaris *Chilo saccharipagus* Bojer, penggerek batang berkilat *Chilo auricilius* Dudgeon, penggerek batang abu-abu *Tetramoera schistaceana* Snellen, penggerek batang kuning *Chilo infuscatellus* Snellen, penggerek batang jambon *Sesamia inferens* Walker, dan penggerek batang raksasa *Phragmataecia castaneae* Hubner.

Keberadaan penggerek batang dijumpai mulai tanaman tebu berumur 1,5–2 bulan. Faktor yang mempengaruhi populasi dan tingkat serangan penggerek batang tidak berbeda dengan penggerek pucuk yaitu faktor umur tanaman, varietas, lingkungan, dan perilaku pengelolaan tanaman. Intensitas serangan penggerek batang di perkebunan tebu rakyat pada umumnya relatif rendah. Nurindah *et al.* (2013) dan Sunarto *et al.* (2015) melaporkan bahwa intensitas terbesar penggerek batang di Malang dan Situbondo tidak lebih dari 5% (Gambar 7). Hal tersebut terjadi karena faktor mortalitas biotik mampu menekan populasi kompleks penggerek (Sunarto *et al.* 2015). Kondisi keseimbangan alami tersebut perlu dipertahankan dengan cara melaksanakan budi daya tanaman tebu yang ramah lingkungan.



Gambar 7. Fluktuasi populasi penggerek batang tebu di Pakis, Malang, dan Asem-bagus, Situbondo pada Tahun 2014

Serangan penggerek pada suatu pertanaman tebu dapat disebabkan oleh lebih satu spesies. Karakter serangan masing-masing spesies agak sulit dibedakan, kerusakan yang timbul pada daun akibat ulat hama penggerek yang baru menetas dari telur yang terletak di daun. Selanjutnya ulat akan menggerek batang sesuai dengan pertambahan umurnya. Setiap jenis ulat penggerek akan meninggalkan bekas-bekas serangan sesuai dengan cara hidupnya masing-masing. Oleh sebab itu, bekas serangan yang ada sering kali merupakan tanda yang khas dan dapat dijadikan pedoman untuk mengenal penggerek yang bersangkutan. Pada umumnya kerusakan yang disebabkan oleh penggerek batang tidak dirasakan oleh kebanyakan petani. Secara fisik kerusakan tanaman tidak nampak dan tanaman tetap terlihat tumbuh normal. Hal ini sangat berbeda dengan gejala serangan penggerek pucuk dan uret yang secara fisik kerusakannya nampak. Spesies penggerek batang yang dapat dijumpai di Indonesia adalah:

1. Penggerek batang berkilat *Chilo auricilius* Dudgeon

Penggerek batang *Chilo auricilius* Dudgeon berasal dari daerah Ultra Pradish India. Sebaran di Indonesia dominan dijumpai di daerah dataran rendah yang basah dan memiliki kelembapan udara yang tinggi. Populasi pada musim hujan lebih tinggi dibanding ketika musim kemarau. Kerusakan terberat pada lahan tebu berpengairan dan pupuk tinggi. Infestasi pertama pada tanaman tebu berumur 1,5–2 bulan. Umur tebu yang paling sesuai bagi kehidupan penggerek ini adalah tanaman tebu berumur 4–6 bulan. Sebaran penggerek ini melalui penerbangan imago dan terbawa melalui bibit yang terserang.

Telur penggerek batang *C. auricilius* biasanya diletakkan pada daun (Gambar 8), sehingga serangannya dimulai dari daun. Larva setelah menetas

langsung menggerek telur dan meninggalkan luka-luka berbentuk lonjong atau bulat. Luka pada daun dibatasi oleh warna cokelat. Pada daun muda terdapat lubang-lubang yang terjadi sewaktu larva tersebut menggerek masuk ke dalam pucuk daun yang masih menggulung. Setelah beberapa hari hidup di dalam pucuk daun, larva merayap turun dan masuk celah-celah antara pelepah daun sebelah dalam dengan batang. Dari luar warna pelepah daun yang digerek terlihat berwarna merah keunguan. Pelepah daun yang digerek biasanya terletak pada daun nomor 4. Selanjutnya ulat melanjutkan gerakan berupa lorong gerek yang mengarah ke atas. Lorong gerek bentuknya agak teratur dan berada di tengah ruas batang. Kadang-kadang lorong gerek dapat mencapai kulit ruas. Pada umumnya satu ruas hanya dijumpai satu ekor.

Imago *C. auricilius* berwarna kecokelatan dengan noda berwarna hitam di tengahnya. Di dalam noda hitam tersebut terdapat bintik-bintik berwarna mengkilat. Bentuk sayap belakang agak menyudut lima dan berwarna abu-abu muda dengan rumbai-rumbai putih keabu-abuan. Panjang sayap betina 22–29 mm dan jantan 18–24. Imago penggerek batang berkilat lebih tertarik pada cahaya dibanding jenis penggerek yang lain. Stadium imago berlangsung selama 4–5 hari. Setelah berkopulasi betina meletakkan telurnya secara berkelompok pada permukaan daun. Satu kelompok telur 7–30 butir, satu ekor betina mampu menghasilkan 285–3412 butir. Setelah 5–6 hari telur menetas menjadi larva. Larva *C. auricilius* memiliki ciri pada bagian dorsal terdapat 5 garis membujur berwarna hitam memanjang dari toraks sampai ujung abdomen.



Foto: Dok. Subiyakto

Gambar 8. Telur, ulat, pupa, dan ngengat

Kepala dan protoraks berwarna cokelat kehitaman hingga hitam, sedang warna bagian badan yang lain putih kekuningan. Ukuran larva instar akhir berkisar 1–2 cm. Lama stadium larva 20–40 hari dengan melalui 5–9 kali pergantian kulit. Pupa berada di dalam lubang gerek pada ruas tebu. Ukuran pupa panjang 10–15 mm. Warna pupa saat awal terbentuk kuning muda dan pada perkembangan selanjutnya berubah warna menjadi cokelat kehitaman.

Segmen ke 6–8 pada bagian dorsal mempunyai sederatan gigi kecil yang mengarah ke belakang. Di samping itu, garis-garis membujur juga masih kelihatan pada bagian punggung abdomen. Pada bagian kepala terdapat 2 tonjolan semacam tanduk. Lama stadium pupa 5–7 hari.

2. Penggerek Batang Bergaris *Chilo saccharipagus* Bojer

Penggerek batang *Chilo saccharipagus* Bojer memiliki karakter dan perilaku yang hampir sama dengan penggerek batang berkilat. Penggerek batang ini lebih banyak dijumpai pada saat musim kemarau. Daerah sebaran utamanya adalah daerah dataran rendah yang kering dengan tingkat kelembapan udara yang relatif rendah. Penggerek ini sangat sulit dijumpai di daerah dengan ketinggian di atas 800 m dpl. Jenis hama ini merusak tanaman tebu di berbagai negara, termasuk di Mauritius (Facknath 1989).

Gejala serangan *C. saccharipagus* agak berbeda dengan serangan penggerek berkilat. Bentuk luka memanjang dan tidak teratur. Luka-luka pada daun dapat berlubang, tetapi biasanya hanya daging daun yang hilang (Gambar 9). Daging daun dimakan larva sehingga tinggal selaput tipis jaringan luar sebelah bawah. Luka tersebut akibat gerakan larva yang baru menetas yang hidup pada daun pucuk yang masih menggulung. Seiring dengan perkembangan larva, larva turun melalui ruas-ruas batang muda atau pucuk tanaman. Titik tumbuh dan pucuk tanaman yang masih muda sering rusak, sehingga daun muda akan layu dan mati. Lorong gerakan penggerek batang bergaris tidak teratur. Di luar ruas-ruas yang digerek biasanya ditemukan kotoran bekas gerakan. Dalam satu ruas bisa dijumpai lebih dari satu larva. Seekor larva mampu menggerek 1–3 ruas. Dalam satu ruas biasanya hanya dijumpai 1 ekor larva besar.

Sayap depan *C. saccharipagus* berwarna cokelat kelabu dengan beberapa noda berwarna hitam di tengahnya. Bentuk sayap belakang agak menyudut lima dan berwarna kelabu kehitaman dengan rumbai-rumbai kuning keabuan. Rentang sayap 26–40 mm. Imago penggerek batang bergaris kurang tertarik pada cahaya. Setelah berkopulasi betina meletakkan telurnya secara berkelompok pada permukaan daun. Jumlah telur yang dihasilkan setiap ekor betina berkisar 50–100 butir per hari selama 3–5 hari. Selanjutnya telur menetas menjadi larva. Pada dorsal larva *C. saccharipagus* terdapat 4 garis membujur berwarna hitam memanjang dari toraks sampai ujung abdomen. Kepala dan protoraks berwarna cokelat kehitaman hingga hitam, sedang warna bagian yang lain putih kekuningan. Stadium larva berlangsung sekitar 29–46 hari dengan melalui 6 kali ganti kulit, kemudian memasuki stadium pupa. Pupa

berada di dalam lubang gerek pada ruas tebu. Panjang pupa rata-rata 15,54 mm dan lebar 3,19 mm. Warna pupa pada saat awal terbentuk berwarna kuning muda dan selanjutnya berubah warna menjadi cokelat kehitaman. Pada bagian punggung atas ruas terdapat daerah yang berbintik-bintik halus seperti pasir dan terdapat tonjolan garis membujur yang suram dan pendek. Stadium pupa berlangsung selama 11–13 hari (Pramono 2005b).



Foto: Dok. Sujak

Gambar 9. Gejala serangan, lubang gerek, telur dan ulat

3. Penggerek Batang Kuning *Chilo infuscatellus* Snellen

Ulat masuk ke tanaman dengan menembus pucuk dan membuat lorong gerek ke arah bawah dan dapat menyebabkan kerusakan pada titik tumbuh atau menyebabkan mati puser (Achadian *et al.* 2011). Jalannya lorong gerek dan titik tumbuh tidak teratur, sehingga mudah dibedakan dari gejala serangan penggerek pucuk. Di dalam pucuk tersebut dapat dijumpai lebih dari satu ekor ulat.

Sayap depan *C. infuscatellus* berwarna cokelat suram tanpa adanya noda-noda di tengah sayap (Gambar 10). Stadia imago berlangsung selama 7–8 hari. Telur penggerek kuning diletakkan secara berkelompok pada pangkal daun tebu. Jumlah telur per kelompok 7–30 butir. Setelah 7–8 hari telur menetas. Larva penggerek batang kuning mirip dengan penggerek batang berkilat. Pada punggungnya memiliki 5 garis membujur, tetapi tidak memiliki deretan gerigi kecil dan mempunyai semacam perisai berkhitin warna kuning keabu-abuan pada mesotoraks. Setelah 38–42 hari, larva berubah menjadi pupa. Pada fase pupa ini, garis-garis membujur di bagian punggung masih kelihatan jelas. Lama stadia pupa 7–8 hari (Pramono 2005b).



Gambar 10. Gejala serangan, larva, pupa, dan imago *C. infuscatellus*

4. Penggerek Batang Jambon *Sesamia inferens* Walker

Penggerek batang jambon *Sesamia inferens* Walker biasanya dijumpai menyerang pada tanaman tebu muda. Spesies penggerek ini sebagai penggerek tunas yang tidak termasuk sebagai serangga hama utama pada tanaman tebu. *S. inferens* lebih banyak dijumpai menyerang tanaman padi dan jagung, sehingga banyak dijumpai pada tanaman tebu yang ditanam di sawah (Achadian *et al.* 2011).

Ulat penggerek batang jambon semula masuk melalui pelepah daun lalu menembus ke dalam pucuk tanaman yang muda. Lorong gerakan ke arah bawah. Titik tumbuh juga dapat dirusak. Kadang-kadang ulat masuk melalui ruas-ruas muda dan membuat lorong gerak lurus ke atas.

Penggerek batang jambon *S. inferens* memiliki sayap depan berwarna kuning kecokelatan dan terdapat gambar pola seperti sisik yang berwarna cokelat tua (Gambar 11). Stadium imago berlangsung selama 4 hari. Setelah kopulasi, imago meletakkan secara berkelompok di pelepah bagian dalam dari daun. Tiap kelompok telur bisa mencapai 30 butir. Setelah 4–7 hari telur menetas menjadi larva. Larva *S. inferens* berwarna jambon dan tidak dijumpai garis-garis membujur pada punggung badannya. Stadium larva berlangsung selama 21 hari. Selanjutnya larva berubah menjadi pupa. Pupa berwarna kuning muda hingga cokelat tua. Bagian kepala dan toraks ruas terakhir dilapisi dengan serbuk berwarna biru muda. Lama stadia pupa sekitar 9–11 hari (Pramono 2005b).



Gambar 11. Larva dan imago *S. inferens*

5. Penggerek Batang Raksasa *Phragmataecia castaneae* Hubner

Penggerek batang raksasa *Phragmataecia castaneae* bukan termasuk hama utama tanaman tebu. Di Indonesia hama ini dilaporkan menyerang tanaman tebu di Sumatra Utara, Sumatra Barat, dan Lampung. *P. castaneae* hidup baik pada daerah dengan curah hujan tinggi hingga 1.800 mm per tahun dan kelembapan udara lebih dari 70%. Inang lain serangga hama ini adalah beberapa jenis tebu liar antara lain *Saccharum arundinaceum*, *S. spontaneum*, *Erianthus munja*, dan *E. ravenae*, beberapa jenis gramineae *Elusinae coracana*, *Sorghum vulgari*, *Vetineria zizamoides*, *S. robustum*, dan *Sorghum propineum*.

Ulat yang baru menetas masuk ke dalam batang lewat celah antara daun dengan batang. Umumnya di daun nomor 3. Dalam waktu kurang dari 1 minggu, ulat sudah masuk dalam ruas dan hidup dengan menggerek batang. Ulat dapat dijumpai dalam ruas bagian atas, tengah, maupun bawah bahkan dekat dengan tanah. Selain itu satu lorong gerak dapat menembus beberapa ruas

Warna sayap depan *P. castaneae* coklat kelabu (Gambar 12). Abdomen lebih panjang dibanding sayapnya. Bagian atas kepala terdapat rambut-rambut menyerupai jambul berwarna putih kekuningan. Imago tertarik dengan cahaya lampu. Setelah berkopulasi betina meletakkan telurnya secara berkelompok pada gulungan-gulungan daun kering, terutama pada pucuk tanaman yang mati puser. Telur menetas 9–10 hari. Larva yang baru menetas menggerek daun untuk masuk dan menetap di dalam pelepah daun. Larva berwarna putih dan merah muda, serta terdapat bercak-bercak berwarna kemerahan pa-

da setiap segmennya. Pada perisai leher terdapat sisik-sisik. Larva menggerek dan masuk ruas batang tebu. Setiap batang tebu dapat dijumpai lebih dari satu ekor larva dan jumlah ruas yang digerek bisa mencapai 3 ruas. Stadia larva berlangsung 78–82 hari. Pupa terbentuk dalam lubang gerek. Menjelang kemunculannya menjadi imago, pupa bergerak ke ujung lubang dan keluar lubang gerek untuk berubah menjadi imago (Pramono 2005b).



Sumber: Skevington 2015

Gambar 12. Imago *P. castaneae* Hubner

6. Penggerek Batang Abu-abu *Tetramoera schistaceana* Snellen

Penggerek batang abu-abu *T. schistaceana* merupakan penggerek tunas yang banyak dijumpai pada pertanaman tebu di Indonesia. Penggerek ini dapat dijumpai di lahan sawah maupun lahan tegalan pada tanaman muda berumur 1,5–3 bulan. Ketika menyerang tanaman muda dapat menyebabkan mati puser sedang pada tanaman tua menggerek ruas-ruas muda melalui mata, gelang akar atau gelang tumbuh dan membentuk lingkaran yang datar pada pangkal ruas tetapi tidak mengakibatkan terjadinya mati puser.

T. schistaceana memiliki sayap depan berwarna kelabu kebiruan dengan gambaran-gambaran yang jelas berwarna kuning dan hitam di tengahnya (Gambar 13). Lama stadium imago sekitar 3–4 hari. Setelah berkopulasi betina meletakkan telurnya secara berkelompok pada pelepah daun atau permukaan daun. Jumlah telur yang dihasilkan oleh seekor betina sebanyak 160–170 butir per hari selama 3–4 hari. Lama stadia telur 4–5 hari. Selanjutnya telur menetas menjadi larva. Pada tubuh larva tidak dijumpai garis membujur dan berwarna kuning kelabu. Kepala dan prothoraks berwarna kelabu tua kehitaman. Ukuran panjang larva pada instar akhir mencapai 20 mm. Stadium larva berlangsung selama 13–18 hari. Stadium pupa *T. schistaceana* berada di dalam lubang gerek pada ruas tebu. Pupa penggerek batang abu-abu ukuran-

nya lebih kecil dibanding penggerek batang. Pada bagian punggung pupa dari ruas belakang terdapat semacam pita yang melingkari ruas pada bagian muka. Bagian belakang pita dibatasi oleh gerigi-gerigi pendek dan kuat. Panjang pupa 9–13 mm. Lama stadium pupa 7–10 hari (Pramono 2005b).



Gambar 13. Larva dan imago *T. schistaceana*

Pengelolaan Hama

Pengelolaan hama terpadu (PHT) merupakan pilihan terbaik pada tanaman tebu untuk menekan kehilangan hasil yang disebabkan oleh hama (Zeng 2004). PHT mengutamakan peran faktor mortalitas biotik dan abiotik dengan menerapkan komponen pengendalian yang ramah lingkungan. Penerapan PHT pada tanaman tebu dapat menekan kehilangan hasil 22–36%, mengurangi biaya pengendalian hama, konservasi musuh alami, menjaga kualitas sumber daya, menghindari risiko lingkungan dan lainnya bagi manusia dan hewan (Jaipal 2000). Sasaran pengelolaan hama pada tanaman tebu dibagi dua bagian yaitu untuk hama perusak akar dan kompleks penggerek (penggerek pucuk dan batang).

1. Pengendalian Hama Perusak Akar

Keberadaan hama perusak akar yang disebabkan oleh uret pada daerah endemik akan dijumpai setiap tahun dan mampu menyebabkan kerusakan total. Kerugian yang disebabkan oleh uret sangat dirasakan oleh petani. Untuk mendapatkan hasil pengendalian yang optimal, maka pengendalian hama uret

harus dilakukan dengan memadukan beberapa komponen pengendalian. Langkah-langkah pengendalian uret pada tanaman tebu sebagai berikut:

- a. Waktu tanam merupakan komponen paling penting untuk menekan terjadinya kerusakan tanaman tebu oleh uret. Waktu tanam yang tepat adalah strategi untuk “lolos” dari serangan uret. Tebu yang ditanam tidak tepat waktu berpotensi gagal panen, terutama untuk daerah endemik antara lain di Situbondo, Bondowoso, Kediri. Sedangkan komponen pengendalian yang lain merupakan penunjang dari komponen pengendalian dengan strategi waktu tanam yang tepat. Waktu tanam didasarkan pada dinamika populasi uret di lapangan. Populasi uret stadium larva instar III yang merupakan stadia paling merusak terjadi pada bulan Februari–Mei. Agar serangan uret kurang berpengaruh terhadap tanaman, maka pada bulan Februari–Mei, tanaman tebu harus sudah berumur minimal 7 bulan. Dengan demikian, maka waktu tanam yang tepat adalah mengikuti pola I yaitu bulan Mei–Agustus.
- b. Pengendalian secara mekanis yaitu dengan mengumpulkan uret pada saat pengolahan tanah sebelum tanam untuk tanaman PC dan ketika kepras, pedot oyot, dan pembumbunan untuk tebu rawat *ratoon*. Jika tersedia air, penggenangan juga dapat menekan populasi uret.
- c. Pemasangan perangkat lampu di masa penerbangan di awal musim penghujan merupakan komponen pengendalian yang berpotensi menurunkan populasi uret. Lampu perangkat ini sangat potensial menurunkan populasi karena imago uret betina maupun jantan tertarik dengan cahaya. Penempatan lampu perangkat ditempatkan di dekat pohon atau tanaman yang sering dihinggapi kumbang. Beberapa pohon yang sering dihinggapi kumbang *L. stigma* adalah asam, jambu mete, johar, nyamplung, cemara, mangga, dan beringin. Penggunaan perangkat lampu lebih efektif jika diterapkan secara massal.
- d. Menyisakan gulma di antara barisan tanaman tebu sebagai pakan alternatif pakan uret. Dengan adanya pakan alternatif, maka potensi kerusakan pada tanaman tebu dapat dikurangi.
- e. Menggunakan agensia hayati. Dua agensia hayati adalah jamur *Metarhizium* dan nematoda *Steinernema* spp. (Hardjaka *et al.* 2011; Purnomo *et al.* 2012). Tekstur tanah yang paling efektif untuk aplikasi *Steinernema* sp. adalah tanah pasir dengan porositas 56,98% (Safitri *et al.* 2013). Ambang ekonomi pengendalian secara hayati dengan *Steinernema* spp. yang dikombinasikan dengan perangkat lampu untuk larva instar 1 ambang ekonominya 5,58; instar 2 ambang ekonominya 3,45; dan instar 3 ambang ekonominya 2,71 (Alimin *et al.* 2014).

- f. Tekstur tanah yang paling efektif untuk aplikasi *Steinernema* spp. adalah tanah pasir dengan porositas 56,98% (Safitri *et al.* 2013).
- g. Pengendalian secara kimiawi dengan menggunakan insektisida kimia sintetis kurang dianjurkan. Hal ini dikarenakan dosis yang efektif menyebabkan mortalitas uret dosisnya cukup tinggi, sehingga selain mahal penggunaan insektisida kimia sintetis dapat mencemari lingkungan.
- h. Jika tanaman tebu di daerah endemik terpaksa ditanam pada pola tanam II yaitu setelah bulan Agustus, maka cara pengendalian yang efektif adalah dengan melakukan penutupan lahan dengan mulsa plastik (Gambar 14). Penggunaan mulsa plastik selain dapat menghindari terjadinya kerusakan oleh uret juga dapat meningkatkan produktivitas tebu, karena secara agromis dapat menjaga kelembapan tanah (Subiyakto *et al.* 2015). Penggunaan mulsa plastik untuk pengendalian uret saat ini masih dikaji untuk meningkatkan efisiensinya.



Gambar 14. Kerusakan tanaman tebu tanpa mulsa plastik (a), pengendalian uret dengan mulsa plastik (b), dan hasil pengendalian uret dengan mulsa plastik (c) di Banyuputih, Situbondo

2. Pengendalian Kompleks Penggerek

Tindakan pengendalian kompleks penggerek di perkebunan tebu rakyat kebanyakan tidak mendapat perhatian secara khusus dan aplikasi insektisida kimia sintetis yang ditujukan terhadapnya juga hampir tidak pernah dilakukan. Petani menganggap serangan kompleks penggerek tidak pernah menjadi penyebab kegagalan panen, dan kerugian yang disebabkan tidak dirasakan oleh petani. Cara budi daya yang dilakukan oleh petani selama ini mendukung terpeliharanya keseimbangan alam pada agroekosistem pertanaman tebu. Sebaliknya cara budi daya tebu dengan melakukan aplikasi zat pemacu kemasakan dan melakukan pembakaran sebelum tebu ditebang yang dilakukan beberapa perusahaan perkebunan di luar Jawa sangat mengganggu keseimbangan alam. Pemakaian zat pemacu kemasakan isoprophylamine glyphosat menyebabkan jaringan pucuk tebu menjadi lebih lunak dan disukai peng-

gerek pucuk tebu (Sudarsono *et al.* 2011). Jika keseimbangan alam terganggu, maka kompleks penggerek dan hama-hama lainnya akan menjadi hama yang serius dan merugikan. Karena itu dengan tetap mempertahankan perilaku petani dalam budi daya tebu yang selama ini dilakukan tanpa menggunakan pestisida, maka beberapa komponen pengendalian kompleks penggerek ramah lingkungan perlu diterapkan untuk mempertahankan keseimbangan alam pada pertanaman tebu yaitu

a. Pengendalian hayati

Pengendalian hayati yang dilakukan oleh perusahaan perkebunan dan pabrik gula adalah melepaskan parasitoid telur *Trichogramma japonicum*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Sunarto *et al.* (2015) faktor mortalitas biotik dan abiotik yang tersedia di alam sudah dapat bekerja baik untuk menjaga keseimbangan alam, sehingga belum diperlukan penambahan dari luar. Jika diperlukan pelepasan parasitoid telur, maka spesies yang terbaik untuk pengendalian penggerek batang dan tunas adalah *Trichogramma chilonis* Ishii (Goebel *et al.* 2010; Nadeem dan Hamed 2011; Ullah *et al.* 2012; Muhammad *et al.* 2012). Hasil survei yang dilakukan oleh Nurindah *et al.* (2013) spesies yang memarasit penggerek batang pada tanaman tebu di Jawa dan Sumatra 33% *T. chilonis* dan 67% *Telenomus* sp. Sedangkan untuk mengendalikan penggerek pucuk, digunakan parasitoid telur *Telenomus* spp. Hal tersebut berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan oleh Nurindah *et al.* (2013). Mereka melaporkan bahwa 100% telur penggerek pucuk yang dikumpulkan dari lapang diparasit oleh *Telenomus* spp. Untuk mengendalikan penggerek pucuk dengan *Telenomus* sp. hanya diperlukan tiga kali pelepasan (Khan *et al.* 2014). Namun demikian, perbanyakkan *Telenomus* spp. secara massal hingga saat ini masih sulit. Karena itu pengendalian hayati dilakukan dengan memanfaatkan kekuatan faktor mortalitas yang tersedia secara alami.

b. Pengendalian secara kultur teknis

Pengendalian secara kultur teknis dengan menerapkan budi daya tanaman tebu ramah lingkungan dimaksudkan untuk optimalisasi faktor mortalitas biotik dan mempertahankan keseimbangan alam. Secara alami faktor mortalitas biotik terutama parasitoid dan predator mampu berperan menjaga keseimbangan alam. Pengendalian secara kultur teknis antara lain penggunaan bibit sehat untuk menghindari penularan melalui bibit, menghindari penggunaan bahan kimia beracun dan pembakaran lahan menjelang atau setelah tebang untuk menjaga keseimbangan alam.

c. Varietas tahan

Varietas tebu tahan terhadap penggerek merupakan komponen pengendalian yang relatif mudah dilaksanakan dan dipadukan dengan komponen pengendalian lainnya. Beberapa varietas tebu yang tahan terhadap penggerek batang dan pucuk antara lain PSJT 941, PS 851, PS 891, PS 921, PSBM 88-144 (Achadian *et al.* 2011) dan GP 11 (Sudarsono 2011).

d. Pengendalian secara mekanis

Pengendalian penggerek pucuk secara mekanis melalui rogesan. Rogesan adalah memotong pucuk tanaman yang terserang. Pemotongan dimulai dari daun pucuk pertama ke bawah hingga ditemukan larva. Pengendalian secara mekanis lainnya adalah mencari kelompok telur.

e. Pengendalian secara kimiawi

Pengendalian secara kimiawi menggunakan insektisida, aplikasinya dapat dilakukan dengan penyemprotan atau menaburkan/membenamkan insektisida tanah. Empat bahan aktif insektisida yang terdaftar untuk mengendalikan penggerek adalah carbofuran, fipronil, profenofos, dan metidation (Achadian *et al.* 2011). Ridho *et al.* (2012) melaporkan bahwa insektisida berbahan aktif klorantraniliprol dan lambda-sihalotrin efektif mengendalikan penggerek pucuk dan batang tebu. Namun demikian pengendalian hama dengan menggunakan bahan beracun tidak dianjurkan (Ullah *et al.* 2012). Pestisida kimia sintetis sangat meracuni dan membunuh banyak jenis organisme hidup yang berada di agroekosistem. Pestisida kimia telah terbukti menyebabkan terganggunya keseimbangan alam. Miranda *et al.* (2013) melaporkan bahwa insektisida fipronil, imidacloprid, dan clothianidin dapat menurunkan populasi semut predator sebesar 24–33%. Akibat jangka panjang penggunaan pestisida akan menyebabkan ketergantungan terhadap bahan kimia tersebut seperti terjadi pada tanaman hortikultura dan banyak jenis komoditas pertanian lainnya.

Penutup

Herbivora yang berasosiasi dengan tanaman tebu relatif banyak, tetapi sebagian besar tidak berstatus sebagai hama. Herbivora yang berstatus sebagai hama penting dan potensial berdasarkan bagian tanaman yang diserang adalah hama perusak akar, hama penggerek pucuk, hama penggerek batang dan tunas. Hama perusak akar terdiri atas spesies paling dominan di Jawa adalah *L. stigma*, *E. viridis*, dan *H. helleri*, di Lampung *P. nicobarica*, dan di Kalimantan Selatan *L. rorida*. Hama penggerek pucuk yang utama adalah *S. excerpitalis*. Hama penggerek terdiri atas: penggerek batang dan tunas *C. saccharipagus*,

penggerek batang berkilat *C. auricilius*, penggerek batang abu-abu *T. schistaceana*, penggerek batang kuning *C. infuscatellus*, penggerek batang jambon *S. inferens*, dan penggerek batang raksasa *P. castaneae*. Pengelolaan hama tebu lebih ditekankan dengan mengandalkan kekuatan alami yang dikombinasikan dengan penanaman varietas tahan dan mekanis.

Daftar Pustaka

- Achadian, E.M., A. Kristini, R.C. Margarey, N. Samson, P., F.R. Goebel, dan K. Lonie. 2011. *Hama dan Penyakit Tebu*. P3GI, BSES & ACIAR.156 hlm.
- Achadian, E.M., A. Kristini, L.K. Putra, dan T. Dianpratiwi. 2012. “Hama-hama pertanian tebu di Jawa: Sebaran, intensitas serangan dan keberadaan musuh alami hama”. *Majalah Penelitian Gula*, 48(2).
- Alimin, E. Martono, dan Witjaksono. 2014. “Penentuan ALE dan AE larva *Lepidiotia stigma* pada tanaman tebu”. *Jurnal Teknosain*, 3(2):81–166.
- Asbani, N. 2012. *Obervasi hama dan penyakit pada tanaman tebu*. Laporan Hasil Penelitian Balittas Tahun Anggaran 2012. Malang: Balittas.
- Chohan, M.A., M.S. Aasi, R.Z. Ali, S. Hussain, M. Yasir, M. Fiaz, R.K. Shahzad, and Q.A. Rana. 2014. “Entomological survey on pest complex in sugarcane crop in Toba Tek Singh”. *Int. J. Curr. Res. Chem. Pharma. Sci.*, 1(9):(2014):74–77.
- Facknath, S. 1989. “Pest management and the African farmer biological control of sugar cane pest in Mauritius: A case study”. *International Journal of Tropical Insect Science*, Vol. 10/Issue 06/December 1989, pp. 809.
- Goebel, F.R., M. Marquier, J. Frandon, H. Do Thi Khanh, and E. Tabone. 2010. “Biocontrol of *Chilo sacchariphagus* (Lepidoptera: Crambidae) a key pest of sugarcane: Lessons from the past and future prospects”. *Sugar Cane International*, 28(3):128–132.
- Goebel, F.R., E. Achadian, and P. Meguire. 2014. “The economic impact of sugarcane moth borers in Indonesia”. *Sugar Tech*, 16(4):405–410.
- Harjaka, T., E. Martono, Witjaksono, dan B.H. Sunarminto. 2011. Potensi Jamur *Metarhizium anisopliae* untuk pengendalian uret perusak akar tebu. Semnas Pesnab IV, Jakarta 15 Oktober 2011. hlm. 91–102.
- Hidayanti, E. dan F. Yuniarti. 2014. Fluktuasi serangga hama uret *Lepidiotia stigma* pada tanaman tebu triwulan II 2013 di wilayah kerja BBPPTP Surabaya. diakses pada 12 Januari 2016. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptpsurabaya>.
- ICAR-National Bureau of Agricultural Insect Resources. 2013.
- Jaipal, S. 2000. “An IPM module for the management of major insect pests of sugarcane in Indian subtropics”. *Sugar Tech*. 2(3):1–8.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. *Pest of Crops in Indonesia*. Revised and Translated by van der laan. Jakarta: PT Ihtiar Baru van Hoeve.
- Khan, I., H. Zada, S.K. Khalil, M. Sharif, and Z. Mahmood. 2014. “Biological control of sugarcane top-borer, *Scirpophaga excerptalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae) through different release levels of *Telenomus beneficiens* (Zehntner) (Hymenoptera: Scelionidae)”. *J. Agr. Sci. Tech.*, 16:497–503.

- Kumar, P. and K.S. Rana. 2013a. "Biology of sugarcane top borer, *Tryporyza nivella* (Fab.) (Lepidoptera: Pyralidae) under climatic conditions of Western Uttar Pradesh". *Nature & Environment*, 18(1&2):16–18.
- Kumar, P. and K.S. Rana. 2013b. "Morphological study of a sugarcane pest, *Tryporyza (Scirpophaga) nivella* Fab (Lepidoptera: Pyralidae)". *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 3(1):6–8. ISSN: 2231-6345 (Online) An Online International Journal Available at <http://www.cibtech.org/jls.htm>.
- Kumar, P. and K.S. Rana. 2014. "Fecundity of sugarcane top borer; *Tryporyza (Scirpophaga) nivella* (FAB) at some districts of Western Uttar Pradesh". *International Journal of Advanced Research*, Volume 2, Issue 11, 276–281.
- Kuniata, L.S. 2010. "Borer damage and estimation of losses caused by *Sesamia grisescens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) in sugarcane in Papua New Guinea". *International Journal of Pest Management*, Volume 44, Issue 2, p. 93–98.
- Lutfi, M. dan S. Melina. 2011. "Uret *Lepidiotia stigma* bisa mengancam Swasembada Gula Tahun 2014". Diakses pada 28 Juli 2016 (<http://ditjenbun.deptan.go.id/bbp2tpsur/images/stories/proteksi/swasembada%20gula.pdf>).
- Miranda, L.L.D., W. Dinardo, and J.V. Fracasso. 2013. "Beneficial insect populations in sugarcane fields treated with insecticides at planting". *Entomology Posters Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 28:214–243.
- Muhammad, R., M.A. Rustamani, N. Suleman, N. Ahmad, and Q. Ahmad. 2012. "Impact of release intervals and densities of *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) against the sugarcane stem borer, *Chilo infuscatellus* (Lepidoptera; Pyralidae) under field conditions". *Journal of Basic & Applied Sciences*, 8:472–477.
- Nadeem, S. and M. Hamed. 2011. "Biological control of sugarcane borers with inundative of *Trichogramma chilonis* (Ishii) (Hymenoptera; Trichogrammatidae) in farmer field". *Pak. J. Agri. Sci.*, 48(1):61–64.
- Nurindah, D.A. Sunarto, dan Sujak. 2013. "Evaluasi pengendalian penggerek pucuk dan batang tebu". Laporan Hasil Penelitian Balittas. 18 hlm.
- Pramono, D. 2005a. Seri Pengelolaan Hama Tebu Terpadu Buku 1. Malang: Dioma. 239 hlm.
- Pramono, D. 2005b. Seri Pengelolaan Hama Tebu Terpadu Buku 2. Malang: Dioma. 219 hlm.
- Pramono, D., R. Hermawan, M.M. Sulistyana, Mudakir, dan Harianto. 2009. "Pelaksanaan & Manfaat Program Early Warning System (EWS) di Kawasan PG Bungamayang". Lampung. PTPN VII Persero Periode Tanam 2006/2007–2008/2009. www.sugarresearch.org (P3GI, Pasuruan). 21 hlm.
- Purnomo, H., N.T. Haryadi, S. Hasjim, dan E.D. Agus. 2012. "Patogenesitas nematoda pathogen serangga pada *Lepidiotia stigma* F. (Coleoptera: Scarabaeidae)". Makalah disampaikan pada Kongres VIII dan Seminar Nasional Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI) di Bogor.
- Ridho, R., E.M. Achadian, D. Sasongko, dan N. Noorhayati. 2012. "Efektivitas Klorantraniliprol dan Lambda-Sihalotrin untuk pengendalian hama penggerek tebu". *Majalah Penelitian Gula*, 48(1):20–25.
- Safitri, M., E. Ratnasari, dan R. Ambarwati. 2013. "Efektivitas *Steinernema* sp. dalam pengendalian hama serangga tanah pada berbagai tekstur tanah". *LenteraBio*, 2 (1):25–31.
- Subiyakto, D.A. Sunarto, dan Sujak. 2015. "Pengendalian hama dan penyakit penting pada tanaman tebu". Laporan Hasil Penelitian Balittas. 28 hlm.

- Sudarsono, H. 2011. “Kajian beberapa karakteristik biologi penggerek batang tebu *Chilo Auricillius* dan parasitoidnya (*Trichogramma chilonis*)”. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat* UNILA, 21 September 2011. hlm. 33–39.
- Sudarsono, H. Sunarjo, dan Saefudin. 2011. “Intensitas kerusakan pada beberapa varietas tebu akibat serangan penggerek pucuk tebu (*Scirpophaga nivella intacta*) setelah aplikasi zat pemicu kemasakan isoprophylamine”. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Lampung. 11 (3):73–81.
- Sunarto, D.A., Subiyakto, Nurindah, dan Sujak. 2015. “Peran faktor biotik dalam pengendalian populasi penggerek pucuk dan batang tebu”. Disampaikan dalam Kongres dan Seminar Nasional Perhimpunan Entomologi Indonesia di Malang 1–3 Oktober 2015. 14 hlm.
- Ullah, F., M. Shakur, H. Badshah, S. Ahmad, M. Amin, and M. Zamin. 2012. “Efficacy of *Trichogramma chilonis* Ishii comparison with two commonly used insecticides against sugarcane stemborer *Chilo infuscatellus* Snellen (Lepidoptera: Pyralidae)”. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 22(2):463–466.
- Zeng, T. 2004. “Control of insect pests in sugarcane: IPM approaches in China”. *Sugar Tech.*, 6 (4):273–279.

PENYAKIT TANAMAN TEBU DAN PENGEDALIAANNYA

Titiek Yulianti, Cece Suhara, dan Supriyono

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199 Malang, 65152
e-mail: tyuliant@gmail.com

Ringkasan

Penyakit tebu yang ditemukan di Indonesia cukup banyak, beberapa tergolong ke dalam penyakit penting yang berpengaruh terhadap penurunan produksi. Diperkirakan kerugian akibat serangan penyakit ini mencapai 0,6–1,2 trilyun rupiah setiap tahunnya. Penyakit-penyakit tersebut antara lain adalah luka api yang disebabkan oleh jamur *Ustilago scitaminea*, lapuk pangkal batang dan akar yang disebabkan oleh jamur *Xylaria warburgii*; *ratoon stunting* yang disebabkan oleh bakteri *Leifsonia xyli* subsp *xyli*; penyakit mosaik dan mosaik bergaris yang disebabkan oleh virus mosaik. Luka api ditemukan di Indonesia pada 1881, namun baru menjadi masalah pada tahun 1980 ketika serangannya mencapai 40% di wilayah utara Jawa Tengah. Sedangkan penyakit lapuk pangkal batang dan akar dilaporkan pertama kali pada tahun 1993 di perkebunan tebu PT Gunung Madu Lampung dengan keparahan penyakit mencapai 25% dan mengakibatkan produksi tebu dan gula turun masing-masing 12,3% dan 15,4%. Penyakit mosaik untuk pertama kali ditemukan di Jawa Tengah pada tahun 1892 sedangkan penyakit mosaik bergaris merupakan penyakit eksotik yang masuk ke Indonesia bersamaan dengan masuknya benih tebu (set) yang terinfeksi. Saat ini penyakit mosaik bergaris sudah menyebar di 59 perkebunan tebu di Jawa dengan tingkat keparahan penyakit 1–62%. Penyakit *Ratoon Stunting Disease* (RSD) atau penyakit pembuluh tebu saat ini telah tersebar di seluruh pertanaman tebu di Indonesia dengan persentase serangan antara 10–100%, terutama pada lahan tegal yang tidak berpengairan. Hasil survei yang dilakukan P3GI pada tahun 2003/2004 menunjukkan bahwa hampir semua varietas (terutama M 442-51) terinfeksi bakteri dengan tingkat kejadian penyakit 3–54%. Pengendalian penyakit tebu sampai saat ini mengandalkan varietas tahan yang didukung dengan penggunaan benih sehat melalui beberapa perlakuan misalnya *hot water treatment* dan *chemotherapy*, dan yang terakhir adalah sanitasi kebun dan alat pertanian.

Kata kunci: Tebu, penyakit, , mosaik, luka api, lapuk akar, pengendalian, *ratoon stunting disease*

Sugarcane Diseases in Indonesia

Summary

There are a large number of sugarcane diseases found in Indonesia, but only few of them are considered as major diseases which affect on sugar production. The yield loss caused by the diseases was estimated 0.6–1.2 billion rupiah annually. Those diseases are smut, caused by *Ustilago scitaminea*, root and basal stem rot caused by *Xylaria warburgii*, ratoon stunting caused by *Leifsonia xyli* subsp *xyli*, and mosaic caused by Sugarcane Mosaic Virus (SCMV) and Sugarcane Streak Mosaic Virus (SCSMV). Smut was first found in Indonesia in 1881, and yet turned to a serious problem when the severity reached 40% in 1980. Root and basal stem rot was initially

occurred in Gunung Madu Sugarcane Plantation Lampung in 1993. When disease severity reached 25%, the cane and sugar production decreased of 12.3% and 15.4% respectively. Mosaic was found in Central Java in 1892, whilst streak mosaic was an exotic disease and most likely entered to Indonesia together with imported infected sugarcane set at the same time. At the moment, streak mosaic has spread in 59 sugarcane plantation in Java with disease severity ranged from 1–62%. To date, ratoon stunting disease has spread in almost all sugarcane plantation in Indonesia with severity around 10–100%, especially in rainfed areas. Survey done by ISRI in 2003/2004 revealed that almost all varieties (M 442-51 in particular) have infected by the bacteria by 3–54%. The first control measure was the use of resistant varieties supported with healthy sett using hot water treatment and chemotherapy; field and agricultural tools sanitation.

Keywords: Sugarcane, disease, mosaic, smut, basal stem rot, control, RSD

Pendahuluan

Salah satu kendala rendahnya produksi gula di Indonesia adalah hama dan penyakit tanaman. Penyakit pada tanaman tebu disebabkan oleh: bakteri, jamur, virus, fitoplasma, nematoda, kelainan karena masalah nutrisi, lingkungan dan bahan-bahan kimia serta penyakit yang belum jelas penyebabnya. Saat ini penyakit penting pada tebu di Indonesia antara lain Sugarcane Streak Mosaic Virus (SCSMV), Sugarcane Mosaic Virus (SMV), *ratoon stunting* yang disebabkan oleh bakteri *Leifsonia xyli* subsp *xyli* dan penyakit luka api yang disebabkan oleh jamur *Ustilago scitaminea* (Putra dan Damayanti, 2012). Selain itu, beberapa penyakit yang potensial menyebabkan penurunan produksi antara lain penyakit blendok yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas albilineans*. Penyakit-penyakit lain yang sering ditemukan di perkebunan tebu namun masih belum merugikan secara nyata, antara lain: penyakit pokkah boeng yang disebabkan oleh *Fusarium moniliforme*, penyakit bercak daun, penyakit nanas, dan penyakit yang disebabkan oleh nematoda. Diperkirakan kerugian akibat serangan penyakit ini mencapai 0,6–1,2 trilyun rupiah setiap tahunnya.

Untuk mengendalikan dan menekan penyebaran penyakit-penyakit tersebut, deteksi dini keberadaan virus maupun bakteri pada bahan tanaman tebu yang akan digunakan sebagai benih merupakan langkah awal mencegah terjadinya penyebaran penyakit-penyakit tersebut. Bab ini akan mengulas penyakit-penyakit penting yang sering dijumpai pada tanaman tebu serta cara-cara pengendaliannya. Penyakit yang jarang dijumpai serta kurang memberi pengaruh secara ekonomi tidak dibahas di sini.

Dalam bab ini, deskripsi penyakit dibagi menjadi tiga jenis patogen penyebab penyakit, yaitu: jamur, bakteri, dan virus. Penyakit yang disebabkan oleh jamur antara lain adalah: 1) luka api; 2) daun hangus; 3) pokkah boeng, 4) karat, dan 5) lapuk akar. Penyakit nanas, noda cincin, dan noda kuning tidak

dibahas di sini karena secara ekonomi belum terlalu penting. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Ratoon Stunting Disease* dan yang terakhir adalah penyakit yang disebabkan oleh virus, yaitu Mosaik.

Selain jenis-jenis penyakit dan pengendaliannya, prinsip pengelolaan penyakit tebu secara umum juga dibahas di sini.

Gejala Penyakit dan Epidemiologi

Luka Api

Penyakit ini termasuk salah satu penyakit penting pada tebu di Indonesia. Pertama kali ditemukan di Indonesia pada tahun 1881, namun baru menjadi masalah besar ketika serangannya mencapai 40% di wilayah utara Jawa Tengah awal tahun 1980 (Putra dan Damayanti 2012). Pada Musim Tanam 2014 dan 2015 luka api terjadi di Kabupaten Indramayu dan Cirebon. Menurut Wibawanti (2014) sekitar 450 ha dari luas total 500 ha pertanaman tebu di Indramayu terserang luka api dengan intensitas serangan berat. Bahkan tahun 2015 hampir gagal panen. Penyakit luka api sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tebu (Martinez *et al.* 2000) dan kualitas nira (De Armas *et al.* 2007).

Gejala

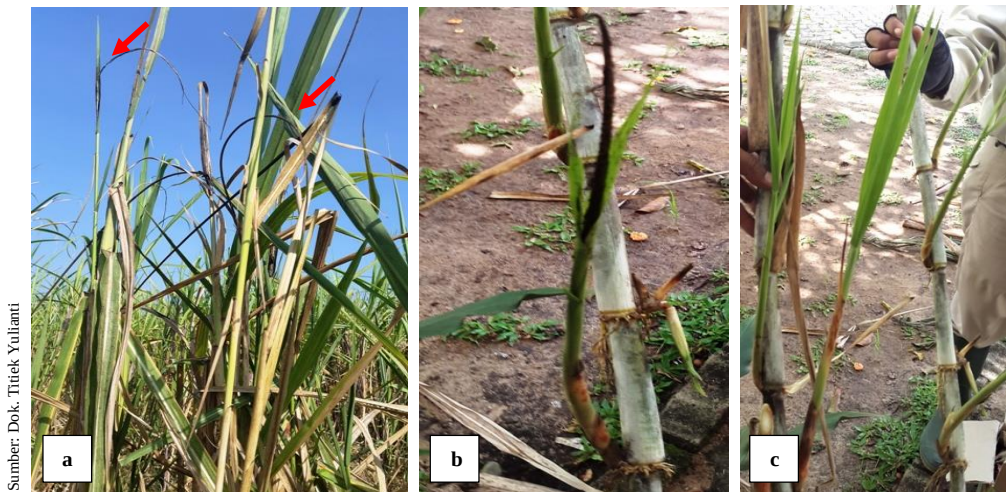
Daun termuda berubah bentuk bulat memanjang dengan pusat agak keras dan menyerupai cambuk berwarna hitam (Gambar 1a). Cambuk dengan diameter sekitar 1 cm (sebesar pensil) dengan panjang bervariasi mulai beberapa cm sampai 1,5 m (Semangun 2000). Cambuk yang berasal dari cabang lateral biasanya lebih pendek. Comstock (2000) melaporkan bahwa rumpun yang terinfeksi biasanya memiliki anakan yang banyak, menyerupai rumput dengan batang-batang yang mengecil dan pucuk/ujung tanaman membentuk cambuk (Gambar 1b) atau batangnya membentuk tunas samping (Gambar 1c). Hal ini disebabkan jamur mengeluarkan senyawa yang menstimulir tumbuhnya tunas. Warna hitam yang menyerupai jelaga pada cambuk merupakan kumpulan dari berjuta-juta spora jamur yang diliputi oleh selaput tipis. Jika spora masak, selaput akan pecah dan spora menyebar, terutama oleh angin atau air hujan.

Penyebab Penyakit

Penyakit luka api disebabkan oleh jamur *Ustilago scitaminea* H & P. Sydow.

Klasifikasi

Domain : Eukaryota
Kingdom : Fungi
Phylum : Basidiomycota
Subphylum : Ustilaginomycotina
Class : Ustilaginomycetes
Subclass : Ustilaginomycetidae
Order : Ustilaginales
Family : Ustilaginaceae



Gambar 1. Gejala Luka Api

Klamidisopora berwarna hijau zaitun sampai coklat, berbentuk bulat atau tidak teratur, dengan garis tengah 4–9 μm permukaannya licin atau dengan tonjolan-tonjolan halus. Klamidiospora berkecambah membentuk promiselium yang pendek, bersel 3 atau 4. Tiap sel membentuk hifa yang mampu melakukan infeksi atau membentuk sporadium sekunder. Teliospora berwarna coklat tua-hitam sedikit berbelang-belang dengan diameter 5,5–7,5 μm .

Comstock (2000) melaporkan bahwa jamur ini memiliki beberapa strain yang bervariasi. Masing-masing negara ada kemungkinan memiliki starin yang berbeda, dan satu varietas bisa memiliki ketahanan yang berbeda terhadap strain yang berbeda.

Epidemiologi

Infeksi primer jamur luka api ini biasanya oleh teliospora yang disebarkan oleh angin baik ke tanaman lain yang jauh jaraknya atau ke tanaman serumpun atau pucuk lateral. Sedangkan infeksi sekunder terjadi ketika menggunakan batang yang terinfeksi, sebagai bahan tanaman (bagal) (Comstock 2000). Ketika hinggap pada tanaman tebu, teliospora akan berkecambah jika ada air. Setelah berkecambah, promiselium akan menghasilkan 4 sporidia haploid melalui meiosis. Sporidia yang dihasilkan mempunyai 2 *mating type* yang berbeda. Jika soridia yang berbeda *mating type* tersebut bertemu akan menghasilkan bentuk dikaryon. Bentuk dikaryon ini membentuk hifa yang akan menembus tunas tebu melalui bagian bawah tunas di bawah sisik-sisik, kemudian menginfeksi jaringan meristem. Bila tunas yang terinfeksi mulai tumbuh, jamur juga berkembang tepat di belakang titik tumbuh tanaman dan menginduksi pembentukan struktur jaringan/bunga berbentuk tabung memanjang yang tumbuh diantara upih daun. Struktur bunga ini, diselimuti oleh lapisan tipis berwarna hitam pucat yang nantinya berubah menjadi hitam cokelat merupakan kumpulan teliospora. Jika selaput yang menyelimutinya pecah, maka teliospora akan terlepas dan tersebar oleh angin dan siap menginfeksi tanaman berikutnya. Teliospora ini mampu bertahan di dalam tanah. Menurut Semangun (2000) gejala akibat infeksi ini, biasanya terlihat waktu tanaman berumur 8–10 bulan.

Jamur dapat mempertahankan diri sebagai klamidospora dalam tanah yang kering atau sisa-sisa tanaman sakit atau dapat bertahan pada benih-benih sebagai spora. Klamidospora dan sporidium yang terdapat dalam tanah dapat disebarkan oleh air dan mengadakan infeksi pada stek. Pada musim kemarau penyakit cenderung lebih berat karena tanaman menjadi lemah.

Jika batang yang terinfeksi digunakan sebagai bakal (bahan tanaman) atau dikepras (*ratoon*), gejala penyakit sudah terlihat $\pm$ satu bulan setelah tanam. Rumpunnya memiliki anakan banyak dan cenderung kerdil (tidak dapat tumbuh dengan optimum) dengan tinggi tanaman tidak lebih dari 1 m. Tanaman *ratoon* lebih banyak terserang dibandingkan dengan PC.

Inang lain

Menurut Comstock (2000), *Saccharum* hybrid atau *Saccharum* spp. merupakan inangnya, namun jamur ini juga bisa menyerang atau sekedar mempertahankan diri pada alang-alang (*Imperata arundinacea* Cirillo atau *I. Cylindrica*) dan *Erianthus saccharoides*.

Pengendalian

- a. Penggunaan varietas resisten, misalnya PS41 atau PSJT 941. Shen *et al.* (2014) menyatakan bahwa *E. arundinaceus* yang memiliki kekerabatan dekat dengan tebu merupakan salah satu sumber ketahanan. Persilangan dengan spesies tersebut menghasilkan galur yang moderat sampai sangat tahan terhadap luka api. Bhuiyan *et al.* (2013) melaporkan bahwa tebu memiliki beragam mekanisme ketahanan baik eksternal maupun internal.
- b. Tanaman atau rumput yang sakit dibongkar terutama bagian cambuk dengan cara membungkus dengan plastik agar spora tidak menyebar. Jika mungkin pembuangan tanaman sakit (*rouging*) sudah dilakukan pada awal musim sebelum cambuk keluar (Gravois 2014). Dia menyarankan penggunaan herbisida glifosate untuk *rouging* hanya pada kebun benih yang terinfeksi ringan. Jika infeksi tunas sudah lebih dari 2%, sebaiknya tidak digunakan sebagai sumber benih.
- c. Perawatan benih dengan air panas waktu pendek dengan suhu 52°C dalam waktu 30–45 menit disertai perendaman benih dengan fungisida difenokonazol atau triadimefon atau bayleton 250 EC dengan takaran 2 ml/liter selama 2 jam. Pemberian fungisida pada benih yang telah dirawat dengan air panas dimaksudkan untuk mencegah infeksi spora jamur luka api yang sudah ada di dalam tanah. Perawatan benih dengan air panas cenderung lebih rentan dan mudah terinfeksi oleh spora jamur yang bertahan di dalam tanah dibandingkan dengan benih yang tidak diberi perawatan air panas (Waktola 2014). Meskipun Bhuiyan *et al.* (2013) dalam laporannya menemukan bahwa 13 klon yang diuji dalam ketahanannya terhadap luka api tidak menyebabkan mereka lebih rentan.
- d. Penggunaan fungisida pada benih sebelum tanam. Bhuiyan *et al.* (2012) menguji beberapa fungisida untuk mengendalikan luka api. Mereka melaporkan bahwa teliospora jamur tidak mampu berkecambah pada media yang diberi fungisida berbahan aktif azoxystrobin, quintozene dan didecyl dimethyl ammonium chloride 2,5 mg/l. Sedangkan propiconazole, triadimefon, cyproconazole dan acibenzolar-s-methyl mampu mengurangi perkecambahan spora ketika media diberi 50, 100, dan 200 mg/l. Percobaan di lapang menunjukkan bahwa cyproconazole, propiconazole, triadimefon dan azoxystrobin merupakan fungisida yang paling efektif mengendalikan luka api sampai 6–9 bulan.
- e. Sanitasi kebun dengan membersihkan tumbuhan inang alternatif yang tumbuh di sekitar pertanaman tebu.
- f. Menghindari *ratoon* lebih dari 3 kali kepras, terutama di daerah endemik.

Daun Hangus (*Leaf Scorch Disease*)

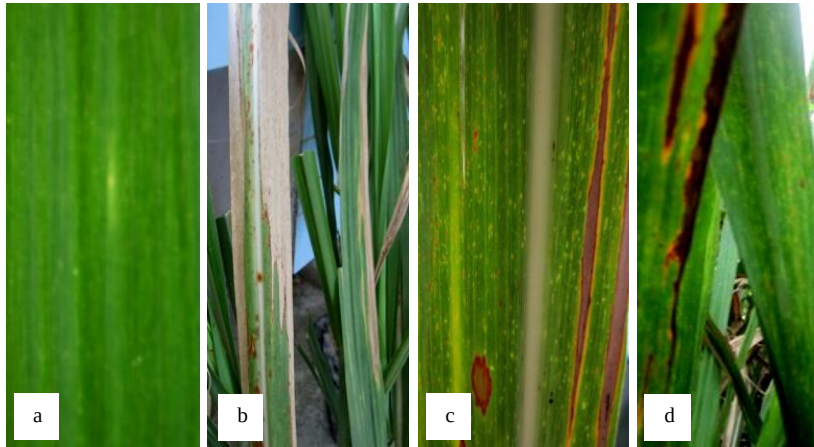
Penyakit ini endemik di Filipina maupun di Taiwan. Di Filipina pertama kali ditemukan tahun 1952 dan menyerang sekitar 5000 ha perkebunan tebu di distrik Victoria's Mill dan pada tahun 1955–1956 sudah menyebar sampai 8000 ha sehingga mengakibatkan kerugian yang sangat besar (Plantwise 2015). Di Taiwan pertama kali ditemukan tahun 1950 (Lo & Ling 1950) dan pada tahun 1952 penyakit ini menyebabkan kerugian sehingga menyebabkan industri gula di Taiwan hancur. Suranto dan Harsanto (1989) melaporkan bahwa di Indonesia penyakit ini menyebabkan kehilangan hasil sampai 36,5% jika menyerang tanaman tebu berumur 5 bulan. Jika infeksi terjadi pada tanaman tebu berumur 8 bulan, maka kehilangan hasil sedikit menurun (16,8%). Sedangkan di perkebunan tebu Gunung Madu Lampung, penyakit ini ditemukan pertama kali pada varietas Ragnar yang berasal dari Australia pada tahun 1986. Varietas Mex 69-1460 yang berasal dari Mexico banyak menunjukkan gejala ini, mungkin karena merupakan varietas yang rentan (Sitepu, komunikasi pribadi).

Gejala

Gejala awal daun hangus adalah titik putih kekuningan pada daun (Gambar 2a), kemudian berkembang menjadi titik merah-cokelat kemerahan dengan halo berwarna kuning pada permukaan daun dengan ukuran 0,5–3 x 0,3–1,0 mm. Lesi kemudian memanjang di sepanjang pertulangan daun dengan bentuk seperti spindel (gulungan benang) yang nantinya bergabung membentuk bercak besar berukuran sekitar 5 x 0,3–17 x 1,0 cm dengan pusat berwarna cokelat muda seperti jerami kering dibatasi oleh warna merah (Gambar 2b). Pusat bercak nantinya menjadi nekrotik dan pikinidia jamur tumbuh sebagai titik hitam pada permukaan atas daun. Luka akhirnya berkembang di seluruh permukaan daun kecuali bagian pertulangan daun (Gambar 2c dan 2d). Semakin tua daun, semakin parah kondisinya namun biasanya bercak tidak memanjang membentuk garis. Daun akhirnya mengering sebelum waktunya dan terlihat seperti terbakar (Gambar 3) (Exconde 1963).

Serangan jamur *S. sacchari* menyebabkan kerusakan hebat dan menurunkan aktivitas fotosintesa tanaman tebu. Akibatnya pada tanaman-tanaman yang rentan, panen terjadi lebih awal daripada normal. Periode kritis infeksi jamur adalah saat tanaman berumur 4–5 bulan. Infeksi jamur pathogen ini akan menyebabkan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah ruas berkurang dan juga daun yang hijau hanya sedikit.

Sumber: Dok. Titek Yulianti



Gambar 2. Perkembangan gejala Daun Hangus (*Leaf Scorch*)

Sumber: Dok. Titek Yulianti



Gambar 3. Daun tebu mengering seperti terbakar

Penyebab Penyakit

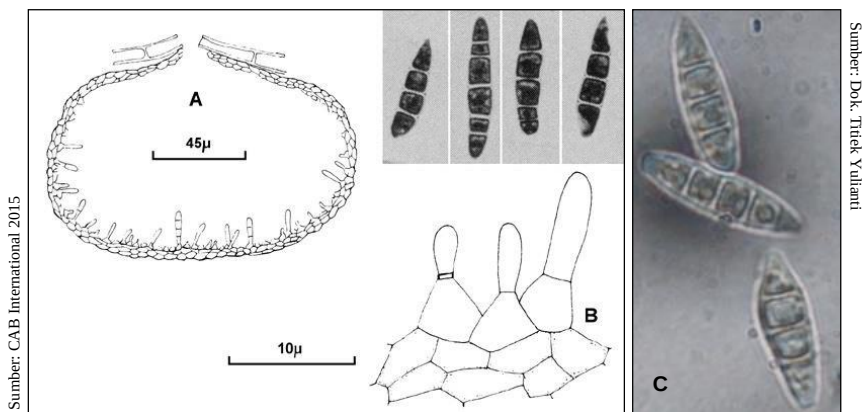
Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Stagonospora sacchari* T.T. Lo & L. Ling,

Klasifikasi

Domain	: Eukaryota
Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Dothideomycetes

Subclass : Pleosporomycetidae
Order : Pleosporales
Family : Incertae sedis
Genus : *Stagonospora*
Species : *S. sacchari*

Stagonospora merupakan bentuk imperfect dari jamur *Leptosphaeria bicolor* (Kaiser *et al.* 1979). *S. Sacchari* menghasilkan piknidia berbentuk globose sampai lonjong, tertancap dan sedikit muncul di permukaan jaringan inang (Gambar 4). Konidia terbungkus dalam selaput seperti gelatin, tidak berwarna (hialin), berbentuk elip dan pada bagian dasar sedikit bulat, terdiri dari 3–4 septa berukuran 27–48 x 9,5–14 μm (Exconde 1963). Suhu optimum untuk pertumbuhan miselia pada media PDA sekitar 27°C dalam kondisi gelap, sedangkan pembentukan piknidia paling baik pada media oatmeal agar (Kaiser *et al.* 1979). Dalam media biakan ostiol berwarna hitam menonjol dengan diameter sekitar 150–517 μm (Exconde 1963). Menurut Kaiser *et al.* (1979), *L. bicolor* tidak mampu berkembang pada media buatan, kecuali pada water agar yang diberi potongan daun tebu steril setelah 10–15 hari inkubasi. Inokulasi buatan menggunakan *L. bicolor* menunjukkan bahwa jamur ini mampu menginfeksi tebu tapi kurang patogenik ketika diinokulasikan ke jagung, padi, dan sorgum serta rumput gajah.



Keterangan: A. Piknidium *S. sacchari*; B. conidiogenous dan konidia yang baru tumbuh; C. Konidia

Gambar 4. Piknidium dan konidia *Stagonospora sacchari*

Epidemiologi

Spora jamur ditularkan oleh hujan atau embun yang terbawa angin. Gejala banyak ditemukan pada tebu tua di musim hujan. Menurut Lee & Liang (2000) penyakit menyebar dengan cepat ketika hujan lebat namun suhu udara tinggi. Curah hujan dan kelembaban yang tinggi sangat cocok untuk infeksi dan perkembangan jamur ini. Ketika kondisi kering gejala daun hangus terlihat sangat parah.

Inang Lain

Imperata cylindrica (alang-alang), *Miscanthus japonica*, *M. sinensis*, *Rottboellia cochinchinensis* (rumput banjangan), *Saccharum spontaneum* (glagah), *Sorghum bicolor*, *Andropogon sorghum*, *Pennisetum purpureum* (Lo dan Leu 1989).

Pengendalian

1. Menggunakan varietas resisten, misalnya PS 41.
2. Sanitasi:
 - Membakar sisa tanaman setelah panen agar pikinidia beserta konidia-nya yang bertahan pada sisa-sisa tanaman dan di dalam tanah mati.
 - Membersihkan tanaman inang alternatif yang tumbuh di sekitar perkebunan tebu
3. Penggunaan fungisida cukup efektif, namun belum pernah diaplikasikan dalam skala lapang. Suranto dan Harsanto (1989) merekomendasikan beberapa fungisida seperti: mankozeb, benomil, dan karbendazim.

Pokkah Boeng

Pokkah boeng berasal dari bahasa jawa yang artinya rusaknya pucuk tanaman tebu. Penyakit ini sangat umum ditemukan pada tanaman tebu, terutama di daerah beriklim basah. Meskipun demikian, secara ekonomi belum merugikan, kecuali pada akhir tahun 1980-an, varietas POJ2878 yang rentan terserang sampai 38% di Jawa (Martin *et al.* 1989). Pokkah boeng banyak ditemukan pada musim hujan pada tebu muda. Namun, biasanya tanaman yang terserang mampu pulih kembali.

Gejala

Gejala pokkah boeng terbagi atas tiga fase, yaitu:

1. Fase Khlorosis (PB1 & PB2)

Gejala awal penyakit pokkah boeng adalah khlorosis pada helaian daun yang baru saja membuka atau terlihat bintik-bintik klorotik pada ujung daun muda atau terkadang pada bagian daun yang lain (Gambar 5a). Bintik khlorotik ini kemudian berkembang ke bagian pelepah (pangkal daun). Gejala PB 1 hanya terlihat pada daun, khlorotik tanpa ada garis merah, mengkerut atau terbelah.



Keterangan: a. Gejala khlorotik pada helaian daun tebu; b. Daun muda mengkerut dan melintir; c. Daun-daun yang belum membuka jika terserang, rusak dan tidak dapat membuka dengan baik

Gambar 5. Fase Khlorosis

Gejala khlorotik seringkali diikuti dengan mengkerutnya daun muda, terpelintir, dan memendek sampai berubah bentuk dan rusak (Gambar 5b). Pangkal daun yang sakit biasanya lebih sempit dibanding pangkal daun yang normal. Pada daun yang tua akan terlihat titik-titik atau garis-garis merah pada bagian yang khlorosis. Garis-garis merah tersebut akan berkembang menjadi lesi berbentuk seperti belah ketupat yang tidak teratur atau seperti tangga dengan batas gelap pada bagian yang memanjang (sejajar serat daun). Batasan yang gelap ini nanti akan berkembang menjadi cokelat atau gelap kemerahan dan membentuk lesi seperti terbakar atau terkadang berlubang-lubang. Kalau penyakit ini meluas kedalam maka, daun-daun yang belum membuka juga terserang, rusak dan tidak dapat membuka dengan baik (Gambar 5c).

Jadi fase PB 2, terlihat adanya luka berbentuk seperti tangga pada gulungan daun yang berubah warna kekuningan, keriting, membelit dan terlihat ada garis merah.

2. Fase Akut atau Busuk pucuk (PB 3)

Fase PB 3 ditandai dengan busuk pucuk, daun menggulung, bercak bergaris merah yang jelas, nekrosis. Cendawan juga menyerang ujung batang yang masih muda. Serangan ringan tidak menyebabkan pembusukan. Pada serangan berat menyebabkan busuk dan menyebabkan kematian (Gambar 6).



Gambar 6. Busuk pucuk

Infeksi akan berlanjut ke daun di bagian bawahnya melalui titik tumbuh. Pada batang yang muda ini terjadi garis-garis merah kecokelat-cokelatan yang dapat meluas menjadi rongga-rongga yang dalam. Rongga-rongga ini mempunyai sekat-sekat melintang hingga tampak seperti tangga. Jika ujung batang dapat tumbuh terus maka akan terjadi hambatan (stagnasi) pertumbuhan dan bagian yang berongga akan menjadi bengkok. Pada infeksi yang berat, pada bagian ujung dan titik tumbuh rusak, daunnya berubah bentuk, mengerut dan terpelintir (Gambar 7) sampai busuk diikuti adanya garis garis atau bercak bercak merah.



Gambar 7. Infeksi berat fase PB 3

3. Fase Terpotong (PB 4)

Pada fase ini, kulit batang tebu seperti terpotong pisau tajam melintang dengan lesi/luka seperti tangga. Biasanya terjadi pada bagian dekat pucuk. Fase ini berkaitan erat dengan fase akut atau busuk pucuk. PB 3 dan PB 4 biasanya disebabkan oleh *strain* yang ganas/agresif, sedangkan PB 1 dan PB 2 penyebabnya adalah jamur dengan *strain* yang kurang agresif

Penyebab Penyakit

Pokkah boeng disebabkan oleh cendawan *Fusarium moniliforme* Sheldon. (bentuk *perfect*: *Gibbrela moniliformis*).

Klasifikasi:

Domain	: Eukaryota
Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Class	: Sordariomycetes
Order	: Hypocreales
Family	: Nectriaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Species	: <i>F. moniliforme</i>

Epidemiologi

Pokkah boeng berkembang dengan baik pada kondisi yang hangat dan lembab. Umumnya gejala mulai terlihat pada awal musim hujan pada saat pertumbuhan tebu cepat. Umur tebu sekitar 37 bulan merupakan masa yang paling rentan terhadap serangan jamur ini.

Cendawan yang menyerang titik tumbuh terkadang menyebabkan pembusukan tunas dan menimbulkan bau yang sangat tidak enak. Serangan ini dapat menyebabkan matinya tanaman. Kerentanan tanaman tebu terhadap penyakit pokkah boeng banyak dipengaruhi oleh jenis tebu, umur tebu, keadaan lingkungan dan pengelolaan pertanian.

Inang Lain

Padi, jagung, sorgum, rumput-rumputan.

Pengendalian

Sampai saat ini pokkah boeng tidak dikendalikan secara khusus, karena tanaman biasanya mampu pulih kembali. Penggunaan varietas tahan (misalnya: VMC 71-238) dan bahan tanaman (bagal) yang bebas penyakit merupakan usaha pengendalian yang efektif. Pengendalian secara kimiawi seperti Copper oxychloride, Bavistin, Blitox, dan Dithane M-45 meskipun efektif, namun pada skala lapang kurang ekonomis karena terlalu mahal.

Tanaman tebu yang menunjukkan gejala ‘*top rot*’ or ‘*knife cut*’ harus segera dipangkas dan dibuang. Sanitasi lingkungan terhadap sisa-sisa tanaman sakit juga perlu dilakukan untuk mengurangi sumber infeksi.

Penggunaan bakteri endofit seperti *Burkholderia* yang memiliki potensi sebagai plant growth promotor dan antagonis bisa dipertimbangkan sebagai salah satu agensia pengendali penyakit ini (Mendes *et al.* 2007).

Penyakit Karat Daun

Sampai saat ini penyakit karat secara ekonomi belum merugikan pada perkebunan tebu di Indonesia, meskipun diperkirakan penyakit ini asli berasal dari Irian di mana *S. officinarum* dan *S. robustum* berasal (CABI 2015). Namun di USA, khususnya di negara bagian Florida kerugian akibat penyakit karat ini diperkirakan 20–40% ketika terjadi outbreak (PBC 2015). Sementara di Australia penyakit karat ini menyebabkan kehilangan hasil 35-40% dan merugikan industri gula sampai 200 juta dollar Australia ketika menyerang varietas Q124 yang rentan pada tahun 2000 (Magarey *et al.* 2001; Staier *et al.* 2003). Di Indonesia penyakit karat oranye pada tebu tersebar luas di hampir seluruh perkebunan tebu yang ada di pulau Sumatra, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Irian, kepulauan Maluku dan Nusa Tenggara (CABI/EPPO 2015).

Gejala

Lesi diawali dengan bercak khlorotik yang kecil (diameter 0,5 mm) pada daun yang nantinya akan berkembang menjadi bercak memanjang (2–8 mm x 0,5–2 mm) berwarna cokelat atau cokelat kemerahan yang dibatasi oleh halo berwarna pucat (Gambar 8a.). Terkadang bercak memanjang sampai 3 cm. Gejala karat biasanya semakin ke atas semakin banyak dan semakin ke bawah semakin sedikit. Miselia jamur biasanya akan menembus permukaan daun dan memproduksi urediniospora pada permukaan bawah daun (Ryan dan Egan, 1989; Magarey *et al.* 2001) dalam bentuk pustul-pustul yang berkelompok kelompok. Jika diraba permukaan bawah daun akan terasa kasar (Gambar 8b). Jika serangannya parah, seluruh permukaan daun akan tertutupi oleh pustul-pustul tersebut sehingga daun akan menua sebelum waktunya (Gambar 8c). Akibatnya, jumlah dan berat batang turun sehingga bobot tebu juga akan menurun.

Penyakit karat ini banyak ditemukan di musim kemarau atau ada hujan sedikit pada tebu umur 2–6 bulan. Semakin tua semakin berkurang (hampir sama dengan pokkah boeng).

Sumber: Dok. Titek Yulianti



Keterangan: a. Gejala awal, b. Permukaan bawah penuh spora yang jika diraba terasa kasar, c. Tanaman tebu yang terserang karat berat

Gambar 8. Gejala Karat

Penyebab Penyakit

Karat daun disebabkan oleh jamur *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler 1914 yang merupakan parasit obligat. Urediniospora memiliki dinding sel berwarna keemasan atau oranye kecokelatan, berbentuk *obovoid* atau *pyriform*, ada juga yang elips dengan ukuran sangat bervariasi (25-57 x 17-34 μm).

Klasifikasi

Domain	: Eukaryota
Kingdom	: Fungi
Phylum	: Basidiomycota
Subphylum	: Pucciniomycotina
Class	: Pucciniomycetes
Order	: Pucciniales
Family	: Pucciniaceae
Genus	: Puccinia
Species	: <i>Puccinia kuehnii</i>

Sumber: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/45818>

Epidemiologi

Kondisi yang cocok untuk perkembangan jamur karat ini adalah hangat dan lembab. Spora jamur *P. kuehni* disebarkan oleh angin atau percikan air hujan (Ryan dan Egan 1989), kemudian akan berkecambah pada permukaan daun tebu jika kondisinya sesuai, yaitu pada suhu sekitar 15–25°C dan berkembang dengan cepat pada kelembaban di atas 97% (Magarey *et al.* 2003). Setelah jamur menginfeksi tanaman, 23 hari kemudian urediniospores dihasilkan pada suhu antara 10–34°C (Hsieh dan Fang 1983) dengan suhu optimum antara 15–25°C (Magarey *et al.* 2003).

Inang Lain

Tebu telur (*Saccharum edule*), *Saccharum robustum*, Gelagah (*Saccharum spontaneum*), *Saccharum arundinaceum*, *Sclerostachya fusca*

Pengendalian

Pengendalian utama penyakit karat adalah penggunaan varietas tahan. Saat ini yang tersedia adalah varietas Tolanghula 2 (TLH2) yang agak tahan terhadap karat. Lebih baik lagi jika varietas yang digunakan beberapa macam karena ketahanannya yang cenderung tidak stabil. Jika terpaksa menggunakan bahan kimia, fungisida yang mengandung sulfur dapat digunakan, namun secara ekonomi kurang efektif. Staier *et al.* (2003) melaporkan bahwa Alto (bahan aktif : Cyproconazole) paling efektif, namun ketika penyemprotan dihentikan, gejala karat muncul lagi. Selain itu, penyemprotan fungisida tidak berpengaruh nyata terhadap produksi. Usahakan pH tanah tidak asam atau mengandung P dan K tinggi. Johnson *et al.* (2007) menyatakan bahwa penyakit karat akan semakin parah pada tanaman tebu yang diberi pupuk berlebihan.

Penyakit Lapuk Pangkal Batang

Penyakit ini pertama kali ditemukan di Taiwan (Fang *et al.* 1986). Sedangkan di Indonesia penyakit ini dilaporkan pertama kali pada tahun 1993 di perkebunan tebu PT Gunung Madu Lampung (Sitepu, tidak dipublikasikan). Observasi lapang menunjukkan bahwa keparahan penyakit bisa mencapai 11% pada area yang endemik. Produksi tebu dan gula akan turun masing-masing 12,3% dan 15,4% jika keparahan penyakit 25–26% (Sitepu *et al.* 2010). Sementara di Taiwan penyakit ini menyebabkan kerugian 5% pada tanaman PC dan 30% pada tanaman ratoon (Fang *et al.* 1994).

Gejala

Gejala biasanya mulai terlihat ketika tanaman berumur 9 bulan atau lebih. Pada tanaman ratoon, gejala sudah mulai terlihat pada umur 5 bulan karena jamur sudah ada pada tunggul-tunggul tanaman yang sebelumnya (Sitepu *et al.* 2010). Gejala awal biasanya terlihat daun kekuningan dan layu lalu kering. Jika infeksi berlanjut dan semakin parah, akan terlihat tanaman merana dan mati. Perakaran dan batang bawah membusuk (Gambar 9) sehingga tanaman mudah dicabut. Stroma jamur akan muncul dari tanah sekitar tanaman sakit atau dari tunggul tanaman yang telah mati (Gambar 10). Biasanya gejala terlihat jelas setelah lanjut karena terlihat spot spot pertanaman yang kuning dan kering di area yang endemik.



Sumber: Dok. Titiek Yulianti

Gambar 9. Gejala Lapuk Pangkal Batang, perakaran habis dan pangkal batang busuk



Sumber: Dok. Titiek Yulianti

Gambar 10. Stroma tumbuh pada kulit luar batang tebu & yang telah lapuk

Penyebab Penyakit

Penyebab penyakit lapuk batang adalah jamur *Xylaria* cf. *warburgii*. Hasil pengamatan Sitepu (tidak dipublikasikan), miselia *Xylaria* sp. berwarna putih, bersekat, bercabang banyak, dan berdiameter sekitar 2,57 μm . Pada media PDA, miselia awalnya berwarna putih lalu perlahan memadat dan nantinya berkembang menjadi kehitaman hingga hitam gelap menjelang dan saat pembentukan stroma. Konidiofora terdapat pada ujung-ujung stroma. Konidia terdiri dari satu sel, transparan, dan berbentuk lonjong berukuran sekitar 5,0–13,0 x 2,5–8,0 μm .

Jamur *Xylaria* sp. tumbuh pada suhu 10 - 35°C dengan suhu optimal 20 – 30°C. Rentang toleransi pH antara 4–8. Pada pH yang lebih rendah, permukaan koloni tampak lebih tebal, kasar serta bergelombang, sedangkan pada pH yang lebih tinggi koloni terlihat lebih tipis, halus, serta datar.

Epidemiologi

Jamur ini bertahan hidup sampai satu tahun dalam tunggul tunggul bekas tanaman yang sakit. Infeksi jamur berawal dari hifa yang tumbuh di sepanjang perakaran yang nantinya membentuk bantalan infeksi sebelum masuk ke dalam jaringan akar (Fang dan Lee 1999). Menurut Sitepu (*unpublished*), bila tidak menemukan inang baru, jamur yang bertahan dalam tunggul tebu yang terpendam dalam tanah dengan kedalaman 0 – 50 cm mampu bertahan hingga lebih dari 7 bulan sebagai saprofit dan akan kembali menginfeksi akar/pangkal batang tebu jika sudah tersedia dengan ascospora sebagai inokulum primer. Rumput gulma juga merupakan inang alternatif tempat jamur bertahan hidup ketika tunggul sudah tidak ada (Fang dan Lee, 1994).

Inang Lain

Menurut Fang dan Lee (1994), selain tebu, jamur ini menyerang spesies *Saccharum*, *Miscanthus*, jagung (*Zea mays*), sorgum (*Sorghum bicolor*), *Cynodon dactylon*, (Alang-alang (*Imperata cylindrica*), rumput teki (*Cyperus rotundus*),

Pengendalian

Meskipun penggunaan varietas tahan, merupakan alternatif terbaik, namun saat ini menurut Sitepu (komunikasi pribadi) tidak ada satupun varietas di PG GMP yang benar-benar tahan terhadap *Xylaria*. Hasil pengujian ketahanan varietas

terhadap penyakit busuk pangkal batang oleh PG Cintamanis juga menunjukkan belum ada varietas yang benar-benar tahan. Ada beberapa varietas yang tingkat keparahan penyakitnya rendah, misalnya PS 881 (12,5), PS 864 (17,6%), dan PS 882 (19%) (Winarno 2016).

Pengolahan tanah minimum, serta pengelolaan kesehatan tanah dan pemanfaatan musuh alami (antagonis) atau endofit merupakan cara pengendalian alternatif yang saat ini sedang dalam penelitian.

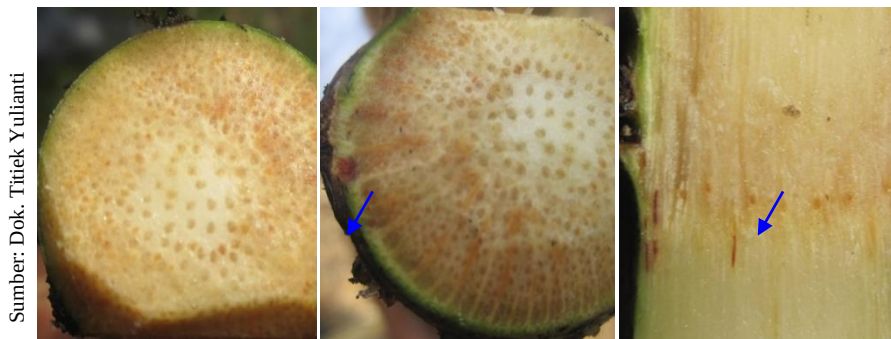
Ratoon Stunting Disease

Penyakit *Ratoon Stunting Disease* (RSD) atau penyakit pembuluh tebu adalah penyakit yang sulit dideteksi berdasarkan gejala visual. Saat ini penyakit tersebut telah tersebar di seluruh pertanaman tebu di Indonesia dengan persentase serangan antara 10–100%. Putra dan Damayanti (2012) menyatakan bahwa penyakit ini banyak ditemukan pada lahan tegal yang tidak berpengairan. Hasil survei yang dilakukan P3GI pada tahun 2000 menunjukkan bahwa hampir semua lokasi perkebunan tebu di Jawa terinfeksi bakteri ini dengan tingkat keparahan 1,5–74%. Sedangkan survei pada tahun 2003/2004 menunjukkan bahwa hampir semua varietas (terutama M 442-51) terinfeksi bakteri dengan tingkat kejadian penyakit 3–54%. Hal ini terjadi karena kurang intensifnya tindak pengendalian penyakit.

Gejala

Tanaman yang sakit tidak menunjukkan gejala visual luar yang nyata, sehingga seringkali tanaman yang sakit tidak terdeteksi. Jika pada pertanaman tebu tampak pertumbuhan tidak seragam, rumpun–rumpun tidak sama tinggi sehingga terlihat tidak rata dan bergelombang turun naik secara acak (Gillaspie dan Teakle 1989), patut dicurigai tanaman tersebut terserang penyakit pembuluh tebu.

Jika batang tua yang sakit dibelah maka di bagian dalamnya akan terlihat perubahan warna (*discoloration*) kemerahan pada bagian pembuluh terutama di bagian buku (Gambar 11). Perubahan warna ini dapat pula disebabkan oleh faktor abiotik, sehingga pemeriksaan secara serologi akan memberi hasil yang lebih dapat dipercaya. Pada beberapa varietas, tunas–tunas muda mengalami perubahan warna menjadi berwarna pink.



Gambar 11. Titik/garis merah (arah panah) merupakan gejala khas RSD

Penyebab Penyakit

Penyakit pembuluh/RSD disebabkan oleh bakteri *Leifsonia/Clavibacter xyli* subsp. *xyli*.

Epidemiologi

Menurut Putra dan Damayanti (2012), penularan utama penyakit pembuluh adalah melalui benih tebu yang terinfeksi. Alat pemotong dan alat panen berpotensi menjadi perantara menularnya bakteri yang terdapat pada getah/cairan batang yang terinfeksi ke benih yang sehat, baik pada saat penebangan, pemotongan ataupun pengangkutan. P3GI mengungkapkan bahwa tingkat infeksi RSD/penyakit pembuluh pada benih sangat tinggi, yakni berkisar antara 25% sampai 100%.

Gillaspie dan Teakle (1989) menyatakan bahwa kemarau dan kekurangan air menyebabkan pertumbuhan tanaman yang terinfeksi terhambat (kerdil). Itulah sebabnya Penyakit pembuluh dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga lebih dari 10% pada lahan sawah dan 50% pada lahan tegalan.

Inang Lain

Jagung (*Zea mays*), *Sorghum* spp., rumput Malela (*Brachiaria mutica*), rumput kori (*B. miliiformis*), rumput Rhodes (*Chloris gayana*), rumput grinting (*Cynodon dactylon*), rumput bebek/tuton (*Echinochloa colonum*), Alang-alang (*Imperata cylindrica*), rumput Benggala (*Panicum maximum*), rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) dan *Rhynchelytrum repens* (Gillaspie dan Teakle 1989).

Pengendalian

1. Penggunaan benih yang sehat dan bebas patogen karena penyakit RSD ditularkan melalui benih. Untuk memperoleh benih sehat bisa melalui kultur jaringan atau perlakuan air panas/Hot Water Treatment (HWT) sebelum bagal/set ditanam.
2. Penggunaan varietas tahan seperti F154 (agak tahan).
3. Sanitasi alat-alat pertanian dengan desinfektan.

Penyakit Mosaik Tebu

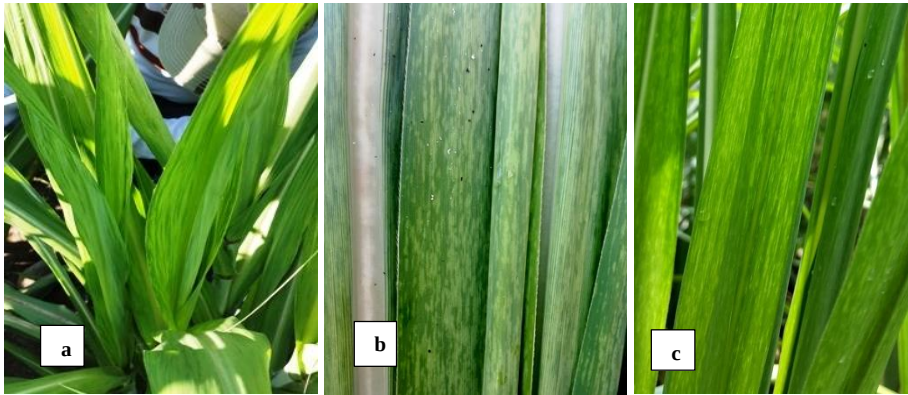
Pada tanaman tebu, gejala mosaik dapat disebabkan oleh Sugarcane mosaic virus (SCMV) dan Sugarcane streak mosaic virus (SCSMV). Penyakit mosaik untuk pertama kali penyakit ini diketahui oleh Van Musscrebroek di Jawa Tengah pada tahun 1892. *Sugarcane mosaic virus* (SCMV) merupakan masalah serius di banyak negara penghasil tebu. Sedangkan *Sugarcane streak mosaic virus* (SCSMV) merupakan virus yang menyebabkan mosaik bergaris (*streak mosaic*) pada tebu. Keberadaan penyakit mosaik bergaris di Pakistan dan India pertama kali dilaporkan oleh Hall *et al.* (1998) dan telah ditemukan Bangladesh, Sri Lanka, Vietnam, dan Thailand (Chatenet *et al.* 2005). Menurut Damayanti *et al.* (2010), mosaik bergaris merupakan penyakit eksotik yang masuk ke Indonesia bersamaan dengan masuknya benih tebu (set) yang terinfeksi. Survei lapangan yang dilakukan P3GI pada tahun 2008/2009 menemukan sekitar 30% perkebunan tebu milik 28 pabrik gula di Jawa bergejala mosaik bergaris dan varietas PS864 merupakan varietas yang paling rentan (Putra *et al.* 2014). Bahkan menurut Damayanti dan Putra (2011), penyakit mosaik bergaris sudah menyebar di 59 perkebunan tebu dengan tingkat keparahan penyakit 1–62%. Penyakit mosaik ini sangat berpengaruh terhadap daya kecambah dan jumlah anakan, pertumbuhan tanaman dan produksi gula karena infeksi virus mosaik menurunkan potensi fotosintesa CO₂ (Viswanathan dan Balamuralikrishnan 2005).

Gejala

Gejala penyakit mosaik yaitu pada daun terdapat gambaran mosaik berupa garis-garis dan noda-noda berwarna hijau muda sampai kuning (Gambar 12a).

Gejala umum penyakit mosaik bergaris pada tebu meliputi garis-garis halus pada helaian daun tebu yang berwarna hijau muda, kuning atau putih yang berselang seling dengan warna hijau yang normal pada daun tebu (Gambar 12b

dan 12c). Sedangkan gejala khusus adalah perbedaan pola pada warna hijau atau daerah kuning klorosis pada hijau daun. Daerah klorosis paling jelas tampak pada dasar daun. Daerah klorosis juga terdapat pada pelepah daun, tetapi jarang terdapat pada batang. Tanaman muda lebih rentan dibandingkan tanaman yang lebih tua.



Gambar 12. Gejala mosaik

Penyebab Penyakit

Penyebab mosaik pada tebu adalah Sugarcane mosaic virus (SCMV) yang dikelompokkan ke dalam genus Potyvirus dan termasuk ke dalam famili potyviridae dan penyakit mosaik bergaris disebabkan oleh sugarcane streak mosaic virus (SCSMV) yang dikelompokkan ke dalam genus Susmovirus dan termasuk ke dalam famili potyviridae (Damayanti dan Putra, 2011).

Epidemiologi

Penyebaran sugarcane mosaic virus di lapang umumnya terjadi melalui vektor aphid atau melalui benih tebu yang terinfeksi. Vektor dari SCMV adalah arthropoda, ordo Hemiptera, famili Aphididae; *Dactynotus*. Penyebaran secara mekanik biasanya hanya terjadi di rumah kaca atau laboratorium penelitian.

Inang Lain

Inang lain untuk SCMV adalah: Sorgum (*Sorghum bicolor*), Jagung (*Zea mays*), dan beberapa jenis gulma terutama dari keluarga poacea (Yang dan Mirkov 1997).

Sedangkan inang lain untuk SCSMV adalah: Sorgum (*Sorghum bicolor*), Jagung (*Zea mays*), dan gulma tapak jalak (*Dactylactonium aegypticum*) (Damayanti dan Putra 2011),

Pengendalian

Pengendalian penyakit ini adalah secara preventif, misalnya dengan menggunakan bagal bebas virus; monitoring penyakit di lapang secara rutin untuk mencegah penyebaran penyakit; perlakuan tanaman dengan senyawa-senyawa biotik yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan sistemik tanaman terhadap infeksi patogen (misalnya dengan bakteri endofit). Damayanti *et al.* (2010) melaporkan bahwa HWT dengan suhu 53°C selama 10 menit mampu mengurangi keparahan penyakit mosaik bergaris dan viabilitas benih tetap baik, meskipun virus mosaik bergaris tidak tereliminasi 100%. Sedangkan untuk tanaman induk (*mother plant*), HWT dengan suhu 55°C selama 30 menit atau 60°C selama 10 menit mampu mengeliminasi virus (Damayanti *et al.* 2009). Varietas tebu yang tahan terhadap penyakit mosaik antara lain adalah: Ps 56, F 154, F 156 atau M 442-51

Prinsip–Prinsip Pengelolaan Penyakit Tebu

Sampai saat ini penyakit tebu merupakan faktor utama dalam penurunan produksi tebu. Di atas telah dikemukakan beberapa jenis penyakit tebu yang banyak ditemukan di perkebunan tebu di Indonesia. Memahami dan melaksanakan prinsip-prinsip pengendalian penyakit dalam budi daya tebu akan membantu petani mencegah terjadinya penyakit dan ataupun penyebarannya.

1. Penggunaan varietas tahan

Pengendalian penyakit yang utama adalah penggunaan varietas tahan dan merupakan cara pengendalian yang paling efektif. Sebaiknya, di daerah-daerah yang endemik suatu penyakit tertentu, penataan varietas juga mempertimbangkan tingkat ketahanan varietas tersebut terhadap penyakit. Tabel 1. merupakan daftar varietas tebu komersial dan tingkat ketahanannya terhadap penyakit.

Sedangkan calon varietas unggul harus diuji ketahanannya terhadap penyakit sebelum dilepas menjadi suatu varietas unggul baru. Memahami pola pewarisan dan mekanisme ketahanan sangat penting untuk mempercepat proses pengujian ketahanan varietas serta mencegah timbulnya strain patogen

baru (Sundar *et al.* 2015). Di bawah ini tingkat ketahanan varietas tebu terhadap beberapa penyakit.

Tabel 1. Tingkat ketahanan varietas tebu komersial terhadap penyakit

No	Varietas	Luka Api	Daun Hangus	RSD	Blendok	SCSMV	SCMV
4.	POJ 3016			SR	R		R
5.	POJ 3067			MR	R		R
6.	PS 41	T	T				MR
7.	M 442-51	SR	SR	MR	T		
8.	F 154	MR		MT	T		T
9.	PS 61	R	R	SR			
10.	PS 77-1553	SR					
11.	PS 80-1424	R			T		T
12.	PS 851	MR			T		T
13.	PS 864	MT			T	SR	
14.	BL	ST	R			MT	
15.	PSJT 941	T			T	R	
16.	PS 862	MT		M	T	MT	
17.	Kenthung (SS 57)		T				
18.	PSBM 901		T				
19.	VMC 71-238 ^{*)}	T			T		T

Sumber: Putra dan Damayanti (2012); *) Hufail (2015)

Tabel 2. Kriteria ketahanan varietas tebu berdasarkan tingkat keparahan penyakit

No	Nama penyakit	Keparahan penyakit (%)			Waktu pengamatan	Keterangan	
		Tahan	Sedang	Rentan		Unit	Metode inokulasi
1	Luka Api	≤ 5	>5–10	>10	10–12 (R1)	Rumpun	Buatan
2	Blendok	≤ 5	>5–10	>10	4-8	Batang (Tanaman)	Alami
3	Garis Merah	≤ 5	>5–10	>10	2–5	Batang (Tanaman)	Alami
4	Daun Hangus	≤ 5	>5–10	>10	8–12	Daun ke 5	Alami
5	Noda Cincin	≤ 5	>5–10	>10	3–6	Daun ke 1–5	Alami
6	Karat Daun	≤ 5	>5–10	>15	2–6	Daun ke 1–5	Alami
7	Khlorosis Daun	≤ 5	>5–10	>15	2–5	Batang (Tanaman)	Alami
8	Pokkah Boeng	≤ 5	>5–10	>15	3–7	Batang (Tanaman)	Alami
9	Noda Kuning	≤ 5	>5–10	>10	5–9	Daun ke 1–5	Alami
10	Noda Lain	≤ 5	>5–10	>10	3–6	Daun ke 1–5	Alami
11	RSD	≤ 15	>15–30	>30	10	Batang (Tanaman)	Buatan
12	Lapuk Akar	≤ 5	>5–10	>10	12	Pangkal Batang	Buatan

Sumber: Tuntunan Teknis Pengelompokan Ketahanan Penyakit di Gunung Madu Plantation versi 2011

2. Penggunaan benih bebas penyakit

Penyedia benih bertanggung jawab dalam menyediakan benih yang bebas dari penyakit, selain melakukan uji dan inspeksi lapang untuk memastikan kebun benih bebas dari penyakit, juga diperlukan perlakuan-perlakuan khusus untuk membunuh patogen yang terbawa benih, misalnya dengan *hot water treatment* (HWT). Ada 3 jenis HWT yang umumnya digunakan untuk mengeliminasi penyakit, yaitu *Long Hot Water Treatment* (LHWT) menggunakan air panas dengan suhu 50°C selama 3 jam ; *Cold Soak Hot Water Treatment* (CSLHWT) menggunakan air mengalir suhu ruang selama 40 jam dilanjutkan dengan perendaman benih dalam air panas bersuhu 50°C selama 3 jam; dan *Short Hot Water Treatment* (SHWT) yang menggunakan air panas dengan suhu 50°C selama 30 menit. Bakteri *L.xyli* penyebab penyakit RSD biasanya dieliminasi dengan LHWT; bakteri *X. albicans* penyebab blendok menggunakan CSLHWT, dan virus penyebab penyakit garis klorotik serta hama penggerek berhasil dieliminasi melalui perlakuan SHWT. Croft *et al.* (2000) menyatakan bahwa ketepatan suhu merupakan faktor kritis dalam keberhasilan HWT, di atas suhu 50°C, benih akan turun viabilitasnya, sedangkan di bawah 50°C efektivitas membunuh patogen akan berkurang.

3. Teknik Budi daya

Ada beberapa faktor teknik budi daya yang dapat digunakan untuk mengurangi keparahan atau penyebaran penyakit, misalnya waktu tanam dan panen; pemberoan atau rotasi tanaman; perbaikan drainase dan pembubunan, pemupukan yang tepat; dan sanitasi.

Sanitasi alat-alat pertanian, membuang tanaman sakit, serta mencabut gulma-gulma yang menjadi inang alternatif patogen akan membantu mencegah menyebarnya penyakit.

4. Penggunaan Pestisida

Penggunaan pestisida berbahan aktif kimia sintetis berselang seling merupakan pilihan terakhir Meskipun penggunaan fungisida ataupun bakterisida bisa mencegah terjadinya suatu penyakit, namun mahalnya harga pestisida dan biaya operasionalnya serta efektivitasnya yang Kurang terjamin, pilihan ini kurang dianjurkan.

Penutup

Penyakit penting tebu yang ditemukan di Indonesia antara lain adalah luka api, lapuk pangkal batang dan akar, penyakit pembuluh, penyakit mosaik dan mosaik bergaris. Besarnya kerugian dan sulitnya pengendalian penyakit tebu merupakan tantangan besar bagi industri gula dalam mendukung pemerintah Indonesia mewujudkan swasembada gula. Penggunaan benih sehat dan deteksi dini keberadaan patogen merupakan salah satu cara yang bisa ditempuh untuk mencegah penyebaran penyakit. Evaluasi ketahanan terhadap penyakit penyakit penting mutlak harus dilakukan terhadap klon-klon tebu yang akan dilepas menjadi varietas-varietas baru agar kerugian akibat penyakit yang endemik di suatu sentra perkebunan tebu dapat dicegah.

Daftar Pustaka

- Bhuiyan S.A., B.J. Croft, R.S. James. 2012. Laboratory and field evaluation of fungicides for the management of sugarcane smut caused by *Sporisorium scitamineum* in seedcane. *Australasian Plant Pathology*, 41:59–599. doi:10.1007/s13313-012-0139-1
- Bhuiyan S.A., B.J. Croft, E.C. Deomano, R.S. James, and J.K. Stringer. 2013. Mechanism of resistance in Australian sugarcane parent clones to smut and the effect of hot water treatment. CABI. 2015. *Puccinia kuehni*: Datasheet. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/45818>
- Chatenet, M., C. Mazarin, J.C. Girard, E. Fernandez, D. Gargani, G.P. Rao, M. Royer, B. Lockhart, and P. Rott. 2005. Detection of Sugarcane streak mosaic virus in sugarcane from several Asian countries. *Sugar Cane International* 23:12–15.
- Comstock, J.C. 2000. “Smut”. In A guide to sugarcane diseases Ed. P. Rott, J.C. Comstock, B.J. Croft and A.S. Saumtally. CIRAD/ ISSCT, Montpellier.
- Croft, B., R. Magarey, and P. Whittle. 2000. “Disease Management”. In Manual Cane Growing. p. 263–289.
- Damayanti, T.A. and L.K. Putra. 2011. First occurrence of sugarcane streak mosaic virus infecting sugarcane in Indonesia. *Journal of General Plant Pathology*, 77:72–74.
- Damayanti, T.A., Giyanto, dan L.K. Putra 2009. “Kajian Beberapa Komponen Pengendalian Terpadu Penyakit Mosaik Bergaris (Sugarcane Streak Mosaic Virus) pada Tebu”. IPB (Bogor Agricultural University).
- Damayanti, T.A., L.K. Putra, and Giyanto. 2010. Hot water treatment of cutting-cane infected with Sugarcane Streak Mosaic Virus (SCSMV). *Journal of International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences (JISSAAS)*, 16:17–25.
- De Armas R., R. Santiago, M.E. Legaz, and C. Vicente. 2007. Levels of phenolic compounds and enzyme activity can be used to screen for resistance of sugarcane to smut (*Ustilago scitaminea*). *Australian Plant Pathology*, 36:32–38.
- EPPO. 2015. PQR-EPPO database on quarantine pests. <http://www.eppo.int>.
- Exconde, O.R. 1963. Leaf scorch of sugarcane in the Philippines. *Philippines Agriculture*, 47: 271–297.
- Fang, J.G. and C.S. Lee 1994. Host Range of *Xylaria cf warburgii*. *Sugar Cane* 2:6–11.

- Fang, J.G. and Lee C.S. 1999. "Penetration and infection of sugarcane by *Xylaria cf warburgii*". *Report of the Taiwan Sugar Research Institute*, 164:59–66.
- Fang, J.G., W.H. Hsieh, and C.S. Lee. 1994. "Root and basal stem rot, a new disease of sugarcane". In: Rao G.P., Gillaspie Jr. A.G., Upadhyaya P.P., Bergamin A., Agnihotry V.P. and Chen C.T. (eds.). *Current Trends in Sugarcane Pathology*. International Books & Periodicals Supply Service. Delhi, India, 59–64.
- Fang, J.G., C.S. Lee, and W.H. Hsieh. 1986. Perfect state of root and basal stem rot of sugarcane. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 19:370–374.
- Gillaspie, A.G. and D.S. Teakle. 1989. "Ratoon Stunting Disease". p. 59–50. In Ricaud, C., B.T. Egan, A.G. Gillaspie, and C.G. Hughes (eds). *Diseases of Sugarcane: Major Diseases*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo.
- Gravois, K. 2014. "Sugarcane Production Handbook". Louisiana State University Agricultural Center. 84 pp. <http://www.lsuagcenter.com/NR/rdonlyres/807E6478-E556-44A8-8440-16A2CC4BFD4C/94894/SUGARCANEPRODUCTIONHANDBOOK.pdf>. Diunduh pada 12 Februari 2016.
- Hadisutrisno, B. 2014. "Taktik dan Strategi Pengendalian Penyakit Luka Api pada Tanaman Tebu". Bahan Tayang KPT.Yogyakarta.
- Hall, J.S, B. Adams, T.J Parsons, R. French, L.C. Lane, and S.G. Jensen. 1998. Molecular cloning, sequencing, and phylogenetic relationships of a new Potyvirus: Sugarcane streak mosaic virus and a reevaluation of the classification of the Potyviridae. *Molecular Phylogenetic Evolution*, 10:323–332.
- Hsieh, W.H. and J.G. Fang 1983. The uredospore production of *Puccinia melanocephala* and *Puccinia kuehnii* in sugarcane. *Plant Protection Bulletin*, Taiwan, 25:239–244.
- Hufail, F. 2015. Mengenal VMC 71-238 sebagai varietas unggul baru dengan kekhasan kadar sabut tinggi. Direktorat Tanaman Semusim. Direktorat Jenderal Tanaman Perkebunan. Kementerian Pertanian. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/tansim/berita-253-mengenal-vmc-71238-sebagai-varietas-unggul-baru-dengan-kekhasan-kadar-sabut-tinggi.html>. Diunduh pada tanggal 22 September 2016.
- Johnson, R.M., M.P. Grisham, and Jr. E.P. Richard. 2007. Relationship between sugarcane rust severity and soil properties in Louisiana. *Phytopathology* 97(6):748–755. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-97-6-0748>.
- Kaiser, W.J., B.N. Ndimande, and D.L. Hawksworth. 1979. Leaf-scorch disease of sugarcane in Kenya caused by a new species of *Leptosphaeria*. *Mycologia*, 71:479–492.
- Lee, C.S. and Y.G. Liang. 2000. "Leaf scorch". p. 114–117. In: Rott P, Bailey RA, Comstock JC, Croft, BJ & Salem Saumtally A (eds). *A guide to sugarcane diseases*. CIRAD/ISSCT: Montpellier.
- Lo, T.T. and L.S. Leu. 1989. "Leaf scorch" (Chapter IX) p. 135–143. In: Ricaud, C., Egan, B.T., Gillaspie, A.G., and Hughes C.G. (eds). *Diseases of Sugarcane: Major Diseases*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo.
- Magarey, R.C., T. Willcox, B. Croft, and A. Cordingley. 2001. "Orange rust, a major pathogen affecting crops of Q124 in Queensland in 2000". *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technology*, 23:274–280.
- Magarey, R.C., J.I. Bull, W.A. Neilsen, and A. Magnanini. 2003. "Relative humidity requirements for spore germination in three sugarcane leaf pathogens". 8th International Congress of Plant Pathology, V2:3 (abstract 1.1).

- Martin, J.P, H. Handojo, and C.A. Wismer 1989. "Pokkah boeng". p. 157–168. In Ricaud, C., B.T.Egan, A.G. Gillaspie, and C.G. Hughes (eds). *Diseases of Sugarcane: Major Diseases*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- Martínez, M., I. Medina, S. Naranjo, C.W. Rodrigue, and de Armas R. Piñón D., C. Vicente, and M.E. Legaz. 2000. Changes of some chemical parameters, involved in sucrose recovery from sugarcane juices, related to the susceptibility or resistance of sugarcane plants to smut (*Ustilago scitaminea*). *International Sugar Journal*, 102:445–448.
- Mendes, R., A.A. Pizzirani-Kleiner, W.L. Araujo, and J.M. Raaijmakers 2007. Diversity of Cultivated Endophytic Bacteria from Sugarcane: Genetic and Biochemical Characterization of *Burkholderia cepacia* Complex Isolates. *Applied and Environmental Microbiology* 73(22):7259–7267.
- PBC (Palm Beach County). 2015. "Sugarcane Rust Disease (*Puccinia melanocephala*)". <http://www.pbcgov.com/coextension/agriculture/sugarcane/diseases/rust.htm>. Diunduh tanggal 23 Januari 2016.
- Plantwise Knowledge Bank. 2015. "Sugarcane scorch (*Stagonospora sacchari*): Plantwise Technical Factsheet". <http://www.plantwise.org/KnowledgeBank/Datasheet.aspx?dsid=51372>. Diunduh tanggal 23 Januari 2016.
- Putra, L.K. and T.A. Damayanti. 2012. Major Diseases Affecting Sugarcane Production in Indonesia. Mini Review. *Functional Plant Science and Biotechnology*. Global Science Books. p. 124–129.
- Ryan, C.C. and B.T. Egan. 1989. "Rust". p. 189–210. In Ricaud, C., Egan, B.T., Gillaspie, A.G., and Hughes C.G. (eds). *Diseases of Sugarcane: Major Diseases*. Elsevier. Amsterdam-Oxford-New York- Tokyo.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Shen W K, H.H. Deng, Q.W. Li , Z.D. Yang & Z.D. Jiang. 2014. "Evaluation of BC1 and BC2 from the crossing *Erianthus arundinaceus* with *Saccharum* for resistance to sugarcane smut caused by *Sporisorium scitamineum*. *Tropical Plant Pathology*, 39(5):368–373.
- Sitepu, R., Sunaryo, K. Widyatmoko, and H. Purwoko. 2010. "Root and Basal Stem Rot Disease of Sugarcane in Lampung, Indonesia". *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 27:1–7.
- Sitepu, R. unpublished. Penyakit Lapuk Akar dan Pangkal Batang (LAPB) Tebu di PT Gunung Madu Plantations, Lampung Tengah. (Risalah Penelitian)
- Staier, T., R. Magarey, and T.G. Willcox. 2003. "Control of orange rust in sugarcane with fungicides". *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technology*, 25: 14 pp.
- Sundar, A.R., N.M.R. Ashwin, E.L. Barnabas, P. Malathi, and R. Viswanathan. 2015. Disease Resistance In Sugarcane – An Overview *Scientia Agraria Paranaensis*, 14(4):200–212. doi: 10.18188/1983-1471/sap.v14n4p200-212.
- Suranto, T.A dan U. Harsanto. 1989. "Trials of leaf scorch disease in Indonesia". *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologist Congress XX*, São Paulo, Brazil, 12-21 October 1989, Bandeirante SA Gráfica, Brazil, p. 763–767.
- Waktola, A.T. 2014. "Integrated Management of Sugarcane Smut (*Ustilago scitaminea*) Through Hot Water Treatment And Fungicides At Wonji-Shoa Sugar Estate". MSc Thesis. Haramaya University, Ethiopia. 81 pp.
- Viswanathan, R and M. Balamuralikrishnan. 2005. Impact of mosaic infection on growth and yield of sugarcane. *Sugar Tech*. 7:61–65. doi:10.1007/BF02942419.

- Wibawanti, R. 2014. “Luka Api Serang Pertanaman Tebu di Indramayu-Jabar”. Kementerian Pertanian. Direktorat Jenderal Perkebunan. Direktorat Perlindungan Tanaman. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/perindungan/berita-388-luka-api-serang-pertanaman-tebu-di-indramayujabar.html>. Diunduh tanggal 12 Agustus 2015.
- Winarno. 2016. “Uji Ketahanan varietas terhadap Penyakit Busuk Akar dan Pangkal Batang (Jamur *Xylaria* spp.)”. Laporan Hasil Percobaan PG Cinta Manis. <http://gulatebucintamanis.blogspot.co.id/2016/04/uji-ketahanan-varietas-terhadap.html>. Diunduh tanggal 22 September 2016.
- Yang Z.N. and Mirkov T.E. 1997. “Sequence and Relationships of Sugarcane Mosaic and Sorghum Mosaic Virus Strains and Development of RT-PCR–Based RFLPs for Strain Discrimination”. *Phytopathology* 87:932–939.F

GULMA TANAMAN TEBU DAN PENGENDALIANNYA

Mohammad Cholid

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: cholid.mohammad@gmail.com

Ringkasan

Penurunan produktivitas tebu akibat keberadaan gulma dapat mencapai sekitar 12–72%, tergantung tingkat intensitas penutupan gulma, jenis dan agresivitas pertumbuhannya. Kerugian akibat gulma terhadap tanaman budi daya bervariasi, tergantung dari jenis tanaman, iklim, jenis gulma, dan praktek budi daya. Persaingan antara gulma dengan tanaman dalam mengambil unsur-unsur hara, air, cahaya dan ruang tumbuh, menimbulkan kerugian-kerugian dalam produksi baik kualitas maupun kuantitas. Setiap tanaman memiliki periode kritis tertentu dalam hal penggunaan faktor tumbuh di sekitarnya. Kehadiran gulma pada periode kritis akan menurunkan produksi, karena tanaman sangat peka terhadap lingkungan terutama air, unsur hara, cahaya, dan ruang tumbuh. Periode kritis kompetisi tanaman tebu dengan gulma terjadi pada 45 hari setelah tanam, jadi gulma harus dikendalikan untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Jenis gulma yang umumnya tumbuh pada pertanaman tebu di lahan sawah antara lain gulma daun lebar: *Euphorbia hirta*, *Commelina benghalensis*, dan *Cleome viscosa*. Gulma daun sempit terdiri atas *Echinochloa* spp., sedangkan gulma golongan teki adalah *Cyperus rotundus*. Pada lahan kering gulma lebih beragam dan lebih berbahaya. Pengendalian gulma di pertanaman tebu menerapkan sistem pengendalian gulma terpadu yang mengintegrasikan berbagai cara pengendalian gulma sehingga lebih efektif dan efisien dalam menekan gulma serta aman terhadap lingkungan. Prioritas pengendalian gulma secara preventif, diikuti secara kultur teknis, mekanis, sedang pengendalian secara kimia merupakan pilihan terakhir.

Kata kunci: Tebu, gulma, pengendalian

Summary

The decline in sugarcane productivity due to the presence of weeds can reach about 12–72%, depending on the intensity level of weed cover, growth type and aggressiveness. Yield losses due to weeds on crops are varies, depending on the type of crop, climate, types of weeds, and cultivation practices. Competition between weeds with plants take nutrients, water, light and space to grow, causing losses in the production of both quality and quantity. Each plant has a certain critical period in terms of growth factor utilization. The presence of weeds at a critical period will reduce production, because the plants are very sensitive to the environment, especially water, nutrients, light, and growth space. Critical period of weed competition with the sugarcane crop occurred at 45 days after planting, so the present of weeds must be controlled to obtain maximum yield. Types of weeds those commonly grow on sugarcane cultivation at wetland area are grouping as broad leaf weeds: *Euphorbia hirta*, *Commelina benghalensis*, and *Cleome viscosa*. Narrow leaf weeds consisting on *Echinochloa* spp., while the sedgrass weeds was *Cyperus rotundus*. On rainfed land weeds are more diverse and more dangerous. Weed control in the sugarcane implement integrated weed control system that integrates various methods of weed control so it is more effective and efficient in suppressing weeds and are safe

for the environment. Weed control system is priority in preventive weed control, followed by technical culture, mechanical, chemical control as the last choices.

Key words: Sugarcane, weed, control

Pendahuluan

Gangguan gulma dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar karena bisa menyebabkan penurunan bobot tebu. Penurunan produktivitas tebu akibat keberadaan gulma dapat mencapai sekitar 12–72% (Agropedia 2010), bahkan untuk kasus tertentu sering menyebabkan kegagalan panen tergantung tingkat intensitas penutupan gulma, jenis dan agresivitas pertumbuhannya. Khan *et al.* (2004) menyatakan bahwa rata-rata kehilangan produksi tiap hektar tanaman tebu akibat gulma sebesar 15,7%. Jenis gulma yang memanjat dan melilit dianggap paling merugikan dalam industri gula karena dapat mengurangi hasil secara drastis dan pada kondisi ekstrim dapat membunuh tanaman tebu (Conlong dan Campbell 2010).

Kerugian akibat gulma terhadap tanaman budi daya bervariasi, tergantung dari jenis tanaman, iklim, jenis gulma, dan praktek budi daya. Persaingan antara gulma dengan tanaman dalam mengambil unsur-unsur hara, air, cahaya dan ruang tumbuh, menimbulkan kerugian-kerugian dalam produksi baik kualitas maupun kuantitas. Kehadiran gulma akan menghambat pertumbuhan tanaman tebu, terutama pada saat tanaman tebu masih muda.

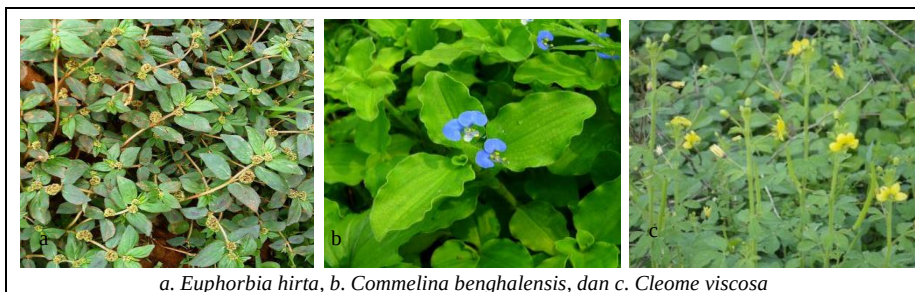
Berkaitan dengan kompetisi (persaingan) gulma, dan usaha memperkecil kehilangan hasil, perlu diketahui periode pertumbuhan tanaman yang paling peka terhadap persaingan dengan gulma yang dinamakan periode kritis. Secara umum periode kritis pada tanaman semusim berlangsung seperempat sampai sepertiga pertama umurnya (Kuntohartono 1992). Pengendalian gulma penting dilakukan pada umur tanaman tebu antara 0–3,5 bulan agar pembentukan tunas dan pertumbuhannya tidak terganggu.

Pengendalian gulma terpadu (PGT) adalah sistem pengendalian gulma yang mengintegrasikan pengendalian gulma sejak sebelum tanam, terus menerus sampai panen. Dalam sistem pengelolaan gulma terpadu ditekankan pengendalian gulma dengan berbagai cara sehingga lebih efektif dan efisien dalam menekan gulma serta aman terhadap lingkungan (Swanton dan Weise 1991).

Gulma di Pertanaman Tebu

Gulma didefinisikan sebagai tumbuhan yang tumbuh di tempat yang tidak dikehendaki, di tempat manusia bermaksud mengusahakan tanaman pokok (Isely 1962). Gulma bersaing dengan tanaman pokok dalam memperebutkan unsur hara, air, cahaya matahari, dan ruang tumbuh, sehingga akan menghambat pertumbuhan dan menurunkan produksi tanaman pokok (Tjitrosoedirdjo *et al.* 1984). Selain itu beberapa spesies gulma merupakan inang pengganti hama dan patogen penyebab penyakit, dan dapat mengeluarkan zat kimia (alelopati) yang merusak ke dalam tanah.

Gulma dibedakan berdasarkan tempat hidup, siklus hidup dan morfologinya. Menurut Mercado (1979), secara morfologi gulma dibedakan atas gulma golongan daun lebar, gulma golongan daun sempit dan golongan teki. Tanaman tebu umumnya dikembangkan di lahan sawah (sistem *reynoso*) dan lahan kering tadah hujan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa terdapat perbedaan spesies dan dominasi gulma pada ekosistem sawah dan tadah hujan. Di lahan sawah jenis gulma yang umumnya tumbuh pada pertanaman tebu antara lain gulma daun lebar: *Euphorbia hirta*, *Commelina benghalensis*, dan *Cleome viscosa* (Gambar 1). Gulma daun sempit terdiri atas *Echinochloa* spp. (Gambar 2), sedangkan gulma golongan teki adalah *Cyperus rotundus* (Gambar 3).



Gambar 1. Gulma daun lebar di lahan sawah

Gulma merupakan kendala utama di areal pertanaman tebu lahan kering, karena pertumbuhan gulma yang cepat dan lebat dengan berbagai macam spesies yang mendominasi (Kuntohartono 1987). Pada lahan kering gulma lebih beragam dan lebih berbahaya. Gulma dominan yang menjadi pesaing kuat tanaman tebu terdiri atas gulma daun lebar, gulma daun sempit dan teki. Gulma daun lebar terdiri atas *Borreria alata*, *Centrosema pubescens*, *Ageratum conyzoides*, *Cleome gynandra*, *Emilia sonchifolia*, *Borreria alata*, *Amaranthus dubius*, *Spigelia anthelmia*, *Commelina elegans*, *Mikania micrantha*, *Phyllanthus*



a. *Echinochloa crusgalli* dan b. *Echinochloa collonum*

Gambar 2. Gulma daun sempit di lahan sawah

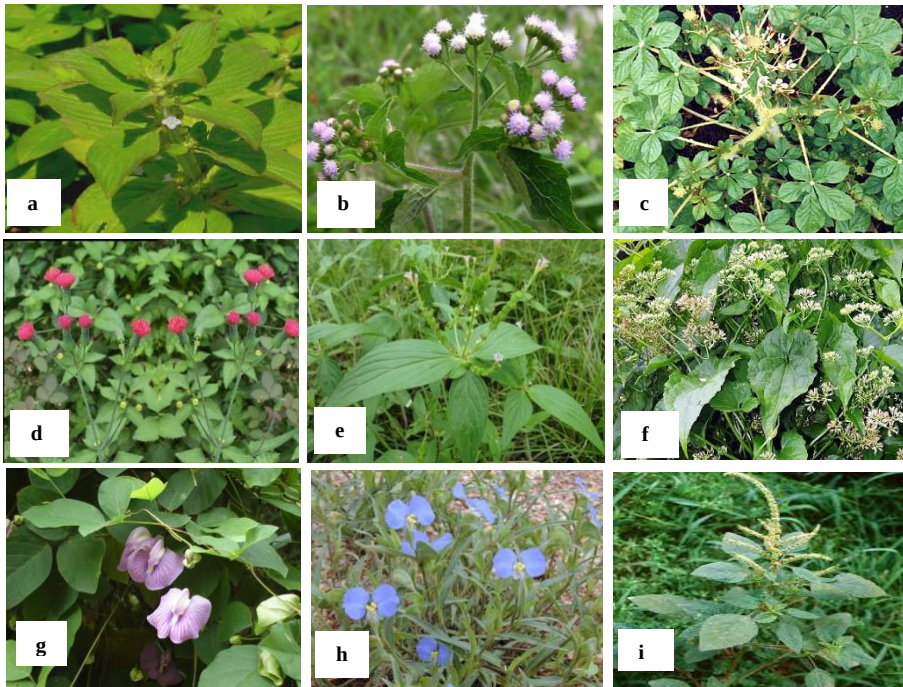


Cyperus rotundus

Gambar 3. Gulma teki di lahan sawah

amarus, *Stachytarpetta indica*, *Portulaca oleraceae* dan *Tridax procumbens* (Gambar 4). Gulma daun sempit terdiri atas *Cynodon dactylon*, *Imperata cylindrica*, *Sorghum halepense*, *Digitaria sanguinalis*, *D. ciliaris*, *Echinochloa crusgalli*, *E-chinochloa colonum*, *Eleusine indica*, *Dactylocta aegyptium*, *Brachiaria distachya*, *Paspalum conjugatum* dan *Axonopus compressus* (Gambar 5), sedangkan gulma golongan teki adalah *Cyperus rotundus* dan *C. iria* (Gambar 6).

Penurunan hasil akibat gulma berbeda dalam *magnitudo*. Besar kecilnya persaingan antara gulma dan tanaman pokok dalam memanfaatkan faktor tumbuh dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kerapatan, spesies, saat kemunculan, lama keberadaan, kecepatan tumbuh, habitus, jalur fotosintesis (C3 atau C4), dan alelopati. Semakin tinggi populasi gulma di pertanaman tebu, persaingan semakin besar. Spesies gulma bervariasi dalam kemampuannya menurunkan hasil tanaman, umumnya semakin dekat kekerabatan



a. *Borreria alata*, b. *Ageratum conyzoides*, c. *Cleome gynandra*, d. *Emilia sonchifolia*, e. *Spigelia anthelmia*, f. *Mikania micrantha*, g. *Centrosema pubescens*, h. *Commelina elegans*, dan i. *Amaranthus dubius*

Gambar 4. Gulma daun lebar di lahan kering



a. *Cynodon dactylon* , b. *Digitaria sanguinalis*, c. *Imperata cylindrica* d. *Sorghum halepense*, dan e. *Imperata cylindrica*

Gambar 5. Gulma daun sempit di lahan kering



Gambar 6. Gulma Teki di lahan kering

antara tanaman pokok dan spesies gulma, derajat persaingannya semakin besar. Selain itu, percobaan pot oleh Guantes dan Mercado (1975) menunjukkan bahwa *Echinochloa colona* paling kompetitif dibanding *Cyperus rotundus* dan *Trianthema portulacastrum*.

Semakin awal saat kemunculan gulma, persaingan yang terjadi semakin besar. Hasil penelitian Erida dan Hasanuddin (1996) memperlihatkan bahwa saat kemunculan gulma bersamaan tanam, 15, 30, 45, 60, dan 75 hari setelah tanam masing-masing memberikan bobot biji kedelai sebesar 166,22; 195,82; 196,11; 262,28; 284,77; dan 284,82 g/petak (2 m x 3 m). Semakin lama gulma tumbuh bersama dengan tanaman pokok, semakin hebat persaingannya. Semakin cepat gulma tumbuh, semakin hebat persaingannya, pertumbuhan tanaman pokok semakin terhambat, dan hasilnya semakin menurun. Gulma yang lebih tinggi dan lebih lebat daunnya, serta lebih luas dan dalam sistem perakarannya memiliki kemampuan bersaing yang lebih, sehingga akan lebih menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil tanaman pokok. Timbol dan Guantes (1979) memperlihatkan pengaruh luas penguasaan lahan oleh gulma dalam penurunan hasil. Semakin luas area yang dikuasai gulma yang tumbuh di antara tanaman pokok, penurunan hasil semakin tinggi.

Gulma yang memiliki jalur fotosintesis C_4 lebih efisien, sehingga persaingannya lebih hebat, pertumbuhan tanaman pokok lebih terhambat, dan hasilnya semakin menurun. Beberapa spesies gulma menyaingi pertanaman dengan mengeluarkan senyawa beracun dari akarnya (*root exudates* atau *lechates*) atau dari pembusukan bagian vegetatifnya (Chou 1999; Kruse *et al.* 2000). Persa-

ingan yang timbul akibat dikeluarkannya zat yang meracuni tumbuhan lain disebut alelopati, dan zat kimianya disebut alelopat. Bagi gulma yang mengeluarkan alelopat mempunyai kemampuan bersaing yang lebih hebat sehingga pertumbuhan tanaman pokok lebih terhambat, dan hasilnya semakin menurun. Beberapa jenis gulma yang berpotensi mengeluarkan senyawa alelopati ialah *Abutilon theoprasti*, *Agropyron repens*, *Agrostemma githago*, *Allium vineale*, *Amaranthus spinosus*, *Ambrosia artemisifolia*, *A. trifidia*, *Artemisia vulgaris*, *Asclepias syriaca*, *Avena fatua*, *Celosia argentea*, *Chenopodium album*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus esculentus*, *C. rotundus*, *Euphorbia esula*, *Holcus mollis*, *Imperata cylindrica*, *Poa* spp., *Polygonum persicaria*, *Rumex crispus*, *Setaria faberii*, dan *Stellaria media*.

Dominansi gulma pada tiap tahapan pertumbuhan juga berbeda-beda, pada awal pertumbuhan dimana kanopi tebu masih kecil didominasi oleh jenis rerumputan (*Graminae*) dan teki (*Cyperaceae*) (Gambar 7), sedang pada saat kanopi tebu sudah besar umumnya didominasi oleh gulma berdaun lebar yang relatif tahan naungan.



Gambar 7. Kondisi tanaman tebu yang dipenuhi gulma dan bebas gulma

Periode Kritis Kompetisi pada Pertanaman Tebu

Kompetisi adalah salah satu bentuk hubungan antar dua tanaman atau lebih yang mempunyai pengaruh negatif bagi kedua pihak. Kompetisi dalam suatu komunitas tanaman terjadi karena terbatasnya ketersediaan sarana tumbuh (air, cahaya, hara, O_2 , dan CO_2) yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh normal. Setiap tanaman memiliki periode kritis tertentu dalam hal penggunaan faktor tumbuh di sekitarnya. Kehadiran gulma pada periode kritis akan menurunkan produksi, karena tanaman sangat peka terhadap lingkungan terutama air, unsur hara, cahaya, dan ruang tumbuh. Secara umum periode kritis pada tanaman semusim berlangsung secepatnya sampai sepertiga pertama umurnya

(Kuntohartono 1992). Pada masa tebu bertunas dan memulai fase anakan, seharusnya tanaman bebas dari persaingan dengan gulma. Selepas masa kritis tersebut tanaman tebu mampu bersaing dengan gulma. Gulma tumbuh rapat sejak tanaman tebu berumur 4–6 minggu dan sangat lebat pada saat umur tanaman tebu 8–12 minggu (Kuntohartono 1987).

Dalam rangka mengoptimalkan pengendalian gulma, maka perlu dilakukan kegiatan pengamatan terhadap pertumbuhan gulma di areal perkebunan tebu. Kategori penutupan gulma di perkebunan tebu dilakukan berdasarkan pengamatan terhadap persentase penutupan gulma (*weed coverage*) dengan kriteria menurut P3GI (2010) dalam P3GI (2014) sebagai berikut: ringan (0–10%), sedang (10–20), berat (20–50), dan sangat berat (>50%) (Gambar 8).

Gejala kerusakan tebu akibat kompetisi gulma dengan tanaman tebu tidak segera tampak, sehingga pengendalian gulma sering terlambat dan tanaman sudah memasuki periode kritis yang berakibat negatif terhadap pertumbuhan dan berujung terhadap penurunan produksi. Periode kritis adalah periode pada saat



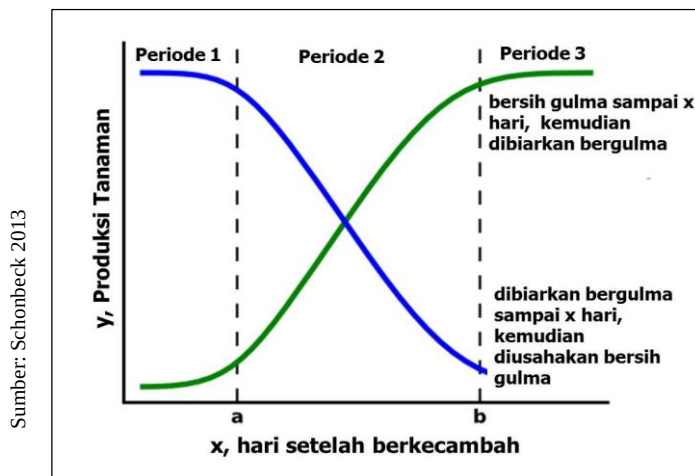
a. ringan, b. sedang, c. berat, dan d sangat berat

Gambar 8. Kategori penutupan gulma antara barisan tanaman tebu

tanaman pokok sangat peka atau sensitif terhadap persaingan gulma, sehingga pada periode tersebut perlu dilakukan pengendalian, dan jika tidak dilakukan maka akan menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil tanaman pokok.

Periode kritis pengendalian gulma sangat penting dalam program pengelolaan gulma terpadu, yaitu periode dalam siklus hidup tanaman dimana gulma harus dikendalikan untuk mencegah kehilangan hasil (Knezevic *et al.* 2002). Periode kritis kompetisi tanaman terhadap gulma secara umum terjadi pada sepertiga hingga setengah dari awal siklus hidupnya. Periode kritis kompetisi tanaman tebu dengan gulma terjadi pada 45 hari setelah tanam, jadi gulma harus dikendalikan untuk mendapatkan hasil yang maksimal (Zafar *et al.* 2010). Periode kritis yang panjang (Periode 2) menunjukkan bahwa tanaman tebu memiliki daya kompetisi yang rendah terhadap gulma. Grafik periode kritis kompetisi tanaman tebu dengan gulma disajikan pada Gambar 9.

Keberadaan gulma pada periode 1 dan 2 harus dikendalikan karena dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman tebu, dan berakibat penurunan produksi dan rendemen tebu. Setelah periode 2, keberadaan gulma di pertanaman tebu tidak mengakibatkan penurunan hasil secara nyata, karena pada periode tersebut tanaman telah membentuk kanopi daun cukup lebar dan padat, serta telah berkembang sistem perakaran secara ekstensif sehingga mampu berkompetisi dengan gulma.



Gambar 9. Periode kritis kompetisi tanaman dengan gulma

Dengan diketahuinya periode kritis suatu tanaman, maka saat penyiangan yang tepat menjadi penentu keberhasilan pengelolaan gulma. Penyiangan atau pengendalian yang dilakukan pada saat periode kritis mempunyai beberapa keuntungan. Misalnya frekuensi pengendalian menjadi berkurang karena terbatas di antara periode kritis tersebut, dan tidak harus dalam seluruh siklus hi-

dupnya. Dengan demikian biaya, tenaga dan waktu dapat ditekan sekecil mungkin dan efektifitas kerja menjadi meningkat.

Pengendalian Gulma Pada Tebu

Pengendalian gulma adalah usaha untuk menekan populasi gulma sampai jumlah tertentu hingga tidak menimbulkan gangguan terhadap tanaman budi daya. Pengendalian bertujuan hanya menekan populasi gulma sampai tingkat populasi yang tidak merugikan secara ekonomi, tidak bertujuan menekan populasi gulma sampai nol (bebas gulma). Pengendalian gulma dapat dilakukan secara kultur teknik, mekanik, hayati, kimiawi, dan terpadu. Pada pertanaman tebu di lahan sawah (sistem *reynoso*), pengendalian lebih dominan dilakukan secara manual. Sementara itu di lahan kering umumnya pengendalian gulma dilakukan secara kimia yang dibedakan menjadi tiga yaitu *preemergence* (pra tumbuh), *late preemergence* (awal tumbuh), dan *postemergence* (setelah tumbuh). Pengendalian gulma dapat dilakukan secara kultur teknis dengan menciptakan kondisi lingkungan yang dapat menekan pertumbuhan gulma. Usaha pengendalian gulma akan dapat memberikan hasil yang baik apabila pelaksanaannya tepat waktu, cara, alat, maupun dosis dan jenis herbisida yang digunakan.

Pengendalian gulma yang efektif dan efisien dapat ditempuh beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi jenis gulma secara akurat sehingga dapat diketahui jenis-jenis gulma dominan yang perlu mendapat perhatian dalam pengendaliannya.
2. Mempelajari penyebab timbulnya gulma dengan memprioritaskan pada cara yang paling sederhana dan disesuaikan dengan sumberdaya tersedia, misalnya dengan pengaturan pola tanam atau cara tanam dan pengendalian secara manual.
3. Mengutamakan pengendalian gulma secara kombinasi dari dua atau lebih cara pengendalian dengan urutan prioritas secara kultur teknik, mekanik, dan kimiawi.
4. Membandingkan alternatif cara pengendalian gulma berdasarkan optimasi waktu, biaya, kemudahan pelaksanaan, efektivitas dalam pengendalian, serta resiko terhadap kerusakan lingkungan.

Beberapa alternatif cara pengendalian gulma yang dapat diterapkan di pertanaman tebu adalah:

A. Pengendalian Secara Kultur Teknik

Pengendalian gulma secara kultur teknik dapat dilakukan melalui:

1. Pengaturan populasi tanaman misalnya melalui penerapan sistem tanam juring ganda dengan tumpang sari palawija (bawang merah, kacang tanah, kedelai atau kacang hijau) yang dapat memacu pertumbuhan tebu dan tanaman tumpang sarinya, sehingga dapat menekan pertumbuhan gulma.
2. Penggunaan mulsa jerami/seresah atau tanaman penutup tanah (*Crotalaria juncea* L.) untuk mencegah perkecambahan dan menekan pertumbuhan gulma. Penggunaan mulsa jerami dan tanaman penutup tanah selain dapat menekan perkecambahan dan pertumbuhan gulma, juga dapat menyuburkan tanah.



Gambar 10. Tumpang sari tebu dengan kacang tanah dan bawang merah

Peningkatan kerapatan tanaman dengan jarak tanam rapat dan kombinasi tumpang sari dapat mempercepat penutupan kanopi, sehingga akan menghambat pertumbuhan gulma (Vera *et al.* 2006), dan meningkatkan produksi tanaman pokoknya (Borger *et al.* 2010). Sebagai contoh tumpangsari tanaman tebu + kacang tanah atau tebu + bawang merah yang disesuaikan dengan komoditas tumpang sari yang berkembang di daerah tersebut (Gambar 10). Penerapan sistem tanam juring ganda PKP 50/170 dengan aplikasi benih ganda (*double planting*) mampu meningkatkan populasi tanaman 2,36 kali lipat dari sistem tanam juring tunggal dan produksi hablur sebesar 12,36 ton/ha untuk PC dan 12,43 ton/ha untuk RC. Penggunaan mulsa sisa tanaman tebu dapat mencegah perkecambahan dan menekan pertumbuhan gulma (Judice *et al.* 2009).

B. Pengendalian Secara Mekanis

Pengendalian gulma secara mekanis dilakukan dengan penggunaan alat sederhana seperti koret, garpu, dan cangkul. Penyiangan dengan menggunakan alat tradisional memerlukan waktu dan tenaga yang cukup besar. Besarnya tenaga kerja saat penyiangan menyebabkan penyiangan sulit dilakukan terutama pada daerah-daerah yang terbatas tenaga kerjanya. Bahkan di daerah yang padat penduduknya seperti di Pulau Jawa, tenaga kerja mulai sulit didapat karena sebagian besar tenaga kerja terserap di sektor industri dan non pertanian lainnya. Pada pertanaman tebu di daerah tadah hujan dengan tekstur tanah ringan penggunaan alat siang *tine cultivator* dan *ridger* dapat dilakukan dengan menggunakan tenaga penggerak sapi (Gambar 11). *Tine cultivator* dan *ridger* pada dasarnya berfungsi sebagai alat pengolah tanah, sehingga dalam penggunaannya sebagai alat penyiang akan memotong, mencabut, dan mengubur gulma (Cholid *et al.* 2000).



Gambar 11. Penyiangan pada tanaman tebu secara manual, *tine cultivator*, dan *ridger*

Hasil penelitian Pratap *et al.* (2013) memperlihatkan bahwa produksi tebu tertinggi dicapai dengan penyiangan manual pada 30, 60, dan 90 hari setelah *ratoon* yang tidak berbeda dengan pengendalian kimiawi menggunakan Metribuzin 0,88 kg/ha pada 3 hari setelah *ratoon*, diikuti penyiangan manual pada 45 hari setelah *ratoon*, dan diikuti pengendalian kimiawi 2,4-D (Na garam) 0,75 kg/ha pada saat gulma membentuk 2–4 daun.

C. Pengendalian Secara Hayati

Pengendalian gulma secara hayati adalah suatu cara pengendalian dengan menggunakan musuh alami, baik berupa hama, penyakit, atau jamur guna menekan atau mematikan gulma. Penelitian agensia hayati yang dapat digunakan

untuk mengendalikan gulma lamban sekali kemajuannya di Indonesia karena masih banyak kesulitan yang dihadapi, antara lain disebabkan terbatasnya musuh alami yang mudah dan aman digunakan. Meskipun demikian beberapa agensia hayati seperti *Orseoliella javanica* (untuk mengendalikan alang-alang), *Bactra truculenta*, *B. graminivora*, dan *B. minima* (untuk teki) mempunyai potensi yang cukup penting. Rendahnya kemajuan teknologi pengendalian gulma secara hayati ini memerlukan kajian dan identifikasi guna menemukan organisme-organisme yang berguna untuk pengendalian gulma dan tidak mengganggu tanaman budi daya.

D. Pengendalian Secara Kimiawi

Pengendalian gulma dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan cara kimiawi menggunakan herbisida. Menurut Tjitrosoedirdjo *et al.* (1984), pengendalian dengan menggunakan herbisida memiliki beberapa keuntungan yaitu dapat lebih menghemat tenaga kerja, waktu dan biaya. Herbisida adalah senyawa kimia yang dapat merusak atau membunuh gulma. Pengendalian gulma dengan herbisida tidak hanya menghemat tenaga kerja penyiangan, tetapi juga menguntungkan dalam hal-hal lain seperti:

1. Herbisida dapat mengendalikan gulma yang tumbuh bersama-sama tanaman budi daya yang sulit disiang secara mekanis.
2. Herbisida pratumbuh mampu mengendalikan gulma sejak awal, dimana kompetisi sejak awal inilah yang banyak menurunkan hasil.
3. Pemakaian herbisida juga dapat mengurangi kerusakan akar akibat penyiangan secara mekanis.

Pemilihan herbisida untuk mengendalikan gulma pada tanaman budi daya disesuaikan dengan jenis tanaman yang diusahakan, dan keberadaan gulma dominan yang ada di pertanaman. Direktorat Sarana Produksi (2006) telah mendaftarkan 40 golongan, 80 bahan aktif, dan 374 formulasi herbisida. Beberapa jenis bahan aktif yang umum digunakan di perkebunan tebu adalah glifosat, paraquat, 2,4-D, ametrin, diuron, hexazinon, dan metribuzin.

Herbisida berbahan aktif diuron, ametrin, dan 2,4-D umumnya digunakan sebagai herbisida pratumbuh, sedangkan herbisida pasca tumbuh yang umum digunakan adalah paraquat dan glifosat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi herbisida pratumbuh diuron 80 % lebih efektif menekan pertumbuhan gulma dibandingkan Ametrin 80% pada taraf dosis yang sama (Wijaya *et al.* 2012).

Herbisida pratumbuh diaplikasikan sebelum tanaman tebu mulai muncul tunas, diaplikasikan ke tanah untuk menghambat dan mematikan biji gulma di

permukaan tanah pada saat berkecambah. Periode aktif herbisida pratumbuh dalam mengendalikan gulma secara umum sangat bergantung pada jenis herbisida yang digunakan, dosis aplikasi, suhu, kelembapan tanah serta struktur tanah. Menurut Tjitrosoedirdjo *et al.* (1984), bahwa pemakaian herbisida pratumbuh memerlukan kelembapan tanah untuk mengaktifkan senyawanya, sehingga kurang efektif saat kurang hujan. Keuntungan penggunaan herbisida pratumbuh pada pertanaman tebu adalah mampu mengendalikan gulma sejak awal, sehingga mencegah persaingan gulma dengan tanaman tebu. Paket kombinasi herbisida yang diaplikasikan secara pratumbuh disajikan pada Tabel 1.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Wijaya *et al.* (2012) menyatakan bahwa Diuron 2 kg/ha, 2,5 kg/ha, dan 3,5 kg/ha mampu menekan pertumbuhan gulma utama yaitu *Dactyloctenium aegyptium*, *Boreria alata*, *Cynodon dactylon* dan *Cleome rutidospermae* dengan lebih baik sampai dengan 8 minggu setelah aplikasi. Aplikasi herbisida pratumbuh tidak menunjukkan pengaruh

Tabel 1. Paket kombinasi herbisida yang diaplikasikan pratumbuh

Paket Herbisida	Bahan aktif	Dosis l/ha
Pratumbuh I	Ametrin	1,5
	Diuron	1,5
	2,4 D	1,5
	Paraquat	1,0
Pratumbuh II	Hexazinon	2,0
	Diuron	1,0
	2,4 D	1,5
	Paraquat	0,3
Pratumbuh III	Ametrin	2,0
	Diuron	2,0
	2,4 D	1,5

Sumber: PTPN 7 (2014)

negatif terhadap pertumbuhan tunas tebu. Perlakuan kombinasi herbisida Diuron + 2,4-D dengan dosis 2,5 kg/ha + 1,5 l/ha menunjukkan peningkatan populasi induk dan anakan tebu.

Herbisida pascatumbuh yang umum digunakan untuk mengendalikan gulma pada pertanaman tebu adalah paraquat (1,1-dimethyl-4,4 bypyridinium), merupakan herbisida kontak non selektif. Paraquat tidak ditranslokasikan ke titik tumbuh, residunya tidak tertimbun dalam tanah, dan tidak diserap oleh akar tanaman (Tjitrosoedirdjo *et al.* 1984). Herbisida 2,4-D efektif mengendalikan gulma berdaun lebar setahun dan tahunan, yang diaplikasikan melalui akar dan daun. Herbisida 2,4-D bersifat sistemik, senyawa 2,4-D ditranslokasikan dan terkonsentrasi dalam embrio muda atau jaringan meristem yang

sedang tumbuh (Klingman *et al.* 1975). Herbisida glifosat diaplikasikan ke daun, bersifat sistemik non selektif yang efektif mengendalikan hampir semua jenis gulma (gulma daun lebar dan daun sempit). Toksisitas herbisida glifosat berkembang lambat, dan mulai terlihat 1–3 minggu setelah aplikasi. Paket kombinasi herbisida yang diaplikasikan pascatumbuh disajikan pada Tabel 2.

Hal yang perlu mendapat perhatian dalam pemakaian herbisida adalah efektivitasnya terhadap sasaran dan selektivitasnya terhadap tanaman budi daya. Efektivitas herbisida dipengaruhi oleh ketepatan dalam pemakaian jenis, waktu, dosis, volume aplikasi dan kondisi lingkungan. Upaya mengurangi pengaruh negatif dari aplikasi herbisida, diperlukan alat aplikasi yang benar, nozel yang tepat, kecepatan jalan penyemprot, penetapan lebar semprotan. Kalibrasi hendaknya dilakukan secara cermat untuk meningkatkan efisiensi kerja dan efektivitas pengendalian (Sutiyoso 1988).

Tabel 2. Paket kombinasi herbisida yang diaplikasikan pascatumbuh

Paket Herbisida	Bahan aktif	Dosis l/ha
Pascatumbuh I	Paraquat	2,0
	Diuron	1,0
	2,4 D	1,5
	agristik	0,1
Pascatumbuh II	Paraquat	3,0
	2,4 D	1,5
	Agristik	0,1
	Ametrin	1,5
Pascatumbuh III	Diuron	1,5
	Paraquat	0,5
	Agristik	0,1

Sumber: PTPN 7 (2014)

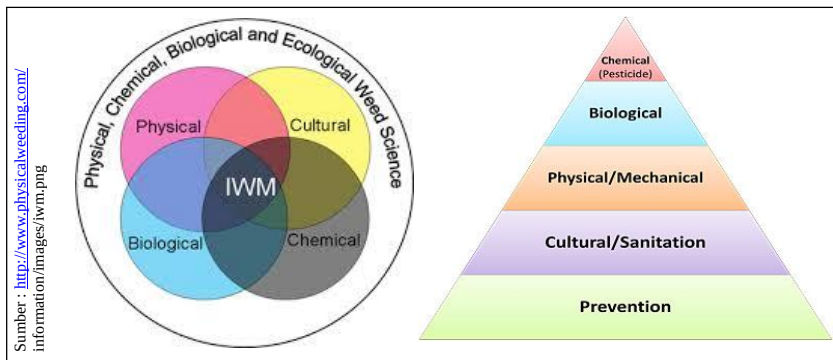
E. Pengendalian Gulma Secara Terpadu

Pengendalian gulma terpadu (PGT) adalah sistem pengendalian gulma yang mengintegrasikan beberapa cara pengendalian gulma sehingga memberikan hasil (output) yang optimum. Sistem pengelolaan gulma terpadu bermuara pada penerapan sistem budi daya tanaman yang menjamin peningkatan produksi, serta melestarikan dan meningkatkan daya dukung lingkungan secara berkelanjutan. Dalam pengendalian gulma secara terpadu digunakan beberapa cara secara bersamaan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang sebaik-baiknya.

Walaupun telah dikenal beberapa cara pengendalian gulma antara lain secara budi daya, fisik, biologis, dan kimiawi serta preventif, tetapi tidak satupun cara-cara tersebut dapat mengendalikan gulma secara tuntas. Untuk dapat mengendalikan suatu species gulma yang menimbulkan masalah ternyata

dibutuhkan lebih dari satu cara pengendalian. Cara-cara yang dikombinasikan dalam cara pengendalian secara terpadu ini tergantung pada situasi, kondisi dan tujuan masing-masing, tetapi umumnya diarahkan agar mendapatkan interaksi yang positif, misalnya paduan antara pengolahan tanah dengan pemakaian herbisida, jarak tanam dengan penyiangan, pemupukan dengan herbisida dan sebagainya, di samping cara-cara pengelolaan pertanaman yang lain.

Pengendalian gulma secara terpadu memberikan hasil terbaik, karena memadukan dua atau lebih cara pengendalian gulma sehingga dapat menekan gulma secara efektif dan efisien. Prioritas pengendalian gulma secara preventif, diikuti secara kultur teknis, mekanis, sedang pengendalian secara kimia merupakan pilihan terakhir (Gambar 12).



Gambar 12. Sistem pengendalian gulma terpadu di pertanaman tebu

Dalam usaha pengendalian gulma terpadu tahap-tahap yang perlu diperhatikan adalah: a) perpaduan semua faktor penting sehingga dapat dilakukan pencirian (identifikasi) masalah gulma yang dihadapi secara tepat dan menyeluruh; b) pemilihan cara pengendalian yang tepat; c) pengawasan pelaksanaan, pemilihan bahan dan peralatan yang tepat; d) pengelolaan gulma dalam jangka panjang yang memerlukan berbagai cara pengendalian yang memberikan hasil lebih baik secara ekonomi maupun ekologi dapat dipertanggungjawabkan.

Penutup

Optimalisasi produktivitas tanaman tebu dapat dicapai melalui pencegahan penurunan hasil akibat organisme pengganggu tanaman (OPT) yang salah satunya adalah gulma. Penurunan produksi tebu yang diakibatkan gangguan

gulma berkisar 12–72%. Penurunan produksi akibat gulma tergantung pada jenis gulma, kepadatan, lama persaingan, dan senyawa allelopati yang dikeluarkan oleh gulma. Dengan diketahuinya periode kritis kompetisi suatu tanaman, maka pengendalian gulma dapat dilakukan dengan akurat, sehingga dapat menghemat biaya, tenaga dan waktu serta meningkatkan efektivitas pengendalian. Dalam sistem pengelolaan gulma terpadu ditekankan pengendalian gulma dengan berbagai cara sehingga lebih efektif dan efisien dalam menekan gulma serta aman terhadap lingkungan. Keberhasilan sistem pengelolaan gulma terpadu ditentukan oleh fleksibilitas dan tanggap terhadap kebutuhan yang selalu berubah.

Daftar Pustaka

- Agropedia. 2010. *Weeds Infestation in Sugarcane*. Kanpur. India. <http://agropedia.iitk.ac.in/?q=content/weeds-sugarcane>.
- Direktorat Sarana Produksi. 2006. *Pestisida Terdaftar (Pertanian dan Kehutanan)*, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Kementerian Pertanian. hlm.486–494.
- Borger, C.P.D, A. Hashem and S. Pathan. 2010. Manipulating crop row orientation to suppress weeds and increase crop yield. *Weed Science* 58:174–178.
- Buchanan, G.A. and C.G. Mc Whorter. 1970. “Weed control in cotton”. *FAO International Conference on Weed Control*, p.163–183.
- Cholid M., S. Mulyaningsih, Endarwati, Darmono, dan Subandi. 2000. “Gulma tanaman kapas dan pengendaliannya”. *Organisme Pengganggu Tanaman Kapas dan Musuh Alami Serangga Hama Kapas (Ed. Subiyakto dan Nurindah)*. Malang: Balittas. hlm. 26–36.
- Chou, C.H. 1999. “Roles of Allelopathy in Plant Biodiversity and Sustainable Agriculture”. *Critical Rev. Plant Sci*, 18:609–636.
- Conlong, D.E. and P.L. Campbell. 2010. “Integrated weed management for sugarcane field Verges: melinis minutiflora and cynodon dactylon Encroachment”. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.*, 83:276–279.
- Erida, G. dan Hasanuddin. 1996. “Penentuan periode kritis tanaman kedelai (*Glycine max*) terhadap kompetisi gulma”. *Prosiding Konf. 13 HIGI*. hlm. 14–18.
- Drennan D.S.H. and E.A. Jennings. 1977. “Weed competition in irrigated cotton (*Gossypium barbadense* L.) and groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in the Sudan Gezira”. *Weed Research*, 17: 3–9.
- Guantes, M.M. and B.L. Mercado. 1975. Competition of *Cyperus rotundus* L., *Echinochloa colossum* (L.) Link and *Trianthema portulacastrum* L. with cotton. *Philippine Agriculturist (Philippines)*, 59:167–171.
- Hasnam dan T. Adisarwanto. 1992. “Budi daya kapas dan kedelai di lahan sawah sesudah padi”. *Diskusi Panel Budi daya Kapas dan Kedelai*. Balittas. Malang: 14 hlm.
- Hasnam dan G. Kartono. 1994. “Hasil penelitian dan permasalahan tanaman kapas”. *Pertemuan Komisi Penelitian Bidang Perkebunan*. Jakarta. 29–30 Maret.
- Isely, D. 1962. *Weed identification and control in the North Central States*. Iowa State University Press. Second Edition. pp.400

- Judice, W.E., J.L. Griffin, L.M. Jr. Etheredge, and C.A. Jones 2009. "Effects of Crop Residue Management and Tillage on Weed Control and Sugarcane Production". *Weed Technology*, 21:606-611. doi:10.1614/WT-06-172.1
- Juliana C. 2010. *Persaingan antara Tanaman dan Gulma*. Diposting pada 11 Februari 2010. (<http://christinejulianahakim.blogspot.co.id/2010/02/persaingan-antara-tanaman-dan-gulma.html>).
- Khan, B., M. Jama, and H. Azim. 2004. "Effect of weeds on cane yield and content of sugarcane". *Pak. J. Weed Sci. Res.*, 10(1-2): 47-50.
- Knezevic S.Z., S.P. Evans, E.E. Blankenship, R.C. van Acker, and J.L. Lindquist. 2002. "Critical period for weed control: the concept and data analysis". *Weed Sci*, 50:773-786.
- Klingman, G.C., F.M. Ashton, and L.J. Noordhoff. 1975. *Weed Science: Principles and Practices*. New York: John Wiley & Sons. 431p.
- Kruse, M., M. Strandberg, and B. Strandberg. 2000. "Ecological effects of allelopathic plants - A Review". *National Environmental Research Institute*. Denmark: NERI Technical Report No. 315. 66 p.
- Kuntohartono, T. 1987. *Pergeseran Gulma di Kebun Tebu dan Penanggulangannya*. Pasuruan: Balai Penelitian Perusahaan Perkebunan Gula. 7 hlm.
- Kuntohartono, T. 1992. *Pengendalian gulma yang berwawasan lingkungan*. Seminar Himpunan Perlindungan Tumbuhan Indonesia.
- Mercado, B.L. 1979. "Introduction to Weed Science". *Southeast Asia Regional Centre for Graduate Study and Research in Agriculture*. pp 37-69.
- Pratap, T., R., Singh, R. Pal, S. Yadaw. and I Singh V. 2013. "Integrated weed management studies in sugarcane ratoon". *Indian Journal of Weed Science*, 45(4): 257-259,
- PTPN 7. 2014. *Gulma dan Peranannya dalam Penurunan Produktivitas di Perkebunan Tebu (Study Pustaka)*. Diakses pada 16 Desember 2015. (<http://hablurtujuh.blogspot.co.id/2014/10/gulma-dan-peranannya-dalam-penurunan.html>).
- Sutiyoso, S. 1988. "Penggunaan Herbisida di Lahan Kering". *Prosiding Seminar HIGI-UNILA*. hlm. 53-65.
- Swanton, C.J. and S.F. Weise. 1991. "Integrated weed management. The rationale and approach". *Weed Technol.*, 5(3): 657-663.
- Timbol, M.B. and M.M. Guantes. 1979. *Effects of the position of weeds on the growth and yield of cotton*. Unpublished BS thesis, CLSU, Munoz, Nueva Ecija.
- Tjitrosoedirdjo, S., I.H. Utomo, dan J. Wiroatmodjo. 1984. *Pengelolaan Gulma di Perkebunan*. Bogor: Badan Penerbit Kerjasama Biotrop Bogor dan Gramedia, 210 hlm.
- Vera C.L., S.M. Woods, and J.P. Raney. 2006. "Seeding rate and row spacing effect on weed competition, yield and quality of hemp in the Parkland region of Saskatchewan". *Can. J. Plant Sci.*, 86: 911-915.
- Wijaya, R.B., P. Yudono, dan R. Rogomulyo. 2012. *Uji Efikasi Herbisida Pratumbuh untuk Pengendalian Gulma Pertanaman Tebu (Saccharum officinarum L.)*. Fakultas Pertanian Gadjah Mada, Yogyakarta. 9 p.
- Zafar M., A. Tanveer, A.C. Zahid, and M. Ashraf. 2010. "Weed-crop competition effects on growth and yield of sugarcane planted using two methods". *Pak. J. Bot.*, 42(2): 815-823.
- Zimdahl, R.L. 1980. "Weed crop competition, a review". *Int. Plant Protection Centre*. Oregon State Univ. Corvallis. USA: p. 68-69.
- Schonbeck, M. 2013. "An ecological understanding of weeds", *Organic Agriculture* August 20, 2013, diakses pada tanggal 17 Oktober 2016 (<http://articles.extension.org/pages/18529/an-ecological-understanding-of-weeds>).

SISTEM USAHA TANI TEBU

Teger Basuki

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: tegerbasuki@yahoo.co.id

Ringkasan

Pada zaman kolonial Belanda, tebu sebagai bahan baku gula kristal putih (GKP) dikelola oleh pabrik gula. Produktivitas gula pada masa itu mencapai 15 ton per hektar. Pada zaman Pemerintahan Republik Indonesia terdapat 2 macam usaha tani tebu rakyat yaitu tebu rakyat bebas (TRB) dan tebu pola kemitraan antara petani dan pabrik gula dengan sistem bagi hasil. Setelah proses penggilingan tebu, apabila rendemen <8 persen maka petani memperoleh 64 persen GKP dan PG memperoleh 36 persen. Apabila rendemen mencapai 10 persen maka petani memperoleh 70 persen dan PG memperoleh 30 persen. Petani juga memperoleh tambahan pendapatan dari nilai molasse sebesar 3 kg (dengan harga Rp600,00 s.d. Rp1.150,00 per kuintal tebu). Hasil penelitian pola kemitraan di Kabupaten Mojokerto tahun 2011 menunjukkan bahwa pendapatan petani mencapai Rp26.248.046,00 dan R/C ratio sebesar 2,10. Sedangkan hasil pengkajian usaha tani sistem juring ganda di Kebun Percobaan Muktiharjo, Pati tahun 2013 menunjukkan bahwa pendapatan usaha tani tertinggi sebesar Rp58.132.660,00 dan R/C ratio sebesar 2,58. Pada tahun 2014 berlokasi di Kebun Percobaan Asembagus sistem juring ganda dilaksanakan dengan pemberian 4 macam bahan organik pada tebu tanam awal (PC) belum menguntungkan. Pada tahun 2015 (tahun kedua) di tempat yang sama (tebu *ratoon* pertama) penelitian dilaksanakan lagi dengan perlakuan yang sama memperoleh produktivitas tertinggi 101,4 ton per hektar. Pendapatan usaha tani sebesar Rp23.069.800,00 dengan R/C ratio sebesar 3,00. Hasil wawancara dengan pengusaha gula merah berbahan baku tebu menunjukkan bahwa di Kabupaten Kediri memperoleh keuntungan sebesar Rp1.778.616,00 per hari kerja dengan kapasitas giling 8 ton tebu dan R/C ratio sebesar 1,35. Sedangkan di Kabupaten Malang keuntungan mencapai Rp1.010.500,00 dan R/C ratio sebesar 1,22.

Kata kunci: Tebu, usaha tani, pendapatan petani

Sugarcane Farming Systems

Summary

In the era of Dutch colonial, sugarcane as raw material for white crystal sugar (WCS) was managed by the sugar mills. Sugar productivity reached 15 tons per hectare. In the era of Republic of Indonesia's government, there are two kinds of citizenry's sugarcane farming system (free citizenry's sugarcane and cooperation system between farmer and sugar mill with a revenue sharing system). If the yield <8 percent, the farmers gained 64 percent WCS and sugar mill gained 36 percent. If the yield reaches 10 percent, the farmers gained 70 percent WCS and sugar mill gained 30 percent. Farmers also earn extra income from molasses value (get 3 kg with cost from Rp600.00 until Rp1,150.00 per quintal of sugarcane). The result of cooperation system in the District Mojokerto (in 2011) showed that the farmer's income reached Rp26,248,046.00 and

R/C ratio is 2.10. While the results of the assessment of farming systems (section double system) in Muktiharjo Experimental Field, Pati showed that the highest farmer's income is Rp58,132,660.00 and the R/C ratio is 2.58. In 2014, the experimental was located in Asembagus Field (section double system) with 4 kinds of organic matter treatment were applied on plant cane. The result has not been profitable. In 2015 (second year) at the same location (first ratoon cane), same treatment was implemented again. The highest productivity is 101.4 tons per hectare. Farming system's income is Rp23,069,800.00 with R/C ratio 3.00. The results of interviews with brown sugar's entrepreneur (brown sugar made from sugarcane) showed that the District Kediri gain profit (Rp1,778,616.00 per working day with 8 tons of sugarcane milling capacity and R/C ratio of 1.35). Meanwhile, in the district of Malang profit reached Rp1,010,500.00 and R/C ratio is 1.22.

Keywords: Sugarcane, farming, farmer's income

Pendahuluan

Tebu digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan gula. Tanaman ini tumbuh di daerah beriklim tropis (Maqsood *et al.* 2005). Tanaman tebu berasal dari Papua dan sejak zaman kolonial Belanda dikembangkan di Pulau Jawa terutama di Jawa Timur, Jawa Tengah, sebagian kecil di Jawa Barat, dan di Pulau Sumatra. Pada tahun 1929, produksi gula sebesar 3 juta ton dihasilkan oleh 179 pabrik gula (PG) yang didukung dengan areal 200 ribu ha. Tingkat produktivitas gula saat itu adalah 15 ton/ha (Istadi 2011), dengan rendemen 11–13,80%. Produksi puncak mencapai 3 juta ton dan ekspor gula mencapai 2,40 juta ton. Berbagai keberhasilan tersebut didukung oleh kemudahan dalam memperoleh lahan yang subur, tenaga kerja murah, prioritas irigasi, dan disiplin dalam penerapan teknologi (Susila dan Sinaga 2005).

Sejak tahun 1970 (era pemerintahan Orde Baru) pembangunan di Indonesia pada umumnya adalah bidang infrastruktur (jalan raya, jembatan, saluran irigasi, waduk-waduk) digalakkan guna memelopori bidang-bidang lainnya. Khusus di Pulau Jawa yang “notabene” pusat pengembangan tebu di Indonesia, pesatnya pembangunan tersebut berdampak negatif terhadap pengembangan tebu dan industri gula yang ada dikarenakan makin menyusutnya areal tebu lahan sawah bergeser ke lahan kering. Selama ini teknologi budi daya tebu pada lahan sawah banyak tersedia, namun teknologi budi daya tebu pada lahan kering perlu ditingkatkan agar dapat mengatasi masalah-masalah teknis dan sosial ekonomi. Luas areal dan produksi tebu di Indonesia menurut provinsi dan status perusahaan pada tahun 2015 ditampilkan pada Tabel 1.

Beberapa teknologi untuk pengembangan tebu di lahan kering yang telah tersedia, yaitu teknologi budi daya tebu sistem juring ganda benih ganda dan peningkatan bahan organik tanah dengan memanfaatkan pupuk hijau *Crotalaria juncea* L. Pupuk hijau *C. juncea* L. ditanam di sela-sela barisan tebu

dan ditanam pada saat awal pertumbuhan tanaman tebu. Pada saat tanaman tersebut berumur ± 50 hari, tanaman ditebang dan dimasukkan ke dalam tanah bersamaan dengan pemupukan kedua pada tebu. Penggunaan teknologi tersebut terbukti dapat meningkatkan produktivitas dan rendemen tebu secara signifikan (Balittas 2014). Penambahan pupuk hijau *C. juncea* L. ini selaras dengan hasil penelitian Indrawati (1998) yang menyatakan bahwa pemberian brangkasan kacang tanah + *C. juncea* L. di Bobonaro, Timor Timur yang mempunyai lingkungan sangat kering memberikan hasil kacang hijau 233% lebih tinggi. Sutedjo *et al.* (1996) juga menyatakan bahwa dalam tanah yang dominan pasir peningkatan bahan organik sangat diperlukan karena dapat memperlambat kecepatan perkolasi air, memberikan sifat-sifat tanah bertekstur lebih berat dengan kapasitas penahanan kelembapan lebih tinggi, dan dapat memperlambat tercucinya nutrisi tanaman oleh air.

Bahan organik tanah adalah sisa-sisa tanaman dan hewan di dalam tanah pada berbagai pelapukan dan terdiri atas benih yang masih hidup maupun yang sudah mati. Di dalam tanah bahan organik berfungsi memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga bahan organik tanah mempunyai fungsi yang tidak tergantikan (Winarso 2005). Pada tanah yang dipupuk 100 kg KCl dan tidak diberi bagas (mulsa), kadar P dan K yang telah tersedia dalam tanah meningkat masing-masing sekitar 113% dan 85%. Pada tanah yang diberi bagas (mulsa), kadar P dan K meningkat sekitar 300% dan 107%. Keduanya meningkat dari harkat sangat rendah ke harkat sangat tinggi. Pemberian bagas 12 ton/ha dapat meningkatkan jumlah polong per tanaman kacang tanah sekitar 96%, berat kacang tanah 117%, berat biji kering 123%, dan persentase biji normal 38% (Ispandi 1998).

Tabel 1. Luas areal dan produksi tebu di Indonesia menurut provinsi dan status perusahaan (tahun 2015)*

No.	Provinsi	Perkebunan rakyat		Perkebunan besar negara		Perkebunan besar swasta		Jumlah	
		Luas area (ha)	Produksi (ton)	Luas area (ha)	Produksi (ton)	Luas area (ha)	Produksi (ton)	Luas area (ha)	Produksi (ton)
1	Sumatra Utara	1 348	4 726	7 154	27 779	-	-	8 502	32 505
2	Sumatra Selatan	488	2 238	12 591	60 465	11 118	53 630	24 197	116 333
3	Lampung	6 342	24 821	6 202	50 321	102 669	675 915	115 213	751 057
4	Jawa Barat	9 723	29 403	13 612	53 629	-	-	23 385	83 032
5	Jawa Tengah	54 289	228 323	1 636	7 960	912	4 261	56 837	240 544
6-	DI Yogyakarta	7 537	31 412	-	-	-	-	7 537	31 412
7	Jawa Timur	183 875	1 048 577	36 904	212 062	79	603	220 888	1 261 242
8	Sulawesi Selatan	564	908	10 608	26 470	-	-	11 172	27 378
9	Sulawesi Tenggara	-	-	-	-	7 337	38 117	7 337	38 117
Total		264 166	1 370 408	88 707	438 686	122 115	772 526	475 068	2 581 620

Wujud produksi: Gula hablur

Sumber: Badan Pusat Statistik (2014)

*Data bersifat sementara

Pola kemitraan adalah suatu kerja sama yang dilakukan oleh pihak petani tebu rakyat dengan pabrik gula dalam jangka waktu tertentu untuk meraih keuntungan bersama dengan prinsip saling membutuhkan dan saling menguntungkan (Hafsah dalam Wibowo 2013). Kemitraan usaha antara petani tebu dengan pabrik gula dilaksanakan dengan cara: petani mengusahakan tanaman tebu dan hasil panen tebu dikirim ke pabrik untuk diproses menjadi gula. Apabila rendemen tebu kurang dari 8% maka pembagiannya adalah: untuk petani pemilik tebu sebesar 64%, dari pabrik gula sebesar 36% dan apabila rendemen >10% maka petani memperoleh 70% dan pabrik gula memperoleh 30% dari gula yang dihasilkan. Di samping petani juga memperoleh uang molasse (tetes) sebesar 3 kg @ Rp600,00 s.d. Rp1.150,00 dari setiap kuintal tebu petani yang diproses di pabrik gula tersebut (Basuki *et al.* 2014). Dalam hal untuk menunjang pengembangan tebu ini juga harus diperhatikan kesiapan “infrastruktur” yang berupa jalan penghubung antardesa/kecamatan yang dilalui oleh alat-alat/kendaraan pengangkut sarana produksi maupun tebu dari lahan petani ke pabrik gula, jembatan-jembatan, dan truk pengangkut, serta ketersediaan tenaga pemanen dan pengangkut/sopir truk (Basuki dan Verona 2014).

Penulisan makalah ini dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang sistem usaha tani tebu di Indonesia terutama dengan adanya pergeseran lahan tebu dari lahan sawah ke lahan kering dan upaya-upaya yang sebaiknya dilakukan untuk meningkatkan pendapatan petani tebu dan ketersediaan tebu sebagai bahan baku utama dalam proses produksi gula kristal putih yang merupakan salah satu kebutuhan pokok penduduk Indonesia.

Permasalahan Pengembangan Tebu di Indonesia dan Pemecahan Masalahnya

Pengembangan tebu di Indonesia ada di Jawa dan luar Jawa. Di Jawa sejak zaman kolonial Belanda menjajah Indonesia dan di luar Jawa yaitu di Lampung, Sumatra Selatan, Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan, dan Gorontalo yang dibangun sejak masa pemerintahan Orde Baru. Berdasarkan data P3GI (2010), terdapat 15 perusahaan dengan 62 pabrik gula serta jumlah tebu yang digiling adalah 29,911 juta ton. Masalah ketersediaan tenaga kerja baik di Jawa maupun luar Jawa perlu diperhitungkan, sehingga perlu disediakan alat-alat mekanisasi untuk mengatasi hal tersebut.

Permasalahan lain adalah keterbatasan air di areal pengembangan tebu. Pengadaan air tanah dengan cara penanaman vegetasi yang dapat menyerap air

hujan yang jatuh di bumi misalnya: menanam bambu di dekat daerah pengembangan tebu sehingga tercipta sumber-sumber air tanah yang ada di kawasan tersebut, maupun pembuatan embung-embung sehingga tersedia air di saat musim kemarau. Sumber air tersebut dapat dimanfaatkan apabila musim kemarau tiba. Pada saat tanaman tebu masih pada tahap pertumbuhan (Basuki dan Verona 2014).

Kemitraan antara petani pemilik lahan yang ditanami tebu dengan pabrik gula selama ini kurang menguntungkan bagi petani sehingga perlu dibentuk kemitraan yang menguntungkan kedua belah pihak. Jangan sampai petani pemilik lahan maupun pabrik gula dirugikan dalam kemitraan ini, karena akan berdampak negatif terhadap pengembangan tebu atau pengadaan gula di dalam negeri. Peran pemerintah sangat diperlukan untuk menjembatani kedua belah pihak. Pendampingan teknologi budi daya tebu mulai pratanam sampai pascapanen serta pemberian kredit produksi sangat diperlukan. Indikator keberhasilan petani tebu dapat dilihat dari tingkat produktivitas tebu. Alokasi penggunaan *input* produksi yang efisien menjadi kuncinya. Selain itu tingkat harga jual yang menguntungkan terhadap gula bagian petani menjadi insentif produksi yang penting (Fitriani *et al.* 2013). Chidoko dan Chimway (2011) yang menyatakan bahwa produktivitas tanaman yang rendah dikarenakan petani menggunakan *input* yang minim dalam budi daya, kurangnya pengetahuan petani akan teknologi budi daya yang baik, dan minimnya modal yang dimiliki oleh petani.

Produktivitas dan rendemen yang masih rendah dapat ditingkatkan dengan peningkatan kesuburan lahan pengembangan tebu. Peningkatan bahan organik tanah sangat diperlukan misalnya dengan penanaman tanaman yang menghasilkan pupuk hijau, memanfaatkan sisa-sisa tanaman untuk kompos dan pemberian pupuk kandang setiap tahun pada lahan tebu. Penggunaan bahan organik memiliki peranan penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman, antara lain: memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, serta mendorong aktivitas biologi tanah menjadi lebih baik (Dewanto *et al.* dalam Riyani *et al.* 2015). *C. juncea* L. merupakan suatu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Tanaman ini tergolong tanaman hari pendek, berupa perdu dengan tinggi 1–4 meter, dan bagian vegetatif ditutupi bulu pendek. *C. juncea* L. memiliki bintil-bintil akar yang dapat berfungsi sebagai penambah unsur N hingga 60% (De Resende *et al.* dalam Prasetya *et al.* 2014). *C. juncea* L. memberikan tambahan unsur hara hasil dari proses mineralisasi, cepat menghasilkan biomassa, menyerap karbon, dan menekan banyak nematoda parasit tanaman (Riyani *et al.* 2015; Wang *et al.* 2003).

C. juncea L. merupakan salah satu pupuk hijau yang dapat mengungguli brangkasan kacang tanah maupun pupuk kandang dari aspek ketersediaan, efisiensi maupun efektivitasnya. Hasil penelitian/pendampingan di Kebun Percobaan Asembagus pada tahun/musim tanam tahun 2014 menunjukkan bahwa pemakaian pupuk hijau *C. juncea* L. menghasilkan produksi tebu lebih tinggi dibanding pemberian brangkasan kacang tanah, pupuk kandang, maupun kontrol (tanpa pemberian bahan organik) dan dapat menghemat biaya pengairan sebesar Rp1.800.000,00 (2 kali pengairan) dibanding kontrol (Balittas 2014; Sanchez 1992). Pengembangan tebu di kawasan Kabupaten Situbondo terutama yang dekat pantai lahannya dominan pasir dan sangat rentan kekeringan, sehingga perlu pemberian bahan organik untuk mempertahankan kelembapan tanah (Hariyono *et al.* 2015). Di samping itu penggunaan pupuk hijau *C. juncea* L. lebih aman, mudah aplikasinya, dan biayanya lebih hemat dibanding penggunaan pupuk kandang maupun brangkasan tanaman palawija (kacang tanah). Faktor ketidakamanan penggunaan brangkasan kacang tanah maupun brangkasan tanaman pangan lainnya yaitu perebutan dengan peternak sapi/kambing, sedangkan keberadaan pupuk kandang sangat terbatas karena ketidakseimbangan antara jumlah pupuk kandang dengan areal pertanian dan keberagaman tanaman yang memerlukan pupuk kandang (Balittas 2014; Basuki *et al.* 2014).

Prospek dan Tantangan Usaha Tani Tebu di Indonesia

Pemanfaatan Tanaman Tebu

Di Indonesia batang tanaman tebu dimanfaatkan untuk bahan baku gula kristal putih (GKP), gula merah, spiritus, kertas, bahan bakar pengganti BBM untuk menggerakkan mesin giling tebu. Sedangkan daun segar maupun daun kering tebu untuk pakan ternak besar (sapi dan kerbau). Khusus daun kering tebu dapat dimanfaatkan untuk atap rumah sederhana. Di samping itu, daun kering tebu dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan bahan organik tanah, asalkan dikembalikan ke dalam tanah yang jumlahnya sekitar 5 s.d. 7 ton daun kering/hektar/tahun (Balittas 2014). Tebu juga dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai produk turunan, seperti pupuk, makanan ternak, jus, dan molasse. Produk turunan molasse masih banyak diperlukan oleh industri di bidang fermentasi dan distilasi (Mardianto *et al.* 2005).

Ampas tebu merupakan suatu residu dari proses penggilingan tanaman tebu setelah diekstrak/dikeluarkan niranya. Ampas tebu juga dikenal dengan nama bagas (Purnawan *et al.* 2012). Selama ini ampas tebu (serat batang te-

bu) dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menggerakkan mesin giling pabrik gula di Indonesia (Basuki *et al.* 2014). Selain itu, ampas tebu dimanfaatkan untuk pakan ternak dan bahan baku pembuatan pupuk (Andaka 2011). Ampas tebu juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bahan sumber biomassa lignoselulosa yang dapat dikembangkan menjadi bioetanol (Hermiati *et al.* 2010).

Usaha Tani Tebu di Indonesia

Usaha tani adalah suatu tempat di mana seseorang atau sekumpulan orang berusaha mengelola unsur-unsur produksi seperti alam, tenaga kerja, modal, dan keterampilan dengan tujuan memproduksi untuk menghasilkan sesuatu di lapangan pertanian. Suatu usaha tani dikatakan berhasil apabila usaha tani tersebut dapat memenuhi kewajiban membayar bunga modal, alat-alat yang digunakan, upah tenaga kerja luar serta sarana produksi yang lain, dan dapat menjaga kelestarian usahanya (Suratiyah dalam Ermiyati 2013).

Sebagian besar usaha tani tebu di Indonesia dilaksanakan oleh petani tebu dengan pola kemitraan dengan pabrik gula maupun tebu dijual kepada pedagang pengepul dan pengusaha gula merah. Pola kemitraan adalah suatu kerja sama yang dilakukan oleh kedua belah pihak (petani tebu rakyat dengan pabrik gula) dalam jangka waktu tertentu untuk meraih keuntungan bersama dengan prinsip saling membutuhkan dan saling menguntungkan (Hafsah 2000 dalam Wibowo 2013). Pada pola kemitraan petani tebu mendapatkan paket sarana produksi berupa uang garap, uang pembelian bibit tebu, pupuk anorganik/organik yang harus dikembalikan oleh petani pada saat setelah tebu dikirim ke pabrik serta diproses menjadi gula kristal putih (GKP) dan molasse (tetes). Berdasarkan tingkat rendemen (kadar gula dalam tebu) dilakukan bagi hasil antara pabrik gula dan petani pemilik tebu. Makin tinggi tingkat produktivitas dan rendemen, maka petani tebu mendapatkan penerimaan (nilai produksi) makin tinggi. Apabila rendemen sebesar 6–7% maka bagian petani dengan pabrik gula masing-masing 64% dan 36%, sedangkan apabila rendemen sebesar >8% maka petani mendapatkan 68% dan pabrik gula memperoleh 32%. Jika rendemennya >10% maka petani mendapatkan 70% dan pabrik gula 30% (Istadi 2011; Basuki *et al.* 2014).

Usaha Tani Tebu di Daerah Pengembangan

Adapun contoh hasil analisis usaha tani kemitraan antara petani tebu dengan pabrik gula seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis kelayakan usaha tani tebu pola kemitraan di Desa Ngusikan, Kecamatan Gedeg, Kabupaten Mojokerto MTT 2011 (Rum 2011)

Uraian	Nilai
Biaya (Rp/ha)	
• Biaya tetap	13 000 014,00
• Biaya variabel	
- Biaya tenaga kerja	8 955 549,00
- Biaya sarana produksi	2 003 197,00
• Biaya total (Rp/ha)	23 958 760,00
Penerimaan	
• Tebu (kw)	1 034,00
• Gula (kw)	76,83
• Rendemen (%)	7,43
Bagi hasil petani (%)	66,00
• Gula (kw)	50,71
• Harga gula (Rp/kw)	800 000,00
• Penerimaan gula (Rp/ha)	40 566 240,00
• Penerimaan tetes (Rp/ha)	9 640 566,00
• Penerimaan total (Rp/ha)	50 206 806,00
• Pendapatan (Rp/ha)	26 248 046,00
R/C Ratio	2,10

Biaya tetap pada Tabel 2 yaitu biaya sewa lahan seluas 1 hektar selama 1 tahun. Pada umumnya tata tanam tebu rakyat sistem juring tunggal dengan jarak tanam antarbaris (PKP 110 cm sampai dengan 130 cm).

Pendampingan teknologi budi daya tebu sistem juring ganda benih ganda telah dilaksanakan di Kebun Percobaan Muktiharjo, Pati MTT 2013. Ada 8 perlakuan kombinasi dosis pupuk Phonska dan ZA dengan variasi jarak tanam. Dosis pupuk normal yaitu 600 kg Phonska + 500 kg ZA per ha. Adapun tampilan usaha tani per hektar dari delapan perlakuan tersebut seperti tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa sistem tanam juring ganda benih ganda (perlakuan 8) paling besar biayanya karena besarnya biaya pembelian bibit tebu dan pupuk anorganik (Phonska dan ZA). Produktivitas tebu perlakuan 8 ini paling tinggi dibanding 7 perlakuan lainnya karena populasi tanaman juga lebih banyak. Rata-rata pendapatan yang diperoleh pada empat perlakuan (5, 6, 7, dan 8)/sistem juring ganda benih ganda >Rp40.000.000,00/ha dibanding rata-rata sistem juring tunggal bibit tunggal yang besarnya maksimal Rp12.337.980,00 per hektar. Hal ini selaras dengan pernyataan Maqsood *et al.* (2005) dan Mahmood *et al.* (2007) bahwa sistem tanam tebu juring ganda menghasilkan peningkatan jumlah batang produksi per meter juring, bobot batang, diameter batang, produktivitas, rendemen, dan indeks panen.

Tabel 3. Analisis kelayakan usaha tani per hektar dari 8 perlakuan sistem tanaman tebu dan variasi penggunaan dosis pupuk di KP Muktiharjo, MTT 2013

Perlakuan sistem tanam tebu	Produktivitas					Penerimaan (Rp/ha)	Biaya tenaga kerja (Rp/ha)	Sarana produksi (Rp/ha)	Total biaya (Rp/ha)	Pendapatan (Rp/ha)	R/C Ratio
	Tebu (ton/ha)	Gula untuk petani		Tetes							
		Fisik (kg/ha)	Nilai (Rp/ha)	Fisik (kg/ha)	Nilai (Rp/ha)						
1	79,98	3 803	34 227 000	2 399,0	2 159 100	36 386 110	19 232 400	8 336 100	27 568 400	8 817 710	1,32
2	85,45	4 063	36 567 000	2 563,5	2 307 150	38 874 150	24 104 400	9 096 300	33 200 700	5 673 450	1,17
3	103,34	4 914	44 246 000	3 100,2	2 790 180	47 016 180	24 104 400	10 567 800	34 678 200	12 337 980	1,36
4	89,04	4 234	38 106 000	2 671,2	2 404 080	40 510 080	19 520 400	9 834 600	29 355 000	11 155 080	1,38
5	157,54	7 491	67 419 000	4 726,2	4 253 580	71 672 580	19 472 400	11 590 400	31 062 800	40 609 780	2,31
6	180,47	8 582	77 238 000	5 414,1	4 872 690	83 110 690	19 472 400	13 768 700	33 241 100	49 869 590	2,50
7	196,49	9 343	84 087 000	5 894,7	5 305 230	89 392 230	21 152 400	12 521 400	33 673 800	55 718 430	2,65
8	208,78	9 928	89 352 000	6 263,4	5 637 060	94 989 060	21 252 400	15 704 000	36 856 400	58 132 660	2,58

Keterangan:

Perlakuan 1: Pupuk normal juring tunggal (PKP 130 cm)

Perlakuan 2: Sistem juring ganda (PKP 50/135 cm) + bibit tunggal, pupuk normal

Perlakuan 3: Sistem juring ganda (PKP 50/135 cm) + bibit tunggal + pupuk 1,4 x normal

Perlakuan 4: Sistem tanam tunggal (PKP 110 cm) + bibit tunggal+ 1,18 x normal

Perlakuan 5: Sistem juring ganda (PKP 50/210 cm) + bibit ganda (rel sepur) + pupuk normal

Perlakuan 6: Sistem juring ganda (PKP 50/210cm) + bibit ganda (rel sepur) + pupuk 2 x normal

Perlakuan 7: Sistem juring ganda (PKP 50/170 cm) + bibit ganda (rel sepur) + pupuk normal

Perlakuan 8: Sistem juring ganda (PKP 50/170 cm) + bibit ganda (rel sepur) + pupuk 2,36 x normal (Djumali *et. al.* 2013)

Pada musim tanam tahun 2014 pendampingan teknologi budi daya tebu sistem juring ganda mata ganda dilanjutkan di Kebun Percobaan Asembagus, Situbondo, Jawa Timur. Perlakuan terbaik dari aspek produktivitas, biaya, dan pendapatan usaha tani yaitu perlakuan 7 yang dilaksanakan di Kebun Percobaan Muktiharjo, Pati, Jawa Tengah MTT 2013. Pada musim tanam tahun 2014 dan 2015, perlakuan 7 diaplikasikan di Kebun Percobaan Asembagus. Perlakuan tersebut dikombinasikan dengan penambahan pupuk organik sehingga ada 5 perlakuan yang dicoba pada luas lahan masing-masing 1.000 m². Pemberian mulsa/bahan organik sebanyak 12,5 ton per hektar per tahun dapat menekan erosi >90% dari jumlah tanah yang hilang (Purwowedodo 1982). *C. juncea* L. merupakan tanaman pupuk hijau yang ideal karena memiliki tiga ciri utama (Balittas 2014; Buckman dan Brady 1982):

1. Pertumbuhan cepat
2. Bagian tanaman di atas tanah yang lebat dan sukulen
3. Mampu tumbuh dengan lebat dan baik di atas tanah miskin

Kombinasi hasil brangkasan kering *C. juncea* L. yang ditanam pada sela tebu sistem tanam juring ganda dengan daun *klenthek* tebu kering per hektar jumlahnya sebanyak 14,50 ton per hektar per tahun (Balittas 2015).

Pendampingan kegiatan tersebut pada tahun 2014 (tanam awal tebu) dan dilanjut pada tahun 2015 (tebu *ratoon* pertama). Tampilan data usaha tani disajikan pada Tabel 4 (tahun 2014) dan Tabel 5 (tahun 2015).

Peranan bahan organik dalam tanah (Suripin 2002; Buchman dan Brady, 1982; Adianto 1993):

1. Memperbaiki peresapan air ke dalam tanah
2. Mengurangi aliran permukaan
3. Mengurangi perbedaan kandungan air dalam tanah dan sungai antara musim hujan dan musim kemarau
4. Menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara. Kapasitas tukar kation menjadi tinggi
5. Sumber energi bagi mikroorganisme

Tabel 4. Penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan usaha tani per hektar penggunaan beberapa bahan organik pada lahan sistem tanam tebu juring ganda mata ganda di KP Asembagus, Situbondo MTT 2014 (tebu PC)

No.	Uraian	Macam perlakuan									
		CTR		CT ½ R		Brangkasian kacang tanah		Pupuk kandang		Kontrol (pembanding)	
		Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)
1	Produksi tebu (kg/ha)	65 115		55 120		48 570		65 460		46 170	
	• Rendemen (%)	8,06		8,12		8,46		7,84		6,64	
	• Produksi gula (kg/ha)	3 674	28 288 169	3 133	24 124 100	2 876,3	22 147 628	3 592	27 661 824	2 085	16 051 942
	• Produksi tetes (kg/ha)	1 953	1 171 800	1 653,6	992 160	1 457,1	874 260	1 963,8	1 178 280	1 385,1	831 060
	• Produksi kacang tanah (kg/ha)						2 196 450				
	Penerimaan (Rp/ha)		29 459 969		25 116 260		25 218 338		28 840 104		16 883 002
2	Biaya produksi										
	• Biaya tenaga kerja		13 861 250		12 084 500		14 918 750		12 219 500		11 534 750
	• Biaya sarana produksi		9 250 000		9 150 000		11 444 000		12 614 000		8 900 000
	Jumlah biaya		23 111 250		28 234 500		33 362 750		31 833 500		27 434 750
3	Pendapatan UT		6 348 719		3 881 760		-1 144 412		4 006 604		-3 551 748
	• Pendapatan bila sewa lahan dihitung		-5 651 281		-8 118 240		-13 144 412		-7 993 396		-15 551 748
	R/C Ratio		1,27		1,18		0,96		1,16		0,83

Keterangan:

Perlakuan 1 (CTR): Tanaman *C. juncea* L. tanam rapat (25 cm x 25 cm) di sela-sela barisan tanaman tebu sistem juring ganda mata ganda (rel sepuh) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 2 (CT ½ R): Tanaman *C. juncea* L. tanam 1/2 rapat (50 cm x 25 cm) di sela-sela barisan tanaman tebu sistem juring ganda mata ganda (rel sepuh) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 3: Tanaman kacang tanah ditanam rapat (25 cm x 25 cm) di sela-sela barisan tanaman tebu sistem juring ganda mata ganda (rel sepuh) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 4: Pemberian pupuk kandang ± 12 ton per hektar pada lahan sebelum ditanami tebu sistem juring ganda mata ganda (rel sepuh) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 5: Kontrol (tanpa pemberian bahan/pupuk organik) pada sistem bertanam tebu juring ganda mata ganda (rel sepuh) dengan dosis pupuk 2x normal (1.200 kg Phonska + 1.000 kg ZA) (PKP 50/170 cm)

Tabel 5. Penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan usaha tani per hektar penggunaan beberapa bahan organik pada lahan sistem tanam tebu juring ganda mata ganda di KP Asembagus, Situbondo MTT 2015 (tebu *ratoon* pertama)

No.	Uraian	Macam perlakuan									
		CTR		CT ½ R		Brangkanan kacang tanah		Pupuk kandang		Kontrol (pembanding)	
		Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)	Fisik	Nilai (Rp/ha)
1	Produksi tebu (kg/ha)	101 390		96 260		82 020		98 510		76 420	
	• Rendemen (%)	8,27		8,14		8,33		8,21		8,43	
	• Produksi gula putih untuk petani (GKP) (kg/ha)	5 702	50 747 800	4 643	41 322 700	4 643	41 322 700	5 498	48 861 000	4 381	38 990 900
	• Produksi tetes (kg/ha)		1 825 020		1 732 680		1 476 360		1 773 180		1 375 560
	• Produksi kacang tanah (kg/ha)					22	220 000				
	Jumlah		52 572 820		43 055 380		43 019 060		50 634 180		40 336 460
2	Biaya produksi										
	• Biaya tenaga kerja		14 103 000		11 782 000		12 526 500		15 157 750		14 457 750
	• Biaya sarana produksi		3 400 000		3 275 000		5 544 000		6 912 000		5 173 000
	Jumlah Biaya		17 503 000		15 057 000		18 070 500		22 069 750		19 630 750
3	Pendapatan		35 069 820		27 998 380		24 948 560		28 564 430		20 705 710
	• Pendapatan bila sewa lahan dihitung		23 069 820		15 998 380		12 948 560		16 564 430		8 705 710
	R/C Ratio		3,00		2,86		2,38		2,30		2,05

Keterangan:

Perlakuan 1 (CTR): Tanaman *C. juncea* L. tanam rapat (25 cm x 25 cm) di sela-sela barisan tanaman tebu sistem juring ganda mata ganda (rel sepur) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 2 (CT ½ R): Tanaman *C. juncea* L. tanam 1/2 rapat (50 cm x 25 cm) di sela-sela barisan tanaman tebu sistem juring ganda benih ganda (rel sepur) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 3: Tanaman kacang tanah ditanam rapat (25 cm x 25 cm) di sela-sela barisan tanaman tebu sistem juring ganda mata ganda (rel sepur) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 4: Pemberian pupuk kandang ± 12 ton per hektar pada lahan sebelum ditanami tebu sistem juring ganda mata ganda (rel sepur) (PKP 50/170 cm)

Perlakuan 5: Kontrol (tanpa pemberian bahan/pupuk organik) pada sistem bertanam tebu juring ganda mata ganda (rel sepur) dengan dosis pupuk 2x normal (1.200 kg Phonska + 1.000 kg ZA) (PKP 50/170 cm)

Penanaman tebu di lahan kering memerlukan biaya pengairan yang cukup besar. Pada awal tanam (tebu PC) memerlukan minimal 10x pengairan pada MT 2014. Sedangkan pada tahun 2015 (tebu *ratoon* pertama) memerlukan 4x pengairan. Penambahan bahan organik dapat menghemat biaya pengairan dan meningkatkan produktivitas tanaman tebu pada tahun pertama. Di samping itu, produktivitas tebu meningkat sebesar 2–19 ton per hektar dibanding kontrol. Penambahan bahan organik yang berasal dari kacang tanah tidak banyak berefek terhadap peningkatan produktivitas. Hal ini dikarenakan brangkasan kacang tanah banyak yang hilang karena diambil oleh peternak sapi di sekitar kebun percobaan (Tabel 4).

Pada tahun kedua (*ratoon* pertama tanaman tebu) penambahan bahan organik *C. juncea* L. tanam rapat, *C. juncea* L. tanam $\frac{1}{2}$ rapat, penambahan brangkasan kacang tanah dan penambahan pupuk kandang dapat meningkatkan produktivitas dari 6 ton sampai dengan 25 ton per hektar dibanding kontrol (tanpa penambahan bahan organik) (Tabel 5). Perlu dipertimbangkan dalam hal penggunaan pupuk kandang karena keterbatasan jumlahnya dibanding luas areal lahan pengembangan tebu dan ketidakamanan penggunaan brangkasan kacang tanah karena berebut dengan fungsinya sebagai pakan ternak. Kemudahan dalam penggunaan *input* dan tingkat pendapatan usaha tani yang diperoleh merupakan faktor yang menentukan kelancaran/kecepatan adopsi teknologi baru budi daya tanaman (Soekartawi *et al.* 1984).

Di samping sebagai bahan baku gula kristal putih (GKP) tebu juga sebagai bahan baku gula merah tebu (gula merah berbahan baku tebu). Gula merah tebu tidak hanya dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga tetapi juga dimanfaatkan untuk kebutuhan berbagai industri, seperti industri kecap, makanan, dan jamu (Melly dan Nofialdi 2015). Proses pengolahan nira tebu menjadi gula merah melibatkan proses pemanasan untuk mengurangi kadar air sehingga tercapai kekentalan tertentu. Setelah proses pemanasan dilakukan proses pencetakan sehingga diperoleh produk gula tebu/gula merah tebu (Muhlisin *et al.* 2015). Pengusaha gula merah membeli tebu dengan harga sekitar Rp50.000,00 sampai dengan Rp60.000,00 per kuintal. Hasil survei di Kabupaten Kediri dan Malang tertera pada Tabel 6 (Basuki dan Verona 2014).

Produk gula merah tebu/gula merah di Kabupaten Kediri dicetak dalam bentuk “gula batok” maupun “gula koin” sehingga biaya produksinya lebih mahal. Sedangkan di Kabupaten Malang produk gula merah berbentuk “gula mawur”. Nilai jual “gula batok”/“gula koin” lebih tinggi dibanding “gula mawur” sehingga pendapatan pengusaha “gula batok”/“gula koin” di Kabupaten Kediri lebih tinggi dibanding pendapatan “gula mawur” di Kabupaten Malang. Tengkulak dari Klaten (Jawa Tengah) membeli gula koin/gula batok da-

ri pengusaha di Kediri dan dijual ke beberapa *supermarket* di Jakarta, sedangkan pengusaha “gula mawur” di Kabupaten Malang menjual produksinya ke pengusaha kecap di Kota Malang (Basuki dan Verona 2014).

Tabel 6. Analisa usaha gula tebu di Kabupaten Malang dan Kabupaten Kediri

Biaya usaha	Kabupaten Kediri (Rp)	Kabupaten Malang (Rp)
- Pembelian 8 ton tebu/merah	4 000 000	3 600 000
- Tebang + angkut	400 000	400 000
- BBM (solar) 15 liter	82 500	82 500
- Pembelian 70 ikat daduk/40 ban bekas	105 000	105 000
- Tenaga kerja memasak nira	240 000	240 000
- Pengepakan (8 kg gula merah/tebu)	40 000	-
- Perawatan/penyusutan mesin/alat	29 500	29 500
- Upah mandor	80 000	80 000
- Sewa tanah	2 740	3 000
- Pajak usaha	1 644	1 500
- Karung plastik	40 000	48 000
Total biaya	5 021 384	4 589 500
Produksi 800 kg gula tebu*	6 800 000	5 600 000
Pendapatan/keuntungan usaha	1 778 616	1 010 500
RC ratio	1,35	1,22

* Harga gula mawur Rp7.000,00/kg; harga gula batok/koin Rp8.500,00/kg

Penutup

Tanaman tebu merupakan tanaman yang memerlukan teknik budi daya yang inovatif agar dapat memberikan pendapatan yang layak bagi petani yang mengusahakannya. Bantuan sarana produksi dalam bentuk pinjaman yang dibayar pada saat panen sangat diperlukan yang disertai dengan bimbingan teknis (pendampingan) dari petugas pabrik gula maupun penyuluh perkebunan agar produktivitas dan rendemen serta pendapatan petani tebu meningkat. Di samping itu pengusahaan gula merah skala rumah tangga (*home industry*) terbukti menguntungkan bagi pengusahanya.

Teknik budi daya tebu di lahan kering perlu ditingkatkan agar dapat mengatasi pemasalahan yang ada sehingga petani mendapat keuntungan dari usaha tani tebu.

Revitalisasi pabrik gula dan kelembagaan penunjang pengembangan tebu agar segera direalisasikan untuk meningkatkan kinerja pabrik gula dan kelembagaan penunjang yang diharapkan berdampak terhadap peningkatan produktivitas, rendemen, dan pendapatan petani, serta keuntungan pabrik gula.

Teknologi menyimpan air hujan perlu direalisasikan di kawasan pengembangan tebu agar kebutuhan air untuk tebu tercukupi terutama pada saat

musim kemarau panjang. Selain itu penggunaan tanaman *C. juncea* L. Sebagai pupuk hijau guna meningkatkan bahan organik tanah terbukti paling efisien dari aspek biaya, efektif dari aspek aplikasinya, dan keberadaan serta keamanannya pada saat diaplikasikan dibanding pupuk kandang dan brangkasan kacang tanah.

Daftar Pustaka

- Adianto. 1993. *Biologi Pertanian, Pupuk Kandang, Pupuk Organik Nabati, dan Insektisida*. Bandung: Penerbit Alumni. hlm. 132–133.
- Andaka, G. 2011. “Hidrolisis ampas tebu menjadi furfural dengan katalisator asam sulfat”. *Jurnal Teknologi*, 4 (2):180–188.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2014. Statistik Tebu Indonesia. <http://www.bps.go.id>. Diakses pada tanggal 27 November 2015.
- Balittas. 2014. Laporan Hasil Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat TA 2014. Malang: Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.
- Balittas. 2015. Laporan Hasil Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat TA 2015. Malang: Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.
- Basuki, T. dan L. Verona. 2014. “Manajemen dan pemasaran gula merah berbahan baku tebu di Jawa Timur”. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*, 20(2) Agus-tus:16–18.
- Basuki, T., M. Romli, dan Nurindah. 2014. “Pengembangan integrasi tebu dan ternak pada perkebunan tebu rakyat”. *Prosiding Semiloka Nasional Tanaman Pemanis, Serat, Tembakau, dan Minyak Industri. Inovasi Teknologi Mendukung Swasembada Gula dan Peningkatan Produktivitas Tanaman Serat, Tembakau, dan Minyak Industri*. Bogor: Badan Litbang Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. hlm. 83–89.
- Buchman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Bhratara Karya Aksara. 694 hlm.
- Chidoko, C. and L. Chimway. 2011. “Economic challenges of sugarcane production in the Lowveld of Zimbabwe”. *International Journal of Economic and Research*, 2(5):1–13.
- Djumali, M. Romli, T. Basuki, dan S.E. Susilowati. 2013. “Penelitian sistem juring ganda untuk meningkatkan produktivitas dan rendemen tebu”. Laporan Hasil Penelitian TA 2013. Malang: Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.
- Ermiyati. 2013. “Kelayakan usaha tani beberapa tanaman obat”. *Penguatan Inovasi Teknologi Mendukung Kemandirian Usaha Tani Perkebunan Rakyat*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. hlm. 86–113
- Fitriani, Sutarni, dan L. Irawati. 2013. “Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi, curahan kerja dan konsumsi petani tebu rakyat di Provinsi Lampung”. *Jurnal Ilmiah ESAI*, 7(1) Januari. 11 hlm.
- Hariyono, B., Djajadi, dan R. Syaputra. 2015. “Pengelolaan lahan untuk jarak pagar” *Bunga Rampai Inovasi Teknologi Jarak Pagar Penghasil Bioenergi Masa Depan*. Jakarta: IAARD Press.
- Hermiati, E., D. Mangunwidjaja, T.C. Sunarti, dan O. Suparno. 2010. “Pemanfaatan biomassa lignoselulosa ampas tebu untuk produksi bioetanol”. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4):121–130.

- Indrawati. 1998. "Pengelolaan lengas tanah dalam usaha tani lahan kering". *Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Tahun 1998*. Buku 2. HITI Komda Jatim. hlm. 185.
- Ispandi, A. 1998. "Pengaruh bagas terhadap status hara tanah dan produksi ubi jalar/kacang tanah di tanah alfisol". *Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Tahun 1998*. Buku 2. HITI Komda Jatim. hlm. 135–136.
- Istadi. 2011. *Pabrik Gula Mini di Indonesia*. Bekasi: Penerbit Pustaka Inti. hlm. 29.
- Mahmood, A., M. Ishfaq, J. Iqbal, and S. Nazir. 2007. "Agronomic performance and juice quality of autumn planted sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) as affected by flat, ditch, and pot planting under different spatial arrangements". *International Journal Agriculture Biology*, 9(1):167–169.
- Maqsood, M., M. Iqbal, and M. Tayyab. 2005. "Comparative productivity performance of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) born in different planting patterns at farm field". *Journal Agriculture Source*, 42(3–4):25–28.
- Mardianto, S., P. Simatupang, P.U. Hadi, H. Malian, dan A. Susmiadi. 2005. "Peta jalan (road map) dan kebijakan pengembangan industri gula nasional". *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 23(1):19–37.
- Melly, S. dan Nofialdi. 2015. "Analisa sosioekonomi penerapan pengumpanan tebu dalam pengembangan agroindustri gula merah tebu di Lawang". *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 19(1) Maret:59–64.
- Muhlisin, A., Y. Hendrawan, dan R. Yulianingsih. 2015. "Uji performansi dan keseimbangan massa evaporator vakum double jacket tipe *water jet* dalam proses pengolahan gula merah tebu (*Saccharum officinarum* L.)". *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 3(1):24–36.
- P3GI. 2010. Laporan Produksi Giling Tahun 2009 PTPN/PT Gula di Indonesia. Pasuruan: Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI).
- Prasetya, M.H.E., M.D. Maghfoer, dan M. Santoso. 2014. "Pengaruh macam dan kombinasi bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman stevia" (*Stevia rebaudiana* B.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(6):503–509.
- Purnawan, C., Hilmiyana, Wantini, dan Fatmawati. 2012. "Pemanfaatan limbah ampas tebu untuk pembuatan kertas dekorasi dengan metode organosolv". *Jurnal Ekosains*, IV(2):1–5.
- Purwawidodo. 1982. *Teknologi Mulsa*. Malang: Dewa Ruci Press. hlm. 108.
- Riyani, N.W., T. Islami, dan T. Sumarni. 2015. "Pengaruh pupuk kandang dan *Crotalaria juncea* L. pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.)". *Jurnal Produksi Tanaman*, 3(7):556–563.
- Rum, M. 2011. "Kajian usaha tani tebu dengan pola kemitraan di Kecamatan Ngusikan, Kabupaten Jombang". *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian. Penguatan Sosial Ekonomi Pertanian Menuju Kesejahteraan Masyarakat*. Universitas Gajah Mada. Jurusan Sosial Ekonomi UGM. Yogyakarta. hlm. 188.
- Sanchez, P.A. 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika*. Penerbit Institut Teknologi Bandung. hlm. 195.
- Soekartawi, A. Sukoharjo, J.L. Dillon, dan J.R. Handaker. 1984. *Ilmu Usahatani dan Penelitian untuk Petani Kecil*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI) Press.
- Suripin. 2002. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Andi. hlm. 22–24.

- Susila, W.R. dan B.M. Sinaga. 2005. "Pengembangan industri gula Indonesia yang kompetitif pada situasi persaingan yang adil". *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1):1–9.
- Sutedjo, M. Mulyani, A.G. Kartasaputra, dan R.D.S. Sastroatmojo. 1996. *Mikrobiologi Tanah*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta. hlm. 426.
- Wang, K.H., R. McSorley, and R.N. Gallaher. 2003. "Crotalaria juncea amendment on nematode communities in soil with different agricultural histories". *Journal of Nematology*, 35(3):294–301.
- Wibowo, E. 2013. "Pola kemitraan antara petani tebu rakyat kredit (TRK) dan mandiri (TRM) dengan Pabrik Gula Modjopanggoong Tulungagung". *Jurnal Manajemen Agribisnis*, 3(1):1–12.
- Winarso. 2005. *Kesuburan Tanah, Dasar Kesehatan, dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta: Penerbit Gava Media. hlm. 34.

Tebang, Muat, dan Angkut Tebu

Gatot Suharto Abdul Fatah

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: gsafatah@gmail.com

Ringkasan

Tebang muat angkut (TMA) merupakan proses menebang, memuat, dan mengangkut tebu dari kebun menuju pabrik gula untuk siap digiling. TMA adalah tiga kegiatan yang tidak dapat dipisah dalam kegiatan pemungutan hasil batang tebu layak giling untuk dibawa ke pabrik. Kegiatan TMA dapat mempengaruhi kualitas kadar gula atau rendemen jika tidak ditangani dengan baik. Tulisan ini mengulas tentang kegiatan tebang, muat, dan angkut tebu yang harus dilakukan agar tebu sampai ke pabrik gula tepat waktu dengan kandungan gulanya tetap tinggi. Risiko kehilangan produksi gula karena tebang dan angkut sangat besar, baik dari aspek kuantitas seperti pasokan bahan baku tebu dan tebu tertinggal/terbuang, maupun aspek kualitas seperti umur panen tebu yang tepat dan varietas tebu yang ditanam. Kriteria keberhasilan pelaksanaan TMA diukur dari kemampuan kontinuitas pasokan bahan baku sesuai kapasitas giling pabrik gula dan mutu tebang yang layak giling. Tebu hasil tebang sangat dipengaruhi oleh kesiapan prasarana, sarana angkutan, sumber daya tenaga tebang, kondisi lingkungan, kelancaran giling pabrik, dan sistem angkutan. Kegiatan tebang tebu dilakukan saat masak optimal, dan segera dimuat dengan alat angkut untuk dibawa ke pabrik sebelum 48 jam agar tidak terjadi susut rendemen.

Kata kunci: Tebu, tebang, muat, angkut, rendemen

Role of Harvesting, Loading, and Delivering in Reducing Cane Yield Losses

Summary

Harvesting, loading, and delivering (HLD) are three sequence activities of sugarcane from field to be processed in cane industry. These activities should be well managed because they determine cane yield and quality. This paper elucidates about the important role of harvesting loading and delivering in determining cane yield. The risk of losing cane yield is high due to improper harvesting and delivery of sugarcane. Indicator of well managed HLD is expressed by continue row material supply as demanded by cane industry. Sugarcane yield is influenced by many aspects of quality and quantity related to harvesting and delivering, such as transportation, labour, environment, and operational of industry machine. To minimize the cane yield lost, sugarcane should be harvested in when it is mature optimally, and it should be loaded on the truck and delivered to cane industry soon.

Keywords: Sugarcane, harvesting, loading, delivering, yield of cane

Pendahuluan

Kegiatan tebang, muat, angkut (TMA) pada tanaman tebu adalah tiga kegiatan yang tidak dapat dipisahkan dalam kegiatan memungut hasil batang tebu layak giling untuk dibawa ke pabrik. Kegiatan TMA dapat mempengaruhi kualitas kadar gula jika tidak ditangani dengan baik. Kesulitan mendapatkan tenaga tebang tebu yang terampil menjadi titik kritis yang harus segera diatasi (Sandi 2013). Umumnya tenaga tebang lebih banyak dilakukan oleh tenaga kerja yang berumur di atas 50 tahun. Tenaga kerja muda lebih memilih untuk bekerja di bidang lain yang lebih memberikan pendapatan lebih tinggi serta lebih nyaman (Grahara 2014).

Menurut Susila dan Hutagaol (2005), pelaksanaan TMA merupakan kegiatan pascapanen yang harus mendapat perhatian secara cermat. Risiko kehilangan produksi gula karena tebang, muat, dan angkut sangat besar, baik dari aspek kuantitas seperti pasokan bahan baku tebu dan tebu tertinggal/ter-buang, maupun aspek kualitas seperti umur panen tebu yang tepat dan varietas tebu yang ditanam.

Kriteria keberhasilan pelaksanaan TMA diukur dari kontinuitas pasokan bahan baku sesuai kapasitas giling dan mutu tebang yang layak giling (Haryanto *et al.* 2006). Menurut Bantacut *et al.* (2012) mutu tebu hasil tebang sangat dipengaruhi oleh kesiapan prasarana, sarana angkutan, sumber daya tenaga tebang, kondisi lingkungan, kelancaran giling pabrik, dan sistem pengupahan tenaga tebang dan angkutan.

Penebangan tebu pada dasarnya sama dengan prinsip panen tanaman lainnya, yaitu memilih tebu yang masak untuk ditebang terlebih dahulu, dengan asumsi bahwa tebu yang masak akan diperoleh rendemen yang tinggi (Putra 2012; Ditjenbun 2013b). Pelaksanaan tebang tebu akan berjalan dengan lancar bila tebu di lapangan dalam kondisi layak tebang. Menurut Fakhmi *et al.* (2014) tebu layak tebang apabila kondisi tebu tidak roboh, bersih (daunnya sudah di-*klenthek*), tinggi tebu cukup ($>2\text{m}$) dan sudah masak (kemasakan $>20\%$).

Tebu yang ditebang dengan kualitas baik (Bhullar *et al.* 2008), akan berpengaruh terhadap pendapatan petani tebu, karena tebu tersebut mempunyai rendemen yang tinggi (Sutrisno 2009; Disbun Jatim 2013). Dari rendemen tersebut maka harga beli dari pabrik juga tinggi, oleh karena itu pengukuran rendemen menjadi hal yang sangat penting bagi pabrik maupun petani tebu (Emam dan Musa 2011). Menurut Trisnobudi *et al.* (2006), alat pengukur rendemen tebu yang cepat dan akurat menggunakan gelombang ultrasonik

dapat diterapkan pada pabrik gula, hal demikian akan sangat membantu pihak pabrik maupun petani tebu. Makalah ini menyajikan tentang peranan tebang, muat, angkut tebu dalam mengurangi susut rendemen.

Pemanenan Tebu

Panen tebu adalah kegiatan memungut seluruh batang tebu yang telah siap dipanen dan dapat diolah menjadi gula dalam keadaan yang optimum (Gambar 1). Ketersediaan tenaga tebang amat penting guna memperlancar kegiatan TMA (Sandi 2013). Selain harus berfisik kuat untuk memuat batangan-batangan tebu yang diikat ke bak truk, penebang harus terampil memotong batang tebu. Kelancaran panen akan menghasilkan penyediaan tebu di pabrik secara berkesinambungan dan dalam jumlah sesuai dengan kapasitas giling, sehingga tebu dapat diolah dalam keadaan relatif segar, kelancaran panen mempengaruhi efisiensi pengolahan.



Sumber: PTPN X 2011

Gambar 1. Tanaman tebu yang siap dipanen

Menurut Sutarman (2011), cara pemanenan yang tidak tepat atau tidak sesuai dengan kriteria teknis pemanenan, akan menimbulkan kerugian cukup besar. Sebagai contoh, kesalahan dalam menentukan saat panen, atau teknis pola tebang yang tidak didasarkan pada kemasakan, sebaran lokasi, dan pembatasan penebangan akan berdampak pada hasil yang lebih sedikit maupun kualitas yang kurang baik. Dua hal pokok yang harus dilakukan agar

pemanenan tanaman tebu dapat memenuhi kriteria yang dipersyaratkan oleh pabrik gula antara lain adalah penentuan saat panen dan kegiatan tebang muat angkut.

Seperti tanaman lain, panen tebu dilakukan pada tingkat kemasakan optimum, yaitu saat tebu dalam kondisi mengandung gula tertinggi (Trisnobudi *et al.* 2006). Tipe kemasakan tebu dibagi menjadi tiga, yaitu masak awal, masak tengah, dan masak lambat. Pada tebu yang masak awal umur optimalnya antara 8 sampai 10 bulan, masak tengah berumur lebih dari 10 sampai 12 bulan, dan masak lambat berumur lebih dari 12 bulan.

Prinsip panen tebu adalah manis, bersih, dan segar (MBS). Untuk mengetahui tingkat kemasakan tebu dilakukan analisis kemasakan tebu secara periodik (15 hari sekali) sejak dua atau tiga bulan sebelum mulai giling (Rana *et al.* 2006). Analisis yang dilakukan dengan cara menggiling contoh tebu digiling kecil di laboratorium. Setelah dilakukan berbagai perhitungan akan menghasilkan data tentang tingkat kemasakan, rendemen, kemampuan peningkatan rendemen, dan daya tahan tebu.

Dengan menganalisis data tersebut dan memperhatikan faktor lingkungan dan kapasitas giling, dapat disusun jadwal panen berbagai kebun sesuai saat optimum kemasakannya. Penyusunan jadwal panen tersebut dimusyawarahkan dalam Forum Musyawarah Produksi Gula (FMPG) karena petani pemilik tebu mempunyai hak ikut menetapkan saat panen miliknya.

Dalam kegiatan TMA termasuk di dalamnya pengaturan jadwal penebangan, pemuatan tebang, dan pengangkutan sampai di pabrik gula. Pada tebu rakyat, panen tebu termasuk dalam tanggung jawab petani, karena petani menyerahkan di tempat penimbangan pabrik gula. Namun dalam pelaksanaannya, sebagian besar petani menyerahkan pelaksanaan panen kepada pabrik gula yang bertanggung jawab atas kepengurusan dan pengaturan kegiatan tersebut. Kadang-kadang petani juga menguasai pelaksanaan panen kepada Koperasi Unit Desa (KUD) ataupun Koperasi Petani Tebu Rakyat (KPTR), tetapi umumnya KUD/KPTR lebih cenderung melaksanakan sebagian saja, yaitu kegiatan angkutan yang kebanyakan dilakukan dengan truk (Susila dan Hutagaol 2005).

Kegiatan TMA merupakan kegiatan kritis dalam proses produksi di pabrik gula, karena tidak tepatnya penanganan dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar (Bantacut *et al.* 2012). Panen tebu dilakukan dengan menebang batang-batang tebu yang sehat (tebu layak giling), mengumpulkan dan mengangkut ke pabrik gula untuk digiling (GMP 2009). Penebangan dapat dilakukan secara manual maupun secara mekanis/tenaga mesin seperti mesin

tebang tebu (Manhaes *et al.* 2014). Penebangan tebu secara manual dilakukan dengan cara membongkar guludan tebu dan mencabut batang-batang tebu secara utuh untuk kemudian dibersihkan dari tanah, akar, pucuk, daun kering, dan kotoran.

Teknik pola tebang harus didasarkan pada kriteria kemasakan, sebaran lokasi dan pembatasan penebangan, kotoran tidak boleh lebih dari 5%. Untuk tanaman tebu yang akan dikepras, pangkal tebu disisakan di dalam tanah sebatas permukaan tanah asli agar dapat tumbuh tunas yang akan dipelihara lagi sebagai tanaman *ratoon*. Aturan tebang tebu antara lain sebagai berikut: (1) Tebu yang ditebang sudah masak optimal, yaitu kandungan gula maksimal sedangkan kandungan asam-asam organik dan gula reduksi minimal, (2) Bagian pucuk batang tebu dibuang, bagian ini kaya dengan kandungan asam-asam amino dan miskin kandungan gula, (3) Ditebang hingga bagian pangkal batang, pada bagian tersebut kandungan gulanya tertinggi, (4) Tebu tunas dibuang karena tebu ini kaya kandungan asam-asam organik, gula reduksi dan asam amino, dan miskin kandungan gula, (5) Tebu bersih dari kotoran, utamanya daun tebu kering yang mengandung silika, tanah, dan kotoran lainnya, yang dapat mempercepat keausan pada rol-rol gilingan tebu di pabrik gula.

Masalah yang umum timbul dalam tebang muat antara lain adalah penentuan giliran tebang. Hal ini disebabkan karena saat tanam belum sepenuhnya dapat diatur sesuai dengan tipe kemasakan tebu dan giliran tebang. Selain itu, saat kemasakan optimum tebu jatuh hampir pada masa yang bersamaan sehingga penebangan harus diatur secara bergilir. Dengan demikian sebagian tebu terpaksa digiling lebih awal atau lebih lambat dari umur kemasakannya (Ditjenbun 2013a). Pada pabrik gula yang mengolah tebu petani, penentuan gilir tebang sulit diterapkan sehingga pola tebang lebih banyak ditentukan oleh hasil kompromi untuk memperkecil kemungkinan terjadinya perebutan giliran tebang (Rohmatulloh *et al.* 2009). Dalam praktiknya tebang diselenggarakan berdasarkan jatah bagi kelompok tani. Faktor ini menjadi kendala utama untuk menghasilkan tebu giling bermutu tinggi.

Menurut Chougule *et al.* (2013), faktor lain yang merupakan kendala teknis dalam kegiatan TMA yang optimal adalah lokasi kebun tebu yang jauh dari pabrik gula dengan kondisi jalan yang buruk, sehingga waktu tunggu antara tebang dan giling menjadi lama, umumnya melebihi 48 jam. Menurut Filianty *et al.* (2010), waktu tunggu yang lama menyebabkan tingkat kadar gula dalam tebu mengalami penurunan, hal ini dikarenakan sukrosa yang terkandung dalam batang tebu akan terhidrolisis oleh enzim invertase menjadi gula sederhana (Kuspratomo *et al.* 2012; Destriyani *et al.* 2014). Untuk itu harus-

lah diupayakan agar tebu yang dipanen telah sampai di pabrik dalam waktu kurang dari 48 jam (Sohu *et al.* 2011; Bantacut *et al.* 2012).

Sarana pelaksanaan tebang muat angkut tebu adalah: (1) Timbangan berupa jembatan timbang, (2) Alat pengangkut tebu dari lahan ke pabrik, (3) Alat tebang manual berupa: parang, golok, maupun sabit khusus, dan (4) Alat muat manual oleh manusia atau alat muat mekanis. Sedangkan prasarana tebang muat angkut tebu menurut Nurjanah (2012), adalah: (1) Jalan lori, (2) Jalan mobil, dan (3) Jembatan. Ketiga prasarana tersebut harus dipersiapkan dengan baik, agar dapat memperlancar lalu lintas angkutan tebu dari kebun ke pabrik gula sehingga kontinuitas pasokan tebu sesuai kapasitas giling, dengan sisa pagi maksimal 15% dari kapasitas giling dengan mutu tebang layak giling sesuai standar manis, bersih, dan segar (MBS), sebagai berikut:

1. Manis (M) dapat dilakukan dengan memanen tebu pada umur minimal 10 bulan dan maksimal 14 bulan sesuai kemasakan tebu. Bebas sogolan (tebu muda) yang panjangnya kurang lebih 1,50 meter, karena kandungan gulanya rendah. Jika dipanen dengan cara tebang bawah, maka sisa batang bawah maksimal 5 cm dari permukaan tanah.
2. Bersih (B) dapat dilakukan dengan cara hasil tebang tebu yang akan digiling harus bersih dari kotoran-kotoran berupa daun kering dan hijau, pucuk tebu, tebu muda (sogolan) $\pm$ 1,50 meter, tebu mati, tanah, akar, dan rumput, atau bahan lain non-tebu.
3. Segar (S) dapat diperoleh dengan cara hasil tebang tebu berwarna hijau atau tidak terbakar. Waktu tunda sejak tebu ditebang sampai digiling maksimal 48 jam di kebun dan di pabrik gula dengan sistem *first in first out* (FIFO). Waktu tunda tebang terjadi karena angkutan tidak lancar.

Tebang Tebu

Menurut Gomathi *et al.* (2013) tebang tebu dapat dilakukan pada *plant cane* (tanaman yang berasal dari bibit baru atau PC) maupun *ratoon* (tanaman yang tumbuh setelah penebangan) dilakukan dalam bentuk tebu segar (*green cane*). Untuk menentukan waktu tebang maka faktor yang perlu dipertimbangkan adalah sebagai berikut: (1) Umur 8–12 bulan dan dapat dilihat dari masa tanamnya, (2) Gejala-gejala visual antara lain daun-daun tanaman tebu secara keseluruhan telah menguning maupun munculnya bunga. Selain itu tipe kemasakan tebu, masak awal, tengah, dan lambat adalah untuk memenuhi daya tampung pabrik pada masa giling.

Pada saat penebangan tebu yang tidak ada hujan, diusahakan menebang pada kebun yang jauh dari pabrik dan pada saat ada hujan, di kebun-kebun yang dekat dengan pabrik gula (Susila dan Hutagaol 2005).

Cara penebangan yang dapat dilakukan terbagi menjadi 2:

1. Manual: penebangan ini dilakukan dengan menggunakan alat tebang berupa sabit (Gambar 2). Alat tebang tebu umumnya dibawa oleh penebang atau bisa juga dipinjam dari pabrik gula atau kebun bersangkutan kemudian setelah selesai tebang harus dikembalikan. Cara tebangan adalah “pandas”, artinya tepat pada permukaan tanah.
2. Mekanis: penebangan dilakukan dengan menggunakan *cane harvester* (Gambar 3), alat ini hanya digunakan pada pabrik gula swasta maupun perseroan terbatas Perkebunan Nusantara (PTPN) yang mempunyai lahan luas seperti PTPN X dan XI.



Sumber: SoloSolo Pos, 2011

Gambar 2. Pemanenan tebu secara manual



Sumber: Deere 2016

Gambar 3. Mesin panen tebu

Muat Tebu

Memuat tebu yang telah ditebang menggunakan alat angkut yang berupa lori maupun truk. Pemuatan tebu tersebut dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Cara mekanis, yaitu menggunakan mesin pemanen tebu yang langsung ditampung ke dalam lori maupun truk pemuat tebu (Singh *et al.* 2013).
2. Cara manual, yaitu menggunakan tenaga manusia dengan cara dipanggul, dimuat dalam bentuk *bundle cane* (ikatan), setiap ikatan terdiri atas 20–25 batang tebu (Shanthy *et al.* 2014).

Batang tebu yang akan dimuat menggunakan alat angkut ada tiga ma-cam yaitu tebu ikat, tebu urai, dan tebu potong. Adapun penjelasannya seba-gai berikut:

1. Tebu ikat: Pangkal batang tebu ditebang rata dengan permukaan tanah menggunakan golok, demikian juga pucuk tebunya dipotong pada ruas terakhir. Kurang lebih 30 batang tebu diikat dengan tali bambu atau dapat juga dengan kulit tebu. Namun bila menggunakan kulit tebu membawa sampah ke pabrik sekitar 8%, jika menggunakan tali bambu hanya sekitar 2,87%. Tebu yang sudah diikat dinaikkan ke atas truk kemudian diangkat ke pabrik. Rata-rata tiap orang mampu menebang tebu 2–3 ton per hari. Untuk truk dengan bak terbuka, muatannya dibongkar dengan menggunakan *cane stacker* (mesin pengambil ikatan tebu), sedangkan truk dengan bak kotak (*box truck*) dibongkar dengan menggunakan *tipper* (mesin pengangkat truk, agar muatan tebu mengalir ke tempat penampungan).
2. Tebu urai: Pangkal batang tebu ditebang rata dengan permukaan tanah menggunakan golok dan dipotong bagian pucuknya pada ruas terakhir, selanjutnya tanpa diikat tebu ditumpuk sehingga membentuk onggokan sebesar cakupan mesin pemuat.
3. Tebu potong: Tebu dipotong-potong sepanjang ± 25 cm, menggunakan mesin potong. Mesin bekerja di setiap petak mulai dari baris tanaman pa-ling tepi, di sampingnya diikuti *box truck* dan dipastikan bahwa potongan tebu yang keluar dari cerobong mesin potong jatuh tepat di dalam bak truk. Pekerjaan ini dilakukan sampai ujung petak selanjutnya pindah ke baris tanaman berikutnya sampai bak truk penuh. Demikian seterusnya sampai dengan petak selesai. Sistem ini biasanya hanya dioperasikan pa-da saat jumlah tenaga tebang menurun yaitu pada bulan Agustus dan Hari Raya Idul Fitri.

Pemuatan tebu tersebut merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan dalam proses produksi, untuk itu dalam pelaksanaannya harus direncanakan dengan cermat sehingga waktu tempuh menuju pabrik tidak lebih dari 24 jam (Chougule *et al.* 2013). Apabila muat tebu tersebut >24 jam, maka tebu akan mengalami susut rendemen (Larrahondo 2006). Adapun tebang muat angkut tebu menggunakan mesin panen dan truk dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tebang muat angkut tebu menggunakan mesin panen dan truk

Angkut Tebu

Tebu yang diangkut truk masuk pabrik melalui portal yang digunakan sebagai pembatas ketinggian muatannya, jika muatan terlalu tinggi maka truk pengangkut tebu tidak dapat melewati atau sebagian muatan yang di bawa akan jatuh dengan sendirinya karena tersangkut portal pintu masuk tersebut. Selanjutnya truk antri untuk mengecek rendemen/kadar gula dari tebu yang dibawa. Menurut Purina (2010) tebu yang dibawa ke pabrik gula harus memenuhi kriteria:

1. Tebu yang dibawa ke pabrik bersih, yaitu terbebas dari daun kering dan hijau, pucuk tebu, tebu muda/sogolan, tebu mati, tanah, akar, dan rumput, atau bahan lain non-tebu.
2. Tebu yang dibawa ke pabrik gula harus segar dan bukan tebu hasil tebangan yang sudah beberapa hari yang lalu atau tebu yang sudah layu.

Apabila truk yang membawa tebu yang tidak sesuai dengan kriteria tersebut di atas maka akan dikembalikan atau tidak diterima oleh pabrik gula (Larrahondo *et al.* 2006). Selanjutnya pada truk yang memenuhi kriteria pabrik, selanjutnya dilakukan pengambilan sampel kadar gula. Untuk mengetahui kadar gula dilakukan dengan mengambil contoh/sampel sebatang tebu secara acak, lalu tebu itu diperas dan perasan air tebu diteteskan ke alat ukur kadar gula (Trisnobudi *et al.* 2006). Setelah dilakukan cek kadar gula (*brix*) selanjutnya dicatat di faktur tebang angkut dan dibubuhi cap dan paraf petugas.

Setelah tebu di dalam truk diukur kadar gulanya, maka dilanjutkan dengan penimbangan berat tebu. Truk melintasi jembatan timbang, pada saat penimbangan tersebut sopir dan penumpang wajib turun. Berat truk beserta muatan dicatat pada faktur dan dibubuhi cap dan tanda tangan petugas.

Truk selanjutnya antri menuju *crane* atau alat untuk membongkar muatan truk tebu (Gambar 5). Setelah giliran untuk dibongkar, *crane* diturunkan selanjutnya sopir/kenek mengaitkan rantai yang telah terpasang di truk saat akan muat tebu. Petugas menyiapkan lori kereta tebu, setelah siap, tebu dide-rek/diangkat dengan *crane* dari bak truk dipindah ke lori.

Setelah muatan dipindahkan ke lori, selanjutnya truk tersebut digeser maju ke depan untuk memberi kesempatan bongkar pada truk antrian yang berikutnya. Tebu yang telah berada di lori dibawa masuk ke dalam pabrik. Untuk menarik deretan lori menggunakan lokomotif penarik gerbong lori tebu. Dengan masuknya tebu tersebut ke pabrik, maka kegiatan angkut tebu telah selesai (Nurjanah 2012).



Sumber: Masukismo 2012

Gambar 5. Pengangkatan tebu dengan *crane*

Menurut Saputra (2013), penentuan sampling nira tebu untuk menentukan rendemen individu, dengan menggunakan alat *core sampler* (sistem *core sampling*). Sistem ini mampu memberikan akurasi data yang tinggi, sistem *core sampling* terbukti mampu menjadi dasar *screening* kualitas tebu secara cepat bagi pabrik, sehingga kemungkinan untuk menyeragamkan kualitas tebu yang akan digiling di pabrik dapat dilakukan. Penerapan Sistem *core sampling* untuk mendukung penghitungan rendemen individu yang lebih akurat sudah terbukti dapat menambah keharmonisan hubungan kemitraan antara petani dan pabrik gula. Adanya transparansi proses pengambilan sampel per truk (Gambar 6), analisa di minilab dan kecepatan penghitungan rendemen individu dapat meningkatkan kepercayaan petani pada pabrik gula. Selain itu, karena sampel tebu per truk tidak tercampur, maka petani yang membawa tebu dengan kualitas baik akan mendapatkan apresiasi rendemen individu yang baik pula, dan sebaliknya petani yang membawa tebu dengan kualitas jelek akan mendapatkan hasil penghitungan rendemen individu yang rendah. Hal ini tentu saja dapat menjadi pemicu bagi petani untuk menyediakan tebu dengan kualitas yang baik (layak giling).

Sumber: PTPN X



Gambar 6. Pengambilan sampel pada truk yang mengangkut tebu

Penutup

Kegiatan tebang, muat, dan angkut (TMA) tebu merupakan kegiatan kritis dalam proses produksi gula karena tidak tepatnya penanganan dapat menimbulkan kerugian cukup besar. Panen tebu dilakukan dengan menebang batang-batang tebu yang sehat, mengumpulkan dan mengangkut ke pabrik gula untuk digiling. Tebang dan muat tebu dapat dilakukan secara manual maupun secara mekanis atau tenaga mesin. Sedangkan angkut tebu menggunakan truk maupun lori. TMA harus direncanakan dengan baik agar tebu bermutu baik dan pelaksanaannya sesuai dengan periode giling pabrik gula serta berkesinambungan.

Pustaka

- Bantacut, T., Sukardi, dan I.A. Supatma. 2012. “Kehilangan gula dalam sistem tebang muat angkut di Pabrik Gula Sindang Laut dan Tersana Baru, Cirebon”. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(3):199–206.
- Bhullar, M.S., K.S. Thind, S.K. Uppal, and K. Singh. 2008. Productivity, profitability and quality of sugarcane (*Saccharum* spp.) plant-ratoon system in relation to planting methods and seeding rate”. *Indian Journal of Agronomy*, 53(1):195–199.
- Chougule, V.A., U.K. Shirke, and R.D. Khalate. 2013. “Mathematical modeling on transportation of sugar cane: Minimization of sugar losses due to transportation delays”. *Bulletin of the Marathwada Mathematical Society*, 14(2):9–13.
- Deere, J. 2016. Sugar Harvesting. Diakses 17 Oktober 2016 (www.deere.com.au/en_AU/products/equipment/sugar_harvesting/sugar_harvesting.page).
- Destriyani, L., Tamrin, dan M.Z. Kadir. 2014. “Pengaruh umur simpan air tebu terhadap tingkat kemanisan tebu (*Saccharum officinarum*)”. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(2): 119–126.
- Disbun Jatim. 2013. “Jatim siap sukseskan program bongkar ratoon 2013”. *Majalah Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur*. 32 hlm.
- Ditjenbun. 2013a. *Pedoman Teknis Tanaman Tebu. Peningkatan Produksi, Produktivitas dan Mutu Tanaman Semusim*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian. 63 hlm.
- Ditjenbun. 2013b. *Dukungan Tebang Angkut Tebu Meningkatkan Produksi*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian. Diakses 5 November 2015. (<http://ditjenbun.pertanian.go.id/pascapanen/berita-153-dukkungan-tebang-angkut-tebu-meningkatkan-produksi-.html>).
- Dumbreck, C. 2015. Allison Automatics Make Sugarcane Harvesting. Diakses 17 oktober 2016 (news.cision.com/propel-technology-ltd/r/-allison-automatics-make-sugar-cane-harvesting-sweetener;c9873007).
- Emam, A.A. and O.M. Musa. 2011. “The Competitiveness of sugar cane production: A study of Kenana Sugar Company, Sudan. *Journal of Agricultural Science*, 3(3):202–210.

- Fakhmi, A., A. Rahman, dan L. Riawati. 2014. “Desain sistem keamanan pangan *hazard analysis and critical control point* (HACCP) pada proses produksi gula PG Kebon Agung Malang”. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 2(6):1168–1179.
- Filianty, F., S. Raharja, dan P. Suryadarma. 2010. “Perubahan kualitas nira tebu (*Saccharum officinarum*) selama penyimpanan dengan penambahan akar kawao (*Millettia* sp.) dan kulit batang manggis (*Garcinia mangostana* L.) sebagai bahan pengawet” *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 20(1):57–64.
- Gomathi, R., P.N.G. Rao, P. Rakkiyappan, B.P. Sundara, and S. Shiyamala. 2013. “Physiological studies on ratoonability of sugarcane varieties under Tropical Indian Condition”. *American Journal of Plant Sciences*, 25(4):274–281.
- Grahara, H. 2014. *Mekanisasi Adalah Jalan Keluar*. PT Perkebunan Nusantara X. Diakses 17 November 2015, (<http://www.bumn.go.id/ptpn11/berita/161/Mekanisasi.Adalah.Jalan.Keluar>).
- Gunung Madu Plantation (GMP). 2009. *Pemeliharaan Tanaman*. Diakses 3 Oktober 2015. (<http://www.gunungmadu.co.id/index.php?modul=artikel&id=utama&kodebrt=kultivasi&colvis=false>).
- Haryanto, A., S. Triyono, dan E. Oktaviani. 2006. “Analisis biaya sistem tebang-angkut pada pemanenan tebu bakar di PT Gula Puti Mataram, Lampung Utara”. *Bulletin Keteknikan Pertanian*, 15(2):89–94.
- Kuspratomo, A.D., Burhan, dan M. Fakhry. 2012. “Pengaruh varietas tebu, potongan dan penundaan giling terhadap kualitas nira tebu”. *Jurnal AGROINTEK*, 6(2):123–132.
- Larrahondo, J.E., C.O. Briceno, M. Rojas, and M. Palma. 2006. “An assesment of after harvest sucrose losses from sugarcane field to factory”. *Sugar Tech. Journal*, 8(4):233–238.
- Manhaes, C.C, R. Garcia, F.A. Francelino, D. Junior, C. Solano, and H.O. Francelino. 2014. “Visible losses in mechanized harvesting of sugarcane using the case IH A4000 harvester”. *American Journal of Plant Sciences*, 5(18):734–740.
- Nurjanah, S. 2012. *Tebang dan Angkut Tebu*. Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian, Kementerian Pertanian. Diakses 5 November 2015. (<http://cybex.pertanian.go.id/materipenyuluhan/detail/2303>).
- PTPN X. 2011. Pacu Produksi, PTPN X Inovasi Pembibitan. Diakses 17 Oktober 2016 (www.kabarbisnis.com/read/2824325).
- PTPN X. 2016. PTPN X Pertahankan sebagai Produsen Gula Terbesar di Indonesia. Diakses 17 Oktober 2016 (www.bisnis.kini.co.id/detil_berita.php?id=108).
- Purina, R.T. 2010. *Manajemen Pengendalian Mutu Tebu Rakyat Kerjasama Usaha di PT Pabrik Gula Candi Baru-Sidoarjo*. Skripsi pada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Surabaya. 87 hlm.
- Putra, I.S.A. 2012. *Faktor yang Berpengaruh terhadap Rendemen Tebu di Pabrik Gula “Toelangan” Sidoarjo Jawa Timur*. Skripsi pada Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Surabaya, 87 hlm.
- Rana, N.S., K. Sanjay, S.K. Saini, and G.S. Panwar. 2006. “Production potential and profitability of autumn sugarcane-based intercropping systems as influenced by intercrops and row spacing”. *Indian Journal of Agronomy*, 51(2):31–33.
- Rohmatulloh, Marimin, Machfud, dan Z.E. Nasution. 2009. “Kajian sistem pengukuran kinerja pabrik gula (Studi kasus PG Subang Jawa Barat)”. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 6(1):15–23.

- Sandi. 2013. *Mekanisasi, Solusi Sulitnya Tenaga Kerja*. PT Perkebunan Nusantara X, Pusat Penelitian Gula. diakses 17 November 2015. (<http://www.puslitgula10.com/2013/11/mekanisasi-solusi-sulitnya-tenaga-kerja.html>).
- Saputro, R.R. 2013. Penerapan Sistem *Core Sampling* di Pabrik Gula. diakses 19 Juli 2016. (<http://sugar.lpp.ac.id/penerapan-sistem-core-sampling-di-pabrik-gula/#comments>).
- Shanthi, T.R., P.W. Antony, and C. Karpagam. 2014. "From manual to mechanical harvesting in sugarcane: Social implications". *Journal of Sugarcane Research*, 3(2):145–162.
- Singh, A.K., P.R. Singh, and R. Gupta. 2013. "Mechanization of sugarcane harvesting in India". *Journal of Sugarcane Research*, 2(2): 29–38.
- Sohu, I.A., M.S. Sarki, and B. Abro. 2011. "Determination of post harvest deterioration in upcoming sugarcane varieties". *Pakistan Sugar Journal*, 26(2):10–17.
- Solo Pos. 2011. KUD Gemolong Kelola 19 ha Lahan Tebu. Diakses 17 Oktober 2016 (www.solopos.com/2011/08/22/kud-gemolong-kelola-19-ha-lahan-tebu-112335).
- Susila, W.R. dan M.P. Hutagaol. 2005. "Model keterpaduan jadual tanam dan tebang tebu: Pendekatan kompromi". *Jurnal Manajemen dan Agribisnis*, 2(2):129–144.
- Sutarman. 2011. *Saat Panen Tebu yang Tepat*. diakses pada 5 November 2015. (<http://cybex.pertanian.go.id/materipenyuluhan/detail/2232>).
- Sutrisno, B. 2009. "Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat pendapatan petani tebu Pabrik Gula Mojo Sragen". *Jurnal Ekonomi Manajemen Sumber Daya*, 10(2):155–164.
- Trisnobudi, A., T.L. Hoei, dan E.R. Nugraha. 2006. "Pengukuran rendemen tebu menggunakan gelombang ultrasonik". *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 12(1):77–82.

TEBU SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUKSI GULA MERAH DAN GULA CAIR

Abi Dwi Hastono, Ahmad Dhiaul Khuluq, dan Yoga Angangga Yogi

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152

e-mail: adkhuluq@gmail.com

Ringkasan

Produk utama terbesar tanaman tebu adalah berupa GKP (gula kristal putih) yang diproduksi di PG, sedangkan produk utama tebu yang lain adalah berupa gula merah tebu dan gula cair yang dapat diproduksi secara *home industry* di daerah pengembangan tebu. Bahan dasar pembuatan gula merah dan gula cair tebu adalah berasal dari nira hasil pemerahan batang tebu yang memiliki kandungan terbesar berupa sukrosa. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas nira adalah rendemen, kadar air, dan kadar sukrosa. Kualitas nira berpengaruh terhadap warna, rasa, tekstur gula merah, dan gula cair. Kerusakan nira terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi sukrosa. Penghambatan degradasi sukrosa dalam nira dapat dilakukan secara kimia dengan penambahan inhibitor dan secara fisika dengan penambahan gelembung gas *inert* (nitrogen). Gula merah tebu merupakan hasil pengolahan nira tebu dengan proses pemanasan sampai didapatkan hasil akhir berupa serbuk dan padatan. Gula merah tidak dapat digantikan karena memiliki sifat spesifik yaitu manis, asam dan berbau karamel. Pembuatan gula merah dan gula cair dibagi menjadi dua yaitu sistem *open pan* dan *closed pan*. Perbedaan kedua sistem tersebut adalah dari proses pemanasan dimana sistem *open pan* menggunakan suhu tinggi (100–110°C) sedangkan *closed pan* menggunakan suhu rendah (70–80°C) karena menggunakan tekanan vakum. Gula merah yang dihasilkan dari sistem *closed pan* lebih baik dibandingkan *open pan*. Sistem *open pan* biasa dipakai dalam pembuatan gula merah tebu secara tradisional yang proses produksinya meliputi penggilingan, penyaringan, penjernihan, pemanasan, pencetakan dan pengemasan. Gula cair tebu dinilai memiliki nilai efisiensi dan efektivitas lebih baik dibandingkan gula merah tebu. Gula cair memiliki tingkat kekentalan tertentu dengan total padatan terlarut 65–75°brix. Bentuk cair bagi produsen dapat mengurangi biaya bahan bakar dan tenaga kerja, sedangkan bagi pengguna tidak kesulitan untuk melarutkan gula yang masih padat. Hasil gula cair secara *open pan* berwarna cokelat gelap dan keruh karena reaksi karamelisasi sedangkan sistem *closed pan* berwarna cokelat terang dan bening. Proses pembuatan gula cair sistem *closed pan* adalah ekstraksi, purifikasi, *decolouring*, filtrasi, *ion exchange*, pemasakan (65°C), dan pengemasan. Diversifikasi produk tebu selain diproses dalam bentuk GKP, gula merah, dan gula cair juga memiliki peluang pengembangan produk gula yang lain yaitu sebagai gula cair glukosa, fruktosa, dan gula invert baik dari nira tebu maupun dari molase yang merupakan produk sampingan tebu.

Kata kunci: Tebu, gula merah, gula cair

Sugarcane for Production of Brown and Liquid Sugar

Summary

The main products of the sugarcane crop is white crystal sugar that is produced in sugar factory, whereas other major product of sugarcane are brown sugar and liquid sugar that can be manufactured by home industry in development area of sugarcane. The manufacture of brown sugar and liquid sugar is derived from sugarcane juice that has the highest sucrose content. Factors affect the quality of the sugarcane juice are sugar yield, moisture content, levels of sucrose. Sugarcane juice quality affect the color, flavor, texture of brown and liquid sugar. Sugarcane juice damage due to the activity of microorganisms that degrade sucrose. Inhibition of sucrose degradation in the juice can be done by chemically with the addition of inhibitor and by physically with the addition of inert gas bubbles (nitrogen). Brown sugarcane is the result of the heating process sugarcane juice and obtained the form of powders or solids. Brown sugar can not be replaced by another sugar because it has specific properties of sweet, sour, and smelled of caramel. Brown sugar processing divided into two system, namely open pan and closed pan systems. Open pan systems use high heating process (100–110 °C) while closed pan system using low heating process (70–80 °C) with vacuum pressure. Brown sugar produced from closed pan system is better than open pan system. Open pan systems commonly done by traditional sugarcane manufacture, which production processes include milling, filtration, purification, heating, molding, and packaging. Liquid sugarcane rated more efficient and effective than solid sugarcane. Liquid sugar has a certain viscosity level with total dissolved solids 65–75°brix. Liquid sugar form for producer can reduce the cost of fuel and labor, while for the user have no difficulty in dissolution of liquid sugar. The process production of liquid sugar is also known as an open pan and closed pan system. The results of the open pan system is dark brown and feculent due to caramelization reaction while the closed pan system result light brown color and clear. The process production of liquid sugar with closed pan system consists of extraction, purification, decolouring, filtration, ion exchange, heating (60°C), and packaging. Diversification products others than white crystal sugar, brown sugar, and liquid sugar may also be produced other sugar products such as glucose syrup, fructose syrup, and invert sugar either from juice sugarcane or molasses which is a by-product of sugarcane.

Keywords: Sugarcane, brown sugar, liquid sugar

Pendahuluan

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman penghasil gula yang populer di Indonesia dan di beberapa negara di dunia. Bagian tanaman tebu yang banyak mengandung gula adalah batang tebu. Kebutuhan akan gula tebu terus meningkat seiring dengan peningkatan kebutuhan untuk gula konsumsi maupun industri. Luas area tebang tebu nasional pada 2015 mencapai 449.500 ha. Produksi nasional gula kristal putih (GKP) pada 2015 mencapai 2.497.997 ton yaitu dihasilkan dari 61 pabrik gula (PG) baik BUMN maupun swasta dengan menggunakan bahan baku tebu dalam negeri. Sedangkan konsumsi nasional GKP pada 2015 mencapai 2.972.630 ton dan gula kristal rafinasi (GKR) mencapai 2.803.400 ton sehingga total konsumsi na-

sional untuk pemenuhan konsumsi dan industri adalah 5.731.040 ton (NSC 2016).

Produksi gula nasional masih belum mampu memenuhi kebutuhan konsumsi gula nasional sehingga pemerintah masih melakukan impor gula. Produk utama terbesar tanaman tebu adalah berupa GKP yang diproduksi di PG, sedangkan produk utama tebu yang lain adalah berupa gula merah dan gula cair tebu yang dapat diproduksi secara *home industry* di daerah pengembangan tebu. Dengan pengembangan produk utama tebu selain GKP diharapkan dapat mendukung dalam pemenuhan kebutuhan gula nasional baik sebagai gula konsumsi maupun industri. Tujuan penulisan ini adalah memberikan informasi dan perkembangan teknologi proses pengolahan gula merah dan gula cair tebu agar didapatkan produk akhir yang memiliki kualitas tinggi dengan menggunakan bahan baku utama berupa nira tebu. Kualitas nira tebu yang dipakai dalam pembuatan gula sangat mempengaruhi produksi dan kualitas gula yang dihasilkan.

Nira Tebu

Nira tebu merupakan cairan berwarna coklat tua kehijauan yang dihasilkan dari proses pemerahan atau pemerasan dengan menggunakan mesin penggiling batang tebu. Nira tebu yang dihasilkan dari proses pemerahan batang tebu mengandung gula dan komponen selain gula. Kandungan terbesar gula dalam nira tebu adalah sukrosa. Selain sukrosa, nira tebu juga mengandung bahan pengotor berupa bahan-bahan non gula seperti gula pereduksi, asam organik, asam anorganik, asam amino, protein, pati, lilin, gum, mineral (seperti kalium, magnesium, kalsium, silika), bahan pembentuk warna (klorofil), dan bahan tersuspensi lainnya (Abbara *et al.* dalam Suprihatin 2007).

Kandungan sukrosa dalam batang tebu berbeda-beda dipengaruhi oleh cara pemeliharaan (pemupukan, air, dan lain-lain), jenis tebu, iklim, dan umur tebu (Warsa 2006). Istilah yang tidak dapat dipisahkan dengan nira adalah rendemen, yaitu persen jumlah kandungan gula (sukrosa) di dalam batang tebu (Nusyirwan 2007). Rendemen tebu yang tinggi berpengaruh pada perolehan gula yang dihasilkan baik GKP maupun gula merah tebu.

Nira tebu merupakan bahan baku utama proses produksi gula sehingga harus memiliki kualitas yang baik. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas nira adalah rendemen, kadar air, kadar sukrosa. Kualitas nira berpengaruh terhadap warna, rasa, tekstur gula merah dan gula cair. Rendemen tebu merupakan kadar gula berada dalam tebu. Perhitungan rendemen tebu dilakukan dengan pengukuran brix dan pol nira tebu. Nilai brix adalah persen-

tase bahan kering larut yang ada dalam nira terhadap berat tebu, sedangkan nilai pol adalah bagian gula dari brix yang dipersentasekan terhadap berat tebu (Indrawanto *et al.* 2010). Semakin tinggi brix dan pol nira, semakin tinggi rendemen dan kadar sukrosa yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar sukrosa dalam nira maka gula pereduksi dalam nira rendah, sehingga kadar air semakin rendah dan warna, rasa dan tekstur semakin baik pada gula merah. Kandungan gula pereduksi yang tinggi akan mempercepat penggosongan (karamelisasi) selama pemanasan dan juga menyebabkan lebih higroskopis sehingga cepat menjadi lembek dalam penyimpanan gula merah (Dewi *et al.* 2014).

Tabel 1. Komposisi nira tebu

No.	Parameter	Nilai (%)
1.	Kadar air	70–75
2.	Sukrosa	11–16
3.	Gula reduksi	0,4–2
4.	Bahan organik selain gula	0,5–1
5.	Bahan mineral	0,5–1
6.	Kadar sabut	10–16

Sumber: Loto *et al.* (2012)

Nira tebu yang dihasilkan dari proses pemerahan memiliki kandungan gula yang tinggi sehingga mudah mengalami kerusakan oleh mikroba dan terjadi proses penguraian sukrosa menjadi gula reduksi dan komponen senyawa lainnya. Kerusakan nira ditandai dengan rasa nira menjadi masam, berbuih putih, dan berlendir. Sukrosa merupakan salah satu sumber karbon bagi mikroorganisme yang mudah dihidrolisa oleh enzim *invertase* menjadi *D-glukosa* dan *D-fruktosa*. Peristiwa ini sering disebut reaksi inversi. Hasil proses reaksi ini disebut gula *invert* atau gula reduksi (Santoso dan Kurniawan 1997). Proses hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa dapat dipercepat dengan adanya panas (Sandana *et al.* 2014).

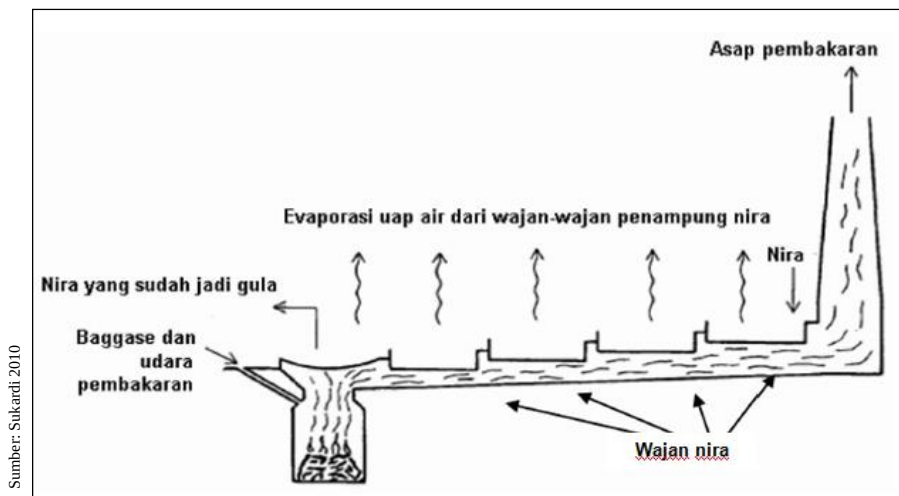
Penghambatan degradasi sukrosa dalam nira dapat dilakukan dengan cara kimia dan fisika. Penghambatan secara kimia dengan penambahan bahan pengawet atau inhibitor dalam nira tebu (Azmi *et al.* 2009) dan penghambatan aktivitas enzim secara fisika dapat dilakukan dengan menggunakan gelembung gas *inert* (nitrogen) (Caussete *et al.* 1998). Upaya mengurangi kerusakan nira secara kimia dilakukan dengan menambahkan zat anti inversi, yaitu senyawa pengawet yang berfungsi untuk menginaktifkan mikroorganisme penghasil enzim *invertase* sehingga enzim *invertase* yang dihasilkan dapat mempertahankan sukrosa dari inversi. Anti inversi dibuat dari natrium benzoat dan kalium sorbat dengan perbandingan 1:1. Hasil penyemprotan anti inversi pada ujung batang tebu menunjukkan bahwa konsentrasi anti inversi

3.000 ppm dengan kondisi penyimpanan yang teduh dapat menghambat reaksi inversi dalam nira tebu selama tiga hari penuh dengan kadar rendemen 11,08%, nilai pH 5,63, jumlah pertumbuhan mikroba ($5,87 \log \text{cfu/ml}$), kadar gula pereduksi yang rendah sebesar 0,65% (Prasetyo *et al.* 2016). Upaya mengurangi kerusakan nira secara fisika dilakukan dengan menggunakan gelembung gas nitrogen. Azmi *et al.* (2009) berhasil menghambat degradasi sukrosa dalam nira sebesar 4,2% dengan gelembung gas nitrogen menggunakan reaktor venturi bersirkulasi pada laju alir nira 25 l/m, laju alir gas 0,6 m/s, ukuran nosel 6 mm dengan suhu reaktor sebesar 70°C.

Gula Merah Tebu

Gula merah tebu merupakan hasil pengolahan nira tebu dengan proses pemanasan dan pemekatan sampai didapatkan hasil akhir berupa gula serbuk (gula semut, gula mawur) dan gula padat (gula *batok*, tumbu, *ondrongan*, dan sebagainya). Peran gula merah tidak dapat digantikan oleh jenis lainnya karena memiliki sifat-sifat spesifik dan rasa yang khas yaitu manis, asam, dan berbau karamel (Maharani *et al.* 2014). Pemanfaatan gula merah juga relatif beragam baik untuk sektor makanan maupun minuman. Sebenarnya gula merah tebu tidak hanya diproduksi di Indonesia, tetapi juga di India, Cina, Pakistan, Bangladesh, Afrika Timur, Bolivia, Jepang, dan Amerika Selatan. Di beberapa daerah dan negara gula merah tebu dikenal dengan nama daerah, misalnya gula *saka* dari Sumatera Barat, gula *gur* di India dan Bangladesh, *jaggery* di Afrika, *Panela* di Amerika Selatan, dan *kuro sato* (*black sugar*) di Jepang. Di pasar internasional gula merah dikenal dengan sebutan *brown sugar* (Sukardi 2010).

Pada umumnya gula merah diproduksi oleh industri kecil atau rumah tangga dengan sistem *multiple open pan* yaitu menggunakan banyak wajan terbuka sebagai tempat pengentalan nira dan menggunakan sarana atau peralatan sederhana (Gambar 1). Proses pengolahan gula merah telah mengalami perkembangan dan kemajuan dari aspek teknologi diantaranya penggunaan sistem pengolahan *closed pan* dengan kombinasi pemasakan sistem vakum. Hal ini dilakukan untuk memenuhi kualitas gula merah yang lebih baik sesuai dengan standar dan persyaratan mutu yang telah ditentukan terutama dalam pemenuhan pasar internasional.



Sumber: Sukardi 2010

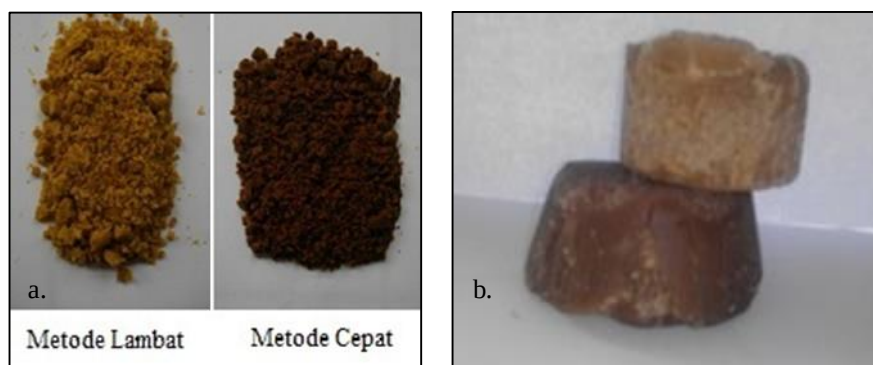
Gambar 1. Skema model teknologi pengolahan gula merah sistem *multiple open pan*

Pembuatan gula merah tebu perlu memperhatikan pemilihan bahan baku dengan memilih batang tebu yang sudah masak secara fisiologis karena memiliki kandungan gula tinggi agar didapatkan rendemen gula merah yang juga tinggi. Cara sederhana mengetahui batang tebu telah masak dengan menggunakan alat refraktometer dimana akan diketahui total gula yang terukur sebagai padatan terlarut (nilai brix). Jika nilai brix batang bawah sama atau perbedaannya kecil dengan batang atas maka tebu dikatakan telah masak. Batang tebu dengan nilai brix di bawah 16 sebaiknya tidak dipilih karena dalam proses produksi kurang efisien dan dapat mengakibatkan kegagalan proses penctakan gula merah.

Nira bersih hasil proses pemerahan menggunakan gilingan kecil dengan kapasitas 2 ton/hari berkisar antara 40–70% tergantung dari kondisi batang tebu, mesin giling dan jumlah proses penggilingan. Penggilingan yang diulang 2 (dua) kali dapat meningkatkan jumlah nira yang dihasilkan sebesar 13–14%. Nira hasil penggilingan batang tebu mempunyai pH 5,5 sampai 6,5. Jika tidak segera dimasak, nira akan tambah asam akibat proses fermentasi. Sukrosa yang terkandung di dalam nira tebu dipengaruhi pH karena sukrosa labil pada asam (Deman 1997).

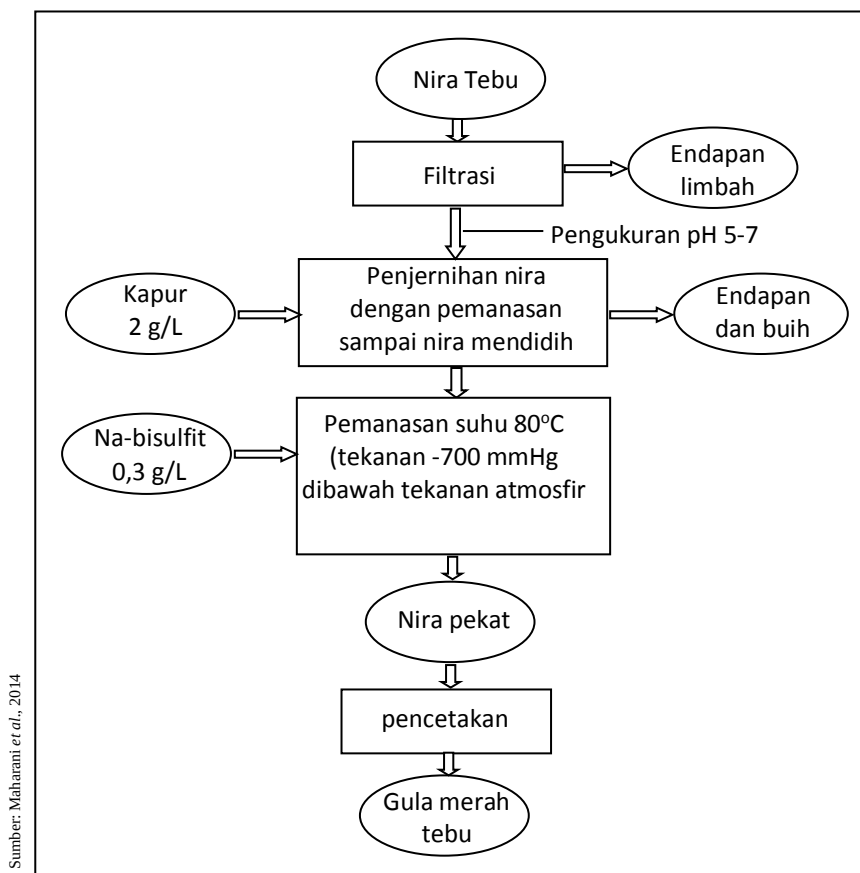
Pemasakan sistem *open pan* dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu cara lambat dan cara cepat. Perbedaan antara cara lambat dan cepat terletak pada suhu yang digunakan. Cara lambat menggunakan suhu antara 80–90 °C sedangkan cara cepat menggunakan suhu antara 95–105 °C. Pada volume nira yang sama, pemasakan cara lambat membutuhkan waktu lebih lama (8 jam) dibanding cara cepat (3 jam). Gula merah tebu yang dihasilkan dengan meng-

gunakan cara lambat terlihat lebih terang (Gambar 2). Hal ini disebabkan karena suhu yang tinggi menstimulasi reaksi pencokelatan. Reaksi pencokelatan nonenzimatis yang diduga terjadi pada proses pembuatan gula merah adalah reaksi *maillard* dan karamelisasi, yang disebabkan oleh keberadaan gula pereduksi, protein, dan lemak dalam nira. Reaksi *maillard* adalah reaksi yang terjadi antara asam amino dengan gula pereduksi apabila dipanaskan bersama-sama. Sedangkan reaksi karamelisasi adalah reaksi yang terjadi pada pemanasan gula dalam asam, basa, dan pemanasan tanpa air (Ozdemir 1997). Selain itu, perbedaan gula merah tebu yang dihasilkan oleh kedua cara tersebut adalah rasa. Gula merah tebu hasil pemasakan dengan metode cepat terdapat rasa pahit. Semakin tinggi suhu pemasakan mengakibatkan caramelisasi berlebihan sehingga gula yang dihasilkan menjadi gosong (Dewi *et al.* 2014).



Gambar 2. Hasil gula merah tebu: a. Serbuk, b. Cetak

Secara umum proses pembuatan gula merah tebu secara tradisional adalah dimulai dengan penggilingan batang tebu, didapatkan ampas tebu/bagas dan nira tebu. Bagas yang telah kering digunakan sebagai bahan bakar tungku pemanas. Nira disaring dan dijernihkan dengan menambahkan larutan kapur dan pemanasan pada suhu 70°C. Setelah penjernihan nira dilakukan pemanasan di wajan pada suhu 100–110 °C selama 3–4 jam sampai didapatkan kondisi kekentalan tertentu. Minyak kelapa biasanya ditambahkan pada saat nira mulai mendidih. Pengadukan dilakukan untuk membantu mempercepat peng-uapan. Buih dan kotoran yang terbentuk dibuang. nira yang sudah mengental terus dipanaskan hingga kental dan pekat serta membentuk benang-benang gula. Proses terakhir adalah pendinginan dan pencetakan sesuai dengan yang diinginkan dan selanjutnya dilakukan pengemasan (Utami 2008).



Gambar 3. Diagram alur proses pembuatan gula merah tebu sistem *vacuum closed pan*

Kualitas gula merah tebu yang dihasilkan dari pengolahan secara tradisional masih relatif rendah dan sulit bersaing di pasar internasional, sehingga dibutuhkan perbaikan proses pengolahan agar didapatkan kualitas gula merah yang lebih baik, salah satunya adalah dengan pengolahan menggunakan teknologi vakum. Proses pengolahan gula merah dengan teknologi vakum dapat dilakukan pengentalan nira tebu dengan pemanasan suhu rendah ($<100^{\circ}\text{C}$) sehingga diperoleh warna dan kualitas gula merah tebu yang lebih baik. Hasil penelitian Maharani *et al.* (2014) pada pembuatan gula merah tebu menggunakan sistem *vacuum closed pan* dengan suhu pemanasan 80°C , tekanan -700 mmHg dibawah tekanan atmosfer dan penambahan natrium bisulfit $0,3\text{ g/liter}$ menunjukkan parameter sifat kimia, fisik, uji organoleptik dan persyaratan SNI gula merah tebu (Tabel 2) yang paling baik. Nilai masing-masing parameter tersebut adalah kadar air $8,97\%$, gula reduksi $7,96\%$,

kadar abu 2,65%, total padatan tak larut 0,60%, nilai kekerasan 15,68 kg/cm², warna 5,50, rasa 5,04 dan tekstur 5,36.

Tabel 2. Standar mutu gula merah tebu SNI 01-6237-2000

Jenis uji	Satuan	Persyaratan	
		Mutu I	Mutu II
Keadaan			
Bau	-	Khas	Khas
Rasa	-	Khas	Khas
Warna	-	Cokelat muda sampai tua	Cokelat muda sampai tua
Penampakan	-	Tidak berjamur	Tidak berjamur
Bagian yang tidak larut dalam air, b/b	%	Maks. 1	Maks. 5
Air	%	Maks. 8	Maks. 10
Gula (dihitung sebagai sakarosa) b/b	%	Min. 65	Min. 60
Gula pereduksi (dihitung sebagai glukosa) b/b	%	Maks. 11	Maks. 14
Bahan tambahan makanan			
Residu	mg/kg	Maks. 20	Maks. 20
Benzoat	mg/kg	Maks. 200	Maks. 200
Cemaran logam			
Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 2	Maks. 2
Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 2	Maks. 2
Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 40	Maks. 40
Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40	Maks. 40
Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03	Maks. 0,03
Cemaran arsen	mg/kg	Maks. 0,1	Maks. 0,1

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2000)

Gula Cair Tebu

Gula merah hasil pengolahan secara konvensional berbentuk padat dan cukup keras yang mengharuskan pengguna untuk mengiris dan melarutkannya terlebih dahulu sebelum digunakan. Hal ini dinilai sebagai budaya yang tidak efisien bagi konsumen dan bagi perajin gula tradisional. Bentuk cair dengan kekentalan tertentu bagi para perajin atau produsen akan dapat mengurangi biaya bahan bakar dan mengurangi tenaga untuk mencetak (Diniyah *et al.* 2012). Dengan demikian keunggulan gula cair bagi konsumen dalam penggunaan lebih praktis dan tidak kesulitan untuk melarutkan gula yang masih padat sedangkan bagi produsen dapat mempercepat waktu proses produksi dengan mengurangi beberapa tahapan sehingga proses produksi lebih efisien.

Pada prinsipnya proses pembuatan gula cair tebu adalah dengan cara menguapkan kandungan air dalam nira sampai pada tingkat kekentalan, kece-

rahan dan nilai total padatan terlarut tertentu. Pembuatan gula cair dapat dilakukan secara tradisional dengan sistem pemasakan *open pan* seperti pada proses gula merah yaitu dengan menggunakan pemanasan suhu tinggi (100–110°C). Hasil akhir gula cair yang dihasilkan secara tradisional memiliki kualitas yang kurang baik meskipun akan diperoleh gula cair dengan kekentalan dan nilai total padatan terlarut tertentu. Diniyah *et al.* (2012) telah membuat gula cair dengan pemasakan tradisional pada pemanasan suhu 100–110 °C selama 3,5 jam didapatkan karakteristik produk akhir sebagai berikut: nilai pH 6,22; intensitas kecerahan (L^*) 23,52; intensitas kemerahan (a^*) 4,59, intensitas kekuningan (b^*) 10,49; viskositas $7,07 \times 10^3$ cP; gula pereduksi 8,31 total padatan terlarut 77,4°brix. Produk akhir gula cair secara tradisional cenderung berwarna coklat gelap. Warna coklat yang terbentuk disebabkan oleh proses pemanasan yang merupakan faktor terbentuknya reaksi pencokelatan non enzimatis yaitu reaksi maillard dan karamelisasi. Reaksi karamelisasi terjadi karena perubahan komposisi gula pada suhu tinggi, sedangkan reaksi maillard terjadi antara asam amino dan gula pereduksi (Bozkurt *et al.* 1999).



Gambar 4. Proses produksi gula cair tebu

Proses produksi gula cair tebu dengan cara vakum (Gambar 4) dimulai dari pemilihan bahan baku tebu yang baik agar diperoleh nira tebu dengan rendemen tinggi ketika proses ekstraksi. Tahap purifikasi dilakukan untuk mematikan jasad renik yang dapat merusak nira dan dilakukan penjernihan nira dari pengotor untuk didapatkan nira akhir kualitas terbaik. Nira jernih diproses agar hilang unsur warna dan bau (*de colouring*) serta penghilangan logam berat yang membahayakan kesehatan dan pengaturan keasaman nira yang mendekati netral (*ion*

exchange). Pemasakan nira dilakukan dengan penguapan hampa (*vacuum evaporator*) pada suhu 65°C agar terhindar dari proses karamelisasi. Produk akhir didapatkan gula cair yang bening dengan tingkat konsentrasi gula cair dengan nilai total padatan terlarut 65–75°brix. Tahap akhir adalah pengemasan dan pendistribusian ke konsumen (GEN 2013). Proses produksi gula cair menggunakan teknologi vakum pada pemasakan suhu 65°C dan tekanan 150 mBar didapatkan karakteristik produk akhir sebagai berikut: total padatan terlarut 76,7°brix, intensitas kecerahan (L^*) 34,55; intensitas kemerahan (a^*) 8,83; intensitas kekuningan (b^*) 22,35; pH 6,6; viskositas $6,99 \times 10^3$ cP dan kadar gula pereduksi 7,23 % (Diniyah *et al.* 2012).

Jenis gula cair yang digunakan sebagai bahan baku industri makanan, minuman serta industri farmasi adalah gula cair atau sirup glukosa dan fruktosa. sirup glukosa dapat dibuat dengan cara hidrolisis asam atau dengan cara enzimatik. Sirup fruktosa dibuat dari glukosa melalui proses isomerisasi menggunakan enzim glukosa isomerase. Sirup fruktosa memiliki tingkat kemanisan 2,5 kali lebih tinggi dibandingkan sirup glukosa dan 1,4–1,8 kali lebih tinggi dibandingkan gula sukrosa (Richana 2006). Kelebihan sirup glukosa dibandingkan sukrosa diantaranya sirup glukosa tidak mengkristal seperti halnya sukrosa jika dilakukan pemasakan pada suhu tinggi, inti kristal tidak terbentuk sampai larutan sirup glukosa mencapai kejenuhan 75%. Pada aplikasi pembuatan produk, misalnya es krim, glukosa dapat meningkatkan kehalusan tekstur dan menekan titik beku dan untuk kue dapat menjaga kue tetap segar dalam waktu lama dan mengurangi keretakan. Untuk permen, glukosa lebih disenangi karena dapat mencegah kerusakan mikrobiologis, dan memperbaiki tekstur (Hartiati dan Yoga 2015).

Disamping itu juga dikenal istilah gula cair invert. Gula invert adalah gula yang mengandung glukosa dan fruktosa dengan jumlah sama (*equimolar*) yang banyak digunakan dalam industri pangan dan farmasi. Dalam industri pangan gula invert digunakan sebagai pemanis, pemberi aroma dan pengawet olahan pangan. Sedangkan dalam industri farmasi, gula invert digunakan sebagai pemanis pada obat bentuk sirup. Gula invert dihasilkan dari hidrolisis sukrosa baik secara enzimatik maupun secara kimia dengan katalis asam bebas. Hidrolisis sukrosa secara enzimatik menghasilkan gula invert yang jernih dan bermutu tinggi, tetapi proses produksinya memerlukan biaya yang tinggi karena harga enzim mahal (Razak *et al.*, 2012).

Diversifikasi produk tebu selain diproses dalam bentuk GKP, gula merah dan gula cair tebu juga memiliki peluang pengembangan produk gula yang lain yaitu sebagai gula cair glukosa, fruktosa dan gula invert. Disamping itu tetes tebu yang merupakan salah satu limbah pabrik gula yaitu sisa dari hasil kristalisasi gula yang berulang-ulang sehingga tidak memungkinkan lagi untuk diproses menjadi gula. Dimana tetes tebu masih mengandung 50% sampai 60% gula (Syahman *et al.* 2014). Diharapkan perkembangan teknologi dan inovasi mampu untuk mengolah limbah molase atau tetes yang memiliki kandungan gula yang cukup tinggi untuk diolah menjadi produk gula cair glukosa, fruktosa, dan gula invert.

Penutup

Produk utama tebu selain GKP adalah gula merah dan gula cair tebu yang dapat diproduksi secara *home industry*. Bahan baku utama proses pembuatan gula adalah nira tebu. Kerusakan nira terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi sukrosa. Penghambatan degradasi sukrosa dalam nira dapat dilakukan secara kimia (penambahan inhibitor) dan secara fisika (gelembung gas *inert*). Gula merah memiliki sifat spesifik yaitu manis, asam dan berbau karamel. Pembuatan gula merah dibagi menjadi dua yaitu sistem *open pan* (suhu tinggi 100–110°C) dan *closed pan* (suhu rendah 70–80°C dengan tekanan vakum). Gula merah yang dihasilkan dari sistem *closed pan* lebih baik dibandingkan *open pan*. Gula cair tebu memiliki tingkat kekentalan tertentu dengan total padatan terlarut 65–75°brix. Proses pembuatan gula cair juga dikenal sistem *open pan* dan *closed pan*. Hasil gula cair secara *open pan* berwarna cokelat gelap dan keruh karena reaksi karamelisasi sedangkan sistem *closed pan* berwarna cokelat terang dan bening. Proses pembuatan gula cair sistem *closed pan* adalah ekstraksi, purifikasi, *decolouring*, filtrasi, *ion exchange*, pemasakan (65°C), dan pengemasan. Diversifikasi produk tebu selain diproses dalam bentuk GKP, gula merah dan gula cair tebu juga memiliki peluang pengembangan produk gula yang lain yaitu sebagai gula cair glukosa, fruktosa dan gula invert baik dari nira tebu maupun dari molase yang merupakan produk sampingan tebu.

Daftar Pustaka

- Azmi, T.I., S. Raharja, P. Suryadarma, A. Suryani. 2009. "Penghambatan degradasi sukrosa nira tebu menggunakan gelembung gas nitrogen dalam reaktor venturi beresirkulasi". *Jurnal Teknik Industri Pertanian*, 19(3):182–190
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Statistik Tebu Indonesia (Indonesian Sugar Cane Statistics)*, diakses tanggal 30 Nopember 2015. (http://www.bps.go.id/website/pdf_publicasi/Statistik-Tebu-Indonesia-2014.pdf).
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 01-6237-2000. *Gula Merah Tebu*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- Deman, J.M. 1997. *Kimia Makanan*. Bandung:ITB
- Dewi, S.R., N. Izza, D.A. Agustiningrum, D.W. Indriani, Y. Sugiarto, D.M. Maharani, R. Yulianingsih. 2014. "Pengaruh suhu pemasakan nira dan kecepatan pengadukan terhadap kualitas gula merah tebu". *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(3):149–158.
- Diniyah, N., S.B. Wijanarko, H. Purnomo. 2012. "Teknologi pengolahan gula cokelat cair nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.)". *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 23(1):53–57.
- Erwinda, M.D. dan W.H. Susanto. 2014. Pengaruh pH nira tebu dan konsentrasi penambahan kapur terhadap kualitas gula merah. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3):54–64.
- Gula Energy Nusantara (GEN). 2013. *Proses Produksi Gula Cair*, diakses tanggal 22 Juli 2016. (<https://gulaenergy.wordpress.com/2013/06/04/proses-produksi-gula-cair/>).
- Hartiati, A. dan I.W.G.S. Yoga. 2015. "Pemanfaatan umbi minor gadung sebagai bahan baku produksi gula cair menggunakan proses likuifikasi dan sakarisasi secara enzimatis". *Prosiding Seminar Agroindustri dan Lokakarya Nasional FKPT-TPI*. Madura: Program Studi TIP-UTM.
- Indrawanto, C., Purwono, Siswanto, M. Syakir, W. Rumini. 2010. *Budidaya dan Panca Panen Tebu*. ESKA Media. Jakarta, p. 36.
- Liu, J., Qiaomei Ru, dan Y. Ding. 2012. "Glycation a promising method for food protein modification: physicochemical properties and structure, a review". *J. Food Research International*, 49:170–183
- Loto, C.A., A. Olofinjana, A.P.I. Popoola. 2012. "Effect of *Saccharum officinarum* juice extract additive on the electrodeposition of zink on mild steel in acid chloride solution". *International Journal of Electrochemical Science*, 7:9795–9811.
- Maharani, D.M., R. Yulianingsih, S.R. Dewi, Y. Sugiarto, D.W. Indriani. 2014. "Pengaruh penambahan natrium metabisulfat dan suhu pemanasan dengan menggunakan teknologi vakum terhadap kualitas gula merah tebu". *Agritech*, 34(4):365–373.
- NSC (Nusantara Sugar Community). 2016. "Kinerja pabrik gula berbahan baku tebu (61 PG)". *Jurnal Gula*, 30:8–22
- Nusyirwan. 2007. "Kajian proses pembuatan gula merah di Lawang Kabupaten Agam". *Jurnal TeknikA*, 1(28):108–116.
- Prasetyo, P. W.H. Susanto. S.D. Wijayanti. 2016. "Pengaruh kondisi penyimpanan tebu pra-giling dan pemberian konsentrasi anti inversi terhadap kualitas nira dan rendemen sementara". *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1):137–147.
- Razak, A.R., N.K. Sumarni, B. Rahmat. 2012. "Optimalisasi hidrolisis sukrosa menggunakan resin penukar kation tipe sulfonat". *Jurnal Natural Science*, 1(1):119–131.
- Richana, N. 2006. "Gula singkong dapat diproduksi di pedesaan". *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 28(3).

- Sandana, F.B., D. Rawung., M. Ludong., C. Mamujaja. 2014. “Penentuan umur simpan pala menggunakan metode ASLT dengan pendekatan arrhenius”. *Jurnal Cocos*, 5(4).
- Sukardi. 2010. “Gula merah tebu: peluang meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui pengembangan agroindustri pedesaan”. *Jurnal Pangan*, 19(4):317–330.
- Suprihatin, 2007. “Penjernihan nira tebu menggunakan membran ultrafiltrasi dengan sistem aliran silang”. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 12(2):93–99
- Syahman, A.P., M.A.P. Handana, J. Tarigan. 2014. “Pemanfaatan limbah pabrik gula (tetes tebu) sebagai bahan tambah dalam campuran beton”. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 3(3).
- Utami, M.F. 2008. “Studi Pengembangan Usaha Gula Merah Tebu di Kabupaten Rembang”. Skripsi pada Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Warsa, I.W. 2006. “Kajian pengaruh fouling pada pemurnian nira tebu”. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1):22–25.

Pemanfaatan Produk Samping Tebu

Suminar Diyah Nugraheni dan Elda Nurnasari

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152

e-mail: suminar.diyah@gmail.com

Ringkasan

Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu tanaman pemanis yang telah lama di budidayakan di Indonesia. Program swasembada gula yang digulirkan oleh pemerintah Indonesia menjadikan tebu sebagai komoditas pertanian prioritas yang dikembangkan. Pada proses pemanfaatannya sebagai bahan baku industri gula, produk samping juga dihasilkan antara lain pucuk tebu, ampas, molase, blotong, dan abu ketel. Produk samping tersebut dapat dikembangkan menjadi produk turunan yang luas sehingga dapat menghasilkan nilai tambah dan mendukung program industri tanpa limbah (*zero waste*). Diversifikasi produk samping tebu diantaranya bioetanol, pupuk hayati, dan papan partikel. Tulisan ini membahas pemanfaatan limbah tebu yang dihasilkan mulai dari limbah pascapanen tebu sampai limbah dari pabrik pembuatan gula kristal putih.

Kata kunci: Tebu, bioetanol, limbah pabrik gula, pupuk

Use of Sugarcane Waste

Summary

Sugarcane (*Saccharum officinarum*) is a plant producing sugar that has long been cultivated in Indonesia. Sugar self-sufficiency program initiated by the government of Indonesia makes sugarcane as a priority crop in the agricultural development program in Indonesia. In the process of sugarcane as a raw material in the sugar industry, some byproducts are also generated e.g sugarcane top plants, bagasse, molasses, filter cake and boiler ash. Byproducts from the processing of sugar cane into sugar can be developed into a comprehensive derivative products that can generate added value and support the industry without waste (*zero waste*). Diversification of products from sugarcane byproducts includes bioethanol, biological fertilizer, particle board. This paper is discussing the use of sugarcane by products generated from the sugarcane post harvest to the sugar factory.

Keywords: Sugarcane, bioethanol, fertilizers, sugar mill waste

Pendahuluan

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Tebu menghasilkan nira yang diolah menjadi gula kristal putih dan gula merah. Kebutuhan gula secara nasional semakin lama semakin

meningkat. Tahun 2015 kebutuhan gula sebesar 5,7 juta ton, sekitar 2,5 juta ton dipenuhi dari produksi dalam negeri dan sisanya sebesar 3,2 juta ton harus diimpor dari negara lain (Ditjen Perkebunan 2016).

Produk samping yang berasal dari perkebunan tebu setelah panen seperti pucuk tebu dan daun klentekan dapat dimanfaatkan menjadi pakan ternak dan pupuk organik. Dalam 1 hektar lahan tebu akan dihasilkan pucuk tebu sekitar 30%. Jadi apabila produktivitas tebu sebesar 69,6 ton/ha (NSC 2016) maka akan dihasilkan pucuk tebu sebesar 20,9 ton. Jumlah yang sangat besar ini sangat disayangkan apabila tidak dimanfaatkan untuk menambah pendapatan petani tebu. Untuk menambah kualitas pakan ternak dari pucuk tebu maka perlu diolah menjadi silase dengan tambahan bahan-bahan tertentu antara lain *molase*, urea, dan mikroorganisme pengurai sehingga meningkatkan daya cerna dan nutrisi untuk ternak (Nurhayu *et al.* 2001).

Di Indonesia terdapat 61 pabrik gula dan dari industri gula tersebut dihasilkan produk samping seperti molase, ampas tebu, blotong dan abu ketel yang jumlahnya cukup besar. Menurut data dari Ditjen Perkebunan (2016) produksi molase atau tetes sebesar 1,29 juta ton. Jumlah yang sangat besar tersebut sebagian sudah dimanfaatkan untuk pembuatan produk-produk fermentasi seperti asam glutamat dan etanol, namun produksinya masih belum optimal. Masih diperlukan teknologi yang dapat meningkatkan produksi produk samping dari molase.

Produksi ampas tebu, secara nasional diestimasi sekitar 32 % dari produksi tebu. Apabila setiap tahun dihasilkan tebu 32 juta ton, maka akan diperoleh ampas sekitar 10,2 juta ton ampas tebu per tahun atau per musim giling se-Indonesia (Syahputra *et al.* 2011; Ariningsih 2014). Ampas tebu dapat dimanfaatkan menjadi papan partikel (*particle board*), pulp selulosa, furfural dan pakan ternak. Ampas tebu termasuk biomassa lignoselulosa sehingga dapat digunakan sebagai salah satu bahan baku produksi bioetanol generasi kedua. Potensi ampas sebagai bahan baku produksi bioetanol telah banyak diteliti, salah satunya adalah oleh Abo-State *et al* (2013) dimana produksi bioetanol dari ampas tebu oleh *Trichoderma viride* F-94 dan *Aspergillus terreus* F-98 sebesar 226 kg etanol/ton ampas tebu.

Produk samping yang lain dari industri gula adalah blotong dan abu ketel. Abu dihasilkan sekitar 0,1% dari berat tebu sehingga apabila dihasilkan tebu sebesar 32 juta ton maka akan dihasilkan abu sekitar 32 ribu ton (Almazan *et al.* 1998). Selama ini abu dimanfaatkan untuk dijadikan pupuk atau untuk menimbun lahan (*urug lahan*). Demikian juga untuk blotong, pemanfaatannya masih kurang optimal padahal produksi blotong secara nasional adalah sekitar 1 juta ton. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk meningkatkan teknologi

pembuatan pupuk berbahan baku abu ketel dan blotong agar dihasilkan pupuk yang memiliki nilai teknologi dan nilai jual yang tinggi sehingga menambah pendapatan PG.

Beberapa hasil penelitian tentang pemanfaatan produk samping tersebut dapat digunakan sebagai produk tambahan dalam industri. Produk yang dihasilkan diharapkan memiliki manfaat dan bernilai jual tinggi sehingga dapat menambah pendapatan pabrik gula dan khususnya para petani tebu. Tulisan ini akan membahas hasil-hasil penelitian produk limbah tebu yang belum dan telah dimanfaatkan, sebagai upaya untuk mengolah produk samping tebu dan merubahnya menjadi produk yang lebih bermanfaat.

Molase

Molase merupakan hasil samping pembuatan gula kristal putih, berupa cairan kental berwarna cokelat tua (Gambar 1). *Molase* merupakan sisa sirup terakhir dari proses pengolahan yang telah dipisahkan gulanya melalui kristalisasi berulang kali sehingga tidak mungkin lagi menghasilkan gula dengan kristalisasi konvensional (Ariningsih 2014). Di Indonesia, *molase* juga dikenal dengan sebutan tetes. Pada setiap proses penggilingan tebu, *molase* yang dihasilkan sebesar 4,5%, kandungan gula sebesar 45–54,6%, abu 9,6–12,69%, protein kasar 4,3%, lemak kasar 0,06%, dan 8,9% ion logam (kalium, kalsium, besi, natrium, tembaga, magnesium, aluminium, dan fosfor) (Elena *et al.* 2009; Gasmala *et al.* 2012; Li *et al.* 2013; Wardani dan Pertiwi 2013). Pemanfaatan molase sampai dengan saat ini sangat beragam antara lain:



Foto: Dok. Elda nurmasari

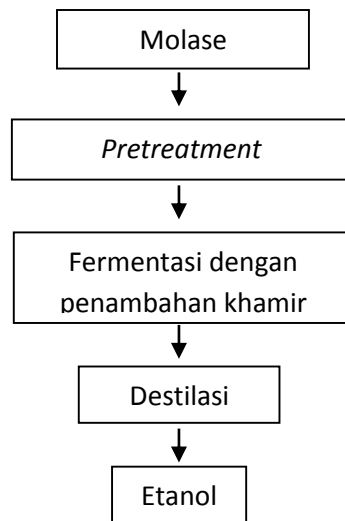
Gambar 1. Molase

1. Produksi Bioetanol

Isu negatif yang ditimbulkan atas penggunaan bahan bakar berbasis minyak bumi terhadap lingkungan mengakibatkan meningkatnya penelitian untuk memunculkan sumber alternatif bahan bakar baru. Bahan bakar yang sedang dikembangkan di dunia adalah etanol. Bioetanol adalah etanol yang berbahan dasar dari bahan-bahan hayati. Selain ramah lingkungan, bahan hayati mudah ditemukan dan bersifat terbarukan (*renewable*).

Etanol atau alkohol merupakan hasil aktivitas fermentasi jenis karbohidrat seperti gula, pati dan *lignoselulosa* oleh *mikrobia* (Elena *et al.* 2009). Etanol memiliki oktan lebih tinggi (99) daripada nilai oktan gasoline (88). Selain itu, etanol tidak bersifat toksik, tidak meninggalkan residu pembakaran, dan emisi rumah kaca yang rendah (Periyasamy *et al.* 2009; Walker 2010).

Salah satu bahan baku pembuatan bioetanol adalah *molase*. Kadar gula yang masih tinggi (45%–54,6%) menjadikan *molase* sebagai bahan baku prospektif pada industri etanol. Selain itu pula, penggunaan *molase* sebagai bahan baku etanol tidak akan menimbulkan persaingan antara fungsinya sebagai pangan atau sebagai bahan baku pembuatan etanol karena *molase* merupakan produk samping industri. Pada umumnya, etanol dibuat dari bahan dengan sumber gula tinggi dan biasanya digunakan untuk bahan pangan seperti singkong, jagung dan sebagainya.



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan etanol dari molase

Pembuatan etanol dari *molase* (seperti pada gambar 2), diawali dengan perlakuan *pretreatment*. Perlakuan ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang terkandung dalam *molase*. Menurut Maiorella *dalam* Highina *et al.* (2011), kandungan garam anorganik yang tinggi yang terkandung dalam *molase* dapat mengganggu pertumbuhan khamir dalam proses fermentasi. Selain itu pula kehadiran logam berat dalam *molase* seperti kalium memberikan dampak negatif bagi khamir (Ngwenya 2012). Oleh karena itu proses *pretreatment* sangat memegang peranan penting dalam proses pembuatan etanol dari *molase*.

Proses selanjutnya adalah proses fermentasi. Proses ini dilakukan dengan sebelumnya mengencerkan *molase*. *Molase* yang telah diencerkan kemudian diberi mikrobia fermentasi. Mikrobia ini akan mengkonversi gula sederhana yang terdapat dalam *molase* menjadi alkohol. Pada umumnya mikrobia yang digunakan pada proses fermentasi ini adalah dari jenis khamir, yaitu *Saccharomyces cerevisiae* (Elena *et al.* 2009). Etanol yang dihasilkan dari proses ini sebesar 7,68% dari *molase* dengan kadar gula 15% (Tahir *et al.* 2010).

2. Biogas dan Pupuk dari *Vinase*

Pembuatan bioetanol dari *molase* akan menghasilkan limbah cair yang disebut dengan *vinase*. Dalam proses pembuatan 1 liter etanol akan dihasilkan *vinase* sebanyak 13 liter (1:13). Oleh karena itu semakin banyak etanol yang diproduksi maka akan semakin banyak pula limbah cair yang dihasilkan. Limbah tersebut jika tidak ditangani dengan baik maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan (Wati dan Prasetyani 2012). Kerusakan lingkungan akan terjadi apabila *vinase* dibuang secara langsung ke dalam sungai. Dari beberapa penelitian *vinase* dapat meningkatkan kualitas tanah serta produktivitas pertanian (Prado *et al.* 2013).

Vinase mempunyai suhu antara 70–80°C, berwarna cokelat, bau menyengat, pH rendah ($\pm 4,0$), konsentrasi zat kimia tinggi, memiliki nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi (Hermawati *et al.* 2009). *Vinase* masih mengandung bahan-bahan organik dan unsur-unsur mineral yang cukup tinggi sehingga berpeluang untuk diolah menjadi produk yang lebih bermanfaat. Berikut ini adalah komposisi zat organik yang terdapat dalam *vinase* (Tabel 1).

Tabel 1. Zat organik yang terdapat pada *vinase* PG Madukismo

Zat organik	Mol (%)
Etanol	8,57
Asam asetat	52,74
Asam butanoat	8,67
2-pentadecanon	1,61
Asam palmitat	1,22
Olealdehid	1,21
2-oktadecanon	1,15
Gula total	3,34*
Total phenol	0,32*

Keterangan: * persen dalam berat/volume

Sumber: Hermawati *et al.* 2009

Vinase dapat diolah menjadi biogas dan pupuk, hal ini karena di dalam *vinase* masih terdapat banyak mineral dan zat-zat organik yang jumlahnya cukup tinggi (Tabel 2). Bahan organik, unsur K, N, Ca dan Mg merupakan komponen kimia utama yang terdapat dalam *vinase*.

Tabel 2. Kandungan COD, BOD, dan mineral dalam *vinase*

Parameter	Vinasse
COD (mg/l)	21 450
BOD (mg/l)	10 000
TDS (mg/l)	7 940
pH	4,5
N (mg/l)	410
P (mg/l)	160
K (mg/l)	3 100
Na (mg/l)	350
Ca (mg/l)	640
Mg (mg/l)	340

Sumber: Prado *et al.* 2013

Berdasarkan Tabel 2, dalam *vinase* masih terdapat mineral-mineral dengan jumlah yang cukup tinggi sehingga dapat diolah menjadi pupuk. Berdasarkan penelitian Prado *et al.* (2013) penggunaan *vinase* sebagai pupuk dapat meningkatkan kualitas tanah baik secara kimia, fisika dan biologi. Penggunaan pupuk dari *vinasse* dapat meningkatkan konsentrasi K, Ca dan Mg, agregat makro tanah. Pupuk dari *vinase* juga dapat meningkatkan produksi dan kadar sukrosa pada tebu (Mo *et al.* 2009; Li *et al.* 2008).

3. Produk Fermentasi Lainnya

Selain untuk pembuatan etanol, molase juga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan monosodium glutamat (MSG) dan asam sitrat. MSG merupakan bahan tambahan makanan yang berfungsi sebagai penguat rasa pada masakan atau minuman. Fungsi dari MSG adalah sebagai penyedap yang menimbulkan rasa gurih. Glutamat merupakan komponen utama dari protein yang terkandung dalam bahan pangan seperti daging, ikan, susu dan beberapa sayuran (Adeyemo dan Farinmade 2013).

MSG dibuat melalui proses fermentasi molase oleh bakteri *Brevibacterium lactofermentum*. Tahap pertama dalam proses fermentasi ini menghasilkan asam glutamat. Asam glutamat hasil fermentasi kemudian ditambahkan soda (Sodium Carbonat) sehingga akan terbentuk MSG setelah melalui proses pemurnian dan pengkristalan.

Molase juga dapat diproses menjadi asam sitrat. Asam sitrat digunakan sebagian besar untuk industri makanan dan minuman, yaitu sebesar 70%, industri farmasi 12% dan sisanya digunakan pada berbagai industri. Besarnya pemanfaatan asam sitrat pada industri makanan dan minuman karena sifat asam sitrat menguntungkan dalam pencampuran, yaitu kelarutan relatif tinggi, tak beracun dan menghasilkan rasa asam yang disukai. Kegunaan lain, yaitu sebagai pengawet, pencegah kerusakan warna dan aroma, menjaga turbiditas, penghambat oksidasi, pemecah sukrosa, penghasil warna gelap pada kembang gula, selai dan jelly, pengatur pH (Sumo *et al.* 1993; Widyanti 2010).

Asam sitrat merupakan senyawa alami yang banyak terdapat pada berbagai jenis tanaman, terutama buah-buahan. Sejak tahun 1893 asam sitrat dapat dihasilkan oleh jenis-jenis fungi yang berfilamen, tetapi proses fermentasi baru dipraktekkan pada tahun 1923. Dengan adanya peningkatan kebutuhan sebesar 10.400 ton produksi asam sitrat dunia, sekitar 80% atau 8.600 ton diproduksi melalui proses fermentasi dengan mempergunakan *Aspergillus niger* (Rahman 1992).

Ampas

Ampas tebu merupakan hasil samping dari pembuatan gula kristal. Pada setiap ton batang tebu yang diolah menjadi gula kristal putih akan menghasilkan 290 kg ampas (Bhagat 2012). Ampas ini pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar pada proses pembuatan gula kristal putih.



Gambar 3. Ampas tebu

Ampas tebu merupakan biomassa yang mengandung lignoselulosa. Komponen utama penyusunnya adalah lignin (17%–31%), selulosa (33%–52%), dan hemiselulosa (17%–22%). Kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa ampas tebu tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa dalam ampas tebu

Lignin	Komponen (%)		Referensi
	Selulosa	Hemiselulosa	
24,2	52,7	17,5	Samsuri <i>et al.</i> 2007
27,53	41,96	19,20	Chandel <i>et al.</i> 2013
31,4	41,1	22,7	Pitarelo <i>dalam</i> Canilha 2012
17,56	53,75	20,89	Widyawati dan Argo 2014
21,11	33,71	-	Wardani dan Kusumawardini 2015

Lignin merupakan polimer aromatik yang tersusun atas tiga monomer phenil propana alkohol yang berbeda. Lignin berfungsi sebagai perekat pada struktur selulosa atau hemiselulosa. Selain itu lignin juga berfungsi untuk membentuk sifat kaku atau keras pada biomassa dan memberikan perlindungan pada serangan mikrobial atau kimia (Kuhad *et al. dalam* Canilha *et al.* 2012; Walford 2008).

Selulosa merupakan polimer padat yang tersusun atas glukosa yang terikat oleh ikatan β glikosidik ($1 \rightarrow 4$), tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun. Selulosa memiliki peran dalam sifat penting biomassa seperti kekuatan mekanik, biokompabilitas, kemampuan *hidrofilik*, ketahanan relatif terhadap panas, kapasitas serap dan penampilan optis yang dapat berubah. Pada biomassa, selulosa biasanya terlindungi oleh lignin dan *hemiselulosa* (Walford 2008; Canilha *et al.* 2012; Klemm *et al. dalam* Qiu dan Hu 2013).

Hemiselulosa adalah *heteropolisakarida* yang tersusun oleh gula-gula *heksosa* (D-glukosa, D-galaktosa, dan D-mannosa), gula *pentosa* (D-xyloza dan L-arabinosa), asam asetat, asam D-glukuronik, dan asam 4-O-metil-D-

glukuronik. *Hemiselulosa* pada ampas tebu tersusun atas “tulang punggung” yang terdiri dari *xilan* dengan cabangnya yang tersusun atas unit-unit arabinosa dan glukosa (Sun *et al* dalam Walford 2008; Canilha *et al.* 2012).

Seiring dengan kemajuan teknologi, ampas tebu selain digunakan untuk bahan bakar *boiler* di pabrik gula, pemanfaatannya menjadi lebih luas antara lain: bioetanol generasi II, asam laktat, papan partikel, dan energi ko-generasi.

1. Bioetanol generasi II

Selain dari *molase*, bioetanol juga dapat dihasilkan dari fermentasi ampas tebu. Kandungan gula yang terdapat dalam ampas dapat dimanfaatkan dan dikonversi menjadi etanol. Struktur ampas yang begitu kompleks, menjadikan proses konversi dari gula menjadi etanol melalui tahap yang cukup panjang.

Tahap pertama adalah perlakuan pendahuluan (*pretreatment*). Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan lignin. Proses ini dapat dilakukan melalui beberapa cara yaitu secara kimia, fisik atau biologi. Tahap ini merupakan tahap terpenting dalam seluruh rangkaian proses konversi karena pada tahap ini sangat menentukan kemudahan selulosa untuk dipecah menjadi gula sederhana dan dikonversi menjadi etanol, keberadaan senyawa yang bersifat toksik yang dapat menghambat proses fermentasi, energi yang dibutuhkan, dan perlakuan terhadap limbah yang dihasilkan (Galbi dan Zacchi *dalam* Alvira *et al.* 2010). Tahap kedua adalah hidrolisis. Pada proses ini, selulosa yang ada dipecah atau di depolimerisasi menjadi gula-gula sederhana sehingga dapat digunakan oleh khamir. Tahap ketiga adalah tahap fermentasi dimana gula yang dihasilkan dari tahap sebelumnya difermentasi oleh khamir menjadi etanol.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa bioetanol dari ampas tebu ini beragam besarnya. Menurut Soccol *et al.* (2010), dalam sirup biomassa dengan kandungan glukosa 70 g/l akan menghasilkan etanol sebesar 35 g/l (50%). Sedangkan dalam penelitian lain, fermentasi ampas tebu menghasilkan kadar etanol antara 3,46–19 g/l (Cardona *et al.* 2010; Chandel *et al.* 2013).

2. Asam laktat

Produk fermentasi lain yang bisa dihasilkan oleh ampas tebu adalah asam laktat. Asam laktat merupakan senyawa asam organik yang banyak dimanfaatkan pada industri pangan, kosmetik, farmasi, kulit, dan tekstil (Laopaiboon *et al.* 2010; Zhou *et al.* 2014). Sama halnya dengan pembuatan etanol, pembuatan asam laktat juga terdiri dari beberapa proses yaitu perlakuan pendahuluan, hidrolisis kemudian fermentasi. Pada proses fermentasi,

mikrobia yang digunakan adalah mikrobia asam laktat. Pada umumnya, mikrobia asam laktat ini berasal dari jenis *Lactobacillus* dan *Bacillus* atau jamur *Rhizopus*. Menurut Zhou *et al.* (2014) fermentasi 20 g/l selulosa pulp ampas tebu dengan menggunakan *Lactobacillus coagulans* strain CC-17 pada pH 7 menghasilkan asam laktat sebesar 20, 68 g/l. Sedangkan Peng *et al.* (2014), melaporkan bahwa dengan menggunakan *Bacillus* sp. Strain P38, asam laktat yang dihasilkan sebesar 185 g/l. Perbedaan jumlah asam laktat yang dihasilkan dikarenakan perbedaan mikrobia fermentasi, sistem produksi maupun proses *pretreatment* yang digunakan.

3. Papan Partikel

Papan partikel banyak digunakan pada industri furnitur. Pada umum-nya, papan partikel dibuat dari kayu, kemudian berkembang menggunakan bahan lain non kayu namun memiliki sifat yang hampir sama dengan kayu, salah satunya adalah limbah lignoselulosa. Ampas tebu termasuk dalam limbah lignoselulosa. Selain ramah lingkungan, keberadaannya yang mudah didapat menjadikan ampas tebu menjadi salah satu sumber bahan baku pembuatan papan partikel.

Sumber: Hemo-clothes 2013



Gambar 4. Papan partikel dari ampas tebu

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa papan partikel yang berasal dari ampas tebu memiliki sifat fisik dan mekanik yang sesuai untuk digunakan sebagai bahan dasar furniture. Menurut Oliveira *et al.* (2016), papan partikel yang terbuat dari ampas tebu memiliki sifat fisik yang hampir sama atau lebih baik dari papan partikel yang terbuat dari kayu *Eucalyptus*. Sedangkan pada sifat mekaniknya, papan partikel dari ampas tebu sebagian besar memiliki persamaan atau dalam beberapa sifat bahkan lebih baik dibandingkan dengan

papan partikel dari kayu Pinus dan *Eucalyptus*. Sedangkan menurut Iskandar dan Supriadi (2013), papan partikel dengan bahan dasar ampas tebu menggunakan perekat urea-formaldehida (UF) memiliki kadar air dan modulus patah papan partikel yang sesuai dengan standar papan partikel di Indonesia, Jepang dan FAO.

4. Energi listrik ko-generasi

Pengembangan energi ramah lingkungan dengan emisi rendah semakin digalakkan. Hal ini terjadi karena adanya keterbatasan sumber energi fosil yang selama ini menjadi sumber utama pembangkit energi. Selain itu, emisi yang dihasilkan dari bahan bakar fosil juga telah menjadi perhatian dunia karena menimbulkan pencemaran bagi lingkungan. Alternatif sumber energi lain pun terus bermunculan salah satunya adalah biomasa.

Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar *boiler* di pabrik gula. Kalori yang dihasilkan pada pembakaran setiap satu kilogram ampas ini sebesar 1825–4130 kkal, tergantung pada kadar air yang terkandung dalam ampas (40–50%) (Saechu 2009; Ramjeawon 2008) dan bisa mencapai 4584 kkal/kg bila air yang terkandung dalam ampas sebesar 0% (Ramjeawon 2008). Pembakaran ampas ini bila diefisienkan dapat membangkitkan dua energi sekaligus yaitu uap atau panas dan listrik secara simultan yang dikenal dengan istilah kogenerasi.

Menurut Subiyono (Agrofarm 2014) ampas tebu juga bisa digunakan untuk memproduksi listrik melalui program *cogeneration*. Satu ton ampas tebu bisa untuk membangkitkan listrik dengan *cogeneration* sebesar 220–240 kWh. Di sejumlah negara, *cogeneration* untuk memproduksi listrik dari ampas tebu sudah dijalankan dengan mengganti *boiler* bertekanan rendah (7–21 bar) dengan *boiler* bertekanan tinggi (di atas 80 bar) serta melakukan elektrifikasi pada semua penggerak (Ariningsih 2014). Implementasi teknologi kogenerasi ini telah banyak dimanfaatkan oleh negara-negara penghasil gula seperti di Brazil. Brazil menggunakan teknologi ini pada pabrik gula yang beroperasi dan mampu memproduksi listrik sebesar 150 kWh/t tebu dengan menggunakan teknologi *condensing/extraction turbines* (Kurniawan dan Santoso 2009).

Peningkatan efisiensi pada pabrik gula dapat dilakukan sehingga dapat menyediakan surplus ampas yang dapat digunakan untuk bahan bakar teknologi kogenerasi. Selain bisa memenuhi kebutuhan energi secara mandiri, teknologi kogenerasi ini diharapkan dapat menghasilkan surplus energi listrik yang dapat dijual kepada Perusahaan Listrik Negara (PLN). Adanya regulasi Menteri Pemberdayaan Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia

melalui Permen ESDM nomor 27 Tahun 2014 tentang pembelian tenaga listrik dari pembangkit listrik tenaga biomasa dan pembangkit listrik tenaga biogas oleh PLN dapat menjadi pemacu pabrik gula di Indonesia untuk memanfaatkan teknologi kogenerasi ini.

Abu Ketel

Ampas tebu yang telah digunakan sebagai bahan bakar ketel meninggalkan residu berupa abu. Setiap satu ton tebu akan menghasilkan 0,62% atau 6,2 kg abu (Srinivasan dan Sathiya 2010). Abu ketel ini mengandung SiO_2 65,58–72,8%; Al_2O_3 5,87–6,4%; Fe_2O_3 4,32–5,5%; CaO 1,78–3,8%; MgO 1,23–2,3%; K_2O 2,7–6,41% Na_2O 1,2% (Hailu dan Dinku 2012; Agredo *et al.* 2014). Limbah ini dimanfaatkan untuk pupuk organik.

Berdasarkan hasil penelitian, abu ketel mengandung unsur-unsur yang bermanfaat bagi tanah. Khan dan Qasim (2008) melaporkan bahwa penambahan abu ampas dapat meningkatkan jumlah ketersediaan unsur-unsur fosfor (P), sulfur (S), kalium (K), besi (Fe), mangan (Mn) dan tembaga (Cu) dalam tanah berkapur. Penambahan abu ketel juga dapat meningkatkan porositas tanah. Jamil *et al.* (2004) juga menyatakan bahwa penambahan abu ketel sebesar 2% dapat meningkatkan produksi gandum (5,2 ton/ha) di tanah berkapur.

Keberadaan unsur Si pada abu ketel juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk Si organik bagi tanaman. Guntzer *et al.* (2012) menyatakan bahwa Si memiliki beberapa fungsi penting bagi tanaman antara lain dapat meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit, dapat meningkatkan penyerapan unsur-unsur penting tanaman seperti P, K, N dan Ca, dapat mengikat unsur logam seperti Fe, Mn, Cd, Zn, Al, dan As, meningkatkan ketahanan terhadap cekaman kekeringan, dan manfaat lainnya. Pemanfaatan abu ketel sebagai sumber Si pada tanaman dapat dilakukan baik dengan menambahkan bahan organik lain seperti ampas tebu, daun tebu atau dapat dicampur dengan bahan kompos sehingga diperoleh campuran bahan organik yang memiliki kandungan bahan organik yang diperlukan bagi tanaman.

Blotong

Blotong merupakan hasil samping pembuatan gula kristal putih, berupa padatan lunak berwarna gelap. Setiap penggilingan satu ton tebu akan menghasilkan 30–40 kg blotong (Prado *et al.* 2013; Santos *et al.* 2014). Blotong merupakan hasil samping yang sering dipermasalahkan karena menimbulkan bau yang tidak sedap. Blotong mengandung senyawa-senyawa

mineral yang bermanfaat bagi tanah. Oleh karena itu, pemanfaatannya pada umumnya digunakan untuk pupuk. Kandungan detail blotong dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kandungan bahan organik dan anorganik dalam blotong

Unsur	Jumlah (%) menurut		
	Santos (2014)	Saleh-e-In <i>et al.</i> (2012)	Abejahu (2015b)
Materi organik	7,25	-	-
N	0,9	1,63–2,29	1,12
P	0,3	8,40–9,52	0,43
K	0,4	2,51–4,08	-
Ca	0,9	21,30–29,97	-
S	0,7	3,77–7,36	-

Menurut Abejahu (2015a), pemberian blotong pada dua jenis tanah yang berbeda (luvisol dan lempung) di daerah Wonji-Shoa, Etiopia, dapat meningkatkan kualitas tanah khususnya jumlah fosfor dan C organik dalam tanah. Kombinasi pemberian blotong dengan penambahan pupuk urea sebagai sumber N dapat meningkatkan produksi tebu serta gula yang dihasilkan. Hasil terbaik diperoleh dari kombinasi blotong 60 ton/ha dan N sebanyak 92kg/ha pada kedua jenis tanah yaitu sebesar 29,9% (luvisol) dan 23,1% (lempung). Sedangkan pada produksi gula, peningkatannya sebesar 31,7% (luvisol) dan 23,8% (lempung).

Pada tempat yang berbeda (Metahara, Etiopia), Abejahu (2015b) melakukan percobaan serupa dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan blotong yang dikombinasikan dengan penambahan N juga dapat meningkatkan produksi tebu dan gula yang dihasilkan. Hasil terbaik diperoleh dari kombinasi 60 ton/ha blotong dan 78 kg/ha N (luvisol dan lempung) dengan peningkatan produksi tebu yang dihasilkan sebesar 30,8% (luvisol) dan 20,9% (lempung). Sedangkan Santos *et.al* (2014) melaporkan bahwa penambahan blotong sebesar 1 ton/ha dan 2 ton/ha yang dikombinasikan dengan P_2O_5 terlarut (100 kg/ha dan 200 kg/ha) dapat meningkatkan produksi tebu pada tanaman ratoon. Hal ini terjadi karena penambahan blotong dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah sehingga tanaman memperoleh nutrisi yang cukup untuk tumbuh. Selain diberikan secara tunggal blotong juga dapat diolah menjadi kompos apabila dicampur dengan limbah industri gula lainnya seperti ampas, abu ketel atau *molase*.

Pucuk Tebu

Pucuk tebu merupakan hasil samping dari proses penebangan tebu. Tebu yang digunakan untuk proses pembuatan gula adalah bagian batang tanpa bagian pucuk (3 ruas paling atas hingga pangkal daun). Pada setiap tebang, pucuk tebu yang dihasilkan adalah 30% dari berat tebu keseluruhan (Lamid *et al.* 2012).

Pada umumnya pucuk tebu dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pakan ternak. Menurut Muchtar *et al* dalam Muhtarudin (2007), pucuk tebu dapat digunakan sebagai pengganti rumput gajah. Pada area pertanaman tebu, pucuk tebu dapat digunakan langsung tanpa perlakuan sebagai pakan ternak. Kandungan nutrisi pada pucuk tebu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kandungan nutrisi pucuk tebu

Parameter	Jumlah (%)
Berat kering	21,42–25,50
Protein kasar	5,24–5,57
Lemak kasar	1,37–2,42
Serat kasar	29,04–37,90
Bahan ekstrak tanpa nutrien	45,60–50,20
<i>Total digestible nutrient</i>	55,29

Sumber: Analisa proksimat laboratorium pakan Lolit Sapi Potong, Grati, Pasuruan; Sutardi (1992); Musofie dalam Nurhayu *et al.* (2001).

Pada umumnya, hijauan pakan ternak memiliki kandungan serat tinggi namun kadar protein rendah. Padahal, protein merupakan salah satu komponen penting dalam pertumbuhan ternak sehingga berpengaruh pada produktivitas dan kualitas ternak. Menurut Indraningsih *et al.* (2006) kisaran standar pakan antara lain kadar protein 12–15%, serat kasar 15–21%, kadar abu 2–3%, kadar lemak 0%, dan tingkat pencernaan 58–65%. Berdasarkan tabel nutrisi pucuk tebu, pucuk tebu belum memenuhi standar pakan. Oleh karena itu, pucuk tebu yang ada perlu disuplementasi dengan bahan lain agar bisa memenuhi standar nutrisi pakan ternak. Selain itu, pucuk tebu juga sulit dicerna sehingga diperlukan perlakuan agar mudah dicerna.

Beberapa penelitian telah dapat memperbaiki kualitas pucuk tebu sebagai pakan ternak. Usaha perbaikan kualitas pucuk tebu dilakukan dengan penambahan amonia, penambahan mikrobial, pembuatan hay, pembuatan wafer dan beberapa perlakuan lain. Penambahan amonia pada beberapa percobaan telah dapat meningkatkan kandungan kimia pucuk tebu. Seperti yang dilaporkan oleh Tiwari *et al* (2013), penambahan amonia (urea) sebesar 3% dengan tingkat kelembaban 40% dan waktu pemeraman tiga minggu dapat meningkatkan kadar protein kasar sebesar 8,85%. Pucuk tebu yang teramoniasi

jika ditambahkan dengan pakan lain juga akan dapat meningkatkan daya cerna bahan organik pakan pada sapi seperti yang dilaporkan oleh Muhtarudin (2007).

Proses fermentasi juga dilakukan pada pucuk tebu untuk dapat meningkatkan daya cernanya. Penambahan mikrobial pada pucuk tebu yang telah dicacah juga telah banyak dilakukan. Pucuk tebu ditambahkan dengan sumber pakan lain, dicampur kemudian diberikan agensia fermentasi seperti khamir, bakteri asam laktat atau mikrobial *lignoselulosa*. Mikrobial yang ditambahkan berfungsi untuk merombak *lignoselulosa* yang terkandung dalam pakan sehingga mudah dicerna oleh ternak yaitu dengan menurunkan kadar NDF (*neutral detergent fiber*) dan serat kasar yang terkandung dalam pakan (Fariani dan Akhadiarto 2012; Sandi *et al.* 2012).

Penutup

Limbah tebu (*molase*, ampas, abu ketel, dan blotong) merupakan hasil samping dari pabrik gula, apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran lingkungan dan memerlukan biaya yang besar untuk memperbaikinya. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengolah produk samping atau limbah tebu menjadi produk yang bermanfaat dan memberikan nilai tambah bagi para petani tebu pada khususnya dan pabrik gula pada umumnya. Potensi pemanfaatan limbah tebu sangat besar sehingga diharapkan pabrik tebu tidak hanya memproduksi gula tetapi juga mengolah semua potensi tanaman tebu dari hulu hingga hilir.

Daftar Pustaka

- Abejehu, G. 2015a. "Effect of filter cake and nitrogen fertilizer (Urea) on yield of sugarcane at Wonji-Shoa Sugar Estate". *Scholarly Journal of Agricultural Science*, 5(4):147–153.
- Abejehu, G. 2015b. "Effect of Filter Cake and Ammonium Sulphate Nitrate (ASN) on Yield of Sugarcane at Metahara Sugar Estate". *The Journal of Agriculture and Natural Resources Sciences*, 2(1):288–294.
- Abo-State, M., A.M.E. Ragab., N.E. Gendy., L.A. Farahat, H.R. Madian. 2013. "Effect of different pretreatments on Egyptian sugar-cane bagasse saccharification and bioethanol production". *Egyptian Journal of Petroleum*, 22:161–167.
- Adeyemo, O.A. and A.E. Farinmade. 2013. "Genotoxic and cytotoxic effects of food flavor enhancer, monosodium glutamate (MSG) using *Allium cepa* assay". *African Journal of Biotechnology*, 12(13):1459–1466.
- Agredo, J.T., R.M. de Gutiérrez, C.E.E. Giraldo, and L.O.G. Salcedo. 2014. "Characterization of sugar cane bagasse ash as supplementary material for Portland cement". *Ingeniería e Investigación*, 34(1):5–10.

- Agrofarm. 2014. *Agar pabrik gula efisien, PTPN X optimalkan ampas tebu*. Agrofarm edisi Rabu, 20 Agustus 2014. <http://www.agrofarm.co.id/read/perkebunan/753/agar-pabrik-gula-efisien-ptpn-x-optimalkan-ampas-tebu> (16 Oktober 2014).
- Almazan, O., L. Gonzalez, and L. Galvez. 1998. *The Sugar cane, its by-products and co-products*. AMAS 98. Food and Agricultural Research Council, Reduit, Mauritius. 13 p.
- Alvira, P., E. Tomás-Pejó, M. Ballesteros, and M.J. Negro. 2010. "Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis": A review. *Bioresource Technology* 101: 4851–4861.
- Ariningsih, E. 2014. "Menuju industri tebu bebas limbah". *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34: Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial*. Makasar 4 November 2014. Badan Litbang Pertanian.
- Bhagat, J.J. 2012. "National Plan for Improvement in Efficiency of Indonesian Sugar Industry-Field and Factory". *Makalah Seminar Kongres X IKAGI* 2012. Hlm 1–12.
- Canilha, L., A.K. Chandel, T.S.S. Milessi, F.A.F. Antunes, W.L.C. Freitas, M.G.A. Felipe, S.S. Silva. 2012. "Bioconversion of sugarcane biomass into ethanol: an overview about composition, pretreatment methods, detoxification of hydrolysates, enzymatic saccharification and ethanol fermentation". *J. Biomed Biotechnol* 2012:1–15. doi:10.1155/2012/989572.
- Cardona, C.A., J.A. Quintero, and I.C. Pa. 2010. "Production of bioethanol from sugarcane bagasse: Status and perspectives". *Bioresource Technology* 101(2010):4754–4766.
- Chandel, A.K, F.A.F. Antunes, M.B. Silva, and S.S. da Silva. 2013. "Unraveling the structure of sugarcane bagasse after soaking in concentrated aqueous ammonia (SCAA) and ethanol production by *Scheffersomyces (Pichia) stipites*". *Biotechnology for Biofuels* 6(102):1–11. doi:10.1186/1754-6834-6-102.
- Ditjen Perkebunan. 2016. *Kebutuhan gula nasional mencapai 5,700 juta ton tahun 2014*. <http://www.ditjenbun.pertanian.go.id> (Diakses tanggal 20 September 2016).
- Elena, P., R. Gabriela, B. Camelia, dan H. Traian. 2009. *Bioethanol Production from Molasses by Different Strains of Saccharomyces Cerevisiae*. Fascicle VI – Food Technology, New Series Year III (XXXIII). P. 49-56.
- Fariani, A. dan S. Akhadiarto. 2012. Pengaruh lama *Ensilase* terhadap kualitas fraksi serat kasar *Silase* limbah pucuk tebu (*Saccharum Officinarum*) yang diinokulasi dengan bakteri asam laktat terseleksi. *J. Tek. Ling.* 13(1):85 – 92.
- Gasmala, M.A.A., R. Yang, M. Nikoo, and S.Man. 2012. 'Production of Ethanol from Sudanese Sugar Cane and Evaluation of Its Quality'. *J. Food Processing and Technology*, 2012:3–7.
- Guntzer, F., C. Keller, dan J.D. Meunier. 2012. "Benefits of plant silicon for crops": a review. *Agron. Sustain. Dev.* (2012) 32:201.
- Hailu, B. and A. Dinku. 2012. "Aplication of sugarcane bagasse ash as a partial cement replacement material". *Journal of EAA*, 29:1–12.
- Highina, B.K., I. Hashima, and I.M. Bugaje. 2011. 'Optimization of ethanol production from sugar molasses in Nigeria'. *Journal of Applied Technology in Enviromental Sanitation* 1(3):233–237.
- Hermawati, Rochmadi, dan P. Mulyono. 2009. 'Kecepatan penyerapan zat organik vinase dengan enceng gondok kombinasi lumpur aktif'. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. 16 Mei 2009.
- Indraningsih, R. Widiastuti, dan Y. Sani. 2006. Limbah pertanian dan perkebunan sebagai pakan ternak: Kendala dan prospeknya. *Loka-karya Nasional Ketersediaan Iptek dalam*

- Pengendalian Penyakit Strategis Pada Ternak Ruminansia Besar. Balai Penelitian Veteriner. Bogor.
- Iskandar, M.I. dan A. Supriadi. 2013. “Pengaruh kadar perekat terhadap sifat papan partikel ampas tebu”. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 31(1):19–26.
- Jamil, M., M. Qasim, M. Umar, and A. Subhan. 2004. “Impact of organic wastes (Bagasse Ash) on the yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a Calcareous soil”. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(3):468–470.
- Khan, M.J. and M. Qasim. 2008. “Integrated use of boiler ash as organic fertilizer and soil conditioner with NPK in calcareous soil”. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 30(3):281–289.
- Kurniawan, Y. dan H. Santoso. 2009. “Listrik sebagai ko-produk potensial pabrik gula”. *Jurnal Litbang Pertanian*, 28(1):23–28.
- Lamid, M. Ismudiono, Koesnoto-S., S. Chusniati, N. Hidayatik, dan Vina-E.V.F. 2012. “Karakteristik silase pucuk tebu (*Saccharum officinarum* Linn.) dengan Penambahan *Lactobacillus Plantarum*. *Agroveteriner*. 1(1):5–10.
- Laopaiboon, P., A. Thani, V. Leelavatcharamas, and L. Laopaiboon. 2010. “Acid hydrolysis of sugarcane bagasse for lactic acid production”. *Bioresour. Technol.* 101(3):1036-1043. doi: 10.1016/j.biortech.2009.08.091. Epub 2009 Sep 18.
- Li, Han-guang, Wei Luo, Qiu-yaGu, Q Wang, Wen-jun Hu, and Xiao-bin Yu. 2013. Acetone, butanol, and ethanol production from cane molasses using *Clostridium beijerinckii* mutant obtained by combined low-energy ion beam implantation and N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidineinduction . *Bioresource Technology*. 137:254–260.
- Li, Y.R, Q.Z. Zhu, and W.Z. Wang. 2008. “Multiple location experiment of technique system for direct rational application of vinasse from cane mill in sugarcane fields”. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 21(3):749–756.
- Mo, Y.C, Y.P. Ye, Q. Liang, and Y.R. Li. 2009. “Effects of vinasse on the quality of sugarcane and key enzymes in sucrose synthesis”. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 22(1):55–59.
- Muhtarudin. 2007. “Kecernaan Pucuk Tebu Terolah Secara *In Vitro*”. *J. Indon. Trop. Anim. Agric.* 32(3):146–150.
- Ngwenya, T.T., P. Shukla., N. Baboolai., K. Permaul, and S. Singh. 2012. “An Industrial Perspective of Factors Affecting Molasses Fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*.” *Journal of Brewing and Distilling*, 3(2):23–28.
- Nusantara Sugar Community (NSC). 2016. Perkiraan Produksi Gula Tahun 2015/2016. *Jurnal Gula*, 30:1–39.
- Nurhayu, A., M. Sariubang, dan A. Ella. 2001. “Pemanfaatan pucuk tebu sebagai pakan ternak sapi potong”. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. hlm. 273–278.
- Oliveira, S.L., R.F. Mendesb, L.M. Mendesc, and T.P. Freired. 2016. “Particle board panels made from sugarcane bagasse: Characterization for use in the furniture industry. *Materials Research* 19(4):914–922.
- Peng, L., N. Xie, L. Guo, L. Wang, B. Yu, and Y. Ma. 2014. “Efficient open fermentative production of Polymer-Grade L-Lactate from Sugarcane Bagasse Hydrolysate by Thermotolerant *Bacillus* sp”. *Strain P38. PLoS One*, 9(9):1–6.
- Periyasamy, S., S. Venkatachalam, S. Ramasamy, and V. Srinivasan”. 2009. “Production of bio-ethanol from sugar molasses. *Modern Applied Science*, 3(8): 31–37.

- PTPN X. 2016. *Diversifikasi bisnis industri tebu berprospek cerah*. <http://ptpn10.co.id> (Diakses 15 September 2016).
- Prado, R. de Mello, G Caione, and C.N.S. Campos. 2013. 'Filter cake and vinasse as fertilizers contributing to conservation agriculture'. *Applied and Environmental Soil Science*. 2013:1–8.
- Qiu, X and S. Hu. 2013. "Smart" Materials Based on Cellulose: A Review of the Preparations, Properties, and Applications. *Materials*. 2013(6):738–781; doi:10.3390/ma6030738.
- Rahman. 1992. *Produksi Metabolit Primer*. Penerbit ARCAN. Jakarta.
- Ramjeawon, T. 2008. "Life cycle assessment of electricity generation from bagasse in Mauritius". *Journal of Cleaner Production*, 16:1727–1734.
- Saechu, M. 2009. "Optimasi pemanfaatan energi ampas di pabrik gula". *Jurnal Teknik Kimia*, 4(1):274–280.
- Saleh-e-In, M.M., S Yeasmin, B.K. Paul, M. Ahsan, M.Z. Rahman, and S.K. Roy. 2012. Chemical studies on press mud: a sugar industries waste in Bangladesh. *Sugar Tech.*, 14(2):109–118.
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya, dan M. Nasikin. 2007. Pemanfaatan selulosa bagas untuk produksi ethanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan Enzim Xylanase. *Makara, Teknologi*, 11(1):17–24.
- Sandi, S., A.I.M. Ali, dan N. Arianto. 2012. "Kualitas nutrisi silase pucuk tebu (*Saccharum officinarum*) dengan penambahan inokulan *Effective Microorganisme-4* (EM-4)". *Jurnal Peternakan Sriwijaya*, 1(1):1–9.
- Santos, D.H., M. de Almeida Silva, C.S. Tiritan, and C.A.C. Cruscio. 2014. "The effect of filter cakes enriched with soluble phosphorus used as a fertilizer on the sugarcane ratoons". *Acta Scientiarum Agronomy*, 36(3):365–372.
- Soccol, C.R., L.P. de Souza-Vandenberghe, A.B.P. Medeiros, S.G. Karp, M. Buckeridge, L.P. Ramos, A.P. Pitarello, V. Ferreira-Leitão, L.M.F. Gottschalk, M.A. Ferrara, E.P. da Silva Bon, L.M.P. de Moraes, J. de Amorim Araújo, and FAG Torres. 2010. "Bioethanol from lignocelluloses: Status and perspectives in Brazil". *Bioresource Technology* 101:4820–4825.
- Syahputra, A.S., Munarti, dan D.P.O. Saputra. 2011. "Pengolahan limbah pabrik gula. Makalah Pengolahan Limbah Kimia". Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Haluoleo. Kendari.
- Srinivasan, R. and K. Sathiya. 2010. "Experimental Study on Bagasse Ash in Concrete". *International Journal for Service Learning in Engineering*. 5(2):60–66.
- Sumo, Sumantri, Subono. 1993. *Prinsip Bioteknologi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tahir, A., M. Aftab, dan T. Farasat. 2010. Effect of Cultural Conditions on Ethanol Production by Locally Isolated *Saccharomyces Cerevisiae* Bio-07. *J App Pharm* 3(2): 72-78.
- Tiwari RK, AK Garg and P Singh. 2013. "Changes in the chemical composition of sugarcane crop residues treated with different levels of urea and moisture", *Veterinary World* 6(12):1004–1007.
- Walford, S.N. 2008. *Sugarcane Bagasse : How Easy Is It to Measure Its Constituents?* *Proceedings of the Annual Congress - South African Sugar Technologists' Association* No. 81:266–273.
- Walker, G.M. 2010. *Bioethanol: Science and technology of fuel alcohol*. Graeme M. Walker & Ventus Publishing ApS. Dundee. Scotlandia.

- Wardani, A.K. dan I. Kusumawardini. 2015. "Pretreatment ampas tebu sebagai bahan baku bioetanol generasi kedua". *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3 (4):1430–1437.
- Wardani, A.K dan F. N. E. Pertiwi. 2013. "Produksi Etanol dari Tetes Tebu oleh *Saccharomyces Cerevisiae* Pembentuk Flok (Nr1 – Y 265)". *Agritech*, 33(2):131–139.
- Wati, D.S. dan R.D. Prasetyani. 2012. Pembuatan biogas dari limbah cair industry bioetanol melalui proses anaerob (fermentasi). Laporan penelitian. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Widyawati, N.L. dan B.D. Argo. 2014. "Pemanfaatan *microwave* dalam proses *pretreatment* degradasi lignin ampas tebu (*bagasse*) pada produksi bioethanol". *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(1):1–6.
- Widyanti. E.M. 2010. Produksi asam sitrat dari substrat molase pada pengaruh penambahan VCO (Virgin Coconut Oil) terhadap produktivitas *Aspergillus niger* ITBCC L₇₄ terimobilisasi. Tesis. Magister Teknik Jurusan Teknik Kimia. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Zhou, J., J. Ouyang, M. Zhang, and H. Yu. 2014. Simultaneous Saccharification and Fermentation of Bagasse Sulfite Pulp to lactic Acid by *Bacillus coagulans* CC 17. *Bio Resources*, 92:2609-2620.

PENUTUP

Subiyakto

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jl. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
e-mail: subiyaktosud@gmail.com

Pemerintah beberapa kali mencanangkan target swasembada gula, dua target terakhir dan tidak tercapai adalah tahun 2009 dan 2014. Pada tahun 2016 ini pemerintah kembali mencanangkan swasembada gula untuk konsumsi rumah tangga langsung dapat dicapai pada tahun 2019 dengan prediksi produksi gula nasional mencapai 3,26 juta ton dengan kebutuhan konsumsi rumah tangga 3,12 juta ton. Untuk swasembada total (pemenuhan kebutuhan 80%) gula kristal putih (GKP) baik konsumsi rumah tangga maupun kebutuhan industri Pemerintah mencanangkan dapat dicapai pada tahun 2025 dengan prediksi produksi gula nasional mencapai 6,19 juta ton dan tingkat kebutuhan GKP 6,34 juta ton.

Berbagai asumsi yang digunakan oleh Pemerintah dalam pencapaian swasembada gula antara lain harus dilakukan deregulasi kebijakan on farm merevisi beberapa Peraturan Pemerintah (PP 72/2010, PP 11/2010, PP 60/2012 dan PP 33/2013), pemanfaatan lahan perhutani sebagai lahan tambahan sekitar 705 ribu ha, peningkatan produksi dan produktivitas areal existing utamanya pembangunan kebun benih. Sedangkan kebijakan *off farm* antara lain revitalisasi dan amalgamasi PG, kebijakan industri gula satu pintu dan terintegrasi, stabilisasi harga, pengembangan infrastruktur (pelabuhan, jalan, dan jembatan), pengembangan riset dan teknologi dan kelembagaan petani (Ditjenbun 2016).

Penyebab tidak tercapainya swasembada gula beberapa waktu yang lalu antara lain tidak terlaksananya asumsi perluasan areal, tidak ada penambahan PG yang signifikan dari 10 PG baru yang diharapkan hanya ada tiga PG baru dan belum beroperasi secara optimal serta belum berjalan revitalisasi PG. Untuk mencapai swasembada gula diperlukan sinergi berbagai kementerian/ lembaga, tidak mungkin diserahkan kepada Kementerian Pertanian saja.

Kementerian Pertanian diperkirakan hanya mempunyai andil 20–30% dalam pencapaian swasembada gula. Berdasarkan inventarisasi sedikitnya ada 18 kementerian/ lembaga yang terkait dengan pencapaian swasembada gula. Sebagai contoh perluasan lahan ranahnya ada pada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, pendirian PG baru ranahnya ada di kementerian Perin-

dustrian, revitalisasi PG ranahnya ada di Kementerian BUMN, pengairan dan infrastruktur ranahnya ada di Kementerian PUPR.

Banyaknya kementerian/lembaga yang terkait pencapaian swasembada gula, maka harus ada sinergisme antar kementerian/lembaga terkait. Oleh karena itu sebaiknya segera dilakukan penyusunan peta jalan swasembada gula sebagai tujuan nasional, bukan tujuan masing-masing kementerian/lembaga. Peta jalan harus realistis, lebih komprehensif, berdaya saing, berkeadilan serta berkelanjutan dan dilaksanakan secara bertahap (jangka pendek, menengah dan panjang).

Mandat Kementerian Pertanian sebaiknya lebih fokus pada masalah on farm, misalnya untuk mendapatkan varietas tebu unggul dengan produktivitas dan rendemen tinggi, rekayasa budi daya sampai tebang muat dan angkut, diversifikasi produk tebu untuk gula cair dan gula merah serta pemanfaatan limbah tebu. Sebagaimana mandat utama Kementerian Pertanian lebih fokus dalam bidang on farm, maka dalam bagian penutup buku ini akan dibahas dukungan teknologi on farm yang dapat diberikan dalam rangka percepatan tercapainya swasembada gula.

Untuk percepatan swasembada gula perlu dukungan teknologi tersedianya varietas unggul tebu dan hal itu dapat diperoleh dengan program pemuliaan. Prinsip utama program pemuliaan tebu adalah mendapatkan segregan yang mempunyai heterosis maksimum dari suatu persilangan. Proses perakitan varietas unggul tebu disamping membutuhkan waktu yang cukup lama, yaitu antara 10–12 tahun juga memerlukan kontinuitas. Beberapa varietas unggul tebu yang telah dilepas oleh Menteri Pertanian antara lain PS 865, Kidang Kencana, PS 881, PSBM 901, PS 921, dan PS 951. Varietas-varietas tersebut produksinya berada di atas 80 ton/ha dengan rendemen di atas 8,5%.

Untuk percepatan swasembada gula diperlukan benih tebu dalam jumlah yang cukup, saat dibutuhkan tersedia dan benih yang berkualitas. Pengadaan benih tebu dapat dilakukan dengan cara konvensional dan kultur jaringan. Benih tebu konvensional dapat dibedakan menjadi beberapa macam di antaranya: benih bagal, lonjoran, dederan, rayungan, benih *bud set*, dan benih *bud chips*. Pengadaan benih *bud set* dan *bud chips*, serta pengadaan benih dengan metode kultur jaringan menghasilkan benih lebih bermutu dibandingkan dengan benih bagal, lonjoran, dederan, dan rayungan. Oleh sebab itu, disarankan kepada penangkar benih agar menggunakan benih *bud chips*.

Dalam program perbanyak benih, diperlukan penjenjangan benih tebu sebagai berikut: Kebun Benih Pokok (KBP) setara dengan generasi nol (G0),

Kebun Benih Nenek (KBN) setara dengan generasi satu (G1), Kebun Benih Induk (KBI) setara dengan generasi dua (G2), dan Kebun Benih Datar (KBD) setara dengan generasi tiga (G3). Benih tebu G3 kemudian digunakan untuk penanaman tebu di areal pengembangan. Sertifikasi dilakukan oleh tim pengendali mutu/pemulia tanaman tebu untuk menjaga kemurnian benih dan kebenaran varietas. Untuk itu diperlukan persyaratan khusus yang meliputi antara lain kemurnian varietas, kesehatan benih, dan kondisi benih. Persyaratan mutu benih berdasarkan BSNI (2008).

Saat ini pengembangan tebu umumnya diarahkan di lahan kering dan keberhasilannya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dari curah hujan. Pemahaman mengenai iklim dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi sangat penting karena kebutuhan air pada setiap fase pertumbuhan, dan pengelolaan air tanaman sangat dibutuhkan untuk memperoleh produktivitas tebu yang tinggi. Fase pertunasan sampai pemanjangan batang merupakan periode pembentukan komponen hasil yang paling kritis terhadap kebutuhan air, sehingga stres air yang terjadi pada periode tersebut berpengaruh terhadap penurunan hasil. Tingkat ketersediaan air pada periode pemanjangan batang menentukan tinggi batang, sedangkan pada periode pemasakan akan menentukan tingkat rendemen.

Tebu merupakan tanaman yang berumur panjang hingga satu tahun dengan produksi biomassa yang tinggi sehingga kebutuhan air juga tinggi. Bila kandungan air tanah berkurang sampai 50% maka pertumbuhan dan produksi batang akan berkurang. Pengairan diberikan apabila curah hujan tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman, dan diberikan berdasarkan kapasitas tanah memegang air. Produksi tanaman tebu sangat ditentukan oleh jumlah dan bobot batang, sehingga usaha untuk menjamin ketersediaan air selama pertumbuhan sangat diperlukan. Drainase dibutuhkan apabila curah hujan melebihi kebutuhan tanaman dan kapasitas tanah memegang air.

Pada kondisi anomali iklim yang mengarah pada curah hujan tinggi menyebabkan potensi genangan pada lahan berdrainase buruk dan bila terjadi pada musim kemarau akan menurunkan rendemen. Pemilihan lahan yang sesuai sebaiknya mempunyai drainase lancar untuk menghindari genangan, dan untuk mendukung hal tersebut maka usaha untuk perbaikan saluran drainase sangat diperlukan agar diperoleh produktivitas tebu dan rendemen yang tinggi.

Peningkatan produktivitas dan rendemen tebu selain melalui rekayasa budi daya dapat juga dilakukan rekayasa bioteknologi. Oleh karena itu mekanisme fisiologis yang berkaitan dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman tebu sangat diperlukan. Tanaman tebu termasuk dalam golongan C4

yang mempunyai tingkat efisiensi fotosintesa yang tinggi yaitu dalam merubah energi matahari menjadi energi kimia. Biosintesa gula atau akumulasi sukrosa berasal dari hasil fotosintesa dan disimpan pada sel-sel somatik sebagai sink dalam 2 jalur yaitu menuju sel-sel penyimpanan pada sink karena enzim *Sucrose Phosphatase Sintase* (SPS) dan *Sucrose Phosphate Phosphatase* (SPP).

Pada tanaman tebu aktifitas SPS berkorelasi dengan kandungan sukrosa, disamping itu dapat terjadi sebaliknya yaitu oleh enzim *Sucrose Synthase* (SuSy) yang dapat merombak sukrosa menjadi fruktosa dan UDP-glukosa. Selain itu juga terjadi pembongkaran sukrosa menjadi heksosa yang dimanfaatkan untuk energi pertumbuhan tebu yang dikatalisa oleh enzim invertase. Mekanisme fisiologi terkait dengan toleransi terhadap cekaman abiotik juga berpengaruh terhadap produktivitas dan rendemen tebu.

Oleh karena itu untuk mendapatkan varietas tebu rendemen tinggi baik melalui rekayasa budi daya dan rekayasa bioteknologi diperlukan strategi dengan pendekatan multi disiplin antara lain fisiologi, pemuliaan, dan agronomi. Penguasaan mekanisme fisiologi baik untuk metabolisme gula, efisiensi fotosintesa dan toleran cekaman abiotik dapat mendukung program pemuliaan untuk perakitan varietas baru.

Percepatan swasembada gula antara lain dapat ditempuh dengan melakukan budi daya tebu di jenis tanah yang sesuai. Tanaman tebu dapat tumbuh dalam berbagai jenis tanah, namun tanah yang baik untuk pertumbuhan tebu adalah tanah yang dapat menjamin kecukupan air yang optimal, dengan solum dalam (>60 cm), lempung berpasir dan lempung liat. Derajat keasaman (pH) tanah yang paling sesuai untuk pertumbuhan tebu berkisar antara 5,5–7,0. Tanaman tebu sangat tidak menghendaki tanah dengan kandungan Cl tinggi. Tanah dengan ketinggian kurang dari 500 m dpl. dengan curah hujan 1.000–1.300 mm per tahun.

Nitrogen merupakan salah satu dari unsur utama (*major element*) yang sangat diperlukan oleh tanaman tebu untuk pertumbuhan vegetatif (tunas, batangan dan daun) dan meningkatkan hasil dan kualitasnya. Ketersediaan P-tanah dan aplikasi pupuk P sangat memperbaiki pertumbuhan tebu, hasil tebu dan kualitas rendemen. Pemberian kalium melalui pemupukan pada tanaman tebu sering dilakukan. K dibutuhkan dalam jumlah banyak pada fase pemanjangan batang, maka pemberian pupuk K dapat dilakukan pada saat bersamaan tanam (dikarenakan K tidak mudah hilang tercuci) atau pada saat tanaman tebu berumur 1–2 bulan.

Dukungan teknologi yang dapat mempercepat swasembada gula adalah melalui rekayasa tata tanam. Pengembangan tebu saat ini dilakukan dengan menggunakan tata tanam juring tunggal dengan penerapan manajemen nutrisi

yang baik bahkan cenderung berlebihan. Penggunaan lahan kering sebagai lahan pengembangan tebu dengan penyediaan air menjadi faktor pembatas menyebabkan dipilihnya PKP sempit agar diperoleh produktivitas dan hasilابلur yang tinggi.

Ketersediaan tenaga kerja pertanian yang terbatas memaksa dilakukan mekanisasi pada usahatani tebu. Penerapan mekanisasi tersebut menyebabkan pemilihan PKP harus menyesuaikan dengan peralatan mekanisasi sehingga penggunaan PKP sempit sudah harus diganti dengan PKP lebar. Sebagai konsekuensi penggunaan PKP lebar adalah penurunan faktor juring sehingga produktivitas dan hasilابلur menurun.

Penurunan faktor juring dapat dihindari dengan menerapkan tata tanam juring ganda. Tata tanam juring ganda tidak mengubah faktor juring asalnya bahkan dapat ditingkatkan. Penggunaan tata tanam juring ganda mampu meningkatkan jumlah cahaya yang terintersepsi dalam tanaman sehingga produktivitas dan hasilابلur meningkat. Tata tanam juring ganda juga dapat diterapkan untuk benih *bud chip* yang memerlukan PKP lebar sehingga dapat mengefisiensikan penggunaan benih tebu.

Peningkatan faktor juring dalam tata tanam juring ganda dimaksudkan untuk meningkatkan populasi tanaman sehingga diperoleh peningkatan produktivitas dan hasilابلur. Peningkatan produktivitas dan hasilابلur yang diperoleh lebih rendah dibanding dengan juring ganda yang tanpa peningkatan faktor juring. Peningkatan populasi tanaman dapat dilakukan dengan menambah jumlah benih yang digunakan pada setiap juringnya tanpa harus menambah faktor juring.

Tata tanam tersebut disebut tata tanam juring ganda benih ganda. Jumlah benih yang digunakan dua kali lipat dari tata tanam juring tunggalnya. Sebagai konsekuensinya jumlah nutrisi yang diberikan dua kali dosis pupuk juring tunggalnya. Produktivitas dan hasilابلur yang diperoleh juga mendekati dua kali tata tanam juring tunggalnya. Tata tanam juring ganda benih ganda tidak sesuai untuk benih *bud chip* sehingga perlu dicari kepadatan populasi tanaman yang sesuai untuk benih *bud chip* pada tata tanam juring ganda.

Selain rekayasa tata tanam melalui tanam awal atau PC, rawat ratoon harus mendapat perhatian. Keberadaan pertanaman tebu pada saat ini didominasi (80%) oleh pertanaman *ratoon* (RC) yang memiliki kecenderungan produktivitas yang menurun seiring dengan bertambahnya periode ratoon. Petani lebih memilih pertanaman ratoon disebabkan karena tanam tebu baru (PC) memerlukan biaya tinggi dari kegiatan bongkar ratoon dan pengadaan benih tebu yang banyak mencapai 10 ton/ha bagal atau 17.000 *budchip*. Tebu

kepras atau ratoon perlu dilakukan pemeliharaan agar produktivitas dan rendemennya tetap terjaga dengan baik.

Salah satu kegiatan rawat ratoon adalah kepras tebu agar didapatkan tunas baru yang tumbuh dari dalam tanah sehingga pertunasan dan perakaran tanaman tebu lebih baik. Penyulaman merupakan kegiatan penanaman untuk menggantikan benih tebu yang tidak tumbuh, baik pada tanaman baru ataupun lama (kepras) dapat berupa benih rayungan, *seblangan*, atau *bud chip* agar diperoleh populasi tebu yang optimal dengan jumlah batang terpanen mencapai 72.500–75.000 batang/ha.

Pedot oyot merupakan kegiatan pemutusan akar tebu RC yang sudah tua agar didapatkan pertumbuhan akar baru sehingga serapan hara dan air tinggi, laju pertumbuhan calon anakan lebih baik, cepat, dan seragam. Pertanaman tebu RC yang diusahakan terus menerus akan mengalami penurunan kandungan bahan organik tanah sampai dengan 50%. Penurunan bahan organik tanah berpengaruh buruk terhadap sifat fisik tanah, kimia dan biologi tanah. Pemberian bahan organik berupa pupuk kandang atau kompos dapat menggemburkan tanah, meningkatkan daya simpan air, kegiatan jasad renik berkembang dan menyuburkan tanah.

Manajemen tebu ratoon yang baik dapat menjadi penentu faktor keberhasilan dalam pencapaian produktivitas dan rendemen tebu ratoon yang optimal. Manajemen tebu ratoon meliputi manajemen seresah, populasi tanaman, pemupukan, kebutuhan air, pengendalian gulma dan hama penyakit.

Pemberian seresah (tanpa dibakar) di lahan mampu mempertahankan rata-rata produktivitas mulai RC 3 sampai RC 7 sebesar 125 ton/ha. Jumlah tunas yang di harapkan dalam fase pertunasan diupayakan di antara 75.000–80.000 tunas per hektar. Pemupukan beberapa dosis NPK dengan pengaturan seresah yang diletakkan antar baris tanaman tebu ratoon dapat memberikan rata-rata produktivitas selama periode 8 tahun tebu ratoon berkisar antara 142–158 ton/ha. Tumpang sari menggunakan palawija (kacang, kedelai) didapatkan produktivitas berkisar antara 71,75–95,67 ton/ha.

Produktivitas tebu yang diharapkan sering tidak tercapai, karena adanya serangan hama. Keberadaan hama berpotensi menjadi salah satu gangguan yang dapat menurunkan produktivitas. Keberadaan hama pada tanaman tebu dapat menyebabkan kerusakan mulai dari ringan hingga berat dan gagal panen. Mengenali hama merupakan langkah awal sebagai dasar untuk menetapkan strategi pengelolaan hama yang tepat. Hama penting pada tanaman tebu dikelompokkan sebagai hama perusak akar, penggerek pucuk, penggerek batang dan tunas.

Tidak kurang dari 24 spesies herbivora, terdiri atas serangga, tungau, dan binatang pengerat yang berasosiasi dengan tanaman tebu, tetapi sebagian besar tidak berstatus sebagai hama. Herbivora yang berstatus sebagai hama penting dan potensial berdasarkan bagian tanaman yang diserang adalah hama perusak akar, hama penggerek pucuk, dan hama penggerek batang. Hama perusak akar yang paling dominan di Jawa adalah *Lepidiota stigma* Fabricius, *Euchlora viridis* Fabricus, dan *Holothricia helleri* Bursk, dan di Lampung *Pachnessa nicobarica* Redtenbacher. Hama penggerek pucuk yang utama adalah *Scirpophaga excerptalis* Walker.

Hama penggerek batang terdiri atas *Chilo auricilius saccharipagus* Dudgeon, penggerek batang berkilat *Chilo auricilius* Bojer, penggerek batang abu-abu *Tetramoera schistaceana* Snellen, penggerek batang kuning *Chilo infuscatellus* Snellen, penggerek batang jambon *Sesamia inferens* Walker, dan penggerek batang raksasa *Phragmataecia castaneae* Hubner. Pengelolaan hama tebu lebih ditekankan dengan mengan-dalkan musuh alami yang dikombinasikan dengan penanaman varietas tahan dan mekanis.

Selain hama, penyakit tebu yang ditemukan di Indonesia cukup banyak, beberapa tergolong ke dalam penyakit penting yang berpengaruh terhadap penurunan produksi. Diperkirakan kerugian akibat serangan penyakit ini mencapai 0,6–1,2 trilyun rupiah setiap tahunnya. Penyakit-penyakit tersebut antara lain adalah luka api yang disebabkan oleh jamur *Ustilagoscitaminea*, lapuk **pangkal batang dan** akar yang disebabkan oleh jamur *Xylaria warburgii*; ratoon stunting yang disebabkan oleh bakteri *Leifsonia xyli* subsp *xyli*; penyakit mosaik dan mosaik bergaris yang disebabkan oleh virus mosaik. Luka api **ditemukan di Indonesia pada 1881, namun baru menjadi masalah pada tahun 1980 ketika serangannya mencapai 40% di Wilayah Utara Jawa Tengah.**

Pengendalian penyakit tebu sampai saat ini mengandalkan varietas tahan yang didukung dengan penggunaan benih sehat melalui beberapa perlakuan misalnya *hot water treatment* dan *chemotherapy*, dan yang terakhir adalah sanitasi kebun dan alat pertanian. Evaluasi ketahanan terhadap penyakit penyakit penting mutlak harus dilakukan terhadap klon-klon tebu yang akan dilepas menjadi varietas-varietas baru agar kerugian akibat penyakit yang endemik di suatu sentra perkebunan tebu dapat dicegah.

Keberadaan gula di pertanaman tebu sering menjadi penyebab penurunan produksi. Penurunan produktivitas tebu akibat gulma dapat mencapai sekitar 12–72%, tergantung tingkat intensitas penutupan gulma, jenis dan agresivitas pertumbuhannya. Kerugian akibat gulma terhadap tanaman budi daya bervariasi, tergantung dari jenis tanaman, iklim, jenis gulma, dan praktek budi

daya. Persaingan antara gulma dengan tanaman dalam mengambil unsur-unsur hara, air, cahaya dan ruang tumbuh, menimbulkan kerugian-kerugian dalam produksi baik kualitas maupun kuantitas.

Setiap tanaman memiliki periode kritis tertentu dalam hal penggunaan faktor tumbuh di sekitarnya. Kehadiran gulma pada periode kritis akan menurunkan produksi, karena tanaman sangat peka terhadap lingkungan terutama air, unsur hara, cahaya, dan ruang tumbuh. Periode kritis kompetisi tanaman tebu dengan gulma terjadi pada 45 hari setelah tanam, jadi gulma harus dikendalikan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Jenis gulma yang umumnya tumbuh pada pertanaman tebu di lahan sawah antara lain gulma daun lebar: *Euphorbia hirta*, *Commelina benghalensis*, dan *Cleome viscosa*. Gulma daun sempit terdiri atas *Echinochloa* spp., sedangkan gulma golongan teki adalah *Cyperus rotundus*. Pada lahan kering gulma lebih beragam dan lebih berbahaya. Pengendalian gulma di pertanaman tebu menerapkan sistem pengendalian gulma terpadu yang mengintegrasikan berbagai cara pengendalian gulma sehingga lebih efektif dan efisien dalam menekan gulma serta aman terhadap lingkungan. Prioritas pengendalian gulma secara preventif, diikuti secara kultur teknis, mekanis, sedang pengendalian secara kimia merupakan pilihan terakhir.

Akhir dari tahapan budi daya tebu yang tergolong penting adalah pengelolaan tebang muat angkut (TMA). Kegiatan TMA merupakan proses menebang, memuat, dan mengangkut tebu dari kebun menuju pabrik gula untuk siap digiling. TMA adalah tiga kegiatan yang tidak dapat dipisah dalam kegiatan pemungutan hasil batang tebu layak giling untuk dibawa ke pabrik. Kegiatan TMA dapat mempengaruhi kualitas kadar gula atau rendemen jika tidak ditangani dengan baik.

Risiko kehilangan produksi gula karena tebang dan angkut sangat besar, baik dari aspek kuantitas seperti pasokan bahan baku tebu dan tebu tertinggal/terbuang, maupun aspek kualitas seperti umur panen tebu yang tepat dan varietas tebu yang ditanam. Kriteria keberhasilan pelaksanaan TMA diukur dari kemampuan kontinuitas pasokan bahan baku sesuai kapasitas giling pabrik guladan mutu tebang yang layak giling.

Tebu hasil tebang sangat dipengaruhi oleh kesiapan prasarana, sarana angkutan, sumber daya tenaga tebang, kondisi lingkungan, kelancaran giling pabrik dan sistem angkutan. Kegiatan tebang tebu dilakukan saat masak optimal, dan segera dimuat dengan alat angkut untuk dibawa ke pabrik sebelum 12 jam agar tidak terjadi susut rendemen. Upaya ini sangat penting, jangan sampai terjadi rendemen di kebun tinggi dan hanya karena tunda giling yang cukup

lama menjadikan rendemen pabrik menjadi rendah. Tebu semakin yang cepat digiling mengurangi kehilangan gula sehingga menguntungkan petani tebu.

Dukungan teknologi yang dibahas di atas harus memberikan keuntungan dalam usaha tani tebu. Suatu teknologi akan diadopsi oleh petani kalau teknologi tersebut secara teknis mudah diterapkan, secara ekonomis menguntungkan dan murah serta secara ekologis menunjang keberlanjutan. Berdasar analisa usaha tani, mananam tebu memberikan keuntungan yang cukup tinggi. Pola kemitraan di Kabupaten Mojokerto tahun 2011 menunjukkan bahwa pendapatan petani mencapai Rp26,2 juta dan R/C ratio sebesar 2,10. Sedangkan hasil pengkajian usaha tani sistem juring ganda di Kebun Percobaan Muktiharjo, Pati tahun 2013 menunjukkan bahwa pendapatan usaha tani tertinggi sebesar Rp58,1 juta dan R/C ratio sebesar 2,58.

Pada tahun 2014 berlokasi di Kebun Percobaan Asembagus sistem juring ganda dilaksanakan dengan pemberian empat macam bahan organik pada tebu tanam awal (PC) untuk tahun pertama belum menguntungkan. Tetapi untuk tahun kedua yaitu pada tahun 2015 di tempat yang sama (tebu *ratoon* pertama) penelitian dilaksanakan lagi dengan perlakuan yang sama memperoleh produktivitas tertinggi 101,4 ton per hektar. Pendapatan usaha tani sebesar Rp23 juta dengan R/C ratio sebesar 3,00.

Apabila tebu dibuat gula merah, maka dari hasil wawancara dengan pengusaha gula merah di Kabupaten Kediri memperoleh keuntungan sebesar Rp 1,7 juta per hari kerja dengan kapasitas giling 8 ton tebu dan R/C ratio sebesar 1,35. Sedangkan di Kabupaten Malang keuntungan mencapai Rp 1 juta dan R/C ratio sebesar 1,22.

Produk utama terbesar tanaman tebu adalah berupa GKP (gula kristal putih) yang diproduksi di PG, sedangkan produk utama tebu yang lain adalah berupa gula merah tebu dan gula cair yang dapat diproduksi secara *home industry* di daerah pengembangan tebu. Bahan dasar pembuatan gula merah dan gula cair tebu adalah berasal dari nira hasil pemerahan batang tebu yang memiliki kandungan terbesar berupa sukrosa.

Gula merah tebu merupakan hasil pengolahan nira tebu dengan proses pemanasan sampai didapatkan hasil akhir berupa serbuk dan padatan. Gula merah tidak dapat digantikan karena memiliki sifat spesifik yaitu manis, asam dan berbau karamel. Pembuatan gula merah dan gula cair dibagi menjadi dua yaitu sistem *open pan* dan *closed pan*. Gula cair tebu dinilai memiliki nilai efisiensi dan efektifitas lebih baik dibandingkan gula merah tebu. Diversifikasi produk tebu selain diproses dalam bentuk GKP, gula merah, dan gula cair juga memiliki peluang pengembangan produk gula yang lain yaitu sebagai gula cair

glukosa, fruktosa, dan gula invert baik dari nira tebu maupun dari molase yang merupakan produk sampingan tebu.

Pada proses pemanfaatannya sebagai bahan baku di industri gula, beberapa hasil samping juga dihasilkan seperti pucuk tebu, ampas, molase, blotong, dan abu ketel. Limbah tebu tersebut apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran lingkungan dan memerlukan biaya yang besar untuk memperbaikinya. Limbah tersebut dapat dikembangkan menjadi produk turunan yang luas sehingga dapat menghasilkan nilai tambah dan mendukung program industri tanpa limbah (*zero waste*).

Diversifikasi produk dari limbah tebu diantaranya bioetanol, pupuk hayati dan papan partikel. Dengan demikian akan memberikan manfaat dan nilai tambah bagi para petani tebu pada khususnya dan pabrik gula pada umumnya. Potensi pemanfaatan limbah tebu sangat besar sehingga diharapkan pabrik tebu tidak hanya memproduksi gula tetapi juga mengolah semua potensi tanaman tebu dari hulu hingga hilir. PG diharapkan tidak hanya mengolah tebu menjadi gula saja, tetapi juga melakukan hilirisasi terintegrasi. Upaya diversifikasi produk non-gula bagi industri berbasis tebu di Indonesia sangat berpeluang untuk dilaksanakan walaupun dengan segala tantangan yang dihadapi dan strategi untuk mencapainya. Diversifikasi non-gula untuk industri berbasis tebu di Indonesia adalah bagian dari tujuan pembangunan pertanian dan energi.

Upaya untuk mencapai swasembada gula nasional pada tahun 2025 harus didukung tetapi upaya percepatan swasembada gula harus dilakukan. Swasembada gula bukanlah akhir dari segala-galanya dan juga bukan tujuan utama. Tujuan utama Pemerintah adalah ingin menuju kedaulatan pangan dan kesejahteraan petani. Semua upaya dari Pemerintah tersebut akan terwujud kalau pemerintah konsekuen memberi dukungan yang kuat dan konsisten.

INDEKS

A

Angkut/*Delivering* 259

B

Benih/*Seed* 33

Biosintesa/*Biosynthetic* 73

Bioetanol/*Bioethanol* 287

C

C4 73

E

Enzim/*Enzym* 87

F

Fotosintesa/*Photosynthetic* 73, 87

G

Gula cair/*Liquid sugar* 273

Gula merah/*Brown sugar* 273

Gulma/*Weed* 223

H

Heterosis 9

Hama/*Pest* 169

I

Iklim/*Climate* 55

Invertase 87

J

Juring ganda/*Double row* 133

K

Konvensional/*Conventional* 33

Kultur jaringan/*Tissue culture* 33

L

Lapak akar/*Basal stem rot* 193

Luka api/*Smut* 193

Limbah pabrik gula/*Sugar mill waste* 287

M

Mosaik/*Mosaic* 193

Muat/*Loading* 259

N

Nutrisi/*Nutrients* 97

P

Pemuliaan/*Breeding* 9

Pemupukan/*Fertilization* 97

Pembongkaran gula/*Chopped sucrose* 73

Perbaikan tanaman/*Plant improvement* 9

Pengadaan/*Procurement* 33

Penggerek batang/*Stem borer* 169

penggerek pucuk/*Shoots borer* 169

Pengelolaan air/*Water management* 55

Pengendalian/*Control* 193, 223

Produktivitas/*Productivity* 133

perusak akar/*Pest roots* 169

Penyakit/*Disease* 193

Pendapatan petani/*Farmer's income* 241

Pupuk/*Fertilizers* 287

R

Rawat ratoon/*Ratoon maintenance* 153

Ratoon stunting disease/*RSD* 193

Rendemen/*Yield of cane* 259

S

Sukrose/*Sucrose* 87

Sistem tanam/*Planting system* 153

T

Tebang/*Harvesting* 259

Tebu/*Sugarcane* 9, 33, 55, 73, 87, 97, 133, 153, 169, 193, 223, 241, 259, 273, 287

Tanah/*Soil* 97

Tata tanam/*Planting arrangement* 133

U

Usaha tani/*Farming* 241

V

Varietas/*Variety* 9

SCIENCE . INNOVATION . NETWORKS

www.litbang.pertanian.go.id



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No.29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Tel. +62 21 7806202, Fax. +62 21 7800644

Pertanian

ISSN 178-602-344-111-1



9 786023 441419