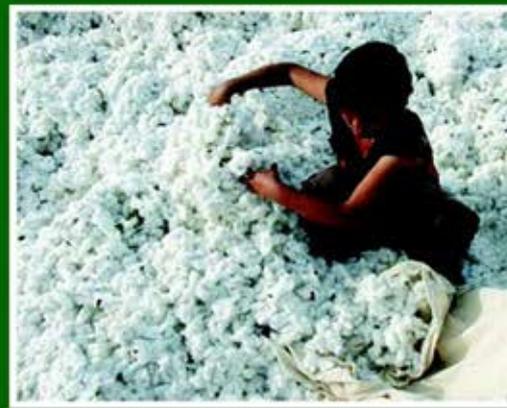




PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN PENDAPATAN PETANI KAPAS



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
2013



PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN PENDAPATAN PETANI KAPAS



**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**



2013

Cetakan 2013

Hak cipta dilindungi undang-undang
©IAARD Press, 2013

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh
isi buku ini tanpa seizin tertulis dari IAARD Press.

Hak cipta pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, 2013

Katalog dalam terbitan

BALAI PENELITIAN TANAMAN PEMANIS DAN SERAT
Peningkatan Produktivitas dan Pendapatan Petani Kapas/Balai
Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.--Jakarta: IAARD Press, 2013
vi, 248 hlm., bibl: ill.; 25 cm
633.551
1. Kapas 2. Produktivitas 3. Pendapatan Petani
I. Judul

ISBN 978-602-1520-07-9

Penanggung Jawab : Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

Dewan Redaksi :
Ketua : Emy Sulistyowati
Anggota : Mastur
Djajadi
Sudjindro
Subiyakto
Fitriyandiyah Tri Kadarwati
Titiek Yulianti
Rully Dyah Purwati
Joko Hartono

Redaksi Pelaksana : Erna Nurdjajati
Agustina Dwi Putri Utami
Esti Sunaryuni
Syaiful Bahri

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp: +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644
e-mail: iaardpress@litbang.deptan.go.id
Alamat Redaksi:
Jalan Raya Karangploso, Kotak Pos 199, MALANG
Telp.: +62 341 491447, Faks.: +62 341 485121
e-mail: balittas@litbang.deptan.go.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Tuhan Yang Maha Esa atas semua limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga Buku mengenai Kapas dapat diterbitkan. Buku ini memuat 19 makalah yang disajikan dalam bentuk semi populer yaitu: 3 dari pemuliaan, 5 dari ekofisiologi, 6 dari hama dan penyakit, 3 dari pascapanen, serta 2 dari sosial ekonomi. Buku ini merupakan revisi Monograf Kapas Buku 1 (terbit tahun 2001) dan Monograf Kapas Buku 2 (terbit tahun 2002). Penerbitan buku ini diharapkan dapat menambah wawasan *stake holders* yang berkecimpung dalam tanaman kapas baik langsung maupun tidak langsung antara lain: petani, penyuluh, pengelola/ pengusaha, dinas terkait, perguruan tinggi, dan para peneliti, serta pengambil kebijakan.

Akhirnya kami sampaikan terima kasih kepada para peneliti yang telah bersusah payah menyusun artikel, tim penyunting, dan semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi pengembangan kapas di Indonesia, amin.

Bogor, 11 Februari 2013
Kepala Pusat

ttd.

Dr. Ir. Muhammad Syakir

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BIOLOGI TANAMAN KAPAS	
Heri Prabowo, Siwi Sumartini, dan Rusim Mardjono	1–12
STATUS PLASMA NUTFAH TANAMAN KAPAS (<i>Gossypium</i> sp.)	
Abdurrahman dan Siwi Sumartini	13–26
PEMULIAAN DAN VARIETAS UNGGUL KAPAS	
Emy Sulistyowati	27–45
PERIODE MUSIM HUJAN DAN PENYEMPURNAAN WAKTU TANAM DI BERBAGAI DAERAH PENGEMBANGAN KAPAS INDONESIA	
Prima Diarini Riajaya	46–62
PENGELOLAAN AIR PADA TUMPANG SARI KAPAS DAN PALAWIJA PADA MUSIM KEMARAU SETELAH PADI	
Prima Diarini Riajaya	63–74
POTENSI LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KAPAS DI PROVINSI BALI	
Fitriningdyah Tri Kadarwati	75–88
TEKNOLOGI BUDI DAYA KAPAS	
Fitriningdyah Tri Kadarwati	89–105
PENGENDALIAN GULMA PADA TANAMAN KAPAS	
Moch. Machfud	106–114
SERANGGA HAMA KAPAS DAN MUSUH ALAMINYA	
Dwi Adi Sunarto, Nurindah, dan IG.A.A. Indrayani	115–144
PENYAKIT TANAMAN KAPAS DAN PENGENDALIANNYA	
Cece Suhara dan Titiek Yulianti	145–157
PENGELOLAAN HAMA KAPAS SECARA TERPADU	
Nurindah	158–172
TEKNIK PERBANYAKAN PARASITOID TELUR <i>Trichogrammatidae</i>	
Sujak dan Nurindah	173–182
PESTISIDA NABATI EKSTRAK BIJI MIMBA UNTUK PENGENDALIAN SERANGGA HAMA PADA TANAMAN KAPAS	
Subiyakto	183–190
ENTOMOPATOGEN POTENSIAL UNTUK PENGENDALIAN HAMA PENGGEREK BUAH, <i>Helicoverpa armigera</i> HUBNER PADA KAPAS SECARA HAYATI	
IG.A.A. Indrayani dan Deciyanto Soetopo	191–201

SISTEM PERBENIHAN KAPAS NASIONAL	
Siwi Sumartini	202–208
MUTU SERAT KAPAS: KLASIFIKASI DAN PENGUJIANNYA	
Moch. Machfud, Abdurrahman, dan Emy Sulistyowati	209–219
DIVERSIFIKASI PRODUK TANAMAN KAPAS	
Joko-Hartono	220–232
KERAGAAN PENGEMBANGAN KAPAS DI INDONESIA	
Teger Basuki dan Joko-Hartono	233–238
PELUANG PENGGUNAAN ALAT DAN MESIN PADA PRODUKSI KAPAS	
Gatot S.A. Fatah, Abi D. Hastono, Teger Basuki, dan Subandi	239–248

BIOLOGI TANAMAN KAPAS

Heri Prabowo¹, Siwi Sumartini¹, dan Rusim Mardjono²

PENDAHULUAN

Tanaman kapas (*Gossypium hirsutum* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan di Indonesia. Tanaman ini merupakan penghasil serat alam yang banyak digunakan untuk bahan baku tekstil. Dengan semakin pesatnya penggunaan serat sintetis, serat kapas tetap merupakan salah satu pilihan yang masih banyak digunakan. Karena serat kapas memiliki keunggulan yaitu bersifat higroskopis sehingga mudah menyerap keringat (Sulistyo dan Mawarni 1991). Industri tekstil dan produk tekstil (TPT) telah menjadi andalan penghasil devisa terbesar dari sektor non-migas (sekitar 15%), didukung oleh sekitar 2.650 unit perusahaan dengan kapasitas produksi \pm 6 juta ton yang memerlukan serat kapas \pm 500 ribu ton per tahun (Rachman 2007).

Tanaman kapas dapat ditemukan di daerah beriklim tropis dan subtropis, di antaranya di Australia, Afrika, Arab, dan Meksiko (Brubaker *et al.* 1999). Tanaman kapas diduga berasal dari Asia, Afrika, Australia, dan Amerika. Tanaman kapas telah lama dikenal dan dibudidayakan sejak zaman prasejarah. Di India (di lembah Sungai Indus) telah dikenal sekitar 3000 tahun sebelum Masehi dan digunakan untuk bahan baku tekstil (Poehlman 1977; AAK 1983). Kapas juga telah digunakan di Asia Kecil, Etiopia, dan Afrika Timur. Bahkan menurut Harlan *dalam* Lee (1984) di sekitar Asia Kecil kapas telah dibudidayakan sejak tahun 7000 sebelum Masehi.

Kapas masuk ke Eropa melalui Spanyol, dibawa oleh bangsa Moor. Di Cina telah dikenal sejak abad ke-7 dan di Amerika telah digunakan oleh suku Aztek dan Inca. Di Amerika terutama di Peru dan Meksiko tanaman kapas sebagai bahan baku pakaian telah dikenal jauh sebelum bangsa Eropa menemukan Amerika (Poehlman 1977). Pengusahaan kapas yang intensif baru dimulai pada abad ke-16 setelah tanaman kapas berevolusi dari tanaman tahunan menjadi tanaman semusim dan netral terhadap fotoperiodisitas. Penanaman secara besar-besaran di Amerika dimulai oleh emigran Eropa pada awal tahun 1600-an, sedangkan introduksi *G. barbadense* dari Amerika ke Mesir terjadi pada abad ke-19. Pengembangan kapas tidak dapat dipisahkan dengan Revolusi Industri di Inggris, Perang Saudara Utara-Selatan di Amerika, dan perjuangan Mahatma Gandhi untuk Kemerdekaan India (dikenal dengan Swadesi) (Ditjenbun 1977).

Masing-masing: 1) Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang;
2) Swasta.

Tanaman kapas mulai dibudidayakan di Indonesia sejak tahun 1670 pada saat masa penjajahan Belanda. Sejak saat itu perkembangan kapas di Indonesia telah menyebar ke berbagai daerah dan menyesuaikan diri dengan keadaan iklim dan tanah serta tata cara pertanian di daerah tersebut. Kapas-kapas tersebut kemudian menjadi varietas lokal dan mendapat nama baru sesuai dengan daerah masing-masing. Misalnya di Bayan (Lombok Barat) dinamakan kapas Bayan, kapas di Demak Jawa Tengah dinamakan kapas Demak, kapas di Grobogan, Jawa Tengah dinamakan kapas Grobogan, kapas di Palembang dinamakan kapas Hulu, dan lain sebagainya (Ditjenbun 1977). Jenis-jenis kapas tersebut tidak dikembangkan lagi, kapas yang berkembang saat ini merupakan spesies *Gossypium hirsutum* yang banyak berasal dari Amerika dan India.

TAKSONOMI TANAMAN KAPAS

Tanaman kapas (*Gossypium hirsutum* L.) termasuk famili *Malvaceae*. Menurut Fryxell (1984) genus *Gossypium* mempunyai 39 spesies yang telah diketahui, tetapi hanya 4 spesies yang dibudidayakan, sisanya masih merupakan tanaman liar.

Berdasarkan asal, jumlah, dan ukuran kromosomnya kapas dibagi menjadi 3 kelompok:

1. Kapas Dunia Lama/*Old World* (Asia, Afrika, dan Australia), merupakan kapas diploid ($2n = 2x = 26$ kromosom), ukuran kromosom umumnya besar, mempunyai genom A, B, C, E, dan F. Kapas ini terdiri atas 21 spesies, dua spesies di antaranya telah dibudidayakan, yaitu *G. arboreum* yang berasal dari Asia (India) dan *G. herbaceum* yang berasal dari Afrika Timur. *G. arboreum* biasanya ditemukan di Asia (India, Cina, dan Asia Tenggara), dan terbatas pada beberapa tempat di Arab bagian selatan, Afrika Utara, dan Afrika Timur. *G. herbaceum* dapat ditemukan di daerah Afrika dan Arab. *G. arboreum* memiliki bentuk buah yang lebih bundar, *epicalyx braktea* dengan gigi yang lebih sedikit, dan daun lebih pendek jika dibandingkan dengan *G. herbaceum* (Brubaker *et al.* 1999). *G. arboreum* L. merupakan semak atau pohon kecil, tanaman semusim atau tahunan, tinggi 1–2 m, sebagian besar bagian tumbuhan tertutupi oleh rambut yang lebat dan pendek. Cabang pipih, membulat. Panjang petiole 1,5–14 cm; stipula linear hingga lanset, panjang 4–15 mm; helaian daun bulat telur hingga membulat, diameter 2–12 cm, pangkal bentuk jantung, berurat daun 5–7, tulang daun 1–3 dengan nektar memanjang. Petal bulat telur terbalik, panjang 3–4 cm, pada saat membuka biasanya berwarna krem hingga kuning dan setelah 1–2 hari berubah menjadi merah atau ungu, dengan atau tanpa keunguan di tengah. Bentuk buah bulat telur hingga membulat, diameter 1,5–2,5 cm. Biji 5–8 per ruang, berbentuk bulat telur hingga membulat, diameter 5–8 mm, warna kabu-kabu putih atau putih berkarat (Kerkhoven dan Mutsaers 2003).

2. Kapas Dunia Baru/*New World* (Amerika), dengan jumlah kromosom diploid ($2n = 2x = 26$ kromosom), ukuran kromosomnya lebih kecil daripada kapas Dunia Lama, mempunyai genom D. Kapas ini terdiri atas 12 spesies dan tidak dibudidayakan.
3. Kapas Dunia Baru (Amerika) dengan jumlah kromosom tetraploid ($2n = 4x = 52$ kromosom). Diperkirakan merupakan persilangan alami antara kapas Dunia Lama dan Dunia Baru (Poehlman 1977). Kromosomnya sebagian berukuran besar dan sebagian lagi kecil, mempunyai genom AD. Jenis kapas ini yang telah diketahui ada 6 spesies, dua di antaranya telah dibudidayakan, yaitu *G. hirsutum* (Amerika Tengah) dan *G. barbadense* (Amerika Selatan). *G. hirsutum* L. merupakan semak tahunan atau semusim, tinggi 1–3 m. Panjang petiole 2–10 cm; stipula bulat telur atau lanset, dengan ukuran 6–13 mm × 2–5 mm; helaian daun melingkar, diameter 3–15 cm, pangkal bentuk jantung. Bunga dengan panjang pedicel 1–2,5 cm, pada ujungnya dengan 3 kelentjar; kelopak menggenta-kupular, panjang 6–7 mm dan lebar 6 mm; mahkota biasanya berwarna kuning pucat hingga putih, jarang dengan bagian tengah keunguan, petal bulat telur terbalik, panjang 4–5,5 cm. Bentuk buah bulat telur atau membulat, 2–5 cm × 1–1,5 cm. Biji bulat telur, panjang 3,5–5 mm, hitam sampai cokelat dengan kabu berwarna putih atau karatan. *G. barbadense* L. merupakan semak atau pohon kecil, tahunan. Petiole sama panjang atau sedikit lebih panjang dari helaian daun, stipula besar, seperti daun, linear, melanset, atau bulat telur. Bunga dengan pedicel lebih pendek daripada petiole; mahkota biasanya kuning dengan titik merah tua pada bagian pangkalnya, petal bulat telur terbalik, panjang 5–8 cm. Bentuk kapsul bulat telur hingga segitiga, tidak berbulu, bertotol hitam rapat, berwarna hitam. Biji berbentuk bulat telur dengan hilum runcing, berwarna hitam sampai cokelat tua, serat panjang dan halus serta berwarna putih dan mudah dipisahkan dari bijinya (Kerkhoven dan Mutsaers 2003).

Tabel 1. Spesies kapas yang telah diketahui (Endrizzi *et al.* 1984; ARS-USDA 1968)

No.	Spesies	Kromosom		Genom	Asal	Keterangan
		Jumlah	Ukuran			
Kapas Dunia Lama (diploid $2n=2x=26$)						
1	<i>G. herbaceum</i> L.	26	Besar	A1	Afrika	dibudidayakan
2	<i>G. arboreum</i> L.	26	Besar	A2	India	dibudidayakan
3	<i>G. anomalum</i> Wawr & Peyr	26	Besar	B1	Afrika	Liar
4	<i>G. triphyllum</i> Hochr	26	Besar	B2	Afrika	Liar
5	<i>G. capitata viridis</i> Mauer	26	Besar	B4	Cape Verde	Liar
6	<i>G. sturtianum</i> J.H. Willis	26	Besar	C1	Australia	Liar
7	<i>G. robinsonii</i> F. Muell	26	Besar	C2	Australia	Liar
8	<i>G. australe</i> F. Muell	26	Besar	C3	Australia	Liar
9	<i>G. costulatum</i> Tod.	26	Besar	C5	Australia	Liar
10	<i>G. cunninghamii</i> Tod.	26	Besar	C7	Australia	Liar
11	<i>G. nelsonii</i> Fryx.	26	Besar		Australia	Liar
12	<i>G. pilosum</i> Fryx.	26	Besar		Australia	Liar

Tabel 1. Spesies kapas yang telah diketahui (Endrizzi *et al.* 1984; ARS-USDA 1968) (lanjutan)

No.	Spesies	Kromosom		Genom	Asal	Keterangan
		Jumlah	Ukuran			
13	<i>G. populifolium</i> (Bent.) Tod.	26	Besar	C6	Australia	Liar
14	<i>G. pulchellum</i> (C.A.Gardn) Fryx.	26	Besar	C8	Australia	Liar
15	<i>G. stocksii</i> Mast.ex Hook.	26	Besar	E1	Arab	Liar
16	<i>G. somalense</i> (Gurke) Hutch.	26	Besar	E2	Arab	Liar
17	<i>G. areysianum</i> (Delf) Hutch.	26	Besar	E3	Arab	Liar
18	<i>G. incanum</i> (Schwartz) Hillc.	26	Besar	E4	Arab	Liar
19	<i>G. ellenbeckii</i> (Gurke) Mauer	26	Besar		Afrika	Liar
20	<i>G. longicalyx</i> Hutch & Lee	26	Besar	F1	Afrika	Liar
21	<i>G. bickii</i> Prokh	26	Besar	C4	Australia	Liar
Kapas Dunia Baru (diploid $2n=2x=26$)						
22	<i>G. thurberi</i> Tod.	26	kecil	D1	Meksiko, Arizona	Liar
23	<i>G. armourianum</i> Kearn.	26	Kecil	D2	Meksiko	Liar
24	<i>G. harknessii</i> Brandg.	26	Kecil	D2	Meksiko	Liar
25	<i>G. klotzschianum</i> Anderss.	26	Kecil	D3	P. Galapagos	Liar
26	<i>G. davidsonii</i> Kell.	26	Kecil	D3	Meksiko	Liar
27	<i>G. aridum</i> (Rose & Standl) Skov.	26	Kecil	D4	Meksiko	Liar
28	<i>G. raimondii</i> Ulbr.	26	Kecil	D5	Peru	Liar
29	<i>G. gossypoides</i> (Ulbr) Standl.	26	Kecil	D6	Meksiko	Liar
30	<i>G. lobatum</i> Gentry	26	Kecil	D7	Meksiko	Liar
31	<i>G. laxum</i> Phillips.	26	Kecil	D4	Meksiko	Liar
32	<i>G. trilobum</i> (DC) Skov.	26	Kecil	D8	Meksiko	Liar
33	<i>G. turneri</i> Fryx.	26	Kecil		Meksiko	Liar
Kapas Dunia Baru (tetraploid $2n=4x=52$)						
34	<i>G. hirsutum</i> L.	52	Besar-kecil	(AD) ¹	Amerika Tengah	dibudidayakan
35	<i>G. barbadense</i>	52	Besar-kecil	(AD) ²	Amerika Selatan, Tengah	dibudidayakan
36	<i>G. tomentosum</i> Mutt. ex Seem	52	Besar-kecil	(AD) ³	Hawai	Liar
37	<i>G. mustelinum</i> Miers	52	Besar-kecil	(AD) ⁴	Brazil	Liar
38	<i>G. darwinii</i> Watt.	52	Besar-kecil	(AD) ⁵	P. Galapagos	Liar
39	<i>G. lanceolatum</i> Tod.	52	Besar-kecil	(AD)	Meksiko	Liar

Klasifikasi kapas menurut Hill *et al.* (1960) dan Heyne (1988) adalah:

- Divisi : Spermatophyta
- Kelas : Angiospermae
- Subkelas : Dicotyledonae
- Ordo : Malvales
- Famili : Malvaceae
- Genus : *Gossypium*
- Spesies : *Gossypium* spp.

MORFOLOGI TANAMAN KAPAS

Akar Tanaman

Tanaman kapas umumnya dikembangbiakkan dari biji. Pada waktu berkecambah calon akar tunggang tumbuh lebih dahulu masuk ke dalam tanah. Kapas mempunyai akar tunggang yang panjang dan dalam, tergantung pada umur, besarnya tanaman, aerasi, dan struktur tanah. Akar tunggang sering lebih panjang daripada tanamannya sendiri.

Dari akar tunggang akan tumbuh akar-akar cabang. Akar cabang akan bercabang-cabang lagi, dan membentuk akar-akar rambut. Kadang-kadang membentuk lapisan akar dan sering akar-akar tersebut menembus permukaan tanah.

Batang

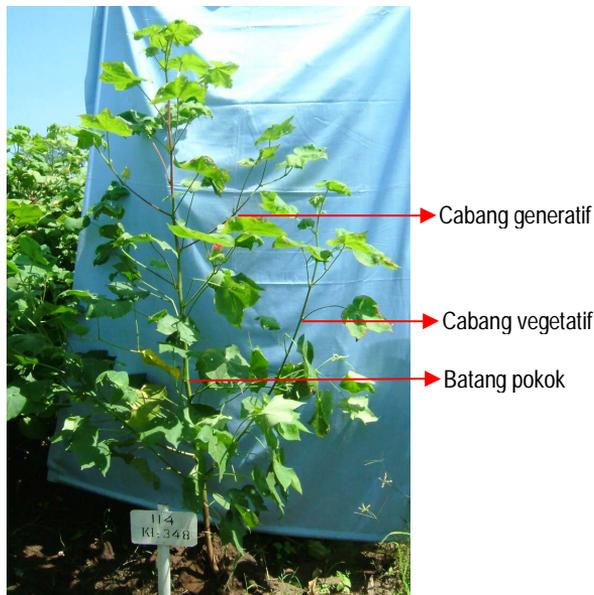
Tanaman kapas dalam keadaan normal tumbuh tegak. Batang berwarna hijau tua, merah atau hijau bernoktah merah. Batang umumnya berbulu dan ada pula yang tidak, serta ada yang ujungnya berbulu, pangkalnya tidak berbulu. Dari setiap ruas, tumbuh daun dan cabang pada ketiaknya. Panjang dan jumlah cabang berbeda-beda menurut jenis cabang dan dipengaruhi oleh lingkungan. Ada dua macam cabang, yaitu cabang vegetatif (seperti batang utama) dan cabang generatif (cabang yang berbuah). Tipe percabangan menyebar atau kompak. Morfologi tanaman kapas secara umum terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Gossypium hirsutum* (1. Cabang generatif, 2. Bunga, 3. Buah, 4. Buah yang telah terbuka) (Foto: Sumartini)

Cabang vegetatif tumbuh pada batang pokok dekat leher akar dan biasanya tumbuh ke atas (Gambar 2). Cabang-cabang vegetatif baru dapat berbunga dan berbuah setelah tumbuh cabang generatif. Banyaknya cabang vegetatif bervariasi, biasanya sekitar 3–4 cabang.

Cabang generatif tumbuh pada batang pokok atau pada cabang vegetatif. Cabang generatif letaknya mendatar dan langsung membentuk bunga. Semua bunga dan buah tumbuh pada cabang generatif. Cabang-cabang buah yang pertama biasanya dihasilkan pada ketiak daun ke-6 sampai ke-8 ke atas pada batang pokok. Jumlah cabang generatif antara 8–20 cabang (Balittas 1993).



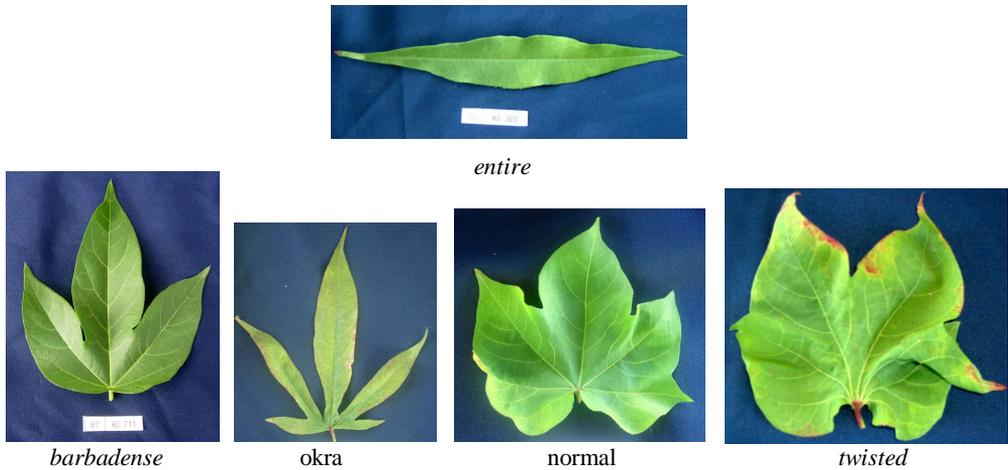
Gambar 2. Batang dan cabang (Foto: Sumartini)

Daun

Bentuk daun pertama sampai kelima belum sempurna, kadang-kadang agak bulat atau panjang. Setelah daun kelima bentuk daun semakin sempurna dan bentuknya sesuai dengan jenis kapas. Terdapat paling sedikit 5 bentuk daun, yaitu bentuk normal, okra, *twisted*, *barbadense*, dan *entire* (Gambar 3). Bentuk daun normal mempunyai 5 sudut daun (lekukan), kadang-kadang lebih atau kurang. Bentuknya bundar seperti jantung, lekukan daun ada yang dalam dan ada pula yang dangkal.

Warna daun hijau, hijau kemerahan, dan merah. Daun berbulu ada yang lebat panjang, lebat pendek, ada yang berbulu jarang, bahkan ada yang halus tidak berbulu. Di ba-

gian bawah daun (pada tulang daun) terdapat nektar dan ada pula yang tidak mengandung nektar (Balittas 1993).

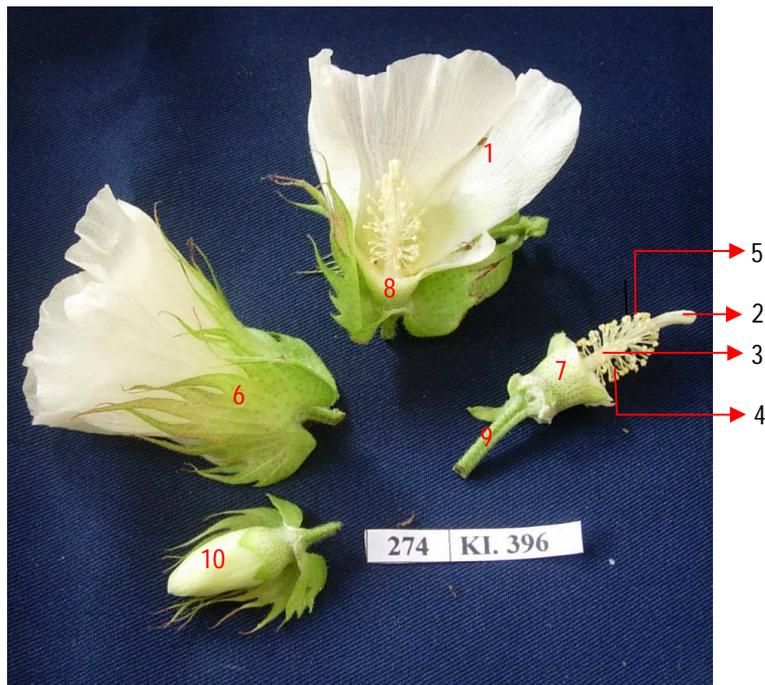


Gambar 3. Bentuk-bentuk daun (Foto: Sumartini)

Bunga

Tanaman kapas mulai membentuk kuncup bunga sekitar umur 30-45 hari dan bunga mulai mekar sekitar umur 45-60 hari tergantung jenis dan varietas kapas. Bunga mulai mekar pada pagi hari sekitar pukul 6-7 dan layu pada siang hari. Bunga tumbuh pada cabang generatif yang letaknya pada batang utama membentuk spiral dengan filotaksi $3/8$ (Mauney 1984). Tiap cabang generatif dapat tumbuh 6-8 bunga. Bagian-bagian bunga (Gambar 4).

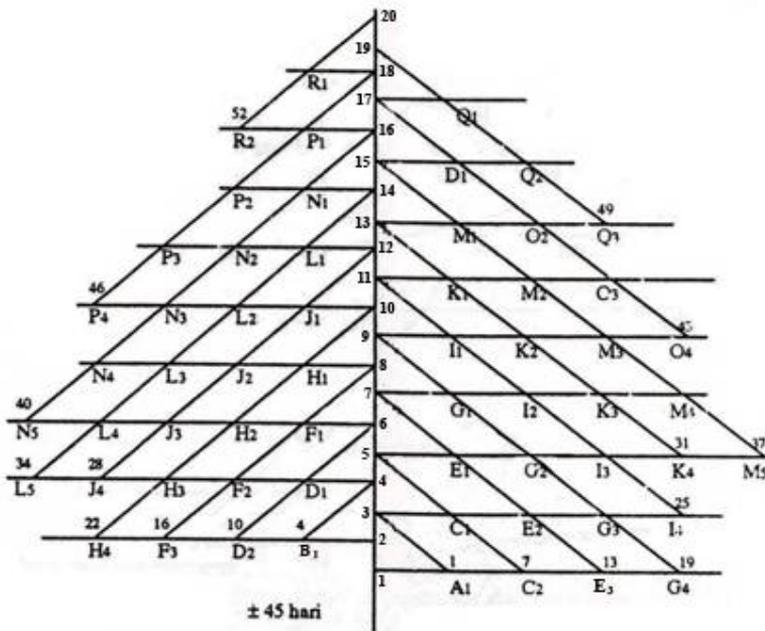
Mahkota bunga jumlahnya 5 lembar, bentuknya sempit bagian bawah dan melebar bagian atas berwarna putih, krem, kuning muda, kuning, putih kemerahan. Setelah terjadi persarian mahkota bunga berubah warna menjadi merah muda kemudian ungu kemerahan setelah itu kering. Kelopak berbentuk seperti cawan dengan 5 ujung yang mengelilingi dasar mahkota bunga. Kelopak tambahan jumlahnya 3 berbentuk segitiga, bentuk dan ukurannya bermacam-macam tergantung jenis dan varietasnya. Di tengah-tengah mahkota bunga terdapat tangkai dan kepala putik, bakal buah, benang sari yang berlekatan satu sama lain dan membentuk sebuah tabung benang sari yang mengurung tangkai putik sampai ujung (Darjanto dan Siti-Satifah 1982). Kantong serbuk sari berisi butir-butir serbuk sari yang berwarna krem atau kuning (Balittas 1993).



Gambar 4. Bunga kapas (Foto: Sumartini)

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Mahkota bunga (<i>petals</i>) | 6. Kelopak tambahan (<i>bract</i>) |
| 2. Kepala putik (<i>stigma</i>) | 7. Kelopak (<i>calyx</i>) |
| 3. Tangkai kepala putik (<i>style</i>) | 8. Bakal buah (<i>ovary</i>) |
| 4. Benang sari (<i>filament</i>) | 9. Tangkai bunga (<i>pedicle</i>) |
| 5. Kantong serbuk sari (<i>anther</i>) | 10. Kuncup bunga (<i>square</i>) |

Bila tidak ada gangguan yang berarti, pembungaan kapas mempunyai patron munculnya bunga ke-1, ke-2, dan seterusnya yang tetap. Misalnya bunga ke-1 (A1) muncul satu bunga pada cabang generatif pertama, 3 hari kemudian muncul bunga ke-2 (B1) satu bunga pada cabang generatif kedua, 3 hari kemudian muncul bunga ke-3 pada cabang generatif ketiga dan bunga ke-4 pada cabang generatif pertama, dan seterusnya (Gambar 5 menurut Lugard *dalam* Ditjenbun 1978). Bunga kapas mekar sekitar pukul 6–7 pagi, kemudian kepala putik membuka (*reseptif*). Kantong serbuk sari yang berisi tepung sari juga membuka dan menghamburkan tepung sarinya. Tepung sari yang melekat pada kepala putik mampu bertahan sampai 12 jam. Tepung sari kemudian berkecambah dalam waktu singkat dan mencapai bakal buah dalam waktu sekitar 12–30 jam setelah persarian (Stewart *dalam* Mauney 1984). Umumnya persarian pada bunga kapas terjadi *open pollinated* (*out-crossing* 35%).



Gambar 5. Skema bunga mekar

Buah

Buah terbentuk segera setelah terjadi persarian. Dari bunga sampai menjadi bunga masak memerlukan waktu sekitar 40–70 hari. Kebanyakan buah kapas terdiri atas 3 atau 4 ruang buah dan kadang-kadang 5 ruang. Jika buah masak maka kulit buah akan retak dan terbuka. Bentuk dan ukuran buah berbeda-beda ada yang bulat telur, bulat, segitiga dengan berat buah bervariasi antara 3–6 gram/buah. Variasi ukuran buah terjadi karena varietasnya yang berbeda atau letak buah pada cabang yang berbeda. Buah-buah yang letaknya dekat dengan batang utama ukurannya lebih besar dibandingkan buah-buah yang letaknya lebih jauh dari batang utama. Warna buah ada hijau muda, hijau gelap berbintik-bintik yang mengandung kelenjar minyak. Jumlah buah yang terbentuk tidak seluruhnya dapat dipanen, umumnya buah yang dapat dipanen sekitar 10–20 buah/tanaman (Balittas 1993).

Biji dan Serat

Di dalam kotak buah berisi serat dan biji secara teratur. Tiap ruang buah terdapat dua baris biji masing-masing terdiri atas 9 biji. Bentuk biji bulat telur, berwarna cokelat kehitaman, panjangnya antara 6–12 mm, dengan berat 100 biji sekitar 6–17 gram.

Kulit luar biji ada yang berserat dan ada yang tidak. Serat melapisi kulit biji sangat pendek, ada yang tebal dan halus, atau tebal dan kasar, tipis serta halus. Serat melekat erat

pada biji, berwarna putih atau krem ada pula yang berwarna keabu-abuan. Serat disebut “fuzz” (kabu-kabu).

Biji kapas tidak hanya dilapisi kabu-kabu, tetapi di luarnya terdapat lapisan serabut yang disebut serat kapas (kapas). Kulit biji menebal membentuk lapisan serat berderet pada kulit bagian dalam. Pemanjangan serat berlangsung sekitar 13–15 hari. Pada waktu buah masak, kulit buah retak dan seratnya menjadi kering dan siap dipungut. Bagian serat terpanjang terdapat pada puncak biji. Berat serat kapas sekitar 1/3 berat kapas berbiji. Panjang serat bervariasi tergantung pada jenis dan varietas kapas. Panjang serat yang dikembangkan di Indonesia sekitar 26–30,3 mm (Ditjenbun 1977). Seperti pada varietas Kanesia 8 memiliki persen serat 35,3%, panjang serat 30,3 mm, kekuatan serat 24,7 g/tex, kehalusan serat 3,9 mikroner dengan kerataan serat 84%. Sedangkan Kanesia 9 memiliki persen serat 35,2%, panjang serat 29,2 mm, kekuatan serat 22,6 g/tex, kehalusan serat 4,7 mikroner dengan kerataan serat 83% (Sulistiyowati *et al.* 2006).

Fase Pertumbuhan Kapas

Tanaman kapas dapat digolongkan menjadi 3 golongan berdasarkan umur, yaitu kapas dalam (umur sekitar 170–180 hari), kapas tengahan/medium (umur sekitar 140–150 hari), dan kapas genjah (<130 hari). Kapas yang ditanam di Indonesia umumnya termasuk kapas berumur medium/tengahan. Pertumbuhan tanaman setiap kelompok berbeda, sebagai gambaran pertumbuhan tanaman kapas berumur dalam, mulai benih sampai panen dapat dilihat pada Tabel 2 (Hadad dan Sitepu 1973).

Tabel 2. Fase pertumbuhan tanaman kapas berumur dalam

No.	Fase pertumbuhan tanaman (hari)	Keterangan
1.	0–30	1) Tanaman tumbuh antara 3–7 hari
2.	31–46	2) Pertumbuhan kuncup bunga primer
3.	47–60	3) Bunga primer berkembang
4.	61–68	4) Mulai berbunga banyak
5.	69–78	5) Puncak musim berbunga
6.	79–90	6) Buah mulai masak
7.	91–100	7) Mulai panen
8.	101–120	6)
9.	121–150	
10.	150–160	7)

Untuk kapas berumur tengahan kapas dipanen antara 140–150 hari, sedangkan kapas berumur genjah sekitar 130 hari. Umur panen kapas dipengaruhi pula oleh perubahan iklim, pada iklim kering kapas dipanen makin cepat. Dari pengamatan di lapangan, kapas tengahan dalam keadaan udara yang sangat kering bisa lebih cepat (130–140 hari selesai dipanen) (Mardjono *et al.* 2000).

PENUTUP

Tanaman kapas (*Gossypium hirsutum* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan di Indonesia. Tanaman ini merupakan penghasil serat alam yang banyak digunakan untuk bahan baku tekstil. Tanaman kapas umumnya dikembangkan dari biji. Tanaman kapas dalam keadaan normal tumbuh tegak. Ada dua macam tipe cabang pada tanaman kapas, yaitu tipe cabang vegetatif (cabang seperti batang utama) dan tipe cabang generatif (cabang yang berbuah). Cabang vegetatif tumbuh pada batang pokok dekat leher akar dan biasanya tumbuh ke atas. Sedangkan cabang generatif tumbuh pada batang pokok atau pada cabang vegetatif. Tanaman kapas dapat digolongkan menjadi 3 golongan berdasarkan umur, yaitu kapas dalam (umur sekitar 170–180 hari), kapas tengah-an/medium (umur sekitar 140–180 hari), dan kapas genjah (<130 hari). Kapas yang ditanam di Indonesia umumnya termasuk kapas berumur medium/tengahan.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1983. Bertanam Kapas. Kanisius, Yogyakarta. 80 hlm.
- ARS-USDA. 1968. Genetics and Cytology of Cotton 1956-67. Report of Cooperative Research Under Southern Regional Project S.1. Southern Cooperative, Series Bulletin 139. p. 84.
- Balittas. 1993. Koleksi, Konservasi, Evaluasi, dan Utilisasi Plasma Nutfah Kapas. Laporan Hasil Penelitian ARMP 1992/1993. Balittas, Malang. 39 hlm.
- Brubaker, C.L., E.M. Bourland & J.E. Wendel. 1999. The origin and domestication of cotton. In C.W. Smith & J.T. Cothren (eds.) Cotton: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Darjanto & Siti-Satifah. 1982. Biologi Bunga dan Teknik Penyerbukan Silang Buatan. PT Gramedia, Jakarta. 143 hlm.
- Ditjenbun. 1977. Varietas dan Sifat-Sifat Serta Kualitas Kapas di Indonesia. Ditjenbun, Deptan. 1977. 38 hlm.
- Ditjenbun. 1978. Pedoman Bercocok Tanam Kapas. Direktorat Jenderal Perkebunan, Deptan, Jakarta. 106 hlm.
- Endrizzi, J.E., E.L. Turcotte & R.J. Kohel. 1984. Qualitative genetics, cytology, and cytogenetics. In R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.) Cotton. Agron. Series No. 24. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 81–129.
- Fryxell, P.A. 1984. Taxonomy and germplasm resources. In R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.) Cotton. Agron. Series No. 24. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 27-57.
- Hadad, E.A. & D. Sitepu. 1973. Kemungkinan pertanaman kapas di Propinsi Sumatera Selatan. Pemberitaan LPTI No. 15–16:48-64.
- Heyne, K. 1988. Tumbuhan Berguna Indonesia. Diterjemahkan dan Diterbitkan oleh Badan Litbang Kehutanan, Dephut, Jakarta. 1851 hlm.
- Hill, J.B., L.O. Overholts, H.W. Poopp & A.R. Grove Jr. 1960. Botany. McGraw-Hill Book Company. Inc. New York, Toronto, London. 571 p.
- Kerkhoven, G.J. & H.J.W. Mutsaers. 2003. *Gossypium* L. In M. Brink & R.P. Escobin (eds.). Fiber Plants. Prosea No. 17. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands. p. 139-150.

- Lee, J.A. 1984. Cotton as a world crop. *In* R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.) Cotton. Agron. Series No. 24. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 1–25.
- Mardjono, M. Sahid, H. Sudarmo, Suprijono & Sudarmadji. 2000. Uji Multilokasi Galur-Galur Kapas Berumur Genjah. Laporan Penelitian MTT 1999/2000. Balittas, Malang.
- Mauney, J.R. 1984. Anatomy and morphology of cultivated cottons. *In* R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.) Cotton. Agron. Series No. 24. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 59–79.
- Poehlman, J.M. 1977. Breeding Field Crops. University of Missouri. The Avi Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
- Rachman, A.H. 2007. Pengembangan Kapas Nasional. Makalah Pertemuan Koordinasi dan Sinkronisasi Pengembangan Kapas Nasional. Ditjen Perkebunan, Jakarta.
- Sulistyo & Mawarni. 1991. Kapas, Kajian Sosial Ekonomi. Penerbit Aditya Media, Yogyakarta. 181 hlm.
- Sulistiyowati, E., S. Sumartini., Hasnam & H. Sudarmo. 2006. Kanesia 8 dan Kanesia 9: Varietas unggul baru mendukung pengembangan kapas nasional. Prosiding Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 53–57.

STATUS PLASMA NUTFAH TANAMAN KAPAS (*Gossypium* sp.)

Abdurrahman dan Siwi Sumartini^{*)}

PENDAHULUAN

Kapas (*Gossypium* sp.) bukan tanaman asli Indonesia. Kapas yang berkembang di Indonesia diduga berasal dari India atau Pakistan (AAK 1983). Hal itu didasarkan pada penggunaan nama atau kata kapas berasal dari bahasa Sanskrit, *karpasa*. Tanaman ini mulai dibudidayakan di Indonesia diperkirakan sejak zaman VOC (tahun 1670) dan varietas-varietas yang digunakan pada saat itu adalah Bourbon, Nanking, Sea Island, Percambuco, Benggali, New Orleans, Siam, dan Cochincina (Sulistyo dan Agnes 1991). Varietas-varietas kapas yang diintroduksi ke Indonesia tersebut kemudian ada yang beradaptasi dengan kondisi lingkungan di Indonesia dan menyebar di beberapa daerah dalam waktu cukup lama, selanjutnya varietas-varietas tersebut menjadi kapas lokal seperti kapas Bayan (Lombok Barat), kapas Grobogan (Purwodadi/Grobogan, Jawa Tengah), kapas Demak (Demak, Jawa Tengah), dan kapas Hulu (Palembang). Pada masa kependudukan Jepang (1942–1945) varietas yang terkenal adalah Cambodia (Ditjenbun 1977). Menurut Informasi yang dikumpulkan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan, pada tahun 1959–1974) pernah diintrodusir 36 varietas kapas untuk dikembangkan di Indonesia.

KOLEKSI PLASMA NUTFAH KAPAS

Usaha pembenahan plasma nutfah kapas di Balittas dimulai pada tahun 1975, dengan mengumpulkan dan mendaftarkan kembali plasma nutfah kapas yang pada saat itu disimpan di Kebun Percobaan Asembagus, Jawa Timur. Plasma nutfah yang berhasil dikumpulkan sebanyak 80 aksesori, kemudian disimpan di Balittas, Malang. Pada tahun 2005 telah terkumpul sebanyak 669 aksesori dan sampai dengan tahun 2011 terkumpul sebanyak 843 aksesori yang berasal dari beberapa sumber, antara lain dari lembaga penelitian kapas di luar negeri, dari bank plasma nutfah seperti IRCT Perancis, USDA Amerika Serikat, ICAR dari India maupun dari beberapa perusahaan pengelola kapas di Indonesia (Tabel 1). Plasma nutfah yang menjadi koleksi Balittas tergolong ke dalam Divisio: Spermatophyta, Subdivisio: Angiospermae, Klas: Dicotyledoneae, Ordo: Malvales, Famili: Malvaceae, Subfamily: Hibiscus, Genus: *Gossypium* (AAK 1983). Sebagian besar dari plasma nutfah tersebut tergolong spesies *Gossypium hirsutum*, dan beberapa tergolong spesies *G. barbadense*, *G. arboreum*, dan *G. herbaceum* (Tabel 1).

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

Tabel 1. Beberapa jumlah aksesori pada masing-masing spesies

Nama spesies	Jumlah aksesori
<i>Gossypium hirsutum</i> L.	821
<i>Gossypium barbadense</i> L.	16
<i>Gossypium arboreum</i> L.	3
<i>Gossypium herbaceum</i> L.	3

PENGELOLAAN PLASMA NUTFAH KAPAS

Plasma nutfah kapas di Balittas dikelola oleh kelompok peneliti plasma nutfah, pemuliaan, dan perbenihan. Tanaman kapas termasuk spesies yang bijinya bersifat ortodoks, artinya benih disimpan dalam kondisi kadar air benih rendah atau benih disimpan dalam kondisi kering. Pengelolaan plasma nutfah yang dilakukan dengan baik merupakan salah satu cara untuk melindungi kelestarian genetik serta memelihara keragamannya, sehingga dapat dicegah kehilangan plasma nutfah yang potensial yang diperlukan untuk pemuliaan tanaman di masa depan (Stalker dan Chapman 1989). Kegiatan plasma nutfah kapas mencakup kegiatan-kegiatan: eksplorasi, pencatatan plasma nutfah (registrasi), penyimpanan benih (*seed genebank*), monitoring, rejuvenasi dan karakterisasi, evaluasi, dan dokumentasi.

1. Eksplorasi

Eksplorasi merupakan kegiatan lapangan dengan melakukan perjalanan ke suatu lokasi untuk mengumpulkan material genetik sebanyak mungkin yang menjadi target kegiatannya dengan tujuan mengumpulkan material genetik berpotensi ekonomi untuk menambah ketersediaannya pada setiap jenis tanaman budi daya termasuk kerabat liar dan kerabat dekat serta disebabkan hilangnya keanekaragaman tanaman budi daya.

Eksplorasi kapas telah dilakukan di Indonesia pada tahun 2009 menghasilkan 5 aksesori baru kapas yang dikumpulkan dari NTB antara lain: KI 832 PELAT Sumbawa, KI 833 Dompu O' o tipe 2, KI 834 Dorotungga Dompu, KI 835 Jerowaru Lotim, KI 836 Donggo Bima.

2. Konservasi

Konservasi adalah upaya perlindungan dan penyangga kehidupan plasma nutfah serta pemanfaatan keanekaragaman hayati berdasarkan prinsip-prinsip pelestarian yang tujuannya mengarah pada pemeliharaan fungsi, ekosistem sebagai komponen yang hidup, berkompetisi, dan beradaptasi terhadap lingkungan.

Berdasarkan cara penyimpanannya, koleksi plasma nutfah kapas dibedakan menjadi dua kategori yaitu koleksi dasar (*base collections*) dan koleksi aktif (*active collections*). Koleksi dasar yaitu penyimpanan benih plasma nutfah pada penyimpanan jangka panjang.

Menurut rekomendasi dari Komisi IBPGR Roma, jumlah benih yang disimpan dalam *seed storage* tergantung keseragaman morfologi tanaman pada setiap aksesori. Jika terdapat sedikit variasi (*genetically homogeneous*) maka 3.000–4.000 biji sudah cukup, tetapi jika aksesori tersebut menunjukkan variasi-variasi yang besar (*heterogeneous*) jumlah benih yang disimpan sedikitnya 4.000–12.000 biji (Hanson 1985). Karena ruang penyimpanan di Balittas terbatas, maka jumlah benih yang disimpan sebagai koleksi dasar sebanyak 150 gram setiap aksesori setara dengan 1.500–2.000 biji. Selanjutnya benih disimpan dalam kemasan kedap udara aluminium foil, kemudian dimasukkan ke dalam botol dan ditutup rapat. Setiap botol diisi dua aksesori, kemudian botol-botol tersebut diberi label dan disusun pada rak-rak besi yang ada di dalam *cold storage* dengan suhu udara 0–5°C dan kelembapan 40%.

Koleksi aktif terdiri atas benih aksesori kapas hasil rejuvenasi yang disimpan dalam kemasan plastik atau kertas berlapis plastik yang diberi label yang berisi informasi tentang nama varietas, jumlah benih, tahun panen, dan lokasi perbanyakannya. Selanjutnya kemasan benih dimasukkan ke dalam kaleng (blek) benih yang berwarna putih. Jumlah benih yang disimpan bervariasi antara 300–3.000 gram (3.000–30.000 biji) per aksesori. Setiap kaleng berisi dua aksesori dan kaleng-kaleng tersebut disusun secara teratur pada rak-rak kayu yang disimpan di dalam gudang penyimpanan dengan suhu ruang 10°C dan kelembapan udara (RH) 40–50%.

3. Monitoring Viabilitas Benih

Menurut Hanson (1985), monitoring plasma nutfah merupakan kegiatan rutin yang bertujuan untuk mengetahui viabilitas benih, serta ada tidaknya kontaminasi mikroba. Monitoring daya berkecambah benih juga dilakukan secara rutin selama penyimpanan untuk memperkirakan waktu rejuvenasi dengan tepat. Benih yang disimpan di dalam *seed storage* harus mempunyai daya berkecambah tinggi sehingga memberi jaminan pertumbuhan tanaman yang baik. Benih akan mengalami penurunan viabilitas selama penyimpanan dalam waktu yang lama. Komisi Internasional Sumber Daya Genetik (IBPGR), Roma merekomendasikan pengujian viabilitas benih koleksi dasar sedikitnya 10 tahun sekali. Benih koleksi dasar maupun koleksi aktif yang ruang penyimpanannya kurang baik atau viabilitas awalnya kurang baik, sedikitnya diuji setiap 5 tahun (Hanson 1985).

Pengujian viabilitas yang biasa dilakukan di Balittas adalah dengan pengujian daya berkecambah menggunakan 100 biji kapas diulang dua kali pada setiap aksesori. Metode pengujian daya berkecambah benih kapas yang paling mudah adalah uji kertas digulung yang dilapisi plastik (UKDp). Benih yang dapat disimpan adalah benih yang daya berkecambahnya lebih dari 85%.

Untuk memudahkan monitoring setiap plasma nutfah kapas yang disimpan di Balittas diberi nomor kode plasma nutfah yaitu kode KI (Kapas Indonesia). Jika ada penambahan plasma nutfah, dilakukan pengecekan di dalam buku registrasi apakah varietas ter-

sebut sudah ada sebelumnya atau merupakan plasma nutfah baru. Pada saat menerima varietas baru, kegiatan yang dilakukan adalah memberi nomor kode KI sesuai dengan nomor urut terakhir, kemudian dicatat: tanggal terima di Balittas, nama donor, negara asal, dan sifat-sifat spesifik jika ada. Selanjutnya benih disimpan sambil menunggu waktu dilakukan karakterisasi dan perbanyakan benih.

4. Rejuvenasi

Rejuvenasi plasma nutfah adalah upaya memperbarui benih koleksi plasma nutfah dengan cara menanam pada kondisi yang optimal sehingga benih yang dipanen akan memiliki viabilitas tinggi dan karakter yang sama dengan populasi awalnya. Komisi IBPGR, Roma merekomendasikan bahwa rejuvenasi diprioritaskan untuk benih yang viabilitasnya kurang dari 85% atau jumlah benih tidak cukup untuk dilakukan 3 kali rejuvenasi (Hanson 1985). Rejuvenasi plasma nutfah kapas diprioritaskan pada aksesi-aksesi yang persediaan benihnya kurang dari 500 gram dan daya berkecambahnya kurang dari 85%.

Rejuvenasi dan karakterisasi plasma nutfah kapas mulai tahun 1993 sampai dengan tahun 2009 dilaksanakan di Kebun Percobaan Pasirian, Lumajang, Jawa Timur yang terletak pada ketinggian 110 m di atas permukaan laut, jenis tanah Entisol/Regosol, tekstur tanah lempung liat berpasir, tipe iklim C menurut Smith Ferguson, kelembapan udara berkisar antara 54–77% dan di Kebun Percobaan Karangploso, Malang mulai tahun 2010 sampai sekarang yang terletak pada ketinggian 515 m di atas permukaan laut, jenis tanah Gley-mosol Gleik/Inceptisol, tipe iklim D (sedang) Smith Ferguson. Setiap tahun direjuvenasi sebanyak 125 aksesi, masing-masing aksesi ditanam sebanyak 2 x 5 m panjang barisan, jarak tanam 150 cm antara barisan dan 25 cm di dalam barisan, disisakan satu tanaman per lubang (40 tanaman per aksesi).

Untuk mencegah terjadinya kontaminasi dari tepung sari yang tidak diinginkan (*pollen adulteration*) dilakukan penyerbukan sendiri secara terkendali, selama satu bulan, dimulai pada saat bunga pertama mekar. Setiap bunga kapas sebelum mekar diikat dengan benang (*selfing*), sehingga diperoleh sekurang-kurangnya 10 buah terpanen per pohon.

Panen untuk benih dilakukan hanya pada buah hasil penyerbukan yang terkontrol. Pemisahan biji dengan seratnya (*ginning*) menggunakan alat *roller-gin* untuk mencegah kerusakan dan kontaminasi biji. Pembersihan serat pendek yang masih menempel pada biji menggunakan asam sulfat (*acid-delinting*). Sampai dengan tahun 2011 jumlah benih yang tersimpan untuk masing-masing aksesi plasma nutfah bervariasi 40–8.925 gram.

5. Karakterisasi

Karakterisasi adalah deskripsi material genetik yang meliputi semua informasi yang berhubungan dengan suatu koleksi (aksesi) yang meliputi kegiatan untuk mendapatkan data sifat atau karakter morfologi agronomis (deskripsi morfologi dasar) dari aksesi plasma nutfah yang bertujuan untuk membedakan fenotipe dari setiap aksesi dengan cepat dan mudah, menduga berapa besar keragaman genetik, berapa jumlah aksesi yang sebenarnya atau mengurangi duplikasi.

Pengamatan yang dilakukan pada kegiatan karakterisasi menggunakan “*Cotton Descriptor List*” dari IBPGR, Roma (1985) yang telah dimodifikasi, meliputi: sifat-sifat botani, agronomi, pengujian mutu serat, dan ketahanan terhadap *Amrasca biguttula*. Sifat-sifat botani dilakukan pada tanaman umur 60 hari, ketahanan terhadap hama *A. biguttula* dilakukan pada umur 80 hari, sedangkan sifat-sifat agronomi dilakukan pada saat panen pertama dan pengujian mutu serat dilakukan setelah panen. Sampai tahun 2011 sifat-sifat morfologi sudah selesai dikarakterisasi sedangkan sifat-sifat serat, ketahanan terhadap *A. biguttula* dan analisa kandungan gosipol masih perlu dilengkapi. Variasi genetik plasma nutfah yang ada di Balittas disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi genetik plasma nutfah kapas dan jumlah aksesi

Variasi genetik	Jumlah aksesi
Tipe percabangan menyebar	289
Tipe percabangan kompak	533
Internode pada cabang buah pendek (<i>cluster</i>)	2
Bulu batang dan daun lebat (<i>hairy</i>)	170
Bulu batang dan daun jarang	216
Batang dan daun tidak berbulu (<i>glabrous</i>)	27
Warna batang dan daun merah	4
Bentuk daun normal (<i>normal-leaf</i>)	758
Bentuk daun menjari (<i>okra-leaf</i>)	59
Bentuk daun memutar (<i>twisted</i>)	7
Ada kelenjar nektar pada daun (<i>nectariness</i>)	805
Daun tidak mengandung nektar (<i>nectariless</i>)	47
Bentuk kelopak bunga lebar (<i>normal</i>)	827
Bentuk kelopak bunga memutar (<i>frego-bract</i>)	16
Warna mahkota bunga:	
Krem	793
Putih	4
Kuning muda	20
Kuning	19
Ungu	6
Bentuk (<i>spot</i>) pada mahkota bunga:	
Tidak ada spot	818
Spot tipis	8
Spot tebal	17
Warna tepung sari (<i>pollen</i>):	
Krem	745
Kuning	98
Ada kelenjar pada batang (<i>glanded</i>)	443
Tidak ada kelenjar pada batang (<i>glandless</i>)	7
Kandungan gosipol/tanin tinggi	15
Bentuk buah:	
Lonjong	547
Bulat	286
Segitiga	8
Cluster	2
Warna serat cokelat	3
Mutu serat tinggi	10
Ketahanan terhadap hama <i>A. biguttula</i> :	
Tinggi	40
Sedang	128
Rendah	675

6. Variasi Genetik Plasma Nutfah Kapas

6.1 Batang

6.1.1 Tipe percabangan. Susunan percabangan plasma nutfah kapas terbagi atas tiga tipe yaitu 34,4% adalah tipe percabangan menyebar (ruas batang dan ruas cabang panjang), 63,2% dengan tipe percabangan kompak (ruas batang dan ruas cabang pendek), dan 2,4% percabangan menyebar dan kompak (campuran). Aksesori yang percabangannya campuran ini kemungkinan berasal dari varietas hibrida.

6.1.2 Warna batang dan daun. Batang kapas sebagian besar berwarna hijau kemerahan (98,9%), hanya 9 aksesori yang batangnya berwarna merah (1,1%). Warna daun 99,5% hijau, dan 0,5% warna daun merah. Warna merah pada batang dan daun tanaman kapas disebabkan oleh adanya kandungan zat antosianin. Pigmentasi antosianin diekspresikan pada jaringan-jaringan daun dan pada dasar mahkota bunga yang biasanya terdapat pada kapas-kapas Asia.

6.2 Kandungan gosipol. Menurut Lukefahr dan Martin (1966 dalam Kartono 1991), bintik-bintik kelenjar gosipol yang nampak pada seluruh bagian tanaman kapas merupakan racun bagi serangga *Helicoverpa* spp. Jika buah kapas mengandung 0,2% gosipol, kematian larva mencapai 50% jika kandungan gosipol mencapai 1,2% (Lukefahr dan Houghtaling 1969; Schuter 1979 dalam Kartono 1991). Gosipol adalah senyawa polifenolik yaitu bineftil dialdehid yang sangat reaktif. Senyawa ini bersifat asam karena adanya gugus fenol dan mudah dioksidasi, sehingga berfungsi sebagai antioksidan (Tangendjaya 1987 dalam Kartono 1991). Hasil penelitian Kartono (1991), menunjukkan bahwa kandungan gosipol dari 182 aksesori plasma nutfah kapas pada kuncup sebesar 0,032–0,322%, pada buah 0,013–0,139%, dan pada biji 0,016–0,160%. Menurut Hillocks (1994), sifat kandungan gosipol tinggi, kelopak bunga berputar (*frego bract*), dan tidak adanya nektar (*nectariless*) dapat diwariskan untuk mengurangi penyakit busuk buah.

6.3 Umur tanaman. Kegenjahan dikendalikan oleh beberapa gen dengan tiap alel dikontrol oleh sepasang gen. Kegenjahan ditentukan oleh umur mulai tanaman membentuk kuncup bunga, umur berbunga, buah merekah, dan umur panen (Kohel dan Benedict 1987). Umur tanaman koleksi plasma nutfah kapas di Balittas bervariasi yaitu umur 50% tanaman mulai membentuk kuncup bunga (*square*) berkisar antara 35–135 hari, 50% tanaman berbunga pertama mekar umur 52–162 hari, dan 50% tanaman berbuah pertama merekah umur 101–182 hari. Untuk aksesori plasma nutfah yang umur berbuah lebih awal menunjukkan sifat lebih genjah yang digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

6.4 Daun

6.4.1 Bentuk daun. Bentuk lekukan daun kapas sangat bervariasi. Didalam aksesori plasma nutfah kapas terdapat enam bentuk daun yaitu 0,5% tidak berlekuk (*single leaf blade*);

90% normal (*hirsutum*); 7% menjari (okra); 1,4 normal (*barbadense*); 0,8% berputar (*twisted*); dan 0,3% tercampur antara bentuk normal, okra, dan *barbadense*. Yang umum ditemukan pada populasi *G. hirsutum* adalah bentuk lebar. Menurut Thomson (1994), sifat daun menjari (okra) dapat mengurangi deposit telur *H. armigera*. Selain itu karakter bentuk daun menjari juga dapat meningkatkan ketahanan terhadap *Pectinophora gossypiella* (Wilson dan George 1982), dan mengurangi serangan penyakit busuk buah (Jones 1982).

6.4.2 Kandungan nektar. Sebagian besar kapas memiliki kelenjar nektar (*nectarinness*) pada bunga dan daun. Ekspresi sifat tidak memiliki kelenjar nektar (*nectariless*) dikendalikan oleh gen resesif ne_1ne_2 (Holder *et al.* 1968 dalam Endrizzi *et al.* 1984). Gen mutan tersebut tidak resesif penuh dan segregasi dapat dijumpai pada lokus Ne_1 atau Ne_2 terutama pada persilangan antara kapas yang memiliki sifat *nectariless* dan *nectarinness*. Holder *et al.* (1968 dalam Endrizzi *et al.* 1984) juga menyatakan bahwa gen ne_1 dan ne_2 berturut-turut *linkage* dengan gen gl_2 . Dari hasil karakterisasi diketahui bahwa plasma nutfah kapas di Balittas 95,6% *nectarinness*, dan 4,4% *nectariless* (Tabel 2). Sifat *nectariless* berkorelasi dengan kemampuan untuk mengurangi serangan hama penggerek kuncup bunga dan buah, dan hama *P. gossypiella* (Wilson dan Wilson 1976).

6.4.3 Kerapatan bulu daun. Kerapatan bulu daun kapas sering digunakan oleh pemulia tanaman untuk mengendalikan serangan hama penusuk-pengisap. *A. biguttula* merupakan hama utama kapas di Indonesia yang sangat merugikan karena dapat menyerang tanaman kapas dimulai sejak tanaman masih muda hingga tanaman tua. Serangan terhebat terjadi jika kondisi lingkungan kering akibat kurang hujan. Hama ini menyerang tanaman dengan mengisap cairan daun, tanaman yang diserang daunnya menjadi keriting dan melengkung ke bawah, dan pada serangan yang berat daun berwarna merah-cokelat, kering, kemudian gugur.

Kerapatan bulu daun pada plasma nutfah kapas di Balittas bervariasi dari 0–587 trikoma per 25 mm². Kerapatan bulu daun diamati pada tanaman umur 60 hari pada daun ketiga yang telah membuka sempurna dari ujung/pucuk dan pada pengamatan dilakukan dengan menggunakan metode Robinson *et al.* (1980), yaitu pada lamina daun bagian bawah dibuat bujur sangkar seluas 5 mm x 5 mm, dihitung jumlah bulu daun (trikoma) di dalam bujur sangkar tersebut. Kategori jumlah trikoma per sentimeter persegi (cm²) yang diterapkan Bourland *et al.* (2003), adalah: <121 = tidak berbulu, 121–240 = sedikit berbulu, 241–360 = cukup berbulu, 361–480 = berbulu lebat, >480 = berbulu sangat lebat. Varietas-varietas kapas yang memiliki sifat-sifat tidak berbulu, dengan kandungan tanin dan *terpene* tinggi mampu mengurangi serangan hama *H. armigera* hingga 50% (Benedict *et al.* 1992).

6.4.4 Skor kerusakan daun oleh *Amrasca biguttula*. Resistensi kapas terhadap *A. biguttula* diukur dengan skor kerusakan daun menurut Bhamburkar (1984), yaitu kurang dari 0,4 bila tidak ada gejala (tahan); 0,5–1,4 bila pinggir daun menguning dan daun sedikit

keriting (rusak ringan); 1,5–2,4 bila daun menguning dan keriting (rusak sedang); 2,5–4,0 bila daun berwarna merah cokelat kemudian gugur (rusak berat). Kerentanan aksesi plasma nutfah di Balittas terhadap *A. biguttula* bervariasi, daun yang mengalami rusak berat 80%; rusak sedang 15,2%; rusak ringan 4,8%.

6.5 Bunga

6.5.1 Warna mahkota bunga. Warna mahkota bunga pada spesies *Gossypium* yang bergenom tetraploid dikendalikan oleh duplikasi gen Y_1 dan Y_2 (Hutchison dan Silow 1939 dalam Endrizzi *et al.* 1984). Mahkota bunga berwarna kuning biasa dijumpai pada *G. barbadense*, antara lain pada kapas Pima (Turcotte dan Feaster 1963 dalam Endrizzi *et al.* 1984). Mahkota bunga berwarna krem dijumpai pada kultivar *G. hirsutum*. Warna mahkota bunga plasma nutfah kapas di Balittas bervariasi: krem, putih, kuning muda, kuning, dan ungu. Pada Tabel 2 nampak sebagian besar (94%) aksesi kapas memiliki mahkota bunga warna krem; 0,5% berwarna putih; 2,4% kuning muda; 2,3% kuning; dan 0,8% ungu.

6.5.2 Pigmentasi pada dasar mahkota bunga. Pigmentasi antosianin diekspresikan pada jaringan-jaringan daun dan pada dasar mahkota bunga yang biasanya terdapat pada kapas Asia. Pada kapas *G. hirsutum* sifat warna merah dikendalikan oleh gen R_1 , R_2 , dan R_d . Sebagian besar plasma nutfah kapas di Balittas (97%) aksesi tidak memiliki pigmen pada dasar mahkota bunga; 0,97% pigmen merah muda tipis; dan 2,03% pigmen cokelat tebal (Tabel 2).

6.5.3 Warna tepung sari. Warna tepung sari pada kapas bervariasi dari krem sampai kuning tua. Harland (1929 dalam Endrizzi *et al.* 1984), menyatakan bahwa warna tepung sari dikendalikan oleh sepasang alel P dan p, warna kuning dominan terhadap krem. Hasil karakterisasi pada Tabel 2 menunjukkan warna tepung sari aksesi plasma nutfah adalah 88,4% krem dan 11,6% kuning.

6.5.4 Bentuk kelopak bunga. Bentuk, ukuran, dan lekukan kelopak bunga sangat bervariasi pada kapas tetraploid. Kelopak bunga yang ukurannya sempit dan berputar (*frego*) dikendalikan oleh gen *fg*, yang bersifat resesif (Green 1955 dalam Endrizzi *et al.* 1984). Sebagian besar aksesi plasma nutfah kapas di Balittas, kelopak bunganya normal (99%) dan 1% sempit dan berputar (*frego*) (Tabel 2).

6.6 Buah

Bentuk buah aksesi plasma nutfah kapas di Balittas bervariasi yaitu 65% bentuk buah lonjong, 34% bentuk bulat, dan 1% bentuk segi tiga (*conical*). Jumlah ruang buah (*locules*) yaitu 97% buah memiliki 4–5 ruang, 2% memiliki 3 ruang buah, dan 1% campuran.

6.7 Mutu serat

Analisa mutu serat dilakukan di PT Natatex, Bandung. Kriteria mutu serat yang digunakan oleh PT Nusafarm Intiland Corp adalah: Panjang serat: <0,99 inci = pendek; 0,99–1,11 inci = sedang; 1,11–1,26 inci = panjang; >1,26 inci = sangat panjang. Kekuatan serat (Pressley): <17 g/tex = sangat rendah; 18–21 g/tex = rendah; 22–25 g/tex = sedang; 26–29 g/tex = tinggi; >30 g/tex = sangat tinggi. Mulur: <5,0% = sangat rendah; 5,0–5,8% = rendah; 5,9–6,7% = sedang; 6,8–7,6% = tinggi; >7,6% = sangat tinggi. Keseragaman serat: <77% = sangat rendah; 77–79% = rendah; 80–82% = sedang; 83–85% = tinggi, >85 = sangat tinggi (Grades & Varieties of US Cotton Official Standards of the US).

Mutu serat plasma nutfah kapas di Balittas bervariasi, panjang serat antara 0,77–1,70 inci; kehalusan serat 2,50–7,9 mikroner; kekuatan serat 16,5–54,9 g/tex; mulur serat 4,6–10,6%; dan keseragaman serat 43,8–95,6%. Plasma nutfah yang ada mutu seratnya lebih 80 persen memenuhi standar yang ditetapkan industri tekstil.

7. Evaluasi

7.1 Evaluasi ketahanan terhadap penyakit

Evaluasi ketahanan *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, dan *Fusarium* telah dilakukan di laboratorium Balittas terhadap 50 aksesori. Hasilnya semua varietas yang diuji rentan terhadap *S. rolfsii* dan *R. solani*, tetapi 90% tahan, 6% moderat, dan 4% rentan terhadap *Fusarium*.

7.2 Evaluasi ketahanan terhadap hama *A. biguttula*

Pengujian di lapangan terhadap *A. biguttula*, 50 aksesori menunjukkan 3% tahan, 32% agak tahan, 58% peka, dan 6% sangat peka (Tabel lampiran).

7.3 Evaluasi ketahanan terhadap kekeringan dan umur genjah

Hasil pengujian diperoleh 7 varietas kapas tahan kekeringan dan 27 varietas umur genjah (Tabel lampiran).

8. Dokumentasi

Hasil kegiatan karakterisasi plasma nutfah kapas telah didokumentasikan 600 aksesori dalam program Microsoft Access versi KNP 2004 dengan 49 karakter tiap-tiap aksesori. Karakter yang didokumentasi antara lain morfologi batang, daun, bunga, dan buah.

PENUTUP

Koleksi plasma nutfah kapas sampai saat ini sebanyak 843 aksesori yang terdiri atas empat spesies antara lain: *Gossypium hirsutum* sebanyak 821 aksesori, *G. barbadense* sebanyak 16 aksesori, *G. arboreum* sebanyak 3 aksesori, dan *G. herbaceum* sebanyak 3 aksesori. Se-

mua benih tersimpan di *cold storage* untuk jangka panjang dan di *seed storage* untuk jangka menengah. Untuk melindungi kelestarian genetik serta memelihara keragaman perlu dilakukan pengelolaan plasma nutfah dengan baik meliputi: eksplorasi, pencatatan plasma nutfah (registrasi), penyimpanan benih, monitoring, rejuvenasi, karakterisasi, evaluasi, dan dokumentasi.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1983. Bertanam Kapas. Kanesisus, Yogyakarta. 80 hlm.
- Benedict, J.H. Altman, F.P. Umbeck & D.R. Ring. 1992. Behavior, growth, survival, and plant injury by *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic Bt. Cottons. *Journal of Econ. Entomol.* 85:499–503.
- Bhamburkar, M.W. 1984. Host plant resistance; comparative susceptibility of some promising cotton germ-plasms to jassids and bollworms under field conditions. Central Institute for Cotton Research, Nagpur, India. 6 pp.
- Bourland, F.M., J.M. Hornbeck, A.B. McFall & S.D. Calhoun. 2003. A rating system for leaf pubescence of cotton. *The Journal of Cotton Science* 7:8–15.
- IBPGR. 1985. "Cotton Descriptor List". Rome.
- Ditjenbun. 1977. Varietas dan Sifat-Sifat Serta Kualitas Kapas di Indonesia. Direktorat Jenderal Perkebunan, Departemen Pertanian. 38 hlm.
- Endrizzi, J.E., E.L. Turcotte & R.J. Kohel. 1984. Qualitative genetics, cytology, and cytogenetics. In R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.). *Cotton. Agron. Series No. 24.* ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 81–129.
- Hanson, J. 1985. Procedures for Handling Seed in Gene-Banks. IBPGR, Rome.
- Hillocks, R.J. 1994. Fungal disease of the boll. pp. 1–37. In R.J. Hillocks (ed.) *Cotton Diseases.* CAB International, Wallingford.
- Jones, J.E. 1982. The present state of the art and science of cotton breeding for leaf morphological types. *Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf.* pp. 93–99.
- Kartono, G. 1991. Peranan gopipol dalam ketahanan kapas terhadap *Helicoverpa armigera* (Hubner) Hardwick (Lepidoptera: Noctuide). Disertasi. Univ. Gajah Mada, Yogyakarta.
- Kohel, R.J. & C.R. Benedict. 1987. Growth analysis of cotton with differing maturities. Published in *Agron. J.* 70:31–34.
- Robinson, S.H., D.A. Wolfenbarger & R.D. Dilday. 1980. Antixenosis of smooth leaf cotton to the ovipositions response of tobacco budworm. *Crop Sci.* 20:646–649.
- Stalker, H.T. & C. Chapman. 1989. Scientific Management of Germplasm: Characterization, Evaluation, and Enhancemet. Department of Crop Science, NC State Univ. and IBPGR, Rome.
- Sulistyo & M. Agnes. 1991. Kapas. Kajian Sosial Ekonomi. Aditya Media, Yogyakarta. hlm. 9–47.
- Thomson, N.J. 1994. Commercial utilization of the okra leaf mutant of cotton-the Australian experience. p. 393–401. In G.A. Constable & N.W. Forrester (eds.) *Challenging the Future: Proc. of the World Cotton Research Conference-1.* CSIRO, Melbourne.
- Wilson, R.L. & F.D. Wilson. 1976. Nectariless and glabrous cotton. Effect on pink boll-worm in Arizona. *J. Econ. Entomol.* 69:623–624.
- Wilson, F.D. & D.W. George. 1982. Effect of okra-leaf, frego brach, and smooth-leaf mutants on pink boll-worm damage and agronomic properties of cotton. *Crop Sci.* 22:798–801.

Tabel lampiran. Pengujian varietas tahan kekeringan, umur genjah, dan ketahanan terhadap *A. biguttula*

No. aksesori	Varietas	Uji kekeringan dan umur genjah	Uji ketahanan <i>A. biguttula</i>			
			Tahan	Agak tahan	Peka	Sangat peka
KI 5	STONEVILLE 825					√
KI 23	DELTAPINE ACALA 90				√	
KI 28	SK 32		√			
KI 29	BJA 592				√	
KI 31	HG-9				√	
KI 34	152-F				√	
KI 37	HL 1				√	
KI 43	SATU 65			√		
KI 47	LAXMI		√			
KI 48	LASANI 11			√		
KI 55	SK 14		√			
KI 58	AC 134			√		
KI 76	619-998XLGS-10-77-3-1				√	
KI 77	NMG 1222				√	
KI 79	M35-2-6XRGL				√	
KI 83	731NX1656-12-76-2				√	
KI 95	619-998X541-2-3-77-2-2				√	
KI 96	HG P-6-3				√	
KI 97	7042-5W-79N					√
KI 98	M35-14-3 D11				√	
KI 105	L57x1124-81-411				√	
KI 106	NMG 1203				√	
KI 113	TAM-3 T-111				√	
KI 118	HG10X1209-619-9-76				√	
KI 119	1073-16-6X491L-619-44-77					√
KI 122	NC-177-16-C2				√	
KI 125	M35-5-2				√	
KI 126	M35-143XEGL				√	
KI 131	M35-5-8					√
KI 132	NMG 1301				√	
KI 137	REBA HK 10				√	
KI 140	REBA B50A				√	

Tabel lampiran. Pengujian varietas tahan kekeringan, umur genjah, dan ketahanan terhadap *A. biguttula* (lanjutan)

No akses	Varietas	Uji kekeringan dan umur genjah	Uji ketahanan <i>A. biguttula</i>			
			Tahan	Agak tahan	Peka	Sangat peka
KI 141	REBA 2278				√	
KI 153	ACALA MESSILA VALLEY				√	
KI 168	REBA BTK 12				√	
KI 187	STONEVILLE 7			√		
KI 189	SR1-F4-71			√		
KI 192	F 280 GLANDLESS				√	
KI 200	L4XREX/1				√	
KI 213	DELTA QUEEN			√		
KI 220	COMPINAS 81/4				√	
KI 228	HL 1			√		
KI 237	KAPAS MESIR				√	
KI 240	PIMA				√	
KI 243	TAMCOT SP-37					√
KI 246	76077-8301-2			√		
KI 261	A/39 HG-9				√	
KI 289	GIZA 45				√	
KI 320	LRA 5166				√	
KI 323	H6			√		
KI 339	ISA 205 A			√		
KI 340	QUEBRACHO					
KI 341	ISA 205 B			√		
KI 415	SU 28			√		
KI 423	G.COT.10			√		
KI 424	G.COT.100				√	
KI 437	KANESIA 2			√		
KI 443	DZA-71-39				√	
KI 444	DZA-72-M			√		
KI 446	DZA-74-M				√	
KI 447	ALA-72-10				√	
KI 452	SAMARU 70			√		
KI 453	SAMARU 71				√	
KI 454	BOU 81				√	
KI 462	CHILALA 85				√	

Tabel lampiran. Pengujian varietas tahan kekeringan, umur genjah, dan ketahanan terhadap *A. biguttula* (lanjutan)

No akses	Varietas	Uji kekeringan dan umur genjah	Uji ketahanan <i>A. biguttula</i>			
			Tahan	Agak tahan	Peka	Sangat peka
KI 471	Kanesia 5			√		
KI 472	Kanesia 6					√
KI 476	9444			√		
KI 477	9445			√		
KI 547	CA-222					√
KI 565	NF-62			√		
KI 610	NH 8 Hyb					√
KI 612	Kham Khao 1			√		
KI 613	Fai Nai			√		
KI 623	NF-BT-3					√
KI 624	MA-IA					√
KI 628	SHR					√
KI 637	Kanesia 7					√
KI 639	NH 4			√		
KI 644	CRD I 1			√		
KI 645	Nu Cotn 35 B					√
KI 646	L 18			√		
KI 647	GM 5U/4/2					
KI 656	HSC 200 203					√
KI 660	CHINA COTTON 660=KI.672					√
KI 661	CHINA COTTON 661=KI.673			√		
KI 664	MCLS-6			√		
KI 670	UPLC-2					√
KI 674	NIAB (3)			√	√	
KI 675	PJS I (1)				√	
KI 676	PSJ II (2)				√	
KI 677	Kanesia 8			√		
KI 678	Kanesia 9			√		
KI 694	GL-K (320x359)(339x448)/8	√				
KI 695	GL-K (135X182)(351X268)/2	√				
KI 696	GL-K (135X182)(351X268)/3	√				
KI 697	Kanesia 14					
KI 698	GL-K (135X182)(351X268)/10	√				

Tabel lampiran. Pengujian varietas tahan kekeringan, umur genjah, dan ketahanan terhadap *A. biguttula* (lanjutan)

No Akses	Varietas	Uji kekeringan dan umur genjah	Uji ketahanan <i>A. biguttula</i>			
			Tahan	Agak tahan	Peka	Sangat peka
KI 699	GL-K (351X268)	√				
KI 700	Kanesia 15					
KI 701	GL-K (351X182)/8	√				
KI 702	GL-K (351X182)/10	√				
KI 711	GIZA 90				√	
KI 782	9787A L 87 LAX/6/1 (F6)	√				
KI 783	9787A L 87 LAX/7/3 (F6)	√				
KI 784	9787A L 87 LAX/8/4 (F6)	√				
KI 785	97121A L 121 LAX/1/1 (F6)	√				
KI 786	97121A L 121 LAX/3/1 (F6)	√				
KI 787	9737A L T 37 LAX/3/3 (F6)	√				
KI 788	9740A L T 40 LAX/2/1 (F6)	√				
KI 789	96T37 LAX/7 (F6)	√				
KI 790	96121 LAX/2 (F6)	√				
KI 791	97T 37 LAX/5 (F6)	√				
KI 792	9687 L /3 (F6)	√				
KI 793	97121 A L 121 LAX/1/2 (F6)	√				
KI 794	9787 L 8774/5/2 (F6)	√				
KI 795	9787 A L 8774/5/3 (F6)	√				
KI 796	97T37 A L 37 LAX/2/1 (F6)	√				
KI 797	97T37 A L 37 LAX/2/1 (F6)	√				
KI 798	9740 A L 40 LAX/3/2 (F6)	√				
KI 799	9787 AL/2 (F6)	√				
KI 800	9787 L/2 (F6)	√				
KI 801	97T37 LAX/6 (F6)	√				
KI 802	92130 T 37/2/4 (F6)	√				
KI 803	9240 L/3/1	√				
KI 804	92121 T 37/2/5	√				
KI 805	9240 L/1/2	√				
KI 806	9240 L/1/3	√				
KI 807	91121 L/19/1	√				
KI 808	91121 L/53/6	√				

PEMULIAAN DAN VARIETAS UNGGUL KAPAS

Emy Sulistyowati^{*)}

PENDAHULUAN

Kapas, *Gossypium* sp., merupakan salah satu tanaman penghasil serat yang digunakan sebagai bahan baku industri pemintalan. Serat kapas memiliki peranan yang sangat penting dalam industri tekstil dan produk tekstil (TPT) nasional. Industri TPT di dalam negeri berkembang sangat pesat dan termasuk dalam kelompok lima besar negara-negara penghasil tekstil dunia. Selain mampu menyerap tenaga kerja mencapai 1,7 juta orang, belum termasuk tenaga kerja yang diserap dalam sektor pertanian dan perdagangan, industri TPT menghasilkan volume ekspor yang cukup tinggi bahkan pada triwulan I 2010 mencapai US\$2,568 miliar.

Pada 2004 sektor industri TPT membutuhkan bahan baku berupa serat buatan dan serat alam antara lain kapas mencapai 1,2 juta ton yang meningkat menjadi 1,6 juta ton pada 2010. Kebutuhan akan serat kapas khususnya pada 2004 berkisar 510 ribu ton yang diprediksi meningkat menjadi 688 ribu ton pada 2010. Akan tetapi sampai saat ini produksi kapas dalam negeri hanya berkisar 1.600–2.500 ribu ton atau kurang dari 0,5% kebutuhan nasional (Sulistyowati dan Sahid 2007). Dengan adanya kesenjangan antara kebutuhan dan pasokan serat kapas dalam negeri, maka ketergantungan akan serat kapas impor semakin meningkat berkisar 454–762 ribu ton. Untuk menekan impor serat, maka harus dilakukan intensifikasi dan ekstensifikasi pengembangan kapas. Salah satu aspek intensifikasi yang penting adalah penggunaan varietas unggul kapas. Dalam program tersebut di atas, perbaikan secara simultan telah dicapai meliputi perbaikan produktivitas, ketahanan terhadap hama, dan mutu serat.

TEKNIK PEMULIAAN KAPAS

Pemuliaan kapas di Indonesia telah dimulai sejak tahun 1983 menggunakan materi genetik yang dikumpulkan dari Amerika Serikat. Pelaksanaan perbaikan varietas kapas dilakukan dengan menggunakan metode pemuliaan konvensional dan transgenik (bioteknologi). Pemilihan metode pemuliaan didasarkan pada tujuan pemuliaan yang ingin dicapai, dan ketersediaan gen penyandi sifat yang diinginkan.

^{*)} Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

1. Metode Pemuliaan Kapas Konvensional

Sampai dengan tahun 2011 telah dilepas 15 varietas unggul seri KANESIA (Kanesia 1–Kanesia 15), dan dua varietas introduksi (LRA 5166 dan ISA 205 A). Secara umum, metode pemuliaan yang dapat diaplikasikan untuk perbaikan tanaman kapas disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pendekatan pemuliaan untuk perbaikan varietas kapas*

No.	Pendekatan pemuliaan	Hasil perbaikan varietas yang diharapkan
A. Metode umum		
1.	Introduksi varietas	Varietas eksotik atau varietas baru
2.	Seleksi galur murni	Varietas galur murni yang homozigot dan homogenous
3.	Seleksi massa	Varietas homozigot tetapi heterogenous
4.	Metode pedigree/bulk	Varietas baru yang homozigot dan homogenous
5.	Metode silang balik	Varietas baru yang memiliki karakter identik dengan tetua 'recurrent' kecuali untuk karakter yang ditransfer.
6.	Persilangan ganda	Varietas baru yang homozigot tetapi heterogenous
B. Metode khusus		
7.	Pemuliaan heterosis	Varietas hibrida yang heterozigot tetapi homogenous
8.	Pemuliaan mutasi	Varietas mutan baru
9.	Hibridisasi interspesifik	Varietas hibrida interspesifik atau perbaikan populasi
10.	Bioteknologi	Varietas transgenik

* Disarikan dari Singh (2004).

Adapun metode pemuliaan yang telah ditempuh dalam perakitan varietas unggul kapas nasional adalah sebagai berikut:

Seleksi Galur Murni

Varietas kapas yang telah lama digunakan dalam program pengembangan kapas rakyat akan mengalami fase degenerasi genetik, yang berakibat pada menurunnya kemurnian genetik suatu varietas sebagai akibat terjadinya persilangan secara natural, mutasi, ataupun percampuran mekanis (Singh 2004). Hal ini mengakibatkan menurunnya potensi genetik varietas tersebut. Untuk mengatasinya, maka dilakukan seleksi galur murni atau penggaluran. Proses seleksi diawali dengan seleksi individu, yang dilanjutkan dengan proses seleksi galur pada musim-musim berikutnya dan pengujian di beberapa lokasi. Adapun bagan perakitan varietas sebagaimana disajikan dalam Gambar 1.

Proses seleksi galur murni telah ditempuh dalam proses perakitan varietas Kanesia 1 yang berasal dari populasi Reba BTK 12, dan varietas Kanesia 2 yang berasal dari populasi Tak Fa 1. Varietas Reba BTK 12 dan Tak Fa 1 setelah beberapa tahun digunakan dalam program pengembangan kapas mengalami penurunan potensi produktivitas dan ketahanan terhadap hama pengisap, *Amrasca biguttula*. Seleksi individu dan galur, serta uji multilokasi dilakukan sejak tahun 1985 menghasilkan dua galur unggul Reba BTK 12/28 (hasil seleksi individu nomor 28) dan Tak Fa 1/111 (hasil seleksi individu nomor 111)

1. Silang tunggal: persilangan antara dua varietas/genotipe dan diberi kode A/B atau AxB.
2. Silang ganda: persilangan antara dua F1 yang berbeda dan biasanya diberi kode AB/CD atau (AxB) x (CxD).
3. Silang puncak: persilangan antara F1 dengan varietas lain, yang diberi kode AB/C atau (AxB)xC.
4. Silang balik: persilangan F1 dengan salah satu tetuanya, dan diberi kode (AxB)xA atau (AxB)xB.

Jenis-jenis persilangan yang telah ditempuh selama proses perakitan varietas unggul kapas nasional adalah persilangan tunggal, persilangan ganda, dan silang balik.

a. Persilangan Tunggal (*Single Cross*)

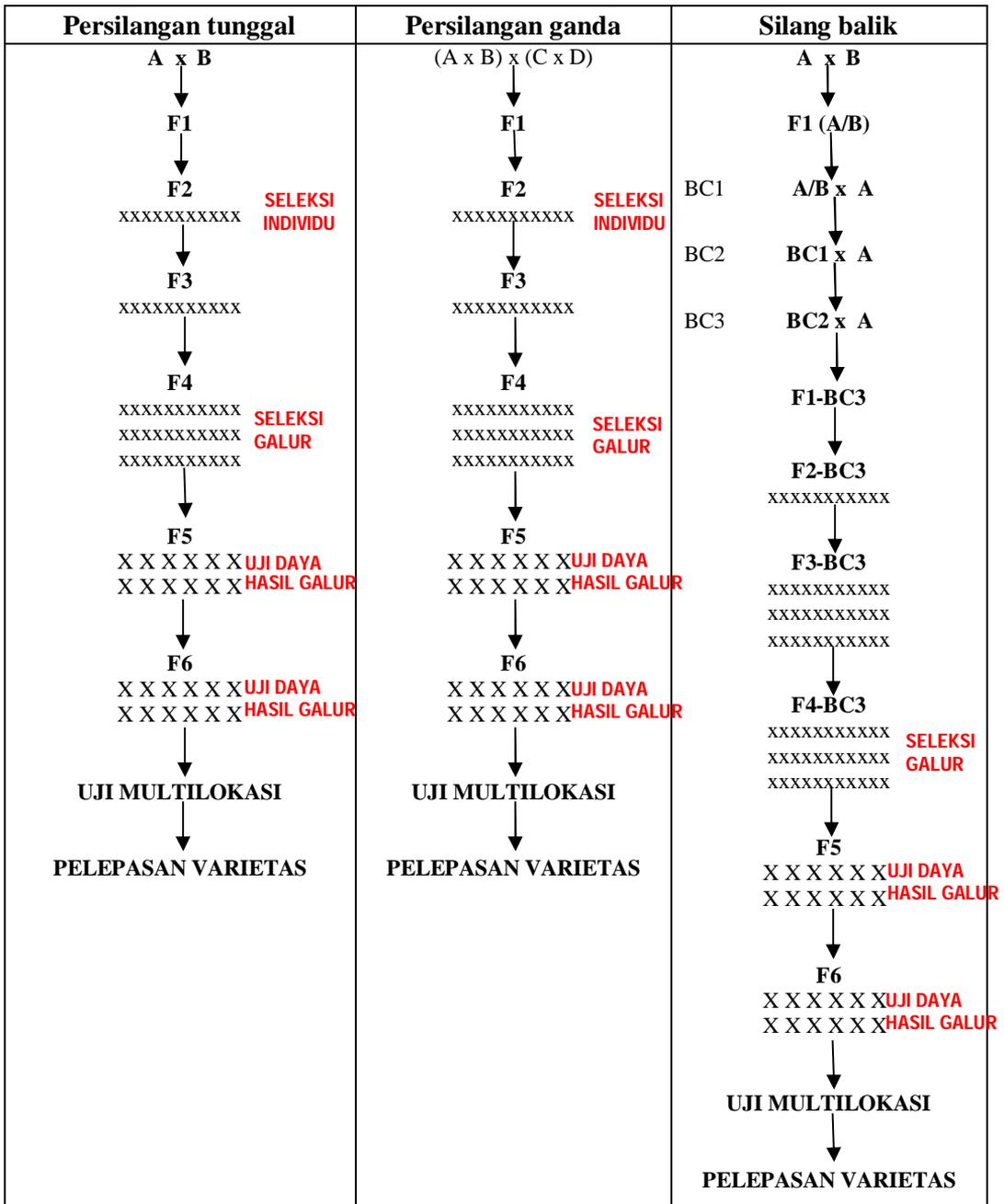
Persilangan tunggal telah dilakukan dalam perakitan varietas Kanesia 4–13, dan Kanesia 15. Setelah proses persilangan antara kedua tetua masing-masing varietas maka diperoleh generasi F1 yang seragam. F1 akan menghasilkan F2, dan perbanyakkan tanaman generasi hasil persilangan dilanjutkan sampai dihasilkan F8 atau F9. Pada generasi F2 atau F3 dilakukan proses seleksi menggunakan metode pedigree untuk memilih individu-individu tanaman yang sesuai dengan tujuan perbaikan varietas. Galur-galur generasi F4 dan F5 hasil seleksi individu dihadapkan pada seleksi galur untuk memilih galur-galur yang telah seragam dengan penampilan sesuai dengan tujuan pemuliaan. Galur-galur F6 yang tersaring selanjutnya diuji daya hasilnya, dan galur-galur F7–F9 terpilih diuji multi-lokasi untuk mengetahui potensi produksi, daya adaptasi, dan keunggulan spesifik galur yang diuji pada setiap daerah pengujian (Gambar 2).

b. Persilangan Ganda (*Double Cross*)

Persilangan ganda telah dilakukan dalam proses perakitan Kanesia 14. Persilangan antara dua F1 dilakukan untuk memperoleh F1 hasil silang ganda. Adapun proses seleksi selanjutnya dilakukan sebagaimana yang diuraikan pada proses perakitan secara persilangan tunggal (Gambar 2).

c. Silang Balik (*Back Cross*)

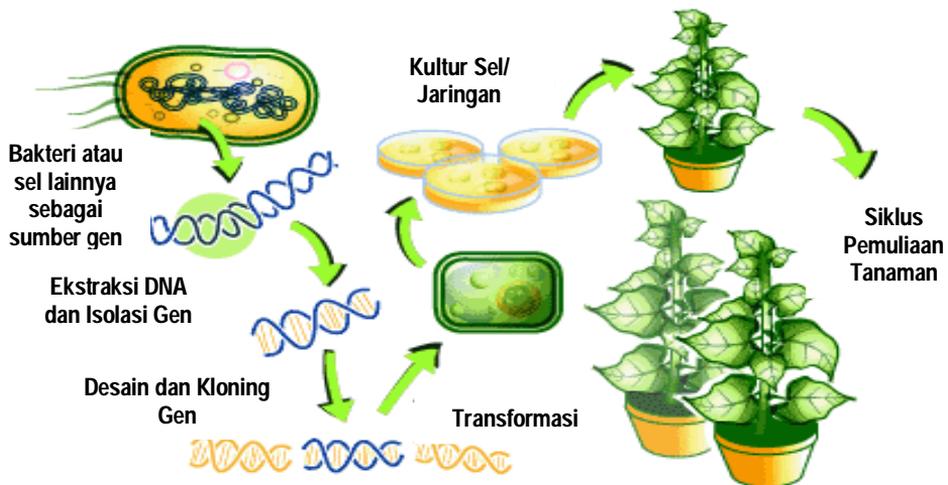
Silang balik dilakukan untuk meningkatkan dosis gen penyandi suatu karakter yang disandi oleh salah satu tetua. Silang balik dilakukan antara F1 dengan salah satu tetua jantan atau tetua betina. Persilangan dengan teknik silang balik dilakukan pada perakitan varietas Kanesia 3. Setelah beberapa proses silang balik dan dihasilkan galur-galur BC (1–3), maka proses seleksi selanjutnya dilakukan sebagaimana yang diuraikan pada proses perakitan secara persilangan tunggal (Gambar 2).



Gambar 2. Bagan beberapa jenis persilangan yang telah diaplikasikan dalam perakitan varietas kapas nasional

2. Metode Pemuliaan Kapas dengan Pendekatan Transgenik

Kapas transgenik adalah kapas yang disisipi oleh gen dari organisme lain (*transgene*) dalam genomnya yang bertujuan untuk meningkatkan atau memunculkan suatu sifat tertentu. Saat ini varietas kapas transgenik yang telah berkembang secara komersial adalah kapas transgenik BT yang mampu menghasilkan toksin δ -endotoksin yang beracun bagi herbivora dari kelompok Lepidoptera karena mengandung gen *Cry* dari bakteri tanah *Bacillus thuringiensis* (BT), dan kapas transgenik tahan herbisida. Selain varietas-varietas kapas transgenik yang telah berkembang secara komersial tersebut di atas, masih banyak *transgene* lain yang telah dipergunakan oleh para bioteknolog untuk meningkatkan ketahanan kapas terhadap penyakit yang disebabkan oleh virus kering kerupuk (*Cotton leaf curl virus*), kekeringan, salinitas, dan temperatur tinggi ataupun rendah. Selain itu juga untuk meningkatkan produksi melalui peningkatan efisiensi fotosintesa dan perbaikan mutu serat. Dengan kemajuan dalam bidang bioteknologi, telah siap varietas-varietas kapas transgenik yang mengekspresikan beberapa *transgene* sekaligus. Gambar 3 menyajikan proses perakitan varietas kapas transgenik.



Gambar 3. Proses perakitan varietas kapas transgenik dengan mengintroduksi suatu gen tertentu berasal dari organisme lain ke dalam genom kapas

Dalam Gambar 3 tersebut di atas dapat ditunjukkan bahwa perakitan varietas kapas transgenik berawal dari isolasi gen dari sumber gen yang diharapkan untuk dikloning. Gen yang telah dikloning digunakan untuk mentransformasi jaringan atau sel-sel kapas, yang kemudian melalui proses kultur sel atau jaringan akan menjadi individu tanaman ka-

pas transgenik. Selanjutnya individu atau galur kapas transgenik harus melalui proses pemuliaan sebagaimana diterangkan dalam proses persilangan atau hibridisasi.

3. Fokus dan Arah Perbaikan Varietas Kapas Nasional

Program perbaikan varietas kapas difokuskan pada upaya peningkatan potensi produksi dan mutu serat kapas. Peningkatan potensi produksi antara lain ditempuh dengan memperbaiki ketahanan terhadap hama dan penyakit utama, cekaman kekeringan, dan kesesuaian terhadap kompetisi dengan tanaman pangan pada pola tumpang sari. Sedangkan perbaikan mutu serat ditempuh dengan cara memperbaiki karakter-karakter serat, terutama panjang dan kekuatan serat, serta warna serat.

Perbaikan Ketahanan terhadap Hama dan Penyakit Utama

Budi daya kapas menghadapi kompleks hama yang mampu menurunkan produksi cukup signifikan, dimana kehilangan hasil bisa mencapai 90% (Soebandrijo *et al.* 1994). Permasalahan yang dihadapi petani untuk meningkatkan hasil kapas berbiji utamanya adalah gangguan hama, antara lain *Amrasca biguttula*, *Helicoverpa armigera*, *Pectinophora gossypiella*, dan *Earias vittella* (Nurindah 2002). Sebaliknya, serangan penyakit belum menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan. Penyakit-penyakit yang sering ditemukan dan menimbulkan kerugian pada pertanaman kapas adalah: penyakit bibit yang disebabkan oleh *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *R. solani* Kühn., *S. rolfsii*. Penyakit kecambah yang disebabkan oleh berbagai patogen, terutama *S. rolfsii* dan *R. solani* ditemukan di hampir semua pertanaman kapas (Ibrahim *et al.* 1997). Singh (2004) telah menyarikan daftar karakter-karakter yang berkaitan dengan ketahanan terhadap hama dan penyakit yang disajikan dalam Tabel 2.

Dalam perakitan varietas kapas tahan hama *A. biguttula*, maka karakter panjang dan kerapatan bulu pada bagian permukaan bawah daun telah dimanfaatkan. Dengan adanya bulu yang panjang dan rapat, maka akan diperoleh ketahanan fisik tanaman kapas terhadap *A. biguttula*. Hama pengisap daun *A. biguttula* atau yang dikenal dengan wereng kapas adalah salah satu hama utama kapas pengisap cairan sel daun kapas yang menyerang sejak tanaman mulai tumbuh daun sampai menjelang panen. Serangan yang lebih parah menyebabkan seluruh daun mengeriting berwarna cokelat kemerahan seperti terbakar, sehingga berakibat proses fotosintesis terhambat, dan tanaman mengalami defoliiasi dan akhirnya pertumbuhan akan terhenti (Matthews 1994; Uthamasamy 1994). Menurut Syed *et al.* (2003) bahwa kerapatan bulu di permukaan daun merupakan salah satu karakter morfologi yang erat kaitannya dengan ketahanan tanaman dan tingkat infestasi *A. biguttula*, karena bulu daun lebat dan panjang akan menghalangi alat mulut (*stylet*) hama wereng untuk mengisap cairan daun kapas. Gen pengendali sifat ketahanan hama diekspresikan dengan kelebatan bulu yang pada tanaman kapas dikendalikan oleh gen H₁ (Endrizzi *et al.* 1984; Singh 2004). Selanjutnya menurut Endrizzi *et al.* (1984) bahwa masih ada se-

rangkaian gen-gen yang mengendalikan karakter bulu pada tanaman kapas seperti gen H₂ mengendalikan kerapatan daun berbulu pendek, gen H₃ mengendalikan bulu pada batang, gen H₄ mengendalikan bulu di permukaan bawah daun, dan gen H₅ mengendalikan panjang bulu daun. Selain itu masih ada satu seri gen-gen yang mengurangi kelebatan bulu daun yaitu gen Sm₁, Sm₂, dan Sm₃. Peran gen yang telah diketahui dapat digunakan untuk menentukan metode seleksi yang tepat.

Tabel 2. Keterkaitan karakter-karakter pada kapas dengan ketahanan terhadap hama dan penyakit

Jenis ketahanan	Jenis hama/penyakit	Karakter tanaman kapas
A. Ketahanan terhadap hama		
1. Ketahanan fisik terhadap hama dengan mekanisme non-preferensi	1. Wereng kapas (<i>A. biguttula</i>).	Kelebatan bulu pada bagian bawah daun, dan daun yang tidak sukulen.
	2. Penggerek buah (<i>H. armigera</i> dan <i>P. gossypiella</i>).	Daun tidak berbulu, <i>nectariless</i> , tangkai buah panjang, kulit buah yang tebal dan keras, dan bentuk daun okra.
2. Ketahanan terhadap hama secara antibiosis	1. Wereng kapas (<i>A. biguttula</i>).	Kandungan tanin tinggi pada daun.
	2. Penggerek buah (<i>H. armigera</i> dan <i>P. gossypiella</i>).	Kandungan gosipol, zat-zat <i>phenotic</i> , dan tanin, serta kandungan gula rendah pada tepung sari.
3. Ketahanan terhadap hama secara genetik	1. Wereng kapas (<i>A. biguttula</i>).	Gen-gen H ₁ , H ₂ , dan H ₆ (Kelebatan bulu pada bagian bawah daun).
	2. Penggerek buah (<i>H. armigera</i> dan <i>P. gossypiella</i>).	Gen-gen Sm ₁ , Sm ₂ , dan Sm ₃ (daun tidak berbulu), Gl ₂ dan Gl ₃ (kandungan gosipol), ne ₁ dan ne ₂ (<i>nectariless</i>), serta L ₁ dan L ₂ (bentuk daun okra).
B. Ketahanan terhadap penyakit		
1. Ketahanan fisik terhadap penyakit	1. Layu bibit (<i>Rhizoctonia</i> dan <i>Fusarium</i>).	Kandungan terpenoid tinggi pada hipokotil, dan sekresi gosipol tinggi pada akar.
	2. Busuk buah.	Kelopak buah <i>frego</i> , bentuk daun okra/super okra.

Untuk perbaikan ketahanan kapas terhadap hama penggerek buah *H. armigera* dan *P. gossypiella*, maka karakter tanaman yang telah dimanfaatkan adalah kandungan gosipol tinggi, ketiadaan kelenjar nektar pada bagian bawah daun (*nectariless*), dan bentuk kelopak buah melintir atau *frego bract*. Peningkatan kandungan gosipol telah ditempuh pada perakitan varietas Kanesia 3 melalui proses persilangan balik tiga kali sumber gen gosipol tinggi HG P-6-3 dengan reba BTK 12. Sedangkan pemanfaatan karakter *nectariless* dan *frego bract* belum menghasilkan varietas unggul nasional. Khusus untuk ketahanan kapas terhadap hama penggerek buah terutama yang merupakan kelompok Lepidoptera, maka telah berhasil direkayasa kapas transgenik dengan mengintroduksi gen *Cry* penyandi sifat produksi delta endotoksin yang berasal dari bakteri tanah *Bacillus thuringiensis* (BT).

Arah perbaikan ketahanan varietas kapas terhadap penyakit belum mendapatkan perhatian di Indonesia, karena masalah serangan penyakit belum menjadi penyebab merosotnya produksi kapas nasional. Untuk mengatasi serangan penyakit pada fase kecambah, dilakukan upaya perlakuan benih dengan fungisida yaitu Dithane M 45 dengan dosis 2 g per kilogram benih. Sedangkan untuk mengatasi serangan penyakit busuk buah, telah dilakukan upaya untuk memodifikasi arsitektur kanopi yaitu dengan memanfaatkan karakter daun okra. Dengan varietas kapas berdaun okra, maka intersepsi cahaya matahari akan meningkat sehingga kelembapan pertanaman dapat ditekan dan serangan penyakit busuk buah dapat berkurang. Sampai saat ini telah diperoleh galur-galur harapan berdaun okra, akan tetapi belum ada varietas unggul nasional berdaun okra yang telah dilepas.

Dalam koleksi sumber daya genetik kapas, terdapat sekelompok aksesori yang memiliki ketahanan beraneka yang dikenal dengan *Multi Adversity Resistance* (MAR). Sumber daya genetik dari kelompok MAR ini merupakan materi untuk mengembangkan varietas baru kapas yang memiliki ketahanan terhadap hama, penyakit, dan kekeringan yang bersumber dari koleksi sumber daya genetik kapas di Texas A&M, Amerika Serikat (El-Zik dan Thaxton 1989; El-Zik 1993).

Perbaikan Ketahanan terhadap Cekaman Kekeringan

Ketahanan kapas terhadap kekeringan merupakan karakter yang penting mengingat areal pengembangan kapas didominasi oleh lahan kering pada areal-areal yang beriklim erratik. Mekanisme ketahanan tanaman terhadap kekeringan dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu '*drought escape*' atau lolos dari kekeringan, '*dehydration postponement*' atau penundaan terhadap proses dehidrasi, dan '*dehydration tolerance*' atau toleransi terhadap proses dehidrasi (Turner 2003). Pada saat terjadi kekeringan, maka perubahan metabolisme dalam akar tanaman akan menghasilkan signal-signal biokimia kepada tunas-tunas yang ada dan secara otomatis akan terjadi penurunan kecepatan tumbuh, penurunan konduksi stomata, fotosintesis, dan tekanan osmotik dalam tanaman (Bressan 1998). Ketahanan terhadap kekeringan pada kapas berasosiasi dengan beberapa karakter morfologi dan fisiologi sebagaimana disimpulkan dari Singh (2004) dalam Tabel 3.

Untuk menilai tingkat ketahanan koleksi plasma nutfah kapas terhadap cekaman keterbatasan air, telah dilakukan seleksi terhadap sebagian dari koleksi plasma nutfah kapas yang ada, baik secara langsung di lapangan maupun secara tak langsung dengan simulasi menggunakan PEG di laboratorium. Aksesori-aksesori Albar G 501, Auburn 200, dan Stoneville 302 merupakan aksesori-aksesori yang toleran terhadap cekaman kekeringan. Selain itu juga aksesori LRA 5166 dan galur (351x268)/4 (Sulistyowati *et al.* 2008). Dari hasil persilangan menggunakan pendekatan metode pengumpulan dan piramida gen dari aksesori-aksesori yang memiliki toleransi tinggi terhadap cekaman keterbatasan air dan yang toleran terhadap hama pengisap *A. biguttula* yang dilaksanakan pada tahun 1996 dan 1997, telah diperoleh dua galur unggul yaitu (339x448)2 dan (135x182)(351x268)/9 yang memiliki

produktivitas tinggi, tahan terhadap *A. biguttula*, tahan terhadap cekaman keterbatasan air, dan mutu serat tinggi (Sumartini *et al.* 2008a) yang telah diusulkan pelepasannya pada sidang pelepasan varietas tahun 2007. Kedua galur tersebut telah dilepas secara resmi oleh Menteri Pertanian melalui SK Mentan No. 506/Kpts/SR.120/9/ 2007 dan No. 507/Kpts/SR.120/9/2007 dengan nama berturut-turut Kanesia 14 dan Kanesia 15.

Salah satu mekanisme ketahanan terhadap cekaman kekeringan adalah umur genjah yang memanfaatkan fenomena lolos dari cekaman, karena pada saat terjadi kekeringan tanaman telah menyelesaikan semua fase pertumbuhannya. Umur genjah pada tanaman kapas ditentukan oleh umur tanaman pada saat pembentukan bunga pertama, dan buah me-rekah, dan kedua hal tersebut dicerminkan pada karakter proporsi hasil panen dari panen pertama terhadap panen total. Karakter umur genjah selain terdapat pada kelompok sumber daya genetik MAR, juga telah diamati pada aksesori Arkugo 4. Di India, upaya untuk memperoleh varietas kapas genjah dilakukan dengan menempuh pemuliaan mutasi, baik dengan menggunakan iradiasi sinar gama atau sinar X, atau menggunakan mutagen kimia antara lain Na-azide dan di-etil sulfonat (Singh 2004). Varietas kapas genjah tidak saja berguna untuk mengatasi cekaman kekeringan, tetapi juga untuk mengatasi kompetisi area dengan tanaman pangan yang lebih dominan berkaitan dengan pola tanam atau rotasi ta-naman.

Tabel 3. Karakter-karakter morfologi dan fisiologi yang terkait dengan ketahanan terhadap keke-
rangan pada kapas

Jenis karakter	Mekanisme ketahanan terhadap kekeringan
A. Karakter morfologi	
- Umur genjah	Lolos dari kekeringan karena tanaman telah menyelesaikan siklus hidup sebelum terjadi cekaman kekeringan.
- Karakter stomata	<ul style="list-style-type: none"> - Stomata yang dapat menutup dengan cepat akan membantu tanaman untuk mempertahankan potensial air dengan menurunkan laju transpirasi. - Ukuran stomata yang kecil berpengaruh terhadap porometer pada daun yaitu laju pergerakan udara dan air keluar daun. - Jumlah stomata yang lebih sedikit berkorelasi dengan transpirasi yang rendah.
- Karakter daun	<ul style="list-style-type: none"> - Ukuran daun yang kecil dan ketebalan lapisan lilin pada permukaan daun berkorelasi dengan transpirasi minimal. - Kelebatan bulu pada daun akan menurunkan transpirasi dengan cara menurunkan suhu daun.
- Karakter akar	Sistem perakaran yang dalam menunjukkan kemampuan mendapatkan air yang tinggi.
B. Karakter fisiologi	
- Kecepatan fotosintesa	Varietas kapas tahan memiliki kecepatan fotosintesa yang tinggi dalam cekaman kekeringan
- Kecepatan transpirasi	- Varietas kapas yang tahan menunjukkan kecepatan transpirasi rendah dalam cekaman kekeringan, dan hal ini berkaitan dengan konsentrasi osmotikum, turgiditas daun, dan kandungan proline yang tinggi.

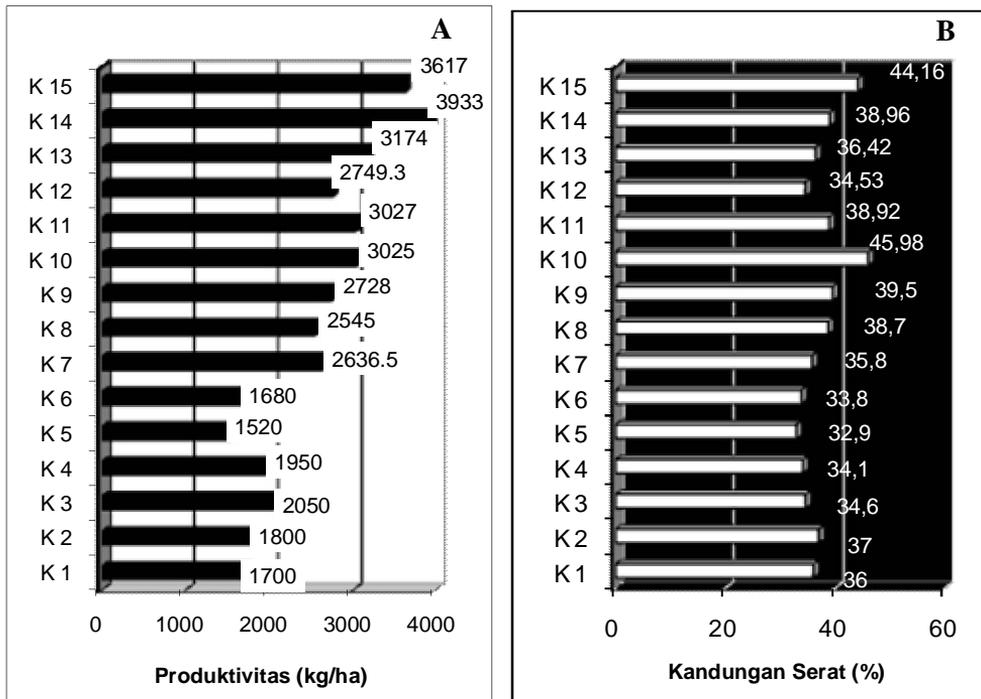
Perbaikan Kesesuaian Varietas Kapas untuk Pola Tumpang Sari dengan Palawija

Pengembangan kapas rakyat sebagian besar dilakukan dalam tata tanam tumpang sari dengan palawija, misalnya jagung, kedelai, kacang hijau, dan kacang tanah. Untuk kesesuaian kapas pada tata tanam tumpang sari dengan palawija, terjadi kompetisi cahaya matahari, air, dan unsur hara. Untuk itu diperlukan upaya perbaikan varietas untuk mengubah arsitektur dan sistem perakaran kapas yang mampu memanfaatkan ketersediaan air, unsur hara, dan cahaya matahari dalam tata tanam tumpang sari (Trenbath 1976). Tanaman kapas dengan bentuk tanaman piramid dan yang memiliki bentuk daun okra akan memungkinkan intersepsi cahaya matahari lebih tinggi dibandingkan yang berdaun normal. Kombinasi antara bentuk tanaman, bentuk daun okra, dan perakaran yang dalam merupakan kombinasi karakter yang dibutuhkan untuk varietas-varietas yang sesuai pada tata tanam dengan palawija (Francis 1989).

VARIETAS UNGGUL KAPAS

Sampai saat ini program perakitan varietas kapas unggul nasional telah berhasil melepas 15 varietas unggul seri Kapas Nasional Indonesia (KANESIA) dan memutihkan 2 varietas introduksi. Tabel 4 menyajikan metode pemuliaan dan tahun pelepasan varietas-varietas unggul kapas nasional sebagaimana disajikan dalam Sulistyowati (2010). Selama 15 tahun program perbaikan varietas kapas nasional (1983–1998), telah dilepas 6 varietas kapas (Kanesia 1–Kanesia 6) dengan peningkatan produktivitas dari 0,8–1,1 ton menjadi 1,85–1,91 ton kapas berbiji atau peningkatan berkisar 10% sampai 15% untuk masing-masing siklus seleksi. Dengan tingkat perbaikan tersebut, maka setiap tahun terjadi peningkatan produksi sebesar 35 kg kapas berbiji atau setara dengan 12,4 kg serat. Sepuluh tahun pertama program perbaikan varietas kapas yang menghasilkan Kanesia 1–Kanesia 6, potensi produksi varietas kapas nasional masih kurang dari 2.000 kg kapas berbiji/ha (Sulistyowati dan Hasnam 2007). Lonjakan produktivitas kapas secara signifikan dicapai pada pelepasan varietas-varietas Kanesia 7–Kanesia 15 yang memiliki tingkat produktivitas 1 ton kapas berbiji lebih tinggi dibanding Kanesia 1–Kanesia 6 (Gambar 4). Kanesia 7 dan Kanesia 8 memiliki tetua jantan yang sama yaitu LRA 5166, satu varietas introduksi dari India yang memiliki sifat tahan terhadap hama pengisap *Amrasca biguttula* (Hasnam *et al.* 2004). Peningkatan potensi produksi yang dicapai pada program pengembangan varietas Kanesia 1–Kanesia 15 tersebut juga diikuti dengan peningkatan kandungan serat (Gambar 4). Kanesia 5 adalah varietas dengan kandungan serat yang paling rendah di antara 15 varietas unggul nasional yang telah dilepas. Kanesia 10 dan Kanesia 15 merupakan dua varietas yang memiliki kandungan serat tinggi, yaitu 45,98% dan 44,46% (Sulistyowati dan Sumartini 2009; Sumartini *et al.* 2008a). Kandungan serat yang tinggi ter-

sebut akan menguntungkan bagi industri tekstil nasional, dengan demikian apabila varietas-varietas tersebut dikembangkan maka selayaknya harga pembeliannya lebih tinggi dibandingkan varietas lain.

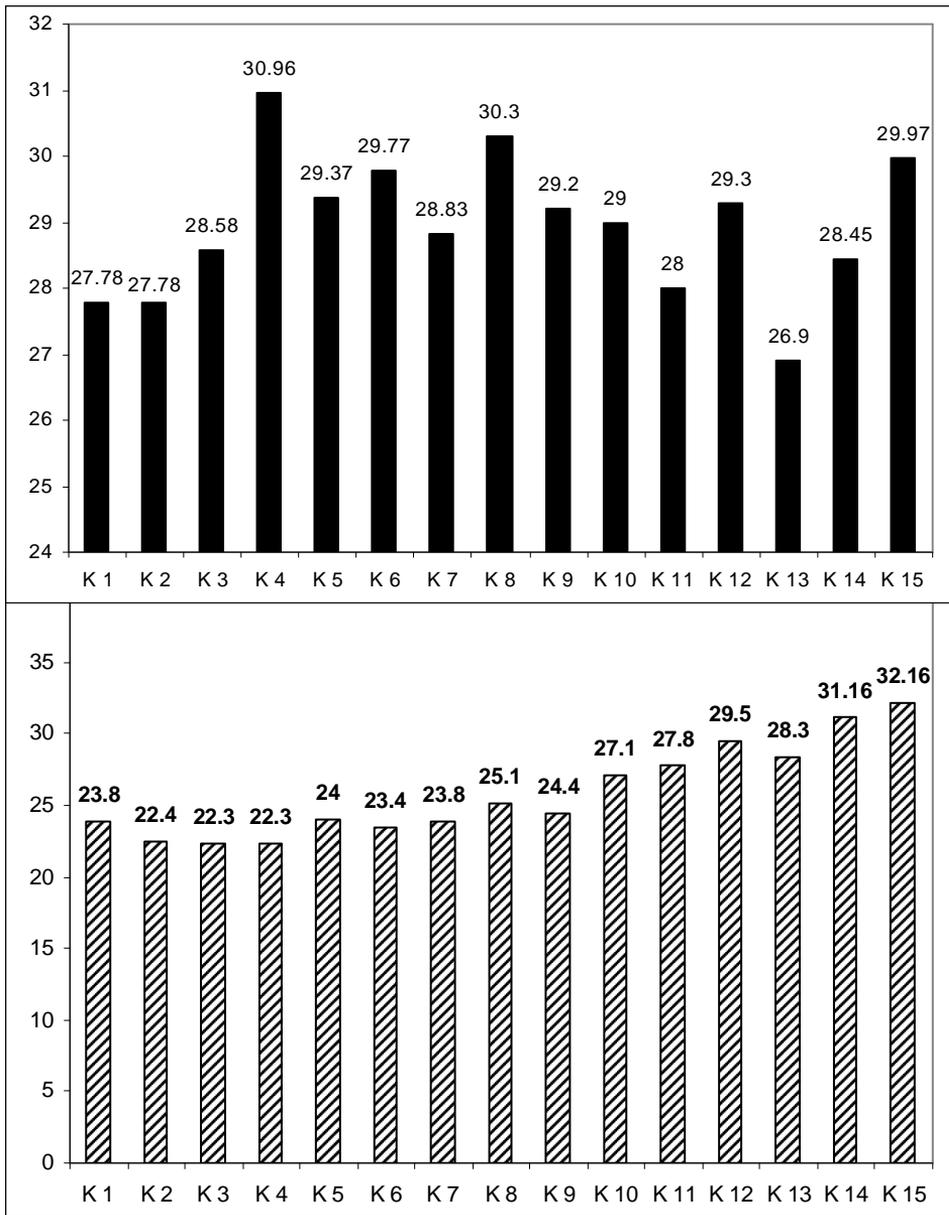


Gambar 4. Keragaan potensi produksi dan kandungan serat varietas kapas nasional, Kanesia 1–Kanesia 15

Perbaikan mutu serat yang telah dicapai pada program pengembangan Kanesia 1–Kanesia 15 tidaklah terlalu signifikan. Gambar 5 menyajikan kisaran panjang dan kekuatan serat Kanesia 1–Kanesia 15. Selain Kanesia 13, semua varietas Kanesia memiliki panjang serat >28 mm yang berarti memenuhi persyaratan industri pemintalan yang menggunakan mesin pemintal jenis rotor atau friksi. Adapun dua varietas yang memiliki panjang serat >30 mm adalah Kanesia 4 dan Kanesia 8 (30,30 mm). Setelah pelepasan Kanesia 10–Kanesia 15, perbaikan mutu serat secara signifikan dicapai yaitu kekuatan serat bahkan mencapai >27 g/tex. Bahkan Kanesia 14 dan Kanesia 15 mampu mencapai kekuatan serat >30 g/tex, sedangkan Kanesia 2–4 merupakan tiga varietas kapas unggul nasional yang memiliki kekuatan serat terendah yaitu sekitar 22 g/tex. Varietas-varietas kapas transgenik yang dilepas oleh Deltapine Land Australia tahun 2007–2008 memiliki kisaran panjang serat 1,15–1,18 inch, kekuatan serat 29,4–31,8 g/tex, dan kehalusan serat 4,3–4,6 mic (Anonymous 2008).

Tabel 4. Metode pemuliaan dan tahun pelepasan varietas-varietas unggul nasional

Varietas	SK Mentan tentang Pelepasan varietas	Metode pemuliaan	Keterangan
Kanesia 1	SK Mentan No. 585/Kpts/TP.240/8/90	Seleksi individu dari populasi Reba BTK 12	Digunakan sejak tahun 1991
Kanesia 2	SK Mentan No. 584/Kpts/TP.240/8/90	Seleksi individu dari populasi Tak Fa 1	Digunakan sejak tahun 1991
Kanesia 3	SK Mentan No. 454/Kpts/TP.240/7/93	Persilangan Reba BTK 12 x HG P-6-3 diikuti dengan silang balik tiga kali dengan Reba BTK 12	Digunakan sejak tahun 1994
Kanesia 4	SK Mentan No. 441/Kpts/TP.240/6/93	Persilangan Stoneville 825 x Reba B-50 diikuti dengan seleksi pedigree	Belum digunakan oleh petani
Kanesia 5	SK Mentan No. 455/Kpts/TP.240/7/93	Persilangan Stoneville 825 x Reba 1887 diikuti dengan seleksi pedigree	Digunakan sejak tahun 1994
Kanesia 6	SK Mentan No. 456/Kpts/TP.240/7/93	Persilangan Acala 1517-77 x Reba B-50 diikuti dengan seleksi pedigree	Belum digunakan oleh petani
Kanesia 7	SK Menhutbun No. 683/Kpts-IX/98	Persilangan TAMCOT SP-37 X LRA 5166 diikuti dengan seleksi pedigree	Digunakan sejak tahun 2000–2005 seluas >10.000 ha/tahun
Kanesia 8	SK Mentan No. 424/Kpts/SR.120/8/2003	Persilangan DPL Acala 90 x LRA 5166 diikuti seleksi individu, seleksi famili, dan seleksi individu dalam famili	Digunakan sejak tahun 2006–sekarang seluas >12.000 ha/tahun
Kanesia 9	SK Mentan No. 425/Kpts/SR.120/8/2003	Persilangan DPL Acala 90 x SRT-1 diikuti seleksi individu, seleksi famili, dan individu dalam famili	Digunakan sejak tahun 2006–sekarang seluas >1.000 ha/tahun
Kanesia 10	SK Mentan No. 109/Kpts/SR.120/2/2007	Persilangan LRA 5166 x SRT 1 diikuti dengan seleksi individu dan seleksi galur	Masih dalam proses diseminasi/perbanyak benih
Kanesia 11	SK Mentan No. 111/Kpts/SR.120/2/2007	Persilangan Tashkent 2 x Pusa 1 diikuti dengan seleksi individu dan seleksi galur	Masih dalam proses diseminasi/perbanyak benih
Kanesia 12	SK Mentan No. 112/Kpts/SR.120/2/2007	Persilangan Pusa 1 x Deltapine 5690 diikuti dengan seleksi individu dan seleksi galur	Masih dalam proses diseminasi/perbanyak benih
Kanesia 13	SK Mentan No. 110/Kpts/SR.120/2/2007	Persilangan Deltapine Acala 90 x Tashkent 2 diikuti dengan seleksi individu dan seleksi galur	Masih dalam proses diseminasi/perbanyak benih
Kanesia 14	SK Mentan No. 506/Kpts/SR.120/9/2007	Persilangan (Reba B 50 x Reba BTK 12 Thailand) dengan (MCU9 x Auburn 200) diikuti seleksi individu dan seleksi galur	Masih dalam proses diseminasi/perbanyak benih
Kanesia 15	SK Mentan No. 507/Kpts/SR.120/9/2007	Persilangan ISA 205 A x ALA 73-2M diikuti seleksi individu dan seleksi galur	Masih dalam proses diseminasi/perbanyak benih
LRA 5166	SK Mentan No. 583/Kpts/TP.240/8/90	Introduksi dari India	Digunakan sejak tahun 1991
ISA 205 A	SK Mentan No. 307/Kpts/SR.120/8/2005	Introduksi dari Perancis	Digunakan sejak tahun 1990–sekarang seluas <1.000 ha/tahun



Gambar 5. Keragaan panjang dan kekuatan serat varietas kapas unggul nasional Kanesia 1–Kanesia 15

PENDEKATAN PEMULIAAN KAPAS KE DEPAN

Upaya peningkatan produksi kapas nasional harus didukung dengan tersedianya varietas unggul. Oleh karena itu, upaya-upaya harus tetap dilanjutkan dalam rangka meningkatkan potensi produksi dan mutu serat, serta memperbaiki ketahanan terhadap ce- kaman biotik dan abiotik melalui pendekatan pemuliaan konvensional maupun transgenik.

Kegiatan perakitan varietas sangat memerlukan koleksi sumber daya genetik yang berpotensi. Oleh karena itu, kegiatan evaluasi dan karakterisasi plasma nutfah perlu diin- tensifkan, sehingga 700 aksesori yang ada dapat dipilih menjadi suatu ‘*workable-set*’ yang terdiri atas genotipe-genotipe yang bervariasi (Sumartini *et al.* 2006). Selain evaluasi ke- tahanan sumber daya genetik kapas terhadap kekeringan dan hama antara lain hama peng- isap *A. biguttula* (Indrayani *et al.* 2007) dan hama kutu putih, *Bemisia tabacci* (Indrayani dan Sulistyowati 2005), juga telah dilakukan evaluasi sumber daya genetik kapas untuk toleransinya terhadap salinitas (Sulistyowati *et al.* 2010). Di masa mendatang, proses eva- luasi sumber daya genetik kapas harus dilakukan dengan mengombinasikan teknik-teknik molekular sebagaimana telah dilakukan untuk mengetahui variasi genetik varietas-varietas unggul kapas menggunakan keragaman pita izosim (Sulistyowati *et al.* 2009), analisis fi- siologi, penyaringan fenotipe, dan lain-lain yang memungkinkan ditemukannya donor-do- nor gen potensial yang lebih bermanfaat untuk perbaikan varietas yang akan datang. Hal lain yang perlu dilakukan adalah pengembangan marka DNA sebagai penciri dari varietas tertentu atau DNA *finger printing*.

Penelitian bioteknologi seperti mencari marka molekular dalam rangka mengem- bangkan teknik seleksi berbantuan marka atau ‘*Marker-Assisted Selection*’ untuk sifat-si- fat yang akan dikombinasikan dengan sifat-sifat ketahanan perlu diintensifkan. Saranga *et al.* (2004) menyatakan bahwa telah cukup banyak publikasi tentang marka DNA yang berkaitan dengan *Quantitative Trait Locus* (QTL) yang terkait dengan sifat indeks panen pa- da kondisi keterbatasan air. Pemanfaatan teknik tersebut adalah untuk tujuan memaksi- malkan keragaan tanaman pada kondisi *input* rendah. Untuk itu sumber daya manusia yang menangani pemuliaan konvensional dan pemuliaan molekular (modern) perlu di- kembangkan.

Upaya peningkatan potensi produksi juga akan ditempuh dengan memanfaatkan fenomena heterosis yang lazim diaplikasikan pada pengembangan varietas kapas hibrida berbasis varietas kapas nasional Indonesia (KANESIA). Sampai dengan tahun 2007, be- berapa varietas kapas hibrida hasil introduksi telah diuji untuk pengembangannya di Indo- nesia. Pengembangan varietas kapas hibrida nasional telah dimulai antara lain dengan pe- ngembangan tetua mandul jantan berbasis KANESIA untuk mendukung program produk- si benih kapas hibrida yang lebih murah (Sumartini *et al.* 2008b).

Fokus penelitian tidak saja menggunakan teknologi konvensional melalui per- silangan menggunakan koleksi sumber daya genetik kapas yang ada, melainkan juga

menggunakan pendekatan transgenik. Di masa mendatang, produk transgenik diramalkan akan mampu mengubah sistem pertanian menuju pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan. Ketahanan terhadap cekaman abiotik maupun biotik sangat perlu ditambahkan pada genom tanaman kapas untuk meningkatkan dan memperbaiki produktivitas dan mutu serat.

Fenomena pemanasan global diramalkan akan menyebabkan terjadinya musim kering yang berkepanjangan. Oleh karena itu, upaya-upaya untuk mengembangkan varietas kapas yang tahan terhadap keterbatasan air harus mendapat perhatian yang besar. Untuk mengantisipasi cekaman kekeringan, upaya pengumpulan gen-gen ketahanan terhadap kekeringan akan ditempuh dengan cara persilangan yang melibatkan lebih dari dua tetua. Kejadian iklim ekstrim dimana kemarau panjang semakin sering terjadi dengan intensitas yang semakin kuat perlu diantisipasi; antara lain dengan upaya bioteknologi untuk menghasilkan genotipe yang mampu melakukan *over*-produksi prolin, polyol, glycine betaine, trehalose, dan poliamina (Ho dan Wu 2004). Dengan menggunakan teknologi transgenik yang telah berkembang dengan baik sekarang ini, maka varietas baru kapas transgenik dapat dirakit menggunakan gen-gen yang berasal dari sumber genetik lokal. Hal ini membuka peluang untuk merakit varietas baru kapas tahan terhadap kekeringan, berumur genjah, dan berproduksi tinggi untuk mendukung pengembangan kapas nasional (Sulistyowati 2009).

Pengembangan kapas transgenik tahan hama terutama dari kelompok Lepidoptera telah berkembang pesat, yaitu dengan dilepasnya secara komersial varietas-varietas kapas transgenik yang mengekspresikan gen Cry yang berasal dari bakteri tanah *Bacillus thuringiensis* (Bt) dalam genomnya karena mampu menghasilkan toksin δ -endotoksin yang beracun bagi herbivora dari kelompok Lepidoptera. Kapas transgenik telah dikomersialkan di beberapa negara, antara lain Amerika Serikat, India, Australia, Afrika Selatan, Argentina, Mexico, Cina, dan secara terbatas di Indonesia (James 2006). Pertanaman kapas Bt yang mengekspresikan gen Cry IAc di negara-negara sedang berkembang seperti India pada musim tanam 2001 menghasilkan kapas berbiji yang lebih tinggi dibanding kapas non-Bt, yang ditunjang dengan menurunnya jumlah frekuensi penyemprotan terhadap hama penggerek buah, volume penggunaan insektisida dengan toksisitas kelas I dan II (organofosfat, karbamat, dan piretroid sintetis) yang berdampak pada penurunan volume bahan aktif insektisida (Qaim dan Zilberman 2003). Babu *et al.* (2003) mendiskusikan gen-gen penyandi ketahanan terhadap hama secara transgenik baik yang berasal dari tanaman ataupun yang berasal dari mikroorganisme lain. Gen-gen tersebut yang merupakan kelompok proteinase inhibitor (Larry dan Richard 2002) antara lain serine proteinase (Marcetti *et al.* 2000) dan tripsin inhibitor CpTi (Xu *et al.* 1996) yang efektif menekan perkembangan *Helicoverpa* dan *Spodoptera*, kelompok gen-gen lektin antara lain gen *gna* (Bell *et al.* 2001) dan *arcelin-1* (Christine *et al.* 1998), kelompok kitinase (Ding *et al.* 1998), dan avidin (Kramer *et al.* 2000). Satu gen yang berasal dari bisa kelompok hewan arachnida

misalnya kalajengking dan laba-laba yaitu gen Hvt atau ∞ -ACTX-Hv1a telah dibuktikan mampu menekan perkembangan hama *Helicoverpa armigera* dan *Spodoptera litura* (Khan *et al.* 2006).

PENUTUP

Varietas unggul merupakan salah satu aspek yang penting dalam program intensifikasi kapas. Sampai dengan tahun 2011 telah dilepas 15 varietas unggul seri KANESIA (Kanesia 1–Kanesia 15) yang dihasilkan dari program pemuliaan konvensional, dan dua varietas introduksi (LRA 5166 dan ISA 205 A). Program perbaikan varietas kapas harus tetap dilanjutkan dalam rangka meningkatkan potensi produksi dan mutu serat, serta memperbaiki ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik melalui pendekatan pemuliaan konvensional maupun transgenik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2008. 2007–2008 Variety Guide. Deltapine Australia Pty. Ltd. 12 pp.
- Babu, R.M., A. Sajeena, K. Seetharaman & M.S. Reddy. 2003. Advances in genetically engineered (transgenic) plants in pest management-an over view. *Crop Protection* 22 (2003):1071–1086
- Bell, H.A., E.C. Fitches, G.C. Marris, J. Bell, J.P. Edwards, J.A. Gatehouse & A.M.R. Gatehouse. 2001. Transgenic GNA expressing potato plants augment the beneficial biocontrol of *Lacanobia oleracea* (Lepidoptera; Noctuidae) by the parasitoid *Eulophus pennicornis* (Hymenoptera; Eulophidae). *Transgenic Res.* 10:35–42.
- Bressan, R.A. 1998. Stress physiology. In L. Taiz & E. Zeiger (eds.) *Plant Physiology*. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA. pp. 725–734.
- Christine, F., C. Henri, M. Lionel, K. Jos, R. Michel, H. Henno, P. Germain, S. Jean-Pierre & R. Pierre. 1998. Characterization and sugar-binding properties of arcelin-1, an insecticidal lectin-like protein isolated from kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L. Cv. Raz-2) seeds. *Biochem. J.* 329:551–560.
- Ding, X., B. Gopalakrishnan, L.B. Johnson, F.F. White, X. Wang, T.D. Morgan, K.J. Kramer & S. Muthukrishnan. 1998. Insect resistance of transgenic tobacco expressing an insect chitinase gene. *Transgenic Res.* 7:77–84.
- El-Zik, K.M. 1993. Progress in developing advanced MAR cotton germplasm with mutant morphological traits. *Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf.* p. 589–592.
- El-Zik, K.M. & Thaxton. 1989. Genetic improvement for resistance to pest and stresses in cotton. In R.E. Frisbie, K.M. El-Zik & L.T. Wilson (eds.) *Integrated Pest Management System and Cotton Production*. John Willey & Sons Inc., New York. p. 192–224.
- Endrizzi, J.E., E.L. Turcotte & R.J. Kohel. 1984. Qualitative genetics, cytology, and cytogenetics. In R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.). *Cotton. Agron. Series No. 24*. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 81–129.
- Francis, C.A. 1989. Biological efficiencies in multiple-cropping system. *Advances in Agronomy* 42:1–41.

- Hasnam, E. Sulistyowati, S. Sumartini, F.T. Kadarwati & P.D. Riajaya. 2004. Kemajuan genetik pada dua varietas baru kapas, Kanesia 8 dan Kanesia 9. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 10(2):66–73.
- Ho, Tuan-hua D. & R. Wu. 2004. Genetic engineering or enhancing plant productivity and stress tolerance. *In* Nguyen & Blum (eds.) *Physiology and Biotechnology Integration for Plant Breeding*. Marcel Dekker, Inc., New York-Basel. p. 489–502.
- Ibrahim, N., T. Yulianti, S. Rahayuningsih, M. Machfud, Utomo & Fauzi. 1997. Studi ekobiologi patogen utama kapas dan mikroorganisme antagonis. *Dalam* Penelitian Ekobiologi Hama, Penyakit, dan Musuh Alami Serta Dasar Teknik Pengendalian pada Berbagai Pola Usaha Tani Kapas. Laporan Hasil Penelitian TA 1997. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Indrayani, IG.A.A. & E. Sulistyowati. 2005. Pengaruh kerapatan bulu daun pada kapas terhadap kolonisasi *Bemisia tabaci* Gennadius. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 11(3):101–106.
- Indrayani, IG.A.A., S. Sumartini & B. Heliyanto. 2007. Ketahanan beberapa aksesi kapas terhadap hama pengisap daun *Amrasca biguttula* (Ishida). *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 13(3):81–87.
- James, C. 2006. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops:2006. ISAAA brief No. 35. ISAAA: Ithaca, NY.
- Khan S.A., Y. Zafar, R.W. Briddon, K.A. Malik, & Z. Mukhtar. 2006. Spider venom toxin protects plants from insect attack. *Transgenic Research* 15:349–357.
- Kramer, K.J., T.D. Morgan, J.E. Throne, F.E. Dowell, M. Bailey & J.A. Howard. 2000. Transgenic avidin maize is resistant to storage insect pests. *Nat. Biotechnol.* 18:670–674.
- Larry, L.M. & Richard, E.S. 2002. Lectins and protease inhibitors as plant defenses against insects. *J. Agric. Food Chem.* 50:6605–6611.
- Marchetti, S., M. Delledonne, C. Fogher, C. Chiaba, F. Chiesa, F. Savazzini & A. Giordano. 2000. Soybean Kunitz, C-II and PI-IV inhibitor genes confer different levels of insect resistance to tobacco and potato transgenic plants. *Theor. Appl. Gen.* 101:519–526.
- Matthews. G.A. 1994. Jassids Hemiptera: Cicadellidae. *In* G.A. Matthews & J.P. Tunstall (eds) *Insect Pests of Cotton*. University Press, Cambridge. p. 353–357.
- Nurindah. 2002. Kapas: Serangga hama kapas. Monograf Balittas No. 7 Buku 2. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. hlm. 128–143.
- Qaim, M. & D. Zilberman. 2003. Yield effects of genetically modified crops in developing countries. *Science* 299:900–902.
- Saranga, Y., C-X. Jiang, R.J. Wright, D. Yakir & A.H. Paterson. 2004. Genetic dissection of cotton physiological responses to arid conditions and their inter-relationship with productivity. *Plant, Cell and Environment* 27:263–277.
- Singh, P. 2004. *Cotton Breeding*. Kalyani Publishers, Ludhiana, New Delhi. 342 p.
- Soebandrijo, Sri-Hadiyani, IG.A.A. Indrayani, G. Kartono, Subiyakto, S.A. Wahyuni & Nurheru. 1994. Peningkatan Produktivitas Kapas dengan Efisiensi Pengendalian Hama Secara Terpadu. Laporan Proyek ARM Balittas, Malang. 17 hlm.
- Sulistyowati, E. 2009. Pemanfaatan teknologi transgenik untuk perakitan varietas unggul kapas tahan kekeringan. *Perspektif. Review Penelitian Tanaman Industri* 8(2):93–107.
- Sulistyowati, E. 2010. Perkembangan penggunaan varietas untuk program pengembangan kapas (*Gossypium*). *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* 16(1):9–12.
- Sulistyowati, E. & Hasnam. 2007. Kemajuan genetik varietas unggul kapas Indonesia yang dilepas tahun 1990–2003. *Perspektif. Review Penelitian Tanaman Industri* 6(1):19–28.

- Sulistiyowati, E. & M. Sahid. 2007. Peluang dan dukungan teknologi pengembangan komoditas kapas nasional. Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami. Surabaya, 15 Maret 2006. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 147–156.
- Sulistiyowati, E. & S. Sumartini. 2009. Kanesia 10–Kanesia 13: Empat varietas kapas baru berproduksi tinggi. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 15(1):24–32.
- Sulistiyowati, E., S. Sumartini & S. Rustini. 2008. Evaluasi ketahanan terhadap cekaman kekeringan menggunakan simulasi PEG-6000 pada tanaman kapas muda. *AGRITEK* 16(5):678–688.
- Sulistiyowati E., S. Sumartini & Abdurrahman. 2010. Toleransi 60 aksesi kapas terhadap cekaman salinitas pada fase vegetatif. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 16(1):20–26.
- Sulistiyowati, E., Sulistiyowati, S. Rustini, S. Sumartini & Abdurrahman. 2009. Variasi genetik beberapa spesies kapas (*Gossypium* sp.) berdasarkan keragaman pita isozym. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 15(4):174–183.
- Sumartini, S., Abdurrahman & E. Sulistiyowati. 2008a. Galur-galur harapan kapas di lahan tadah hujan. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 14(3):87–94.
- Sumartini, S., E. Sulistiyowati, S. Rustini & Abdurrahman. 2008b. Potensi hasil galur-galur F1 mandul jantan kapas pada persilangan alami. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 14(2):43–86.
- Sumartini, S., Hasnam, F.T. Kadarwati & E. Sulistiyowati. 2006. ISA 205A (*Gossypium hirsutum* L.), varietas kapas introduksi dari IRCT dikembangkan di Jawa Timur dan Jawa Tengah. Prosiding Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 58–64.
- Syed, T.S., G.H. Abro, R.D. Khuhro & Dhauroo. 2003. Relative resistance of cotton varieties against sucking pest. *Pakistan Journal of Biological Science* 6(14):1232–1233.
- Trenbath, B.R. 1976. Plant interaction in mixed crop communities. In Mathias Stelly (ed.) *Multiple Cropping ASA Special Publication* 27:129–169.
- Turner, N.C. 2003. Drought resistance: A Comparison of two research frameworks. In N.P. Saxena (ed.) *Management of Agricultural Drought*. FAO-ICRISAT, India. p. 89–102.
- Uthamasamy, S. 1994. Host resistance to leaf hopper *Amrasca devastans* (Distant) in cotton, *Gossypium* spp. In G.A. Constable & N.W. Forrester (eds.). *Challenging the future: Proceeding of The World Cotton Research Conference I*, Brisbane, Australia. CSIRO, Melbourne. pp. 494–498.
- Xu, D., Q. Xue, D. McElroy, Y. Mawal, V.A. Hilder & R. Wu. 1996. Constitutive expression of a cowpea trypsin inhibitor gene, CpTi, in transgenic rice plants confers resistance to two major rice pests. *Mol. Breed.* 2:167–172.

PERIODE MUSIM HUJAN DAN PENYEMPURNAAN WAKTU TANAM DI BERBAGAI DAERAH PENGEMBANGAN KAPAS INDONESIA

Prima Diarini Riajaya^{*)}

PENDAHULUAN

Tanaman kapas sudah lama dikembangkan di Indonesia baik di lahan kering maupun di lahan sawah sesudah padi dalam sistem tumpang sari dengan palawija yang tersebar di Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Bali. Dalam pengembangannya selalu mempunyai kendala keterbatasan air karena sebagian besar menempati lahan kering dengan musim hujan yang pendek dan tekstur tanah ringan dengan kemampuan memegang air yang rendah. Pada kondisi yang demikian tanaman kapas sangat rentan terhadap keke-
rangan. Berbagai upaya untuk mengatasi kendala tersebut telah dilakukan melalui program pemuliaan dengan menghasilkan varietas yang tahan terhadap keterbatasan air. Berbekal varietas unggul saja tidak cukup untuk meningkatkan produksi kapas nasional tanpa di-
ikuti dengan upaya lainnya seperti pengelolaan budi daya tanaman, lahan, pengendalian hama, dan lingkungan tumbuh.

Faktor iklim terutama curah hujan menempati urutan pertama yang paling berpe-
ngaruh terhadap tingkat produktivitas tanaman di lahan kering tidak terkecuali tanaman kapas meskipun tanaman kapas sebenarnya relatif lebih tahan kering dibanding tanaman semusim lainnya. Curah hujan juga menjadi faktor penentu bagi keberhasilan tanaman ka-
pas tadah hujan di India, perbedaan hasil kapas (simulasi) terhadap potensi hasil rata-rata mencapai 1.120 kg/ha (Aggarwal *et al.* 2008). Untuk mengurangi tingkat perbedaan hasil tersebut maka dilakukan pengairan yang dapat meningkatkan hasil kapas 35%. Produksi kapas di Pakistan mencapai 2.039 kg/ha bila kapas ditanam pada waktu tanam yang opti-
mum seperti yang dilaporkan oleh Ali *et al.* (2004), produksi kapas akan menurun 18–49% bila waktu tanam mundur hingga 45 hari dari waktu tanam optimum. Produksi kapas di Australia juga meningkat bila ditanam pada saat yang optimum karena dapat memaksi-
malkan periode musim hujan untuk perkembangan buah dan serat, sebaliknya bila waktu tanam mundur akan menurunkan persentase serat (Bange *et al.* 2004).

^{*)} Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

Bila awal musim hujan mundur maka tanaman kapas ditanam mundur dari normalnya dan bila diikuti dengan pendeknya musim hujan maka tidak jarang tanaman kapas akan mengalami kegagalan panen. Kendala iklim lainnya adalah lama penyinaran matahari yang biasanya lebih rendah pada musim hujan dibanding musim kemarau. Hal ini akan menambah kelembapan di sekitar tanaman terutama di daerah yang lahannya banyak pohon menaungi lahan sekitarnya. Tanaman kapas di Indonesia sebenarnya lebih sesuai bila ditanam di lahan yang terbuka dengan lama penyinaran yang lebih lama seperti pada musim kemarau, akan tetapi pada musim kemarau ketersediaan air terbatas. Apabila ketersediaan air terjamin pada musim kemarau yang berasal dari irigasi, penanaman kapas di lahan sawah sesudah padi lebih prospektif dibanding pengembangan kapas di lahan kering. Menurut Corwin *et al.* (2003) ketersediaan air tanah mempunyai korelasi yang sangat tinggi terhadap hasil kapas.

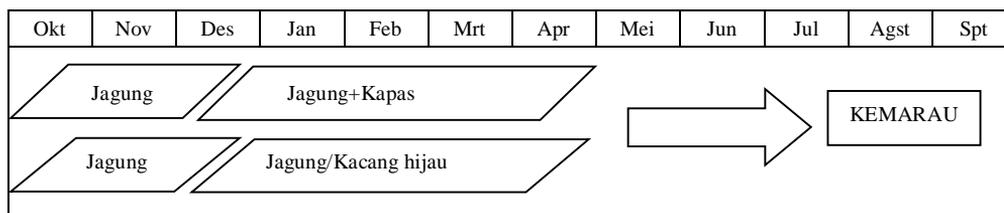
Produksi kapas pada ekosistem manapun sangat dipengaruhi oleh variabilitas iklim terutama faktor curah hujan sehingga dalam pengusahaannya harus menyesuaikan dengan pola sebaran curah hujan setempat. Hasil penelitian di seluruh daerah pengembangan kapas di Indonesia menunjukkan bahwa curah hujan hanya terkonsentrasi dalam periode yang sangat pendek yaitu hanya 3–4 bulan (Riajaya 2008) sehingga dibutuhkan upaya yang sangat ketat dalam pengaturan waktu tanam baik kapas maupun padi atau palawija yang biasa ditanam sebelumnya. Selain itu pengembangan kapas di lahan kering menempati lahan marginal dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah dan minimnya fasilitas pengairan. Dua hal inilah yang menyebabkan rendahnya tingkat produktivitas kapas di tingkat petani. Ketersediaan air merupakan kendala utama dalam pengembangan kapas di lahan kering. Untuk mengurangi risiko kekeringan, pengairan sangat dibutuhkan untuk meningkatkan ketersediaan air dalam tanah dan dapat memperpanjang periode musim. Ketersediaan air yang terbatas disebabkan antara lain kapasitas memegang air yang rendah, variasi curah hujan tinggi, dan evaporasi meningkat (Scherer *et al.* 1996).

Akhir-akhir ini frekuensi kejadian iklim ekstrim seperti kekeringan atau banjir makin sering dengan intensitas makin kuat sehingga perlu antisipasi dini untuk mengurangi kemungkinan kerugian yang lebih besar. Kejadian iklim ekstrim berulang setiap 3–5 tahun, meskipun dari data meteorologi sebelumnya berulang setiap 4–7 tahun sekali. Dengan demikian tanaman kapas maupun tanaman pangan rentan terhadap perubahan iklim sehingga langkah penyesuaian tanam perlu dilakukan. Untuk itu tulisan ini akan menyajikan variabilitas periode musim hujan kaitannya dengan penentuan waktu tanam kapas pada kondisi iklim normal, serta langkah-langkah antisipasi bila terjadi pergeseran musim.

PENGEMBANGAN KAPAS TANAM MUSIM HUJAN (KAPAS TMH)

Pengembangan kapas di lahan kering dilakukan pada awal musim hujan sehingga biasa disebut kapas TMP atau TMH. Di wilayah tersebut tentu saja kapas ditanam bersama-sama palawija dalam sistem tumpang sari. Jenis palawija yang biasa ditumpangsarikan dengan kapas adalah jagung atau kacang hijau. Pemilihan jenis palawija yang ditanam tergantung pada kebiasaan petani setempat. Pada kondisi tumpang sari terjadi kompetisi penggunaan hara, air, dan cahaya; ketiga faktor tersebut bila dikelola dengan baik maka akan saling berkomplemen satu sama lain. Dengan demikian untuk mengurangi tingkat kompetisi, pemilihan jenis palawija dalam sistem tumpang sari sebaiknya mempunyai umur yang lebih pendek dibanding kapas dan habitus tanaman tidak saling menaungi untuk mengurangi persaingan penggunaan cahaya karena tanaman kapas tidak suka naungan.

Kapas TMH sebagian besar menempati lahan kering yang tersebar di Jawa Timur bagian Timur, Sulawesi Selatan bagian Timur, sebagian Jawa Tengah, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, dan Bali. Selain periode musim hujan yang pendek di wilayah-wilayah tersebut, curah hujan sangat *erratic* atau tidak menentu, padahal pemenuhan kebutuhan air tanaman berasal dari curah hujan. Minimnya sarana pengairan di daerah tadah hujan/lahan kering menyebabkan tanaman yang diusahakan sangat rentan terhadap kekeringan apabila tidak turun hujan dalam periode agak lama (*dry spell*). Menjelang musim hujan atau labuhan/peralihan petani menanam jagung sebagai tanaman pokok (sumber pangan), kemudian menanam palawija lagi pada musim hujan. Pada musim yang kedua tersebut tanaman kapas diusahakan secara tumpang sari baik dengan jagung atau kacang hijau. Apabila awal musim hujan pada bulan Oktober maka pergiliran tanaman palawija-kapas masih dimungkinkan seperti tertera pada Gambar 1. Akan tetapi apabila musim hujan terlambat pergiliran tanaman tidak dimungkinkan, maka tumpang sari palawija+kapas dilakukan segera pada awal musim hujan.



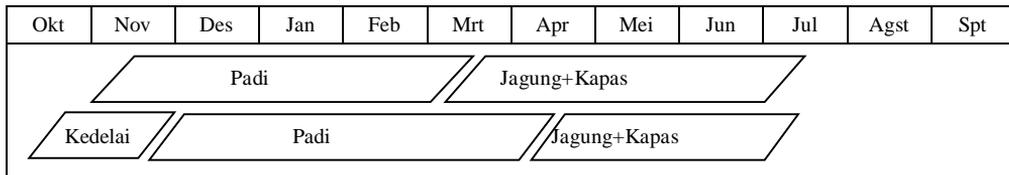
Gambar 1. Pola tanam palawija-palawija+kapas di lahan kering

Musim kemarau biasanya berlangsung mulai akhir April dan diharapkan kapas sudah memasuki periode pemasakan buah dan tidak menghendaki adanya hujan sampai panen tiba. Hujan yang turun selama musim panen akan menurunkan kualitas serat juga

akan menunda mekarnya buah kapas. Permulaan musim kemarau dapat terjadi lebih awal dari biasanya sehingga akan memperpendek musim hujan dan akan mengganggu pertumbuhan tanaman. Dampak kemarau akan lebih terasa menimpa lahan kering karena sumber air di lahan kering hanya dari curah hujan. Dengan demikian upaya untuk meningkatkan ketersediaan air di lahan kering terus dilakukan.

PENGEMBANGAN KAPAS TANAM MUSIM KEMARAU (KAPAS TMK I)

Pengembangan kapas yang ditanam pada musim kemarau dilakukan di lahan sawah sesudah padi. Pola tanamnya adalah padi-kapas+palawija seperti tertera pada Gambar 2. Padi ditanam pada awal musim hujan dan dipanen memasuki musim kemarau. Setelah panen padi, petani biasanya menanam jagung yang dapat ditumpangsarikan dengan kapas. Tanaman kapas yang ditanam di lahan sawah hanya mungkin dilakukan pada MK I dimana pasokan air tidak mencukupi untuk tanam padi kedua. Pada MK II tanaman kapas tidak dianjurkan untuk ditanam karena berisiko terhadap kekeringan, dan menjelang panen kapas akan bersamaan dengan awal musim hujan berikutnya.



Gambar 2. Pola tanam padi-palawija+kapas di lahan sawah

Pada prinsipnya petani harus menanam padi atau palawija sebagai sumber pangan dan kapas sebagai “*cash crop*” atau tambahan pendapatan. Pilihan pola tanam yang diterapkan disesuaikan dengan pola hujan dan minat petani setempat. Pola tanam padi-jagung banyak ditemui di Jawa Tengah (Blora, Grobogan), Sulawesi Selatan, NTT, dan NTB. Pola tanam padi-kedelai banyak ditemui di Jawa Timur (Lamongan, Mojokerto). Jadi kapas dapat ditumpangsarikan dengan jagung atau kedelai, tergantung dari kebiasaan petani setempat. Sumber pemenuhan kebutuhan air untuk tanaman berasal dari curah hujan, irigasi, air sumur dangkal, dan sumber lainnya yang dekat dengan lahan. Pengaturan tanam pada MK I juga perlu diperhatikan agar tanaman masih cukup mendapatkan hujan pada awal pertumbuhannya dan tambahan pengairan bila diperlukan yang berasal dari sumur dangkal di sekitar lahan. Bila tanam terlambat maka akan meningkatkan jumlah pengairan (kocor) karena pada kondisi normal, tanaman pada MK I hanya mendapatkan hujan satu

bulan (April). Hallikeri *et al.* (2009) mendapatkan bahwa produksi kapas lebih banyak dipengaruhi oleh waktu tanam dibanding pengairan. Kehilangan hasil karena tanam terlambat tidak dapat dikompensasi dengan menambah jumlah pengairan.

Di lahan sawah tekstur tanahnya lebih berat dibanding lahan kering yang umumnya memiliki tekstur ringan. Di lahan sawah beririgasi dengan kondisi iklim yang lebih basah masih bisa mendapat jaminan pasokan air dari sungai atau bendungan. Akan tetapi bila hujan yang turun berlebihan maka akan menimbulkan genangan yang lebih lama, sedangkan kapas tidak tahan genangan. Lahan dengan tekstur liat biasanya memiliki drainase yang buruk dan infiltrasi lambat sehingga mengganggu keseimbangan air dan udara dalam tanah untuk pertumbuhan dan perkembangan akar. Sebaliknya bila terjadi kekeringan maka tanah akan merekah yang juga akan mengganggu pertumbuhan akar.

PERIODE MUSIM HUJAN DAN PENENTUAN WAKTU TANAM KAPAS TMH

Musim hujan bervariasi menurut tempat dan waktu. Periode musim hujan di berbagai wilayah pengembangan kapas disajikan pada Tabel 1–7. Waktu tanam kapas dinyatakan dalam minggu tanam paling lambat (MPL) dan ditentukan 16 minggu mundur dari awal musim kemarau (Riajaya *et al.* 1999; 2001; 2003; 2005); (Riajaya dan Kadarwati 2009). Awal musim hujan ditentukan bila peluang hujan di atas 60% dan awal musim kemarau ditentukan bila peluang hujan menurun di bawah 60%. Selama periode musim hujan peluang hujan kadang berada di bawah 60% dalam periode 5–7 hari, tetapi bila sering terjadi peluang di bawah 60% maka di wilayah tersebut tidak dianjurkan untuk tanaman kapas karena ketidakpastian curah hujan. Pada prinsipnya dengan penetapan MPL di masing-masing wilayah tanaman kapas mendapat hujan minimal 16 minggu sampai buah kapas siap dipanen sehingga waktu tanam ditentukan mundur 16 minggu dari awal musim kemarau.

A. Sulawesi Selatan

Sulawesi Selatan merupakan daerah pengembangan kapas terluas dibanding provinsi lainnya. Direktorat Jenderal Perkebunan (2010) menargetkan areal pengembangan kapas di Sulawesi Selatan MT 2011 seluas 7.000 ha dari total 15.900 ha di seluruh wilayah pengembangan kapas di Indonesia atau sekitar 44%. Pengembangan kapas dilakukan di lahan kering di wilayah Barat dan di lahan sawah sesudah padi di wilayah Timur. Tabel 1 menunjukkan bahwa musim hujan di Sulawesi Selatan wilayah Barat yang meliputi Kabupaten Gowa, Takalar, dan Jeneponto bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya dan berlangsung paling awal mulai minggu kedua November dan berakhir paling awal minggu pertama Maret. Musim hujan terpendek <3 bulan terjadi di wilayah sekitar Julubori dan Botonompo, Gowa. Dengan musim hujan yang pendek di wilayah tersebut tidak memung-

kinkan pergiliran tanaman, penanaman dilakukan secara tumpang sari yaitu dua tanaman atau lebih ditanam pada waktu dan lahan yang sama atau hampir bersamaan.

Umumnya musim hujan berlangsung 3–4 bulan saja mulai November hingga Maret, di beberapa wilayah dapat berlangsung lebih lama mulai November hingga Mei seperti di Borongloe, Gowa, dan Malolo, Takalar. Di wilayah tersebut pergiliran tanaman atau tumpang sisip masih dimungkinkan, tanaman palawija pertama yang ditanam pada awal musim hujan hendaknya berumur genjah <3 bulan. Dengan memperhatikan awal musim kemarau mulai pertengahan Maret hingga pertengahan April maka penanaman kapas di sebagian besar wilayah Sulawesi Selatan bagian Barat hendaknya dilakukan pada bulan Desember, dan Januari di wilayah yang memiliki musim hujan yang panjang. Penanaman tepat waktu sangat dianjurkan bila pemenuhan kebutuhan air tanaman hanya mengandalkan dari curah hujan.

Umumnya petani lahan kering di Sulawesi Selatan menanam jagung pada awal musim hujan kemudian menanam jagung lagi pada musim kedua yang dapat ditumpangsarikan dengan kapas. Pilihan tumpang sari atau tumpang sisip dengan jagung pada musim yang pertama atau kedua tergantung panjang musim hujan di daerah tersebut. Bila periode musim hujan pendek dan permulaan musim hujan mundur maka sebaiknya sistem tumpang sari sangat dianjurkan.

Penanaman kapas di Sulawesi Selatan wilayah Timur meliputi Kabupaten Banteng, Bulukumba, Sinjai, Bone, Soppeng, dan Wajo. Di wilayah tersebut periode musim hujan lebih panjang dibanding wilayah Barat yaitu mulai November sampai Juli di sebagian besar wilayah dan bahkan sampai Agustus di beberapa wilayah (Tabel 2). Periode hujan terpanjang terdapat di Bonto Manai (Bulukumba) yaitu mulai akhir November sampai minggu kedua Agustus. Pergiliran tanaman sangat memungkinkan yaitu palawija I-palawija II + kapas. Sebagian wilayah Bone permulaan musim hujan mulai Maret sampai Juli seperti di Lerang, Katumpi, Bengo, dan Unyi. Sebagian besar di wilayah tersebut menempati lahan sawah dan kapas diusahakan setelah padi. Sistem tumpang sari kapas dan palawija sangat dianjurkan mulai awal musim hujan. Tanam kapas berkisar minggu ketiga–keempat Maret di sebagian besar Sulawesi Selatan wilayah Timur hingga minggu pertama–ketiga April di wilayah yang musim hujannya berakhir pada bulan Juli–Agustus. Musim tanam lebih awal yaitu pada minggu ketiga Februari di Soppeng, di wilayah tersebut permulaan musim hujan lebih awal yaitu mulai November hingga Juni. Penanaman yang terlalu mundur setelah padi mengakibatkan panen kapas bersamaan dengan awal hujan musim berikutnya.

Tabel 1. Periode hujan dan waktu tanam kapas di Sulawesi Selatan wilayah Barat (Kabupaten Gowa, Takalar, dan Jeneponto)

Lokasi \ Bulan/minggu	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Gowa																												
- Kampili																												
- Sungguminasa																												
- Julubori																												
- Katangka																												
- Tinggimae																												
- Bontonompo																												
- Intake bili-bili																												
- Bt. Langkasa																												
- Macini Baji																												
- Mandalle																												
- Kalabajeng																												
- Borongloe																												
2. Takalar																												
- Palleko																												
- Bontokassi																												
- Bontokadatto																												
- Malolo																												
- Bontomanai																												
- Jenemarung																												
- Cakura																												
- Campagaya																												
3. Jeneponto																												
- B. Kelara																												

Keterangan:  : Periode hujan  : MPL (minggu tanam paling lambat)

Sumber: Rijajaya *et. al.* (2001).

Periode musim hujan di Sulawesi Selatan wilayah Timur lebih bervariasi antarkabupaten dibanding wilayah Barat. Perbedaan tersebut menghasilkan dua periode musim tanam yaitu Desember di wilayah Barat dan memasuki musim panen pada Maret, kemudian disambung dengan musim tanam pada bulan Maret di wilayah Timur dan memasuki musim panen pada bulan Juli/Agustus. Dengan demikian dalam satu tahun dapat dilakukan dua kali penanaman di wilayah yang berbeda.

Saat ini di Sulawesi Selatan umumnya menjadi sentra pengembangan jagung, sehingga tanaman kapas yang akan dikembangkan harus dapat ditumpangsarikan dengan jagung dengan proporsi tanaman jagung dan kapas disesuaikan dengan keinginan petani. Tumpang sari kapas dan jagung diharapkan tidak mengganggu program ketahanan pangan, justru saling mendukung program ketahanan pangan dan pemenuhan serat untuk kebutuhan industri tekstil dalam negeri.

B. Jawa Timur

Penanaman kapas di Jawa Timur umumnya dilakukan pada lahan tegal dan di lahan sawah sesudah padi mulai dari wilayah timur yang meliputi Kabupaten Banyuwangi, Situbondo, Pasuruan, Probolinggo, dan Lumajang sampai wilayah barat yang meliputi Tuban, Lamongan, dan Mojokerto. Pada Tabel 3 nampak bahwa periode hujan di wilayah timur lebih pendek dibanding wilayah barat yaitu hanya berlangsung 3,25–5,75 bulan saja. Periode hujan terpendek terjadi di Asembagus (Situbondo), Wongsorejo (Banyuwangi), Belikangget (Tuban) yaitu kurang dari 4 bulan. Pada kondisi yang demikian pergiliran tanaman tidak memungkinkan. Periode musim hujan lebih panjang terjadi di Lamongan, Mojokerto, dan Lumajang yaitu mulai November sampai April.

Waktu tanam kapas berkisar pertengahan sampai akhir Desember terutama di wilayah yang mempunyai musim hujan pendek (<4 bulan) dan pada awal Januari bila musim hujan relatif lebih panjang (>4 bulan).

C. Jawa Tengah

Penanaman kapas di Jawa Tengah tersebar di Kabupaten Grobogan, Wonogiri, Blora, Pemalang, Tegal, dan Brebes. Umumnya periode hujan di wilayah pengembangan kapas Jawa Tengah lebih panjang dibanding Jawa Timur yaitu mulai awal November hingga Mei sehingga banyak dikembangkan di lahan sawah selain lahan tadah hujan. Dengan demikian penanaman kapas di lahan tegal biasanya dilakukan setelah palawija yang ditumpangsarikan dengan jagung atau kacang hijau. Waktu tanam kapas berkisar akhir Desember sampai pertengahan Januari (Tabel 4). Semakin ke barat yaitu di wilayah Brebes tanam kapas dapat dilakukan sampai akhir Januari. Menurut Riajaya *et al.* (2005) sebagian besar lahan yang digunakan untuk kapas di Jawa Tengah memiliki tekstur tanah liat dengan kandungan liat >60%. Hal ini menguntungkan bagi tanaman kapas karena semakin tinggi kandungan liat semakin tinggi pula air yang bisa ditahan sehingga mengurangi risiko kekeringan.

Tabel 3. Periode hujan dan waktu tanam kapas di Jawa Timur

Bulan/minggu Lokasi	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Pasuruan																								
- Grati																								
- Nguling																								
2. Probolinggo																								
- Tongas																								
3. Situbondo																								
- Asembagus																								
4. Lumajang																								
- Kunir																								
- Pasirian																								
5. Banyuwangi																								
- Wongsorejo																								
6. Tuban																								
- Jenu																								
- Belik Anget																								
- Simo Bancar																								
7. Mojokerto																								
- Jetis																								
8. Lamongan																								
- Kedungpring																								
- Pucuk																								
- Sukodadi																								
- Kembangbahu																								
- Mantup																								

Keterangan:  : Periode hujan  : MPL (minggu tanam paling lambat)

Sumber: Riajaya *et al.* (1999).

Tabel 4. Periode hujan dan waktu tanam kapas di Jawa Tengah

Bulan/minggu Lokasi	Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Grobogan																																				
- Penawangan																																				
- Ngaringan																																				
- Tawangharjo																																				
- Wirosari																																				
- Karangayung																																				
2. Wonogiri																																				
- Pracimantoro																																				
- Eromoko																																				
3. Blora																																				
- Todanan																																				
- Banjarejo																																				
- Blatung																																				
- Kunduran																																				
- Jati																																				
4. Pemalang																																				
- Sungapan																																				
- Karangsucu																																				
- Klareyan																																				
- Karangtengah																																				
- Sukowati																																				
5. Tegal																																				
- Ciperu																																				
- Randu																																				
- Warurejo																																				
- Pangkah																																				
- Adiwerna																																				
- Margasari																																				
- Gondang																																				
6. Brebes																																				
- Karangjunti																																				
- Larangan																																				
- Kubangwungu																																				
- Klampok																																				
- Karangasari																																				
- Slatri																																				

Keterangan: ■ : Musim hujan ■ : MPL (minggu tanam paling lambat)

Sumber: Riajaya *et al.* (2005).

D. Daerah Istimewa Yogyakarta

Waktu tanam kapas di Daerah Istimewa Yogyakarta berkisar pertengahan Desember hingga pertengahan Januari (Tabel 5). Pengembangan kapas di DI Yogyakarta meliputi Kabupaten Gunung Kidul, Kulon Progo, dan Bantul yang menempati lahan kering dalam sistem tumpang sari dengan palawija. Lama periode hujan di DIY hampir sama dengan di wilayah Jawa Tengah pada umumnya yaitu mulai November hingga awal Mei.

Tabel 5. Periode hujan dan waktu tanam di Daerah Istimewa Yogyakarta

Bulan/minggu Lokasi	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Gunung Kidul																																
- Playen																																
- Wonodoyo																																
- Paliyan																																
- Giriharjo																																
- Kebokuning																																
- Gedangan																																
- Beji																																
- Nglipar																																
- Semin																																
2. Kulon Progo																																
- Galur																																
- Panjatan																																
- Sentolo																																
3. Bantul																																
- Sanden																																
- Pleret																																

Keterangan:  : Periode hujan  : MPL (minggu tanam paling lambat)

Sumber: Riajaya (2000).

E. Nusa Tenggara Barat

Pengembangan kapas di Nusa Tenggara Barat berada di Pulau Lombok dan Sumbawa. Wilayah yang paling kering di Pulau Lombok terdapat di wilayah Timur yaitu sekitar Pringabaya sehingga tidak disarankan di wilayah tersebut kecuali terdapat tambahan pengairan. Tekstur tanah di wilayah tersebut ringan sehingga tidak mampu menahan air tanah dalam waktu lama dan riskan terhadap kekeringan.

Tabel 6. Periode hujan dan waktu tanam kapas di Nusa Tenggara Barat

Bulan/minggu Lokasi	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Lombok Timur																								
- Pringgabaya																								
2. Lombok Tengah																								
- Kawo																								
- Praya																								
3. Lombok Barat																								
- Gerung																								
- Bayan																								
- Sekotong																								
4. Sumbawa																								
- Moyohilir																								
- Lape																								
- Batubulan																								
- Plampang																								
- Sumbawa																								
5. Dompu																								
- Kempo																								
6. Bima																								
- Rasanac																								
- Donggo																								
- Wawo																								

Keterangan:  : Periode hujan  : MPL (minggu tanam paling lambat)
 Sumber: Riajaya *et al.* (2003).

F. Nusa Tenggara Timur

Saat ini pengembangan kapas di Nusa Tenggara Timur hanya terkonsentrasi di Pulau Sumba khususnya di Kabupaten Sumba Timur, selanjutnya akan berkembang ke Sumba Barat. Pengembangan kapas di Sumba Timur tersebut dilakukan dengan bantuan alat-alat mekanisasi dan tersedia fasilitas pengairan yang memadai yaitu *center pivot*. Namun demikian untuk menghemat penggunaan air, maka pengaturan waktu tanam sangat diperlukan mengingat periode hujan sangat singkat yaitu mulai Desember hingga Maret. Oleh karena itu tanam kapas sebaiknya pada awal musim hujan yaitu pada minggu pertama Desember (Tabel 7). Semakin mundur tanam kapas maka semakin banyak air yang dibutuhkan kemudian untuk mengairi kapas.

Tabel 7. Periode hujan dan waktu tanam kapas di Nusa Tenggara Timur

Bulan/minggu Lokasi	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Sumbawa Timur																												
- Waingapu																												

Keterangan:  : Periode hujan  : MPL (minggu tanam paling lambat)
 Sumber: Riajaya (2009).

G. Bali

Pengembangan baru lainnya bagi kapas adalah di wilayah Bali yang meliputi Kabupaten Karangasem, Jembrana, Buleleng, dan Klungkung dan umumnya di lahan tegal/kering dalam sistem tumpang sari dengan jagung. Hanya sebagian kecil di sekitar Kabupaten Jembrana yang dikembangkan di lahan sawah sesudah padi. Hampir sama dengan di wilayah lainnya di lahan tegal/kering, periode musim hujan sangat singkat terutama di Kabupaten Buleleng dan Klungkung dan sebagian Karangasem sehingga saat tanam kapas sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan yaitu minggu pertama Desember. Untuk wilayah dengan periode hujan lebih panjang seperti di Negara, Jembrana tanam kapas dapat mundur hingga minggu pertama Januari.

Tabel 8. Periode hujan dan waktu tanam kapas di Bali

Bulan/minggu Lokasi	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Karangasem																												
- Karangasem																												
- Kubu																												
2. Jembrana																												
- Negara																												
3. Buleleng																												
- Kubutambahan																												
- Seririt																												
- Gerokgak																												
4. Klungkung																												
- Nusa Penida																												

Keterangan:  : Musim hujan  : MPL (minggu tanam paling lambat)
 Sumber: Riajaya dan Kadarwati (2009).

STRATEGI PENYESUAIAN WAKTU TANAM

Penentuan waktu tanam tersebut di atas merupakan acuan yang dapat dipakai untuk perencanaan tanam bila kondisi cuaca normal. Akan tetapi apabila terjadi anomali cuaca seperti terjadinya El-Nino atau La-Nina maka waktu tanam tersebut dapat bergeser maju atau mundur tergantung sifat musim hujan pada tahun yang bersangkutan. Strategi penyesuaian waktu tanam tersebut dimaksudkan untuk mengurangi kerusakan akibat perubahan iklim sebagai langkah antisipasi.

Penentuan awal musim hujan menjadi faktor penentu dalam keberhasilan pertanian tanaman semusim. Tanaman kapas sering mengalami kekeringan atau kelebihan air akibat dari ketidakpastian awal musim hujan. Awal musim hujan dapat maju atau mundur dari normalnya. *Update* informasi cuaca terkini saat ini sangat mudah diperoleh baik dari media cetak atau dapat mengakses langsung melalui internet. Bila awal musim hujan mundur hingga satu bulan atau lebih dari normalnya, maka sebaiknya tidak menanam kapas dan beralih ke tanaman palawija yang umurnya lebih pendek dan kebutuhan airnya lebih rendah. Pergiliran tanaman palawija+kapas dimungkinkan bila awal hujan maju dari normalnya. Bila kapas ditanam mundur hendaknya menggunakan varietas yang berumur pendek karena seperti yang dilaporkan oleh Bange *et al.* (2004) tanaman kapas yang berumur pendek mempunyai kompensasi untuk membentuk buah lebih awal dan perkembangan serai yang optimal.

Selain pengaturan waktu tanam, juga diperlukan pengaturan pola tanam dan tata tanam. Pola tanam atau pola pergiliran tanaman dalam setahun akan berubah bila kondisi cuaca berubah dari normalnya. Periode hujan yang ada menentukan jumlah musim tanam dalam setahun. Pada kondisi El-Nino atau kekeringan jumlah musim tanam akan berkurang dan sebaliknya pada kondisi La-Nina jumlah musim tanam dapat bertambah. Hasil simulasi yang dilakukan oleh Garcia *et al.* (2010) di wilayah pengembangan kapas Amerika bagian tenggara mengenai variabilitas efisiensi penggunaan air terhadap kejadian anomali cuaca menunjukkan bahwa pada kondisi El Nino efisiensi penggunaan air berkurang bila tanam awal dibanding pada kondisi La Nina. Pengaturan tata tanam juga diperlukan berkaitan dengan anomali cuaca. Pada kondisi banyak hujan kelembapan di sekitar tanaman akan bertambah sehingga kerapatan tanaman perlu dikurangi. Pengaturan saat tanam dilakukan agar puncak kebutuhan air tanaman tidak bersamaan dengan puncak *evaporative demand*. Pada kondisi cuaca ekstrim kering atau curah hujan terbatas penggunaan *skip row* di Australia banyak diterapkan (Milroy *et al.* 2004).

Penanaman kapas di lahan kering yang hanya mengandalkan curah hujan dalam memenuhi kebutuhan air tanaman mempunyai risiko yang tinggi terhadap ketidakpastian cuaca. Cuaca saat ini sangat sulit diprediksi akibat dari pemanasan global yang telah kita rasakan. Dengan demikian dibutuhkan tindakan pengelolaan tanaman yang dapat mengurangi *run off* atau aliran permukaan dan meningkatkan penggunaan air oleh tanaman.

Dengan ditetapkan ketentuan tanam di wilayah pengembangan kapas maka hendaknya kapas ditanam sesuai pedoman tersebut yang disesuaikan dengan kondisi cuaca *real time*. Apabila waktu tanam mundur hingga lebih dari satu bulan dari waktu tanam optimum maka tanaman kapas tidak akan mempunyai waktu yang cukup untuk membentuk komponen hasil pada fase generatif sehingga produksi akan menurun (Hakoomat-Ali *et al.* 2009).

PENUTUP

Pengembangan kapas di lahan kering sering berhadapan dengan kondisi iklim yang tidak menentu sehingga mengakibatkan tanaman kapas mengalami kekeringan atau kelebihan air. Pemenuhan kebutuhan air tanaman di lahan kering terutama berasal dari curah hujan dengan musim hujan yang berlangsung sangat singkat sehingga perencanaan tanam harus diperhatikan, disesuaikan dengan pola curah hujan setempat. Penyempurnaan waktu tanam dilakukan untuk melengkapi waktu tanam yang telah ditentukan sebelumnya dengan menambah wilayah pengembangan baru. Waktu tanam kapas yang telah disesuaikan dengan pola hujan di masing-masing daerah pengembangan kapas di lahan kering telah ditentukan. Selanjutnya potensi iklim terutama dari faktor curah hujan akan dijadikan faktor penentu dalam menilai potensi lahan di suatu wilayah. Penentuan waktu tanam tersebut di atas merupakan acuan yang dapat dipakai untuk perencanaan tanam bila kondisi cuaca normal. Akan tetapi apabila terjadi anomali cuaca seperti terjadinya El-Nino atau La-Nina maka waktu tanam tersebut dapat bergeser maju atau mundur tergantung sifat musim hujan pada tahun yang bersangkutan. Dengan ditetapkan ketentuan tanam di wilayah pengembangan kapas maka hendaknya kapas ditanam sesuai pedoman tersebut yang disesuaikan dengan kondisi cuaca *real time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, P.K., K.B. Hebbar, M.V. Venugopalan, S. Rani, A. Bala, A. Biswal & S.P. Wani. 2008. Quantification of Yield Gaps in Rain-fed Rice, Wheat, Cotton, and Mustard in India. Global Theme on Agroecosystems Report no. 43. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 36 p.
- Ali, M., Q. Mohy-Ud-Din, M.A. Ali, S. Sabir & L. Ali. 2004. Cotton yield as influenced by different sowing dates under the climatic conditions of Vehari-Pakistan. *Int. J. Agri. Biol.* 6(4):644-646.
- Bange, M., E. Brown, J. Caton & R. Roche. 2004. Sowing time, variety, and temperature effects on crop growth and development in the Hillston region. 11th Australian Cotton Conference Proceedings. Quality Cotton -A Living Industry not just another yarn. 10th-12th August 2004 - Gold Coast Convention and Exhibition Centre, Broadbeach, Queensland. 7 p.

- Corwin, D.L., S.M. Lesch, P.J. Shouse, R. Soppe, & J.E. Ayars. 2003. Identifying soil properties that influence cotton yield using soil sampling directed by Apparent Soil Electrical Conductivity. *Agronomy Journal* 95:352–364.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2010. Ketersediaan Benih Kapas untuk Mendukung Pengembangan Kapas Tahun 2011. Denpasar 25–27 November 2010.
- Garcia, A., T. Persson, J.O. Paz, C. Fraisse & G. Hoogenboom. 2010. ENSO-based climate variability affects water use efficiency of rainfed cotton grown in the Southeastern USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 139(4):629–635.
- Hakoomat-Ali, M.N. Afzal & D. Muhammad. 2009. Effect of sowing dates and plant spacing on growth and dry matter partitioning in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Pak. J. Bot.* 41(5):2145–2155.
- Hallikeri, S.S., H.L. Halemani, V.C. Patil, Y.B. Palled, B.C. Patil & I.S. Katageri. 2009. Influence of sowing time and moisture regimes on growth, seed cotton yield and fiber quality of Bt-cotton. *Journal of Agricultural Sciences* 22(5):985–991.
- Milroy, S.P., M.P. Bange & A.B. Hearn. 2004. Row configuration in rainfed cotton systems: modification of the OZCOT simulation model. *Agricultural Systems* 82(1):1–16.
- Riajaya, P.D. 2000. Penetapan waktu tanam kapas di wilayah Kabupaten Gunung Kidul, Kulon Progo, dan Bantul. (*Unpublished*). 3 hlm.
- Riajaya, P.D. 2008. Rekomendasi waktu tanam kapas di lahan tadah hujan. *Perspektif* 7(2):92–101.
- Riajaya, P.D. 2009. Pengaturan tanam dan pengairan untuk mendukung pengembangan kapas di Waingapu, Nusa Tenggara Timur. *Prosiding Simposium Penelitian dan Pengembangan Perkebunan*. Bogor 14 Agustus 2009. hlm. 282–288.
- Riajaya, P.D. & F.T. Kadarwati. 2009. Potensi iklim untuk tanaman kapas di wilayah pengembangan baru Provinsi Bali. *Agrivita* Vol. 31. Edisi Khusus. hlm. 85–96.
- Riajaya, P.D., F.T. Kadarwati & M. Machfud. 2003. Perkiraan peluang hujan untuk menentukan waktu tanam kapas di Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 9(2):39–47.
- Riajaya, P.D., M. Sholeh & dan F.T. Kadarwati. 2005. Waktu tanam kapas di Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 11(2):52–59.
- Riajaya, P.D., M. Sholeh, F.T. Kadarwati & M. Rizal. 2001. Waktu tanam kapas di Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 7(2):35–42.
- Riajaya, P.D., M. Sholeh, S. Mulyaningsih, M. Cholid, N. Sudibyo & Soebandrijo. 1999. Pendugaan periode kering dan awal musim hujan untuk memperbaiki waktu tanam kapas di Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* IV(6):179–191.
- Scherer, F., B. Seelig & D. Franzen. 1996. Soil, water, and plant characteristics important to irrigation. NDSU. www.ag.ndsu.edu [29 November 2011].

PENGELOLAAN AIR PADA TUMPANG SARI KAPAS DAN PALAWIJA PADA MUSIM KEMARAU SETELAH PADI

Prima Diarini Riajaya^{*)}

PENDAHULUAN

Penanaman kapas dan palawija secara tumpang sari biasa dilakukan petani di lahan tadah hujan pada awal musim hujan (MH) dan di lahan sawah pada musim kemarau pertama (MK I) setelah padi. Penanaman secara tumpang sari tersebut bertujuan untuk meningkatkan pendapatan petani dan produktivitas lahan, serta mengurangi risiko kegagalan hasil. Selain itu, kelestarian program ketahanan pangan tetap terjamin selaras dengan penyediaan bahan baku serat untuk industri tekstil. Pengembangan kapas di lahan sawah banyak ditemui di Lamongan (Jawa Timur), Blora, Grobogan (Jawa Tengah), dan sebagian Sulawesi Selatan. Kendala dan dampak yang dihadapi lebih banyak berhubungan dengan ketersediaan air yang terbatas. Ketersediaan air bagi tanaman untuk memenuhi kebutuhan air hanya berasal dari curah hujan sedangkan musim hujan hanya berlangsung sangat singkat yaitu 3–4 bulan saja (Riajaya 2002).

Penanaman kapas pada MK I dilakukan memasuki musim kemarau yaitu pada bulan April/Mei setelah tanaman padi dipanen. Tentu saja ketersediaan air bagi tanaman kapas sangat tergantung pada curah hujan yang turun pada akhir musim hujan dan dari tambahan pengairan. Bila ketersediaan air tanah atau sungai mencukupi untuk menyuplai kebutuhan air tanaman maka keberhasilan pengembangan kapas pada MK I lebih tinggi. Pada musim kemarau yang panas dengan tingkat penyinaran maksimum, tanaman kapas akan tumbuh lebih cepat dan kebutuhan air tanaman meningkat, akan tetapi ketersediaan air terbatas selama musim kemarau.

Akhir-akhir ini kelangkaan air tidak saja terjadi di daerah kering yang sulit air tetapi juga di daerah basah yang surplus air sebagai akibat dari fenomena pemanasan global. Kurangnya ketersediaan air tersebut disebabkan oleh rendahnya kapasitas tanah menahan air dan infiltrasi, fluktuasi curah hujan, dan tingginya evaporasi. Laju penurunan ketersediaan air tersedia tercepat terjadi pada tekstur tanah ringan (Ritchie 1981).

Pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan termasuk untuk tanaman harus digunakan dengan efisien. Tantangan ke depan yang dihadapi adalah menurunnya sumber daya lahan dan air, variabilitas iklim yang mengarah kepada meningkatnya kejadian iklim eks-

^{*)} Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

trim di semua wilayah di Indonesia, misalnya kejadian kekeringan berkepanjangan dan banjir. Frekuensi kejadian cuaca ekstrim semakin sering dengan intensitas yang kuat sehingga prakiraan musim sulit dilakukan. Oleh karena itu pengelolaan air tanaman sangat diperlukan yang mencakup waktu/saat pengairan, berapa jumlahnya dan bagaimana cara mengairinya. Tulisan ini menyajikan strategi pengelolaan air untuk tanaman kapas berdasarkan pola pertumbuhan tanaman dan kebutuhan air tanaman untuk mengurangi tingkat risiko terhadap kekeringan.

KEBUTUHAN AIR TANAMAN KAPAS

Kebutuhan air tanaman merupakan jumlah air yang dibutuhkan untuk memenuhi evapotranspirasi agar tanaman berada dalam keadaan optimal (Doorenbos dan Pruitt 1984). Untuk mengurangi evaporasi maka penggunaan mulsa jerami sangat dianjurkan bila kapas diusahakan di lahan sawah sesudah padi, selain dapat menjaga kelembapan tanah mulsa juga dapat menghambat pertumbuhan gulma. Pada tanaman kacang tanah di Vietnam yang diberi mulsa jerami tumbuh lebih tinggi dan berbunga lebih cepat (Ramakrishna *et al.* 2006). Kebutuhan air tanaman rendah ketika tanaman masih muda dan meningkat seiring dengan perkembangan tanaman, dan mencapai puncaknya saat pembungaan/pembuahan. Pada periode pembungaan/pembuahan, tanaman kapas sangat peka terhadap kekurangan air sehingga diusahakan kapas tidak kekurangan air selama periode tersebut. Air yang digunakan tanaman secara potensial sangat dipengaruhi oleh faktor iklim seperti penyinaran matahari, suhu udara, angin, dan kelembapan. Air yang digunakan tanaman secara aktual dapat lebih rendah dari potensialnya karena kanopi tanaman (luas daun) yang masih kecil atau kandungan air tanah yang rendah.

Total kebutuhan air tanaman kapas berkisar 6.700 m³/ha atau 6,7 MI yang berbeda menurut fase tanaman (Tabel 1). Bila efisiensi irigasi 70% maka total kebutuhan air adalah 9,57 MI, yang dapat dipenuhi dari air yang tersimpan dalam tanah, curah hujan, dan irigasi. Bila waktu tanam kapas mundur, maka kebutuhan air irigasi akan meningkat. Pada saat buah merekah tidak menghendaki adanya hujan, jadi kering saat panen. Kebutuhan air yang terbesar adalah saat fase bunga pertama muncul hingga buah pertama merekah (60–105 hst) yaitu 7–12 mm/hari. Pada periode tersebut tanaman kapas sangat peka terhadap kekurangan air sehingga diusahakan agar tidak kekurangan air. Bila kekurangan air pada awal pembungaan akan menyebabkan bunga rontok, selanjutnya bila kekurangan air terjadi pada saat pembuahan akan menyebabkan menurunnya laju pembungaan dan buah muda rontok. Untuk menghindari stres air, pengairan perlu dilakukan bila air tanah tersedia telah mencapai 50%. Pertumbuhan daun akan terganggu bila kadar air tanah mencapai 40% (Riajaya *et al.* 1997). Gwathmey *et al.* (2011) melaporkan bahwa pengairan yang di-

berikan mulai *square* pertama muncul hingga buah pertama merekah dapat menunda umur panen 0,56 hari setiap 1 cm (10 mm) air irigasi.

Tabel 1. Kebutuhan air tanaman kapas pada berbagai fase

Fase tanaman	Umur (hari)	Kebutuhan air	
		mm/hari	m ³ /ha
Tanam- <i>square</i> pertama	0–35	1–2	600
Square-bunga pertama	35–60	2–4	800
Bunga pertama-buah pertama merekah	60–105	7–12	4 400
Buah pertama merekah-semua buah merekah	105–140	3–2	900
Total	140		6 700

Sumber: Modifikasi dari Waddle (1984).

Menurut FAO (2010) kebutuhan air kapas berkisar 700–1.300 mm selama musim tanam 150–180 hari, rinciannya adalah pada fase awal pertumbuhan vegetatif membutuhkan 10% dari total kebutuhan air; pada fase pembungaan dengan luas daun maksimum membutuhkan 50–60% dari total kebutuhan air, kemudian kebutuhan air menurun. Selanjutnya di Australia total air yang dibutuhkan untuk pengembangan kapas berkisar 12 MI/ha, termasuk 7 MI/ha dipenuhi dari irigasi, dengan rata-rata efisiensi penggunaan air tanaman sebesar 2,5 kg serat/mm/ha (Tennakoon dan Milroy 2003).

Pertumbuhan tanaman kapas sangat dipengaruhi oleh lingkungan tumbuhnya. Bila ketersediaan air dan nutrisi cukup serta suhu mendukung maka tanaman kapas akan terus tumbuh membentuk daun, *square*, bunga, dan buah. Kompetisi terjadi bila suplai dan kebutuhan air dan nutrisi tidak seimbang (Browne 1984). Pada kondisi optimal tanaman kapas akan mempertahankan buah yang terbentuk sesuai dengan imbangannya nutrisi dan air. Pada kondisi sub-optimal tanaman kapas akan menggugurkan *square* dan buah muda, selanjutnya pertumbuhan tanaman akan berhenti. Untuk memperoleh tingkat produktivitas yang tinggi maka tanaman kapas harus dapat mempertahankan jumlah buah yang tinggi melalui intersepsi sinar matahari yang maksimum.

Pada fase pemanjangan serat juga dibutuhkan imbangannya nutrisi dan air. Jika kebutuhan tersebut tidak dipenuhi maka akan dihasilkan serat yang pendek dan mudah putus dalam proses pemintalan sehingga tidak disukai oleh pabrik tekstil. Karademir *et al.* (2011) melaporkan adanya penurunan kualitas serat kapas akibat stres air yang meliputi panjang, kekuatan, kehalusan, dan daya mulur serat. Tanaman kapas menjelang panen masih membutuhkan air tetapi tidak menghendaki adanya hujan, berarti harus tersedia cukup air dalam tanah. Dengan demikian tanah-tanah dengan kemampuan memegang air yang tinggi yang sesuai untuk kapas yaitu tanah bertekstur liat atau lempung. Kandungan air tanah tersedia untuk tanaman sangat bervariasi menurut tekstur tanah dan pengelolaan lahan. Air tanah tersedia merupakan air tanah yang dapat diserap oleh tanaman sebelum

titik layu tercapai, semuanya dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah, serta kedalaman akar.

POLA PERTUMBUHAN TANAMAN KAPAS DAN SUPLAI AIR

Pertumbuhan awal yang cepat sebelum pembungaan dengan cabang generatif yang banyak akan menjadi indikator potensi hasil tinggi. Akan tetapi pertumbuhan vegetatif yang berlebihan tidak dikehendaki karena tanaman akan tumbuh lebih tinggi, menyebabkan daun-daun di bawah akan saling menutupi dan tidak efektif terutama bila cuaca mendung, buah-buah muda akan gugur, penetrasi insektisida berkurang selama penyemprotan, tertundanya fase pemasakan buah, menyulitkan panen, dan rentan terhadap penyakit busuk buah (Ritchi *et al.* 2004). Pada saat *square*, bunga, dan buah terbentuk, pertumbuhan vegetatif mulai menurun. Kehilangan *square*, bunga, dan buah pada awal pertumbuhan akan menyebabkan tanaman terus tumbuh membentuk pertumbuhan baru sehingga menambah umur panen.

Pada musim kemarau yang panas dengan tingkat penyinaran maksimum tanaman kapas akan tumbuh lebih cepat dan kebutuhan air tanaman meningkat, akan tetapi ketersediaan air terbatas selama musim kemarau. Ketika ketersediaan air tanah menurun laju pertumbuhan tanaman di atas tanah (*top growth*) berkurang 90%, sedangkan laju pertumbuhan akar (*root growth*) akan berkurang 30% (Robertson *et al.* 2007). Menurunnya perkembangan akar akan menurunkan serapan air dan hara oleh akar. Pada musim hujan/basah (sering berawan), pertumbuhan tanaman lebih lambat, kebutuhan air lebih rendah, pertumbuhan tanaman kadang terhambat karena gangguan genangan air (*water-logging*).

Untuk mendapatkan tingkat produksi yang tinggi maka pengelolaan air ditujukan agar tanaman membentuk kanopi dengan cepat dan menjaga ketersediaan air hingga panen. Caranya adalah dengan pengairan yang tepat untuk menghindari stres dan memanfaatkan curah hujan dengan tidak mengairi terlalu awal untuk mengurangi risiko genangan. Penanaman segera setelah padi sangat dianjurkan untuk mengurangi jumlah pengairan. Selain kekurangan air, tanaman kapas sangat peka terhadap kelebihan air.

Stres Air (*Moisture Stress*)

Stres air terjadi bila kadar air dalam tanah menjadi terbatas, sehingga pertumbuhan tanaman berhenti dan sisa air tanah tersedia hanya digunakan untuk pertumbuhan buah yang telah terbentuk. Pada kondisi tertentu menyebabkan perakaran lebih dalam, internode lebih pendek dan jumlahnya sedikit, dan *square* lebih sedikit. Duruoha *et al.* (2008) mendapatkan bahwa pertumbuhan akar tanaman kapas lebih tinggi pada kandungan air tanah 70% dibanding 90% kapasitas lapang. Selanjutnya Browne (1984) menyatakan bahwa batas kritis, tanaman akan mengalami stres air yaitu apabila 60% dari air tanah tersedia te-

lah digunakan. Melewati batas kritis tersebut pertumbuhan vegetatif berhenti (daun gugur) dan buah-buah muda gugur. Bila hal ini terjadi pada fase awal pertumbuhan tanaman kemudian diirigasi, maka hal ini akan merangsang pertumbuhan vegetatif baru dan memperpanjang umur panen (Grimes *et al.* 1970).

Stres air sebenarnya dapat merangsang akar untuk tumbuh lebih dalam sehingga dapat memanfaatkan air dari lapisan yang lebih dalam. Akan tetapi stres yang berlebihan justru akan menghambat pertumbuhan akar yang pada akhirnya akan menghambat pertumbuhan vegetatif dan akan menurunkan hasil. Carmi *et al* (1993) mendapatkan bahwa *recovery* dari pertumbuhan akar (distribusi akar) setelah mengalami stres air sangat lambat sehingga hal ini harus menjadi pertimbangan dalam menyusun jadwal pengairan.

Kelebihan Air (*Water-logging*)

Tanaman kapas sangat sensitif terhadap kelebihan air atau genangan. Genangan terjadi bila tanah jenuh dengan air dan aerasi berkurang akibat hujan yang terjadi berturut-turut dalam intensitas tinggi, musim hujan yang panjang, dan pengelolaan irigasi buruk. Berkurangnya aerasi dalam tanah mengurangi kadar oksigen dalam tanah. Saat terjadi genangan semua pori tanah terisi air sehingga kandungan oksigen dalam tanah berkurang (kurang dari 2%), akibatnya akar tanaman kapas akan mati bila genangan terjadi terus-menerus. Pada musim hujan dengan curah hujan tinggi kerapatan tanaman dikurangi untuk menambah penetrasi cahaya.

Oksigen dalam tanah dimanfaatkan oleh tanaman dalam proses penyerapan nutrisi oleh akar. Browne (1984) melaporkan bahwa bila terjadi genangan 1 hari akan menurunkan serapan nitrogen hingga 1 kg N/ha. Dengan demikian genangan tersebut berpengaruh terhadap serapan nitrogen oleh akar dan lama genangan sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah. Bange *et al.* (2004) juga melaporkan bahwa genangan yang terjadi saat awal pembentukan *square* akan menurunkan jumlah buah, akan tetapi bila genangan terjadi saat puncak pembentukan buah tidak berpengaruh terhadap hasil kapas. Kualitas serat tidak dipengaruhi oleh genangan. Selanjutnya Conaty *et al.* (2008) menemukan bahwa genangan yang terjadi terus-menerus pada tanaman kapas di Australia menurunkan laju fotosintesis 9–28%, serapan N yang dapat mengakibatkan klorosis, kandungan N, K, P, Ca, Mg, Mn, dan S pada daun, kecuali kandungan Fe pada daun meningkat akibat genangan.

Pada tanah-tanah berat (*grey clay soil*) air irigasi yang diberikan masuk ke profil melalui rekahan tanah, kemudian apabila rekahan telah menutup akibat proses mengembangnya tanah, selanjutnya air tidak dapat menembus lapisan bawah. Genangan umumnya terjadi selama musim hujan terutama pada lahan sawah, oleh karena itu drainase harus diperhatikan, penanaman di atas guludan, dan mengairi dalam waktu yang tidak terlalu lama. Pada tanah dengan kandungan liat yang lebih rendah (*red clay loam*) jarang terjadi genangan tetapi penetrasi air lambat, maka frekuensi pengairan ditingkatkan dalam waktu

yang agak lama. Frekuensi pengairan dan saat pengairan sangat ditentukan oleh tekstur tanah, kondisi cuaca, dan tingkat pengelolaan air (Hanson dan Orloff 1998).

SAAT DAN JUMLAH PENGAIRAN

Pada saat tanam kondisi tanah harus cukup lembap. Pengairan sebelum tanam diperlukan bila kondisi tanah saat tanam dikehendaki cukup lembap, akan tetapi bila hujan turun setelah pengairan maka tanah akan menjadi jenuh air dan tanam harus ditunda menunggu kondisi tanah agak kering. Pada saat yang bersamaan pertumbuhan gulma meningkat. Manajemen pengairan yang baik memerlukan pemahaman mengenai pola pertumbuhan tanaman, pengaruh cuaca terhadap penggunaan air, dan kondisi air tanah di daerah perakaran. Meskipun tersedia berbagai metode pengairan tetapi pelaksanaannya harus diikuti dengan pengamatan yang teliti mengenai kondisi tanaman dan kelembapan tanah.

Saat pengairan yang tepat sangat dibutuhkan untuk mendapatkan produksi kapas yang tinggi. Tambahan pengairan diberikan bila 50% dari kandungan air tanah telah digunakan oleh tanaman (Riajaya *et al.* 1997). Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kandungan air tanah tersebut tergantung pada tekstur tanah, fase tanaman, dan kondisi iklim. Kandungan air tanah yang tersedia bagi tanaman tergantung pada tekstur tanah dan berada pada kisaran kapasitas lapang dan titik layu permanen. Bila waktu tanam kapas pada akhir musim hujan, ketersediaan air tanah masih cukup untuk menyuplai kebutuhan air tanaman pada fase awal sampai sebelum *square*. Bila saat tanam kondisi tanah sudah kering maka irigasi sebelum tanam sangat diperlukan untuk mengisi profil tanah.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi air tanah yaitu menggunakan alat *neutron probe*, *pressure chamber* (mengukur *leaf water tension*), *hand core sampler*, atau irigasi berjadwal. Indikasi kekurangan air biasanya dimulai dari permukaan tanah yang mulai mengering hingga kedalaman 20–50 cm. Oleh karena itu monitoring kelembapan tanah sangat diperlukan pada saat mulai muncul kuncup bunga hingga bunga pertama mekar (Silvertooth *et al.* 2001).

Cara praktis untuk mengestimasi kadar air tanah pada tanah liat adalah dengan cara memilin tanah. Tanah yang banyak mengandung liat (>50%) pada kondisi air tanah optimum bila dipilin akan meninggalkan bekas basah di tangan. Tanah dengan air tersedia antara 50–75% dapat dipilin dengan mudah antara ibu jari dan jari serta terasa licin. Antara 25–50% tanah masih bisa dibentuk seperti bola dengan tekanan. Bila tanah mencapai kadar air tersebut maka saatnya penambahan air dilakukan (Browne 1984; Martin 2001).

Fase-fase kritis untuk kapas ketersediaan air harus mencukupi adalah pada saat tanam agar pertumbuhan awal seragam, sebelum pembungaan agar proses polinasi tidak terganggu, dan sesaat setelah pembentukan buah. Air yang tersedia saat buah pertama me-

rekah hingga 50% buah merekah sangat penting untuk menjaga kekuatan dan panjang serat (McWilliams 2003).

Pengairan Pertama

Saat pengairan pertama mempengaruhi perkembangan tanaman dengan menjaga keseimbangan antara pertumbuhan vegetatif baru dan perkembangan kuncup bunga, bunga, dan buah muda yang ada. Pengairan pertama umumnya diberikan sebelum bunga pertama mekar (Bange 2002). Secara umum, pengairan ditujukan untuk merangsang pertumbuhan vegetatif sehingga pengairan dapat ditunda untuk mengontrol pertumbuhan.

Tanah dengan kandungan air tersedia rendah yang dapat membatasi pertumbuhan tanaman membutuhkan pengairan sebelum pembungaan. Pada kondisi cuaca yang panas sebelum pembungaan akan mempercepat pertumbuhan tanaman sehingga saat pengairan dapat maju. Pertumbuhan awal tanaman yang baik yang dapat merangsang pertumbuhan cabang generatif akan menjadi indikator untuk mendapatkan hasil yang tinggi. Pada kondisi tertentu pengairan tidak dapat diberikan terlalu awal karena *square* akan gugur dan akan merangsang pertumbuhan baru. Pengairan terlalu lambat akan menghambat pertumbuhan tanaman dan tanaman akan mengalami stres air (stres air terjadi bila potensial air daun kurang dari -1,8 MPa yang diukur oleh *pressure chamber*). Pertumbuhan tanaman akan terhenti bila potensial air daun mencapai -2,1 MPa (Wrona 2001). Constable (1995) melaporkan bahwa buah-buah muda akan gugur bila potensial air daun mencapai -1,9 MPa. Stres air yang terjadi setiap hari selama fase awal pertumbuhan akan menurunkan 9 kg serat/ha (Browne 1984). Krieg (2000) mendapatkan potensial air daun kapas minimal umumnya berkisar -1,3 MPa, dan apabila potensial air tanah menurun hingga -0,2 MPa yang diikuti oleh evaporasi yang tinggi, maka potensial air daun akan terus menurun dan konduktan stomata juga akan menurun untuk mengurangi penguapan.

Pada lahan dengan tingkat ketersediaan air tinggi misalnya lebih dari 200 mm, maka irigasi pertama dapat ditunda/diperpanjang hingga pembentukan buah untuk mengurangi pertumbuhan vegetatif. Sebaliknya pada lahan dengan tingkat ketersediaan air yang rendah misalnya kurang dari 150 mm, pertumbuhan vegetatif tanaman berkurang dengan menurunnya kadar air tanah, maka irigasi pertama dapat diberikan lebih awal untuk mempertahankan pertumbuhan tanaman. Frekuensi irigasi lebih sering selama puncak kebutuhan air tanaman. Tingginya *evaporative demand* yang paling berpengaruh terhadap penurunan potensial air daun pada tanah dengan tekstur ringan (Neilson 2008).

Selain faktor suplai air, kehilangan *square* pada fase awal karena hama juga memicu pertumbuhan baru sebagai kompensasi, sehingga dapat menambah umur panen. Sebaliknya bila tanaman berkembang terlalu cepat sebelum pembungaan, kehilangan *square* awal menyebabkan pertumbuhan yang berlebihan. Oleh karena itu kita harus memutuskan apakah menunda pengairan untuk mengatur pertumbuhan tanaman, atau mengairi untuk merangsang perkembangan tanaman agar membentuk cabang generatif baru.

Saat pengairan harus memperhatikan luas lahan yang akan diairi, bila air untuk pengairan berasal dari sumur yang ada di sekitar lahan dan butuh waktu sehari-hari untuk mengairi, maka awal pengairan diberikan lebih cepat sehingga pada saat selesai mengairi tidak terdapat tanaman yang stres. Hal ini mengakibatkan variasi pertumbuhan tanaman.

Pengairan Kedua

Saat pengairan kedua juga sangat penting untuk mengatur perkembangan tanaman karena pertumbuhan vegetatif masih berlangsung. Pengairan kedua yang terlalu dekat dengan saat pengairan pertama akan memperpanjang masa pertumbuhan dan menambah umur tanaman. Bila pengendalian hama dapat dilakukan dengan baik, maka banyak buah-buah yang akan terbentuk selama tiga minggu setelah pembungaan. Saat tanaman memasuki fase terdapat banyak buah-buah muda adalah fase yang sangat peka terhadap kekurangan air. Stres (stres air terjadi bila potensial air daun kurang dari $-2,4$ MPa yang diukur dengan *pressure chamber*) yang terjadi pada fase tersebut akan menurunkan serat sampai 18 kg/ha. Stres yang terjadi pada puncak pembungaan akan menurunkan hasil dua kali lebih tinggi dibanding bila stres terjadi pada pembentukan *square* (Constable *et al.* 1995). Stres yang terjadi selama pembungaan akan mengurangi retensi buah (Grimes *et al.* 1970). Dengan demikian bila perkembangan tanaman baik dengan retensi buah yang tinggi, pengairan kedua tidak boleh terlambat diberikan untuk menghindari stres. Tanaman dengan retensi buah yang rendah dengan pertumbuhan vegetatif yang cepat setelah pengairan pertama, maka pengairan kedua ditunda sampai pertumbuhan vegetatif baru mulai menurun, sehingga dapat merangsang retensi *square* dan buah baru (Browne 1984).

Pengairan Ketiga dan Seterusnya

Kriteria utama untuk pengairan berikutnya adalah tanaman terhindar dari stres untuk mempertahankan buah muda dan pengisian buah. Pengairan terakhir ditujukan untuk mengisi pori tanah agar kapasitas lapang dan mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan oleh bunga terakhir menjadi buah. Saat tanaman memasuki fase pemasakan buah tidak perlu diairi lagi, tanaman memanfaatkan air yang tersimpan dalam tanah dan membiarkan tanah mengering saat panen.

Pada kondisi tumpang sari dengan palawija misalnya kedelai yang dipanen pada 90 hst, maka setelah kedelai dipanen kapas harus diairi minimal 1 kali lagi (Riajaya *et al.* 1997). Sebelum kedelai memasuki masak fisiologis, kapas harus diairi karena pada periode masak fisiologis kedelai, tanaman kapas berada pada puncak kebutuhan air. Pada tumpang sari dengan jagung yang dipanen umur 100 hari, tanaman kapas telah melewati fase puncak kebutuhan air.

Untuk mudahnya apabila air yang dapat disimpan dalam tanah 150 mm (*heavy clay*), irigasi diberikan bila 75 mm telah digunakan tanaman (50% dari air tersedia). Dengan demikian irigasi diberikan sebesar 75 mm. Frekuensi irigasi disesuaikan dengan fase

tanaman dan kebutuhan air tanaman. Aplikasi irigasi ditunda apabila turun hujan. Sebaliknya apabila terjadi cuaca sangat panas dan angin saat irigasi bisa maju lebih awal.

TANDA-TANDA VISUAL TANAMAN KAPAS KEKURANGAN AIR

Tanaman kapas merupakan tanaman indikator yang baik bagi kondisi yang kekurangan air. Pada fase pembungaan pertumbuhan tanaman diharapkan tidak terhambat, kuncup bunga harus terlihat di ujung-ujung tanaman dan sebagian bunga harus tampak di antara pucuk-pucuk daun. Bila hanya daun yang tampak dibanding bunga, hal ini menandakan pertumbuhan vegetatif terlalu cepat/berlebihan dan pengairan sebaiknya ditunda. Bunga-bunga kapas harus tampak sampai cabang atas pada semua populasi tanaman.

Warna daun juga menjadi indikator yang baik bagi kondisi yang kekurangan air. Setelah pengairan daun-daun yang baru terbentuk berwarna hijau cerah (*bright green*), kemudian perlahan-lahan menjadi hijau gelap dengan mengeringnya tanah. Selain itu warna batang utama merah juga merupakan indikator kekurangan air pada tanaman kapas. Pada kondisi normal, warna batang merah lama-lama akan turun dan menjadi hijau terang. Warna merah yang bergerak cepat ke arah pucuk menandakan saatnya pengairan diberikan. Pengamatan ini sifatnya sangat subyektif berdasarkan pengalaman sehingga harus dilakukan hati-hati terutama bila tergantung kepada pengamatan secara visual saja. Selain itu panjang internode juga menjadi indikator pertumbuhan tanaman dan pengelolaan air sebelumnya, walaupun panjang internode juga dipengaruhi oleh suhu dan varietas. Panjang internode pada batang utama lebih dari 7 cm menunjukkan pertumbuhan terlalu cepat. Idealnya antara 4–7 cm pada jenis Deltapine selama fase pembungaan (Browne 1984).

Gejala layu akibat berkurangnya turgor daun harus pertama dilihat pada tanah yang kering, diawali dengan warna daun yang hijau gelap dan sebenarnya bukan indikator yang baik untuk jadwal pengairan karena sering kali sudah terlambat. Pada kondisi cuaca panas dan angin, daun yang layu pada siang hari tidak sehebat bila kondisi cuaca yang lebih dingin, lembap, dan mendung. Pada kondisi cuaca yang tidak terlalu panas, daun yang layu pada siang hari menunjukkan gejala serius yang mengindikasikan tanah mulai kering, akan tetapi pada kondisi yang ekstrim gejala layu dapat terjadi walaupun kandungan air tanah masih tinggi.

STRATEGI PENGEMBANGAN KAPAS DENGAN SUPLAI AIR TERBATAS

Peningkatan produktivitas kapas pada kondisi air terbatas harus diikuti dengan upaya lainnya termasuk mengurangi luas areal, mengatur jadwal tanam dan pengairan, peng-

gunaan varietas yang tahan terhadap keterbatasan air dan berumur pendek, serta penetapan populasi tanaman yang tepat. Pemilihan varietas dan waktu tanam yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Selanjutnya pada kondisi cuaca ekstrim akibat pemanasan global pengelolaan air dan nitrogen sangat penting (Braunack dan Bange 2010).

Penggunaan varietas genjah lebih sesuai untuk lingkungan dengan air terbatas karena umurnya yang lebih pendek menggunakan air lebih sedikit dibanding varietas berumur panjang. Akan tetapi varietas berumur genjah sebenarnya tidak tahan kekeringan/stres sehingga pengairan pertama tidak boleh tertunda dan pengendalian hama harus terkontrol karena buah-buah terbentuk lebih awal. Varietas genjah tidak mempunyai kemampuan *recovery* setelah stres karena sifat ketahanannya *escape* dari kekeringan, dan sesuai untuk wilayah yang musim hujannya pendek dan teratur. Edmisten *et al.* (2007) menyarankan penggunaan varietas berumur dalam (*full season varieties*) untuk adaptasi terhadap kekeringan karena mempunyai kemampuan *recovery* setelah stres. Di samping itu penggunaan varietas tahan kekeringan sangat diperlukan melalui pemuliaan konvensional atau secara transgenik.

Pengurangan luas areal disesuaikan dengan jumlah air yang tersedia di lokasi apabila kebutuhan air tanaman dipenuhi dari pengairan. Batas minimum kebutuhan air untuk tanaman kapas adalah 5 ML/ha, di bawah kebutuhan air tersebut produksi kapas akan menurun tajam (Browne 1984). Bila areal tertanam terlalu luas dibanding ketersediaan air maka pengairan pertama dapat ditunda dengan mengurangi luas areal yang dapat diirigasi sebesar 6 ML/ha, sisanya kapas dibiarkan dalam kondisi tanpa pengairan (*rainfed*). Dengan ketersediaan air yang terbatas maka aplikasi pemupukan juga ditunda. Menurut Edmisten *et al.* (2007) serapan N dan K berkurang pada saat tanaman stres. Bila pupuk N terlalu tinggi saat kondisi kering maka tanaman akan tumbuh terus bila turun hujan selama periode pemasakan buah.

Tanaman yang mengalami kekeringan dapat disebabkan oleh adanya lapisan keras pada tanah sehingga akar tidak dapat menembus tanah ke arah bawah tetapi tumbuh ke samping. Pada kondisi yang demikian pengolahan tanah sangat diperlukan untuk memungkinkan akar memanfaatkan air dari lapisan yang lebih dalam untuk menghindari stres. Umumnya tanaman kapas yang dapat berproduksi tinggi pada kondisi kekeringan disebabkan oleh beberapa faktor yaitu meningkatnya infiltrasi tanah, berkurangnya evaporasi, meningkatnya bahan organik tanah, dan berkurangnya pemadatan tanah (Edmisten *et al.* 2007).

Menunda saat irigasi akan mengurangi pertumbuhan kanopi dan diharapkan tidak mengganggu buah-buah yang sudah terbentuk, dan pengairan ditujukan untuk menyelamatkan buah-buah yang sudah terbentuk dengan kanopi yang tidak terlalu rimbun. Apabila akan menunda pengairan harus memperhatikan *square*, bunga, dan buah yang terbentuk.

Mengurangi populasi tanaman dengan pertumbuhan kanopi yang tidak terlalu tinggi akan mengurangi transpirasi sehingga mampu bertahan lebih lama pada kondisi air terbatas sampai pengairan berikutnya diberikan. Mengurangi populasi dapat dilakukan dengan *skip row* atau membiarkan barisan tanaman tidak ditanami di antara barisan-barisan tanaman untuk memberi kesempatan tanaman memanfaatkan air lebih efisien dari barisan yang tidak ditanami. Pengairan hanya diberikan pada barisan tanaman untuk mengurangi kompetisi dengan gulma.

PENUTUP

Keterbatasan air merupakan kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan kapas terutama di lahan kering. Rendahnya ketersediaan air disebabkan oleh pendeknya periode musim hujan dan rendahnya daya dukung lahan. Lama musim hujan di wilayah pengembangan kapas sangat singkat yaitu 3–4 bulan. Penanaman kapas di lahan kering dilakukan pada awal musim hujan dan di lahan sawah mendekati akhir musim hujan atau awal musim kemarau. Pengelolaan air pada musim kemarau di lahan sawah setelah padi meliputi pemberian air tambahan melalui pengairan saat curah hujan mulai berkurang, penanaman kapas segera setelah padi dipanen, aplikasi jerami sebagai mulsa pada saat tanam untuk menjaga kelembapan tanah dan mengurangi kompetisi dengan gulma.

DAFTAR PUSTAKA

- Bange, M. 2002. Dryland cotton potential & risk. Australian Dryland Cotton Production Guide. Third Edition. Cotton Research & Development Corporation Narrabri, NSW p. 7–12.
- Bange, M.P., S.P. Milroy & P. Thongbay. 2004. Growth and yield of cotton in response to waterlogging. Field Crop Research Vol. 88:129–142.
- Braunack, M. & M. Bange. 2010. Can planting date and cultivar selection improve resource use efficiency of Australian cotton systems?. "Food Security from Sustainable Agriculture" Edited by H. Dove & R.A. Culvenor Proceedings of 15th Agronomy Conference 2010, 15–18 November 2010, Lincoln, New Zealand. //www.regional.org.au/au/asa/2010. [9 April 2011].
- Browne, R.L. 1984. Irrigation Management of Cotton. Agfact. P5.3.2. first Ed. Agdex 151/560. Department of Agriculture, NSW.
- Carmi, A, Z. Plaut & M. Sinai. 1993. Cotton root growth as affected by changes in soil water distribution and their impact on plant tolerance to drought. Irrigation Science 13:177–182.
- Conaty, W.C., D.K.Y. Tan, G.A. Constable, B.G. Sutton, D.J. Field & E.A. Mamum. 2008. Genetic variation for waterlogging tolerance in cotton. The Journal of Cotton Science 12:53–61.
- Constable, G. 1995. Cotton growth responses to water stress. In D. Gibb. Cotton Production During Drought. Cooperative Research Centre for Sustainable Cotton Production. p. 1–13.
- Constable, G., T. Kerby & J. Stewart. 1995. Timing of irrigations. In D. Gibb. Cotton Production During Drought. Cooperative Research Centre for Sustainable Cotton Production. p. 42–52.

- Doorenbos, J. & W.O. Pruitt. 1984. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 24. Rome.
- Duruoha, C., C.R. Piffer & P.R.A. Silva. 2008. Cotton root volume and root dry matter as a function of high soil bulk density and soil water stress. *Irriga Botocatu* 13(4):476–491.
- Edmisten, K., J. Crawfords & M. Bader. 2007. Drought Management for Cotton Production. North Carolina Cooperative Extension. Electronic Publication Number DRO 17 [Updated August 2007]. 9 p.
- FAO. 2010. Crop Water Information: Cotton. Water Development and Management Unit. www.fao.org/nr/water/cropinfo_cotton.html [10 April 2011].
- Grimes, D.W., R.J. Miller & L. Dickens. 1970. Water Stress During Flowering of Cotton. *California Agriculture* 24(3):4–6.
- Gwathmey, C.O., B.G. Leib & C.L. Main. 2011. Lint yield and crop maturity responses to irrigation in a short-season environment. *Journal of Cotton Science* 15:1–10. <http://journal.cotton.org>. [19 Oktober 2011].
- Hanson, B. & S. Orloff. 1998. Measuring Soil Moisture. University of California Irrigation Program. Department of Land, Air, and Water Resources. University of California, Davis. 34 pp.
- Karademir, C., E. Karademir, R. Ekiaci & K. Berekatoglu. 2011. Yield and fiber quality properties of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under water stress and non-stress conditions. *African Journal of Biotechnology* 10(59):12575–12583. <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Krieg, D.R. 2000. Cotton water relations. Proceeding of the 2000 Cotton Research Meeting. AAES Special Report 198. p. 7–15.
- Martin, E.C. 2001. Methods of Determining When to Irrigate. Cooperative Extension, College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1220/>. [7 November 2011].
- McWilliams, D. 2003. Drought Strategies for Cotton. Cooperative Extension Service. Circular 582. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. January, 2003. 5 p.
- Neilson, J. 2008. Effect of Soil Water Holding Capacity on Cotton Plant Water Stress. Beltwide Cotton Conference.
- Ramakrishna, A., H.M. Tam, S.P. Wani & T.D. Long. 2006. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in Northern Vietnam. *Field Crop Research* 95(2006):115–125.
- Riajaya, P.D. 2002. Kajian iklim pada tanaman kapas. Monograf Balittas No. 7. Kapas. Buku 2. p.77–87.
- Riajaya, P.D., B. Yu & Hasnam. 1997. Irrigation scheduling for cotton and soybean intercropping system. *Indonesian Journal of Crop Science* 12(1&2):14–22.
- Ritchi, J.T. 1981. Soil water availability. *Plant and Soil* 58:327–338.
- Ritchi, G.L., C.W. Bednarz, P.H. Jost & S.M. Brown. 2004. Cotton growth and development. Cooperative Extension Service. Bulletin 1252. 16 pp. The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences.
- Robertson, B., C. Bednarz & C. Burmester. 2007. Growth and development—first 60 days. *Cotton Physiology Today* Vol. 13, No. 2. May 2007. 5 pp. Newsletter of The Physiology Education Program. National Cotton Council.
- Silvertooth, J.C., P.W. Brown., S.H. Husman & E.C. Martin. 2001. Timing the first post-plant irrigation. A Cooperative Extension. 2/2001. The University of Arizona. 2 p.
- Tennakoon, S.B. & S.P. Milroy. 2003. Crop water use and water use efficiency on irrigated cotton farms in Australia. *Agricultural Water Management* 61(2003):179–194.
- Waddle, B.A. 1984. Crop growing practices. In R.J. Kohel & CF. Lewis (eds.) *Cotton*. Number 24 in series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc., Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 234–261.
- Wrona, A.F. 2001. Irrigation scheduling. *Cotton Physiology Today*. National Cotton Council 12(2):9–16.

POTENSI LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KAPAS DI PROVINSI BALI

Fitriningdyah Tri Kadarwati^{*)}

PENDAHULUAN

Masih sangat tingginya impor serat kapas perlu dipacu melalui peningkatan produktivitas (intensifikasi) dan perluasan areal pertanaman kapas (ekstensifikasi dalam negeri). Arah pengembangan kapas pada masa mendatang ke luar Jawa, akan tetapi nampaknya di Jawa tidak akan ditinggalkan terutama pada wilayah-wilayah yang sangat potensial dan menjadi daerah sentra pengembangan kapas sejak dulu (Ditjenbun 1998). Pola pengembangan kapas pada masa mendatang tetap dilakukan di lahan kering dan mulai masuk pada lahan sawah sesudah padi dalam bentuk tumpang sari dengan kedelai. Khusus di Nusa Tenggara Barat dan Bali, pengembangan kapas nampaknya tetap diarahkan ke lahan kering sesuai dengan peta arahan pengembangan kapas dari Puslittanak (1997).

Peta arahan yang telah dihasilkan Puslittanak tersebut perlu dilengkapi lagi terutama dari segi sosial ekonomi petani setempat, bagaimana penerimaan masyarakat tentang usaha tani kapas dengan palawija. Penelitian yang lebih detil mencakup aspek biofisik lahan, persyaratan tumbuh tanaman kapas yang relevan dan aktual diperlukan untuk menghasilkan peta operasional yang dapat diaplikasikan untuk tujuan pengembangan kapas secara khusus maupun tumpang sari dengan palawija. Oleh karena itu diperlukan evaluasi lahan untuk tanaman kapas.

Potensi suatu wilayah untuk pengembangan kapas pada dasarnya ditentukan oleh sifat lingkungan fisik yang mencakup iklim, tanah, topografi atau bentuk wilayah, hidrologi, dan persyaratan tumbuh tanaman kapas (FAO 1983). Djaenudin *et al.* (1994) mengemukakan bahwa kecocokan antara sifat lingkungan fisik dari suatu wilayah dengan persyaratan penggunaan atau komoditas yang dievaluasi memberikan informasi bahwa lahan tersebut potensial untuk areal pengembangan suatu komoditas. Sedangkan Young (1976) dan CSR/FAO Staff (1983) menyatakan bahwa evaluasi lahan merupakan suatu pendekatan atau cara untuk menilai potensi sumber daya lahan. Selanjutnya hasil evaluasi lahan akan memberikan informasi atau arahan penggunaan lahan sesuai untuk pengembangan komoditas, serta usulan atau *input* yang diperlukan, dan akhirnya nilai harapan produksi yang kemungkinan akan dapat dicapai (Sys *et al.* 1993).

*) Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

Tujuan penulisan ini adalah untuk memberikan informasi potensi lahan untuk pengembangan kapas di Indonesia khususnya di Provinsi Bali bagi pengguna dan praktisi.

POTENSI LAHAN DAN KUALITAS LAHAN

Untuk dapat memilih alternatif usaha tani yang kompetitif dalam menghadapi tata-nan ekonomi yang bebas dan dinamis, pembangunan pertanian memerlukan informasi yang cepat dan tepat tentang sumber daya lahan dan iklim. Hasil inventarisasi dan analisis sumber daya lahan dari Puslit Tanah dan Agroklimat perlu ditingkatkan dan ditindaklanjuti dengan lebih memperhatikan kebutuhan tanaman kapas dan keperluan pengguna sehingga dapat diaplikasikan untuk tujuan pengembangan kapas.

Untuk keperluan evaluasi lahan, sifat-sifat lingkungan fisik suatu wilayah dirinci ke-dalam kualitas lahan (*land qualities*) dan setiap kualitas lahan dapat terdiri lebih dari satu karakteristik lahan (*land characteristics*). Beberapa karakteristik lahan umumnya mempunyai hubungan satu sama lainnya di dalam pengertian kualitas lahan (Sys *et al.* 1993).

Kualitas lahan adalah sifat-sifat atau atribut yang kompleks dari suatu satuan lahan, misalnya temperatur, ketersediaan air, ketersediaan oksigen, media perakaran, bahaya banjir dan erosi, dsb.). Masing-masing kualitas lahan mempunyai keragaan (*performance*) tertentu yang berpengaruh terhadap kesesuaiannya bagi penggunaan tertentu. Kualitas lahan kadang-kadang dapat diestimasi atau diukur secara langsung di lapangan, tetapi pada umumnya ditetapkan dari pengertian karakteristik lahan (Djaenuddin *et al.* 1997).

Jumlah kualitas lahan cukup banyak, namun untuk kepentingan evaluasi lahan bisa dipilah dan ditentukan sesuai dengan keperluan. Untuk evaluasi lahan pada skala kecil (tinjau) dengan skala besar (semi detil, atau detil) perlu dipertimbangkan mengenai jumlah dan macam kualitas serta karakteristik lahan yang akan digunakan. Penggunaan kualitas dan karakteristik lahan sebagai parameter dalam evaluasi lahan tentunya harus disesuaikan dengan tingkat skala evaluasi lahan, karena berkaitan dengan ketersediaan dan kualitas data pada masing-masing tingkat pemetaan tersebut.

Menurut FAO (1976) beberapa kualitas lahan yang berhubungan atau berpengaruh terhadap hasil atau produksi tanaman antara lain adalah: kelembapan, ketersediaan hara, ketersediaan oksigen di daerah perakaran, media akar, kemudahan diolah, salinitas dan alkalinitas, bahaya banjir, temperatur, energi radiasi dan fotoperiode, serta periode kering untuk pemasakan.

Karakteristik lahan adalah sifat lahan yang dapat diukur atau diestimasi, contoh kemiringan lereng, curah hujan, tekstur tanah, kapasitas air tersedia, serta kedalaman efektif daerah perakaran (Djaenuddin dan Sukardi 1994). Setiap karakteristik lahan yang digunakan secara langsung dalam evaluasi lahan sering mempunyai interaksi satu sama lainnya. Contohnya ketersediaan oksigen akan mempengaruhi tingkat retensi hara dalam tanah.

Karena itu dalam interpretasi perlu mempertimbangkan atau memperbandingkan lahan dengan penggunaannya dalam pengertian kualitas lahan (FAO 1983).

Peta kesesuaian lahan yang diperoleh dapat digunakan untuk menetapkan arah pengembangan kapas yang akan datang, kendala-kendala produksi yang ada serta produktivitas yang akan dicapai.

TAHAPAN-TAHAPAN DALAM EVALUASI LAHAN

Secara umum, tanaman kapas dapat dikembangkan pada berbagai jenis tanah namun demikian untuk memperoleh hasil yang tinggi dan mutu yang baik, kapas menghendaki tanah yang subur, drainase yang baik, dan daya pegang air yang tinggi. Dalam garis besarnya kegiatan evaluasi kesesuaian lahan dapat dilaksanakan melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

a. Tahap persiapan dan penyiapan peta lapangan

Kegiatan evaluasi lahan untuk tanaman kapas dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Berdasarkan peta-peta yang tersedia di-*overlay*-kan (tumpang tindih) dan dihasilkan peta lapangan serta ditetapkan lokasi/kecamatan serta desa yang akan disurvei. Proses seleksi lokasi dilakukan dengan cara *overlay* peta lapangan dengan skala yang sama juga dari data curah hujan, serta persyaratan tumbuh tanaman secara umum.

Selanjutnya peta lapangan dikonsultasikan dengan pihak dinas terkait serta pihak pengelola kapas di lokasi wilayah untuk memastikan desa yang akan disurvei. Pengamatan juga dilakukan pada daerah-daerah yang belum pernah ditanami kapas untuk melihat kemungkinan dijadikan areal pengembangan di masa datang.

b. Tahap kunjungan lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk mendapatkan data biofisik yang meliputi data lahan antara lain lereng, batuan permukaan, singkapan batuan, bahaya banjir, dan bahaya erosi; data tanah adalah: 1) media perakaran (drainase, tekstur, kedalaman efektif, dan ketebalan), 2) retensi hara (KTK, pH tanah, C-organik), 3) kegaraman, dan 4) hara tersedia (N-total, P₂O₅, K₂O). Sebagian data tanah dapat diamati di lapangan terutama media perakaran, sedang untuk mendapatkan data tanah yang lain diperoleh dari analisis tanah di laboratorium. Untuk itu dilakukan pengambilan contoh tanah pada beberapa lokasi terpilih. Contoh tanah diambil pada lapisan atas dan lapisan di bawahnya yang menunjukkan perbedaan; data iklim yang diperlukan adalah suhu rata-rata bulanan, ketersediaan air selama musim tanam, periode musim hujan, dan kelembapan (FAO 1983) serta data produktivitas tanaman yang ada.

c. Tahap pengolahan data dan pembuatan peta kesesuaian lahan

Hasil pengamatan lapangan dan uji tanah di laboratorium serta data iklim yang dikumpulkan selanjutnya digunakan untuk evaluasi kesesuaian lahan. Evaluasi kesesuaian

lahan mengikuti prosedur baku oleh Sys *et al.* (1993) yang disempurnakan oleh Djaenudin *et al.* (1997). Kelas kesesuaian lahan diperoleh dengan membandingkan (*matching*) antara kualitas/karakteristik lahan dengan persyaratan tumbuh tanaman kapas (Tabel 1).

Tabel 1. Persyaratan penggunaan lahan untuk kapas

Persyaratan penggunaan/karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Persentase produksi yang diharapkan (%)	81–100	61–80	41–60	>40
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C)	25–27	28–30 22–24	30–35 -	>35 <22
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	1 000–1 500 >700	1 500–1 750 600–700	1 750–2 200 500–600	>2 200 <500
Kelembapan (%)	<65	65–75	75–80	>80
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	baik, agak baik	agak terhambat	terhambat, agak cepat	sangat terhambat, cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	h, ah	s	ak	k
Bahan kasar (%)	<15	15–35	35–55	>55
Kedalaman tanah (cm)	>75	50–75	25–50	<25
Gambut:				
Ketebalan (cm)	<60	60–140	140–200	>200
+ dengan sisipan/pengkayaan	<140	140–200	200–400	>400
Kematangan	saprik +	saprik hemik +	hemik fibrik +	fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK liat (cmol)	>16	≤16		
Kejenuhan basa (%)	>50	35–50	<35	
pH H ₂ O	6,0–7,6	5,6–6,0 7,6–8,0	<5,6 >8,0	
C-organik (%)	>0,4	≤0,4		
Toksistasitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	<10	10–12	12–16	>16
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	<20	20–30	30–40	>40
Bahaya sulfidik (xs)				
Kedalaman sulfidik (cm)	>125	100–125	60–100	<60
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	<8	8–16	16–30	>30
Bahaya erosi	sr	r–sd	b	sb
Bahaya banjir (fh)				
Genangan	F0	-	F1	>F2
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	<5	5–15	15–40	>40
Singkapan batuan (%)	<5	5–15	15–25	>25

Sumber: Sys *et al.* (1993).

Keterangan:

Tekstur h = halus; ah = agak halus; s = sedang; ak = agak kasar

+ = gambut dengan sisipan/pengkayaan bahan mineral

Bahaya erosi sr = sangat ringan; r = ringan; sd = sedang; b = berat; sb = sangat berat

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

Penilaian kesesuaian lahan dilakukan dengan menggunakan hukum minimum *Liebig* yaitu mencocokkan (*matching*) antara kualitas lahan dan karakteristik lahan sebagai parameter dengan kelas kesesuaian lahan yang telah disusun berdasarkan persyaratan tumbuh tanaman kapas. Struktur klasifikasi kesesuaian lahan menurut kerangka FAO (1976). Penilaian lahan dibedakan ke dalam tiga kelas, yaitu lahan sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), dan sesuai marginal (S3). Sedangkan lahan yang tergolong ordo tidak sesuai (N) tidak dibedakan ke dalam kelas-kelas. Keadaan tingkatan dalam kelas kesesuaian lahan, menunjukkan jenis pembatas atau macam perbaikan yang harus dijalankan dalam masing-masing kelas. Jenis pembatas kesesuaian lahan ini didasarkan pada kualitas dan karakteristik lahan yang menjadi faktor pembatas terberat. Contoh kelas S3oa, yaitu termasuk kelas sesuai marginal dengan subkelasnya oa atau ketersediaan oksigen tidak memadai. Dengan perbaikan drainase dan perbaikan ketersediaan oksigen yang mencukupi akan meningkatkan kelasnya ke kelas terbaik.

Klasifikasi kesesuaian lahan dinilai sampai pada tingkatan unit, yaitu sampai diketahui faktor pembatas dominan yang berpengaruh pada lokasi tertentu untuk penggunaan lahan tertentu.

Hasil evaluasi berupa kelas kesesuaian lahan dalam kondisi aktual (A) dan potensial (P). Kelas kesesuaian lahan pada kondisi aktual menyatakan kesesuaian lahan berdasarkan data dari hasil survei tanah atau sumber daya lahan belum mempertimbangkan masukan-masukan yang diperlukan untuk mengatasi faktor pembatas. Faktor pembatas dapat berupa sifat lingkungan fisik termasuk sifat-sifat tanah dalam hubungannya dengan persyaratan tumbuh tanaman kapas. Sedangkan kesesuaian lahan potensial menyatakan keadaan lahan yang akan dicapai apabila dilakukan usaha-usaha perbaikan terhadap faktor pembatas. Usaha-usaha perbaikan diasumsikan pada tingkat sedang. Hasil evaluasi kesesuaian lahan dituangkan dalam bentuk peta kesesuaian lahan.

HASIL EVALUASI KESESUAIAN LAHAN DI PULAU BALI

Kabupaten Buleleng

Jenis tanah di Kabupaten Buleleng, Bali didominasi oleh Alfisols dan Inseptisols, hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Hasil evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman kapas di Kabupaten Buleleng sebagian besar termasuk dalam kelas cukup sesuai (S2), ada yang masuk dalam kelas sesuai marginal (S3) dan sisanya masuk dalam kelas tidak sesuai (N). Faktor pembatas utama untuk pertumbuhan tanaman kapas di Kabupaten Buleleng adalah media perakaran (tekstur kasar dan solum dangkal) dan kelembapan udara. Lokasi yang termasuk S2 dengan faktor pembatas kelembapan udara (wa-2) adalah Desa Bila dan Bulian, Kecamatan Kubu Tambahan; Desa Bungkulan dan Sangsit, Kecamatan Sawan; Desa Pangkungparuk, Kecamatan Seririt; dan Desa Pemuteran, Sumberkima, dan Pajarakan, Kecamatan Gerokgak. Kemudian, Desa Lokapaksa, Kecamatan Seririt dan Sumberklampok, Kecamatan Gerok-

gak termasuk dalam kelas sesuai marginal (S3) dengan faktor pembatas solum tanah yang dangkal, sedangkan lokasi yang tidak sesuai (N) dengan faktor pembatas tekstur tanah (rc-1) untuk tanaman kapas adalah Desa Kubu Tambahan, Kecamatan Kubu Tambahan. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 3 (Kadarwati dan Riajaya 2009).

Tabel 2. Jenis tanah di Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali

Kode	Desa	Kecamatan	Jenis tanah
BLL-1	Kubu Tambahan	Kubu Tambahan	Haplustalfs
BLL-2	Kubu Tambahan	Kubu Tambahan	Haplustalfs
BLL-3	Bila	Kubu Tambahan	Haplustalfs
BLL-4	Bulian	Kubu Tambahan	Haplustalfs
BLL-5	Bungkulan	Sawan	Haplustalfs
BLL-6	Sangsit	Sawan	Ustropepts
BLL-7	Lokapaksa	Seririt	Ustropepts
BLL-8	Lokapaksa	Seririt	Ustropepts
BLL-9	Pangkungparuk	Seririt	Ustropepts
BLL-10	Pangkungparuk	Seririt	Ustropepts
BLL-11	Pangkungparuk	Seririt	Ustropepts
BLL-12	Pemuteran	Gerokgak	Dystropepts
BLL-13	Sumberkima	Gerokgak	Ustropepts
BLL-14	Pajarakan	Gerokgak	Haplustalfs
BLL-15	Sumberklampok	Gerokgak	Haplustults

Tabel 3. Hasil evaluasi kesesuaian lahan aktual tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*) pada lokasi pengamatan di Buleleng

Evaluasi	Kode		Evaluasi kesesuaian lahan	
	Lapangan	Lokasi pengamatan	Aktual	Potensial
KtTtn1	BLL-1	Kubu Tambahan-Kubu Tambahan	Nrc-1	S2wa-2, rc-1
KtTtn2	BLL-2	Kubu Tambahan-Kubu Tambahan	Nrc-1	S2wa-2, rc-1
BITtn	BLL-3	Bila-Kubu Tambahan	S2wa-2	S2wa-2
BlnTtn	BLL-4	Bulian-Kubu Tambahan	S2wa-2, nr-2	S2wa-2
BklTtn	BLL-5	Bungkulan-Sawan	S2wa-2, nr-2	S2wa-2
SstSja	BLL-6	Sangsit-Sawan	S2wa-2, nr-2	S2wa-2
KpsSja	BLL-7	Lokapaksa-Seririt	S3rc-3	S2wa-2
KpsBri	BLL-8	Lokapaksa-Seririt	S3rc-3	S2wa-2
PkrBri1	BLL-9	Pangkungparuk-Seririt	S2wa-2, rc-2, nr-2, lp-1,2	S2wa-2, rc-2
PkrBri2	BLL-10	Pangkungparuk-Seririt	S2wa-2, nr-2, lp-1	S2wa-2
PkrTbo	BLL-11	Pangkungparuk-Seririt	S2wa-2, nr-2	S2wa-2
PmtLtg	BLL-12	Pemuteran-Gerokgak	S2wa-2, nr-2	S2wa-2
SbkGgk	BLL-13	Sumberkima-Gerokgak	S2wa-2, nr-2	S2wa-2
PjrAar	BLL-14	Pajarakan-Gerokgak	S2wa-2, nr-2	S2wa-2
SblPmi	BLL-15	Sumberklampok-Gerokgak	S3rc-3	S2wa-2, rc-3

Evaluasi kesesuaian lahan dititikberatkan pada lahan-lahan tegalan yang kurang dimanfaatkan oleh petani setempat. Perbedaan karakteristik lahan dilakukan dengan melakukan deliniasi bentuk lahan dan keadaan lereng yang lebih detail. Pendetailan karakteristik lahan ini dilakukan dengan melakukan analisis bentuk lahan berdasarkan peta kontur dari peta Rupa Bumi (RBI). Analisis dilakukan dengan membuat Digital Elevation Model (DEM) dari peta kontur untuk kemudian dibuat peta lereng dan peta bentuk lahan.

Kabupaten Klungkung

Jenis tanah di Kabupaten Klungkung tepatnya di Pulau Nusa Penida disajikan pada Tabel 4. Jenis tanah didominasi Inseptisols yang dicirikan berada pada daerah aluvial di pinggiran pantai. Tanah Inseptisols di Nusa Penida yang berupa daerah dataran karst memiliki kandungan basa-basa relatif tinggi. Meskipun berada di daerah dataran karst yang tersusun atas bahan koral dan batu karang, Nusa Penida memiliki tekstur yang sangat bervariasi, yaitu kasar (pasir, pasir berlempung), agak kasar (lempung berpasir), sedang (lempung, lempung berdebu), dan agak halus (lempung liat berpasir), dengan tekstur dominan adalah sedang.

Tabel 4. Jenis tanah di Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali

Kode	Desa	Kecamatan	Jenis tanah
DPS-11	Pangkunggede-Batunadeg	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-12	Batunadeg-Batunadeg	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-13	Subiya-Batunadeg	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-14	Batunadeg Klod-Batunadeg	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-15	Cemulik-Sakti 1	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-16	Sebunibus-Sakti 1	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-17	Sebunibus-Sakti 2	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-18	Sebunibus-Sakti 3	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-19	Sebunibus-Sakti 4	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-20	Cemulik-Sakti 2	Nusa Penida	Dystropepts
DPS-21	Ponjok-Kutampi	Nusa Penida	Dystropepts

Hasil evaluasi kesesuaian lahan di Kabupaten Klungkung, Kecamatan Nusa Penida pada 10 titik pengamatan termasuk dalam kelas sesuai marginal (S3) sebanyak 8 titik dan sisanya dua titik masuk dalam kelas tidak sesuai (N) (Tabel 5). Faktor pembatas utama untuk pertumbuhan tanaman kapas di Kabupaten Klungkung adalah media perakaran (tekstur kasar dan solum dangkal). Lokasi yang termasuk S3 adalah Dusun Pangkunggede, Batunadeg, Subiya di Desa Batunadeg, dan Dusun Cemulik dan Sebunibus di Desa Sakti. Sedangkan yang termasuk dalam kelas N ada di Dusun Sebunibus, Desa Sakti pada titik DPS-19 dan Dusun Ponjok, Desa Kutampi (Kadarwati dan Riajaya 2009).

Tabel 5. Hasil evaluasi kesesuaian lahan aktual tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*) pada tiap titik pengamatan di Nusa Penida

Kode		Lokasi pengamatan	Evaluasi kesesuaian lahan	
Evaluasi	Lapangan		Aktual	Potensial
PKG	DPS-11	Pangkunggede-Batunadeg	S3rc-3	S2rc-3
BTM	DPS-12	Batunadeg-Batunadeg	S3rc-3	S2rc-3
SBY	DPS-13	Subiya-Batunadeg	S3rc-3	S2rc-3
BTK	DPS-14	Batunadeg Klod-Batunadeg	-	-
CM1	DPS-15	Cemulik-Sakti 1	S3rc-3	S2rc-3
SB1	DPS-16	Sebunibus-Sakti 1	S3rc-1,3	S2rc-1,3
SB2	DPS-17	Sebunibus-Sakti 2	S3rc-3	S2rc-3
SB3	DPS-18	Sebunibus-Sakti 3	S3rc-3	S2rc-3
SB4	DPS-19	Sebunibus-Sakti 4	Nrc-3	S3rc-3
CM2	DPS-20	Cemulik-Sakti 2	S3rc-3	S2rc-3
PJK	DPS-21	Ponjok-Kutampi	Nrc-3	S3rc-3

Hasil yang telah didapatkan di atas kemudian dilakukan kajian kesesuaian lahan lebih detail di tiga desa, yaitu Batunadeg, Kutampi, dan Sakti. Evaluasi kesesuaian lahan dititikberatkan pada lahan-lahan tegalan yang kurang dimanfaatkan oleh petani setempat. Pada hasil evaluasi kesesuaian lahan ini berbeda dengan hasil evaluasi yang telah ditampilkan sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh upaya pendetailan evaluasi kesesuaian lahan. Perbedaan karakteristik lahan dilakukan dengan melakukan delineasi bentuk lahan dan keadaan lereng yang lebih detail. Pendetailan karakteristik lahan ini dilakukan dengan melakukan analisis bentuk lahan berdasarkan peta kontur dari peta RBI. Analisis dilakukan dengan membuat DEM dari peta kontur untuk kemudian dibuat peta lereng dan peta bentuk lahan.

Secara umum, lokasi pengamatan yang sesuai marginal (S3) dengan faktor pembatas kedalaman solum tanah (rc-3) terletak di Desa Batunadeg (580,84 ha) dan Desa Sakti (524,23 ha), sedangkan di Desa Kutampi (768,68 ha) termasuk dalam kelas tidak sesuai untuk tanaman kapas disebabkan oleh solum yang terlalu dangkal (Tabel 6).

Lahan sesuai marginal (S3) tersebar di Desa Batunadeg (576,8 ha), Kutampi (654,9 ha), dan Sakti (461,3 ha). Faktor pembatas utama pada kelas sesuai marginal adalah kedalaman solum tanah dangkal dan bahaya erosi (lereng) yang curam. Kelas sesuai marginal dengan faktor pembatas bahaya erosi (lereng, S3eh-1) berada pada sisi miring dataran berteras pada daerah karst. Usaha pengelolaan pada lahan berlereng agar dapat dimanfaatkan untuk usaha pertanian adalah dengan pembuatan teras, sehingga bahaya erosi dapat dikurangi. Kelas sesuai marginal dengan faktor pembatas kedalaman solum tanah (S3rc-3) banyak dijumpai pada daerah dataran berteras pada daerah karst. Lahan ini umumnya memiliki solum yang dangkal, yaitu sekitar 40–60 cm. Meskipun memiliki solum yang dangkal, tanaman kapas masih mampu tumbuh dengan diberikan masukan ba-

han organik di lahan. Hal ini disebabkan oleh akar tanaman akan tetap berada pada tanah yang mengandung bahan organik tinggi.

Tabel 6. Hasil evaluasi kesesuaian lahan tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*) di Nusa Penida, Klungkung

No.	Desa	Evaluasi kesesuaian lahan			Faktor pembatas	Luas	
		Aktual	Potensial	Kelas		Sebenarnya (hektar)	Efektif (hektar)
1	Batunadeg	S3rc-3	S2rc-3	Sesuai marginal	Kelembapan udara, media perakaran (solum tanah)	524,2	261,8
2	Kutampi	S3rc-3	S2rc-3	Sesuai marginal	Kelembapan udara, media perakaran (solum tanah)	414,6	207,3
3	Sakti	S3rc-3	S2rc-3	Sesuai marginal	Kelembapan udara, media perakaran (solum tanah)	455,5	227,7
4	Batunadeg	S3rc-3,eh-1	S2rc-3,eh-1	Sesuai marginal	Kelembapan udara, media perakaran (solum tanah), bahaya erosi (lereng)	52,6	26,3
5	Kutampi	S3rc-3,eh-1	S2rc-3,eh-1	Sesuai marginal	Kelembapan udara, media perakaran (solum tanah), bahaya erosi (lereng)	240,3	120,2
6	Sakti	S3rc-3,eh-1	S2rc-3,eh-1	Sesuai marginal	Kelembapan udara, media perakaran (solum tanah), bahaya erosi (lereng)	5,8	2,9
Subtotal						1 693,0	846,2
7	Kutampi	Neh-1	Neh-1	Tidak sesuai	Bahaya erosi (lereng)	96,2	48,1
8	Sakti	Neh-1	Neh-1	Tidak sesuai	Bahaya erosi (lereng)	59,5	29,7
Subtotal						155,7	77,8
Luas total						1 848,7	924,0

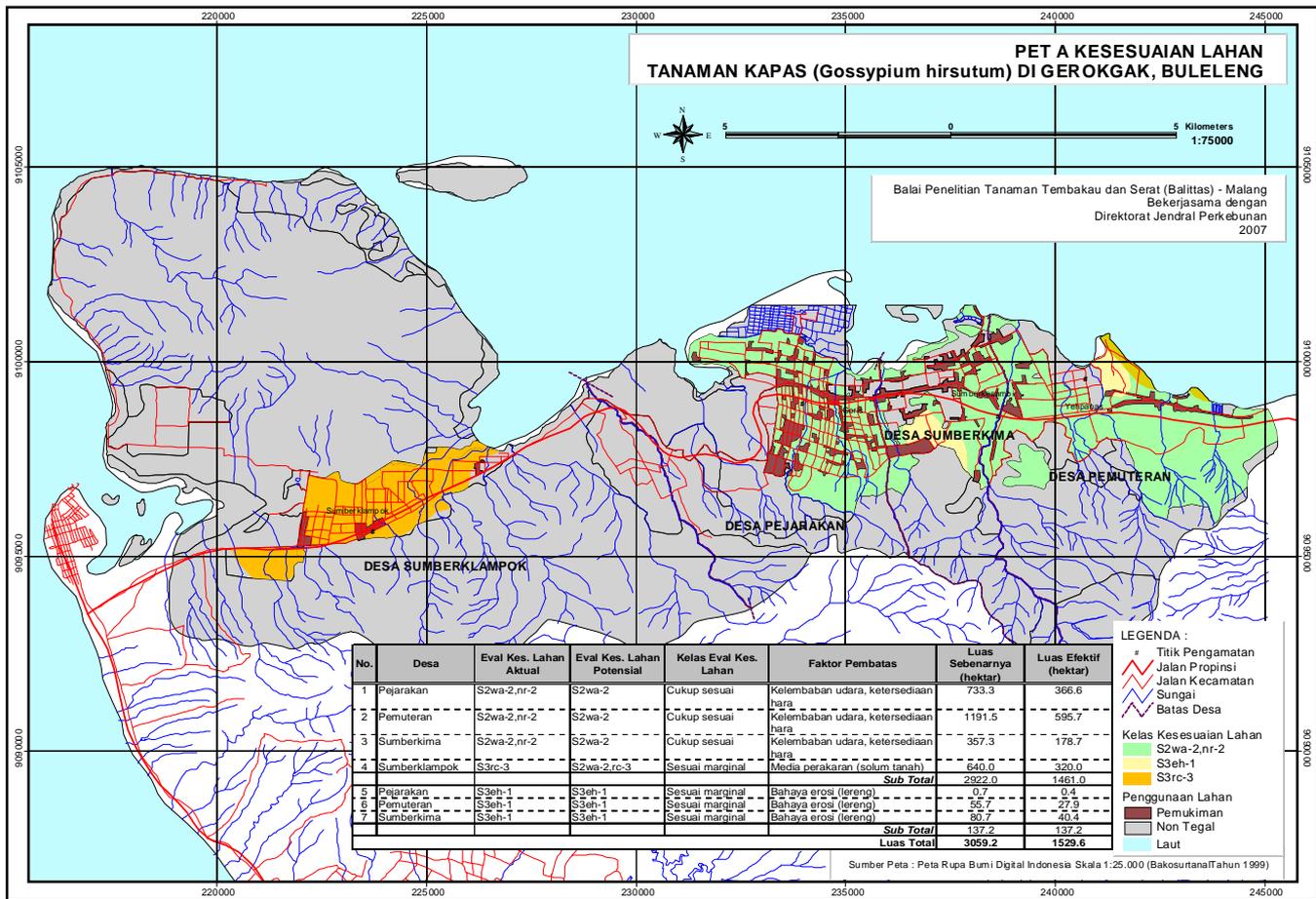
Lahan tidak sesuai (N) hanya berada di sebagian kecil, yaitu Kutampi seluas 96,2 ha dan Sakti seluas 59,5 ha. Faktor pembatas utama pada kelas ini adalah bahaya erosi (lereng) yang curam. Kelas dengan faktor pembatas bahaya erosi (lereng, Neh-1) berada pada daerah perbukitan dengan kelerengan yang curam (>30%). Perbaikan lahan untuk menaikkan kelas ini akan membutuhkan biaya tinggi, hal ini disebabkan lahan ini berada pada daerah perbukitan yang sangat curam. Sehingga lahan ini sebaiknya tidak digunakan untuk budi daya tanaman kapas.

Hasil evaluasi kesesuaian lahan untuk tanaman kapas di Jawa Timur tergolong sangat sesuai (S1) seluas 22.905 ha berupa lahan sawah dan 24.148 ha berupa lahan tegal, sedangkan termasuk kelas cukup sesuai (S2) seluas 29.173 ha berupa lahan sawah dan 46.903 ha berupa lahan tegal (Kadarwati *et al.* 1996). Kegiatan yang sama telah dilakukan di lahan sawah Jawa Tengah dengan hasil sangat sesuai 26.646 ha dan cukup sesuai (S2)

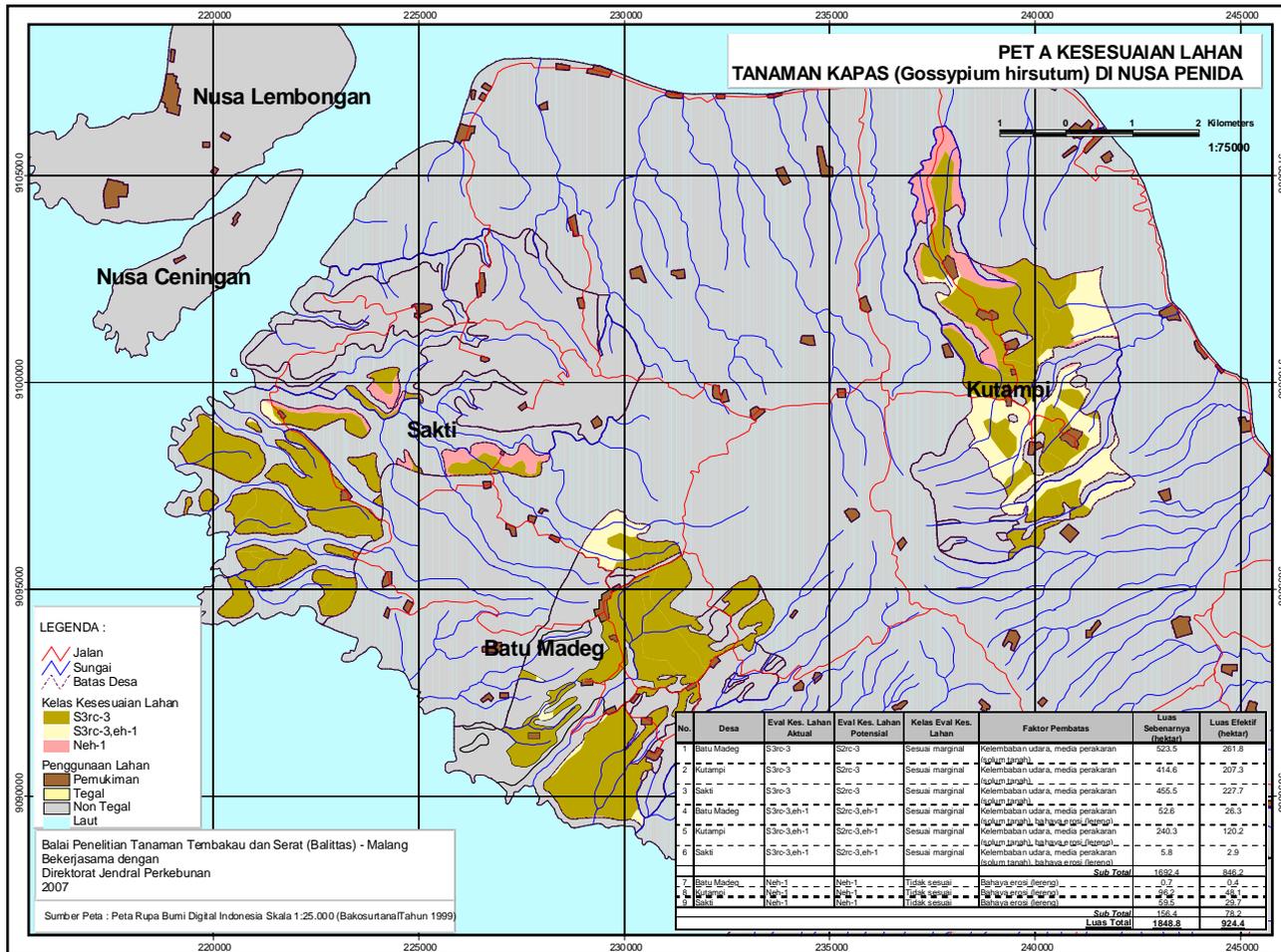
16.763 ha (Kadarwati *et al.* 1998). Sedangkan di Sulawesi Selatan khususnya lahan sawah di Kabupaten Bone, Sopeng, dan Wajo adalah 7.790 ha tergolong kelas sangat sesuai (S1) dan 9.925 ha tergolong dalam kelas cukup sesuai (S2) (Kadarwati *et al.* 1998).

Tabel 7. Hasil penilaian kesesuaian lahan untuk tanaman kapas di beberapa wilayah pengembangan kapas

Provinsi/Kabupaten	Lahan sawah		Lahan tegal	
	S1	S2	S1	S2
..... ha				
Jawa Timur				
1. Malang	-	-	-	6 520
2. Blitar	138	319	3 450	13 194
3. Tulungagung	26	-	1 487	-
4. Trenggalek	-	-	-	769
5. Kediri	138	-	907	-
6. Pacitan	-	-	1 675	-
7. Ponorogo	505	-	623	-
8. Ngawi	288	269	-	35
9. Bojonegoro	-	8 214	-	495
10. Mojokerto	-	2 887	-	4 205
11. Lamongan	12 020	4 849	200	-
12. Tuban	3 957	476	8 769	297
13. Gresik	4 000	637	5 288	-
14. Pasuruan	954	637	113	1 281
15. Probolinggo	879	500	1 636	406
16. Situbondo	-	5 798	-	10 509
17. Banyuwangi	-	4 587	-	4 665
18. Lumajang	-	-	-	4 527
Jumlah Jawa Timur	22 905	29 173	24 148	46 903
Jawa Tengah				
1. Demak	-	5 723	*)	
2. Jepara	8 198	-	*)	
3. Rembang	-	2 947	*)	
4. Blora	-	8 093	*)	
5. Grobogan	17 538	-	*)	
6. Tegal	910	-	*)	
7. Pemalang	*)	*)	*)	
8. Wonogiri	*)	*)	*)	
9. Pati	*)	*)	*)	
Jumlah Jawa Tengah	26 646	16 763		
Sulawesi Selatan				
1. Bone	7 790	-	*)	
2. Sopeng	-	1 365	*)	
3. Wajo	-	8 560	*)	
Jumlah Sulawesi Selatan	7 790	9 925		



Gambar 1. Peta kesesuaian lahan tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*) di Kecamatan Gerokgak-Buleleng



Gambar 2. Peta kesesuaian lahan tanaman kapas (*Gossypium hirsutum*) di Nusa Penida Kabupaten Klungkung

PENUTUP

Informasi mengenai potensi sumber daya alam yang ada di suatu wilayah merupakan unsur yang penting dalam penyusunan rencana tata ruang daerah (kabupaten, atau provinsi). Memasuki abad 21 yang diwarnai dengan kemajuan teknologi informasi, daerah sangat membutuhkan keberadaan sistem informasi spasial yang cepat, murah, dan andal. Informasi hasil kelas kesesuaian lahan kapas sangat membantu untuk menyusun pe-wilayahan komoditas di Provinsi Bali.

Pengembangan kapas di wilayah baru khususnya Pulau Bali dan wilayah lain, untuk masa mendatang seyogyanya dikembangkan di lahan dengan kelas kesesuaian lahan S1 (sangat sesuai) dan kelas S2 (cukup sesuai) saja. Pada tingkat kelas kesesuaian lahan S1 dan S2, faktor pembatas lahan bisa diatasi dengan teknologi sederhana antara lain pemupukan. Penerapan teknologi pemupukan rasional yang benar sesuai dengan kebutuhan tanaman kapas dan kadar hara dalam tanah mampu meningkatkan produksi kapas sesuai dengan potensi suatu varietas.

DAFTAR PUSTAKA

- CSR/FAO Staff. 1983. Reconnaissance Land Resource Surveys 1:250.000 Scale Atlas Format Procedures. AGOF/INS/78/006 Manual 4 Version 1 CSR Bogor. Ministry of Agriculture Government of Indonesia.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 1998. Peluang dan program pengembangan kapas di Indonesia. Prosiding Diskusi Kapas Nasional. Balittas, Malang. hlm. 56–66.
- Djaenuddin, D. & M. Sukardi. 1994. Potensi lahan untuk tanaman perkebunan di Sulawesi Tenggara. Prosiding Temu Konsultasi Sumber Daya Lahan untuk Pembangunan Kawasan Timur Indonesia. Puslittanak, Bogor. hlm. 33–40.
- Djaenuddin, D., Basuni Hw., S. Hardjowigeno, H. Subagyo, M. Sukardi, Ismangun, Marsudi Ds., N. Suharta, L. Hakim, Widagdo, J. Dai, V. Suwandi, S. Bachri & E.R. Jordens. 1994. Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Pertanian dan Perkebunan. Dok. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Djaenuddin, D., Marwan, H., H. Subagyo & A. Mulyani. 1997. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. Puslittanak, Bogor.
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bull. 32/ILRI Publ. No. 22, Rome-Italy. 30 p.
- FAO. 1983. Guidelines Land Evaluation for Rainfed Agriculture. Soil Resources Management and Conservation Service. FAO Guidelines. Working Document FAO-ITC-WAU.
- Kadarwati, F.T., Sudarto, B. Hariyono, M. Machfud & G. Kartono. 1996. Identifikasi kesesuaian lahan untuk kapas dan kedelai di lahan sawah setelah padi di Jawa Timur. Jurnal Penelitian Tanaman Industri. II(2):51–77.
- Kadarwati, F.T., Djumali, M. Machfud, B. Hariyono, M. Cholid & Sudarto. 1998. Kesesuaian lahan untuk kapas dan kedelai di Jawa Tengah. Prosiding Diskusi Kapas Nasional. Balittas, Malang. hlm: 102–126.
- Kadarwati, F.T. & P.D. Rijajaya. 2009. Potensi iklim untuk tanaman kapas di wilayah pengembangan baru Provinsi Bali. AGRIVITA Jurnal Ilmu Pertanian. Vol. 31 (Edisi Khusus):85–96. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. ISSN 0126-0537.

- Puslittanak. 1997. Penelitian Potensi dan Tingkat Kesesuaian Lahan untuk Pengembangan Tanaman Kapas di Indonesia. Proyek Penelitian Sumber Daya Lahan. Puslittanak, Bogor. 44 hlm.
- Sys, C., E. Van Ranst, J. Debaveye & E. Beenaert. 1993. Land Evaluation Part III, Crop Requirement. ITC Univ. Ghent. Agric. Publ. No.7.
- Young, A. 1976. Tropical Soil and Soil Surveys. Cambridge University Press, Cambridge.

TEKNOLOGI BUDI DAYA KAPAS

Fitriningdyah Tri Kadarwati^{*)}

PENDAHULUAN

Kebutuhan serat kapas untuk bahan baku industri tekstil, hanya sekitar 1% dipenuhi dari dalam negeri dan sisanya 99% dipenuhi dari serat kapas impor (Anonim 2009). Hal ini sangat ironis karena industri tekstil dan produk tekstil (TPT) merupakan penyumbang devisa negara dan penyerap tenaga yang sangat besar. Dengan demikian masih terbuka peluang untuk pengembangan kapas di masa yang akan datang. Akan tetapi pengembangan kapas agak tersendat karena produktivitas kapas yang dicapai kurang menggembirakan dan rendah.

Rendahnya produktivitas kapas dalam negeri (rata-rata nasional 600 kg/ha) disebabkan oleh interaksi kendala teknis dan nonteknis. Salah satu kendalanya adalah areal tanaman kapas yang terus menurun dan beralihnya usaha tani kapas dari lahan subur ke lahan marginal, di samping itu tanaman kapas selalu diusahakan secara tumpang sari dengan palawija sehingga akan terjadi kompetisi hara, air, dan cahaya serta adanya persaingan dengan komoditas lain.

Salah satu strategi untuk meningkatkan produktivitas kapas adalah dengan usaha intensifikasi dan ekstensifikasi. Pengembangan kapas di Indonesia melalui program intensifikasi kapas rakyat (IKR) dilakukan pada dua tipe lahan, yaitu pertama di lahan kering atau tegal yang dikenal dengan kapas tanam musim penghujan (TMH) biasanya ditanam secara tumpang sari dengan jagung atau kacang hijau, banyak dikembangkan di Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Sulawesi Selatan. Kedua, kapas di lahan sawah tadah hujan sesudah padi yang ditanam tumpang sari dengan kedelai pada musim kemarau 1 (MK 1) terutama di Provinsi Jawa Timur dan Nusa Tenggara Barat. Di masa mendatang, Direktorat Jenderal Perkebunan mencanangkan areal pengembangan baru, yaitu di Provinsi Bali dan Nusa Tenggara Timur khususnya di Pulau Sumba yaitu Kabupaten Sumba Timur dan Sumba Barat.

Pengembangan kapas akan berhasil dengan baik apabila didukung oleh teknologi yang memadai. Paket teknologi budi daya kapas yang telah dihasilkan cukup lengkap, yang meliputi varietas unggul, benih, dan teknik pengelolaan hara, air, dan serangga hama. Akan tetapi petani belum mampu mengadopsinya secara utuh, sehingga masih dibutuhkan upaya untuk menyosialisasikan dengan mempertimbangkan kondisi geografi, sosial, dan budaya petani kapas di Indonesia yang sangat bervariasi.

*) Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

Makalah ini menyajikan teknologi budi daya yang dihasilkan sampai dengan tahun 2010 dengan harapan dapat dimanfaatkan oleh *stakeholder* yang bergerak di bidang “perkapasan”.

TEKNOLOGI BUDI DAYA KAPAS

a. Tanah dan Iklim yang Sesuai untuk Tanaman Kapas

Untuk memperoleh hasil yang maksimal, tanaman kapas sebaiknya ditanam pada tanah subur, drainase baik, serta daya pegang tanah terhadap air cukup tinggi. Ketinggian tempat yang ideal untuk tanaman kapas kurang dari 1000 m di atas permukaan laut (m dpl). Djaenudin *et al.* (1997) mengemukakan bahwa tanah yang sesuai untuk kapas antara lain harus memenuhi sifat fisik dengan kedalaman efektif lebih dari 60 cm, drainase baik sampai sedang, ketersediaan air cukup baik, tekstur tanah sedang sampai agak ringan (lempung, lempung berpasir, lempung berdebu, lempung berliat, lempung liat berdebu, dan lempung liat berpasir). Sedangkan sifat kimia tanah yang sesuai dicirikan dengan pH tanah 6,5–7,5; salinitas kurang dari 16 m mhos/cm; N total minimal sedang (0,21–0,50%); P₂O₅ tinggi (26–35 ppm dengan pengekstrak Bray-1 atau 46–60 ppm dengan pengekstrak Olsen); dan K₂O minimal rendah (0,125–0,25 me/100 g). Ditinjau dari daya pegang air, tanah dengan tekstur lempung liat (*silt loam*) adalah yang terbaik untuk kapas karena dapat menahan air selama 2–3 minggu (Waddle 1984).

Unsur iklim yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan kapas adalah curah hujan. Curah hujan atau air yang dibutuhkan oleh tanaman kapas minimal terdapat empat bulan basah selama pertumbuhan, dengan curah hujan antara 700–1.500 mm. Kondisi kering dibutuhkan pada saat panen, dan curah hujan bulanan tidak melebihi 400 mm (Doorenboos dan Kassam 1979)

b. Varietas Unggul

Beberapa varietas unggul telah dilepas untuk program pengembangan kapas rakyat, yaitu Kanesia (Kapas Indonesia) 1 sampai Kanesia 15. Varietas-varietas tersebut memiliki potensi produksi tinggi dan mutu serat tinggi yaitu panjang serat ± 26 mm, kekuatan serat >24 g/tex, dan kehalusan serat 3,5–4,5 mic. (Sulistiyowati dan Sunarto 2008), serta toleran terhadap hama pengisap *Amrasca biguttula*, selain itu juga tersedia varietas hasil pemutihan varietas introduksi LRA 5166 dan ISA 205 A. Kanesia 1–9 memiliki potensi produksi 2,7 ton/ha kapas berbiji (Hasnam *et al.* 2004), sedangkan Kanesia 10–15 memiliki potensi produksi 3,9 ton/ha kapas berbiji (Sulistiyowati dan Sunarto 2008). Varietas Kanesia 11 dan Kanesia 12 memiliki sifat keunggulan, yaitu mampu berproduksi tinggi dalam kondisi tanpa pengendalian hama, sedangkan Kanesia 14 dan Kanesia 15 memiliki ketahanan terhadap keterbatasan air sehingga sangat sesuai untuk pengem-

bangun kapas di lahan kering. Varietas-varietas yang telah dikembangkan secara meluas di wilayah-wilayah pengembangan kapas di Indonesia adalah Kanesia 3, Kanesia 5, Kanesia 7, dan Kanesia 8. Sedangkan untuk varietas-varietas unggul Kanesia 10–Kanesia 15, saat ini masih dalam tahap diseminasi kepada pengguna melalui demplot dan bentuk-bentuk ekspose lainnya. Upaya perbaikan varietas untuk menghasilkan varietas-varietas unggul baru ditunjang oleh ketersediaan plasma nutfah kapas yang berjumlah 843 aksesi, yang dikelompokkan dalam empat spesies kapas yaitu *Gossypium hirsutum*, *G. barbadense*, *G. herbaceum*, dan *G. arboreum*.

c. Mutu Benih

Mutu benih adalah salah satu faktor yang mempengaruhi produktivitas kapas yang dihasilkan. Penggunaan benih *delinted* akan mudah disortasi, sehingga bebas dari hama/penyakit, dan menghasilkan tanaman yang seragam. Saat ini industri benih kapas mulai berkembang dan masih membutuhkan dukungan kebijakan dari pemerintah pusat maupun pihak-pihak terkait dalam industri kapas.

d. Waktu Tanam

Ketepatan waktu tanam berhubungan erat dengan tersedianya air di suatu wilayah, yang terkait dengan periode hujan. Banyaknya air yang dibutuhkan digunakan untuk mengganti air yang hilang melalui evapotranspirasi (Doorenbos dan Kassam 1979). Mengingat areal pengembangan kapas tersebar di wilayah beriklim kering yang eratik, maka penetapan waktu tanam akan sangat membantu keberhasilan tanaman kapas berproduksi tinggi. Berdasarkan analisis curah hujan tahunan selama lebih dari 20 tahun, telah ditetapkan waktu tanam kapas paling lambat untuk wilayah areal pengembangan kapas di Indonesia (dibahas dalam bab khusus). Untuk areal pengembangan kapas pada lahan sawah di Jawa Timur dan Jawa Tengah, waktu tanamnya adalah sekitar bulan Maret–April, yaitu setelah panen padi pertama yang disebut dengan MK 1 (musim kemarau 1).

e. Pemupukan Tanaman Kapas

1. Dasar-dasar menentukan kebutuhan pupuk untuk kapas

Kemampuan tanah menyediakan hara mengindikasikan tingkat kesuburan tanah dan berkorelasi positif dengan hasil tanaman yang diusahakan. Kesuburan tanah berkorelasi negatif dengan kebutuhan pupuk atau dapat diartikan makin tinggi tingkat kesuburan tanah maka makin rendah kebutuhan pupuk atau bahkan tidak perlu penambahan hara lewat pemupukan (Suyamto 2002). Untuk tanaman kapas, Constable (1988b) menentukan titik kritis unsur N, P, dan K dari hasil analisis tanah guna menentukan kebutuhan pupuk. Titik kritis adalah batas penentuan penambahan pupuk, tanaman kapas memerlukan tambahan hara dari pupuk. Selain itu metode analisis tangkai daun kapas

(petiole) pada saat awal pembungaan dapat digunakan untuk menentukan tambahan pupuk yang diperlukan (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis tanah sebagai indikator untuk menentukan titik kritis kebutuhan hara pada tanaman kapas

Unsur	Bentuk unsur	Titik kritis (ppm)	
		Tanah	Petiole
Nitrogen	NO ₃	20–25	20 000
Fosfat	P-tersedia (Olsen)	20	12 000
Kalium/Potasium	K-dd	150	10 000

Sumber: Constable (1988b).

Seperti halnya tanaman lain, tanaman kapas memerlukan unsur hara dari dalam tanah untuk menopang pertumbuhannya. Hobt dan Kemler (1980) mendapatkan bahwa jumlah hara yang dibutuhkan tanaman kapas ditentukan oleh hasil yang ingin dicapai. Kebutuhan hara tanaman kapas disajikan pada Tabel 2.

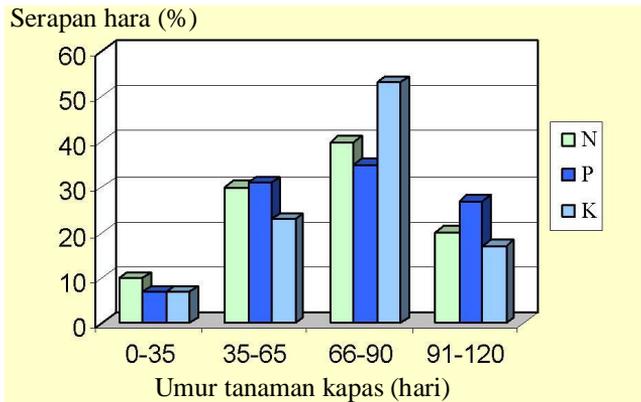
Tabel 2. Kebutuhan hara tanaman kapas untuk memperoleh hasil yang ingin dicapai

Hara yang diperlukan	Hasil kapas yang dicapai	
	840 kg serat/ha (kg/ha)	1 680 kg serat /ha (kg/ha)
N	118	202
P ₂ O ₅	50	71
K ₂ O	73	141
MgO	31	65
S	17	34

Sumber: Hobt dan Kemler (1980).

Soepardi (1987) menyatakan bahwa jumlah unsur hara yang terkandung dalam tanaman bukan merupakan jumlah yang diperlukan tanaman selama pertumbuhannya. Hal ini karena unsur tersebut hanya ditentukan dari panen saja, padahal dalam biomassa yang tidak dipanen juga terangkut sejumlah hara sehingga tidak terlalu tepat apabila memperhitungkan kebutuhan hara atau pupuk hanya dari jumlah unsur hara yang dipanen.

Selain kebutuhan hara, pola serapan penggunaan hara oleh tanaman kapas merupakan hal yang penting dalam menentukan kebutuhan dan saat pemberian pupuk bagi tanaman kapas. Sehubungan dengan hal itu, Rude (1984) menyatakan bahwa pola serapan hara terutama N, P, dan K berbeda-beda sesuai dengan fase pertumbuhan kapas (Gambar 1).



Gambar 1. Pola serapan hara N, P, dan K pada tanaman kapas (Rude 1984)

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 dapat dikatakan bahwa nitrogen merupakan hara yang paling banyak dibutuhkan oleh tanaman kapas terutama pada waktu pembungaan sampai dengan pembuahan. Sedangkan fase pembuahan sangat memerlukan unsur P dan K dalam jumlah yang lebih banyak. Hal ini karena P banyak dimanfaatkan untuk pengisian buah dan biji sedangkan K untuk menentukan mutu seratnya (Joham 1986). Pola kebutuhan dan serapan hara tanaman kapas sangat bermanfaat untuk menentukan dosis pupuk dan strategi waktu pemberian pupuk bagi tanaman kapas.

2. Pemupukan nitrogen pada kapas

Pengelolaan pupuk N yang tepat merupakan salah satu kunci keberhasilan produksi kapas karena komponen produksi kapas terutama jumlah buah kapas berkorelasi positif dengan dosis pupuk N dan cenderung meningkatkan ukuran buah kapas (Constable 1988a; Kadarwati dan Yusron 1994). Penggunaan pupuk N berlebihan dan tidak tepat saat aplikasinya akan berakibat (1) tingginya biaya produksi karena harga pupuk N tergolong mahal, (2) pertumbuhan vegetatif tanaman berlebih sehingga kanopi rimbun yang mengakibatkan penetrasi pestisida tidak mengenai sasaran dan buah busuk sehingga produksi menurun, dan (3) menunda pemasakan buah sehingga umur kapas bertambah panjang (Constable 1988b).

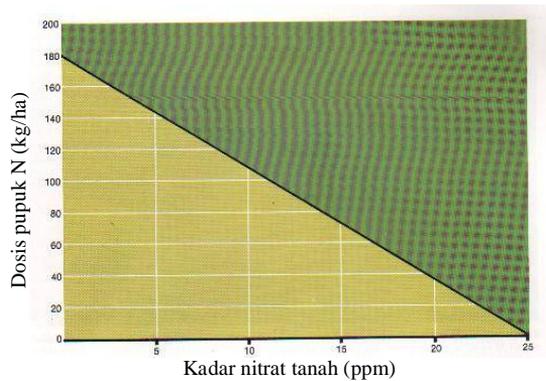
Pemupukan N sangat erat kaitannya dengan ketersediaan air. Dengan terjaminnya ketersediaan air di lahan sawah, maka kebutuhan nitrogen meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan meningkatkan ketersediaan air yaitu pemberian pengairan 3 kali selama pertumbuhan kapas, peningkatan dosis N dari 60 menjadi 90 dapat meningkatkan produksi kapas berbiji dari 1.582 kg/ha menjadi 1.922 kg/ha, tetapi penambahan dosis N menjadi 120 kg N/ha cenderung menurunkan produksi kapas berbiji dari 1.922 kg/ha menjadi 1.707 kg/ha (Riajaya dan Kadarwati 1993).

Untuk meningkatkan efisiensi pemupukan N, Constable (1988b) menggunakan analisis tanah dan jaringan tanaman yaitu tangkai daun sebagai dasar penentuan dosis pupuk N. Kandungan N-nitrat ($N-NO_3$) tanah sebelum tanam kapas digunakan untuk menentukan dosis pupuk N pada kapas (Gambar 2) dan waktu aplikasi pupuk N ditentukan berdasarkan Tabel 3 (Constable 1988b).

Tabel 3. Anjuran aplikasi pupuk N berdasarkan analisis N-nitrat ($N-NO_3$) tanah

N-(NO_3) tanah (ppm)	Anjuran saat aplikasi pupuk N
0–10	N diberikan sebelum tanam atau segera setelah berkecambah
10–20	N diberikan saat kuncup bunga pertama terbentuk (umur tanaman antara 35–45 hari)
20–30	N diberikan saat bunga pertama terbentuk
>30	N diberikan berdasarkan analisis petiole dari tanaman setelah bunga pertama terbentuk

Sumber: Constable 1988b.



Gambar 2. Hubungan antara kadar nitrat tanah dengan dosis pupuk N (Constable 1988b)

Metode tersebut diperkenalkan oleh Constable (1988a; 1988b) yaitu pemupukan nitrogen ditetapkan berdasarkan analisis nitrat tanah. Untuk itu, sampel tanah diambil 4 minggu sebelum waktu tanam. Berdasarkan Gambar 2 (daerah kuning) dari hasil kadar nitrat tanah ditarik garis ke atas sampai berpotongan dengan garis hitam, dari titik perpotongan lalu ditarik garis ke kiri sehingga dapat ditentukan dosis N yang harus diberikan dan untuk menentukan apakah perlu tambahan lagi setelah tanaman kapas tumbuh, dapat menggunakan batas kritis unsur hara dalam petiole (Tabel 8). Petiole diambil pada saat awal pembungaan (umur kapas 65–75 hari). Petiole yang dianalisis berasal dari daun ke-3 atau ke-4 dari atas yang telah membuka sempurna, sedangkan untuk analisis petiole minimal diperlukan 40 buah.

Hasil penelitian Kadarwati dan Yusron (1994) menerapkan pemupukan N kapas berdasarkan metode Gambar 1 dan Tabel 4, dibandingkan dengan dosis N yang telah didapat sebelumnya (dosis IKR yaitu 60 kg/ha). Pada kadar nitrat tanah 12,3 ppm maka dosis N yang diperlukan sebanyak 91 N (berdasarkan Gambar 2). Peningkatan dosis N

dari 60 menjadi 91 kg/ha dengan waktu pemberian dua kali tidak meningkatkan hasil kapas berbiji (Tabel 4). Akan tetapi dengan dosis 91 kg N dan menunda waktu pemberiannya sampai awal pembentukan kuncup bunga, dapat meningkatkan hasil kapas dari 1.815 kg menjadi 2.267 kg/ha atau kenaikan 25%. Hal ini menunjukkan bahwa pemupukan N tidak harus diberikan saat tanam, bila N-nitrat dalam tanah tinggi.

Dalam penerapan selanjutnya, metode analisis tanah tetap digunakan untuk mendapatkan dosis yang tepat, dengan waktu pemberian pupuk N tetap diberikan dua kali yaitu pada umur 1 minggu dan 6–7 minggu karena kapas tumpang sari dengan jagung atau kedelai. Apabila pupuk N pertama pada kapas tidak diberikan pada awal pertumbuhan, maka kapas akan kalah bersaing dengan jagung atau kedelai.

Persyaratan yang harus dipenuhi untuk penggunaan pendekatan tersebut antara lain adalah pengairan pada tanaman kapas dapat terpenuhi. Penundaan waktu aplikasi pupuk N dapat menghambat pertumbuhan awal kapas tetapi menguntungkan pada fase generatif, karena serapan hara N lebih banyak dimanfaatkan untuk pembentukan bunga dan buah selama ketersediaan air optimal.

Penemuan varietas baru kapas dengan hasil yang makin tinggi mengharuskan untuk mengoreksi penambahan pupuk N. Hasil penelitian Kadarwati *et al.* (2010) melaporkan bahwa galur-galur baru kapas 99022/1 dan 99023/5 sangat respon terhadap peningkatan dosis pupuk N sampai 120 kg/ha.

Tabel 4. Pengaruh pemupukan N terhadap komponen hasil dan hasil kapas berbiji

Dosis pupuk N (kg/ha)	Waktu pemberian pupuk N	Hasil kapas berbiji (kg/ha)
91 N ^{a)}	Awal kuncup bunga	2 267
91 N ^{b)}	1/3 N Saat tanam dan 2/3 N diberikan 6 minggu setelah tanam	2 011
60 N ^{c)}	Saat tanam dan 6 minggu setelah tanam	1 815

Sumber: Kadarwati dan Yusron (1994)

^{a)} Rekomendasi pemupukan berdasarkan analisis N-NO₃ tanah dan jaringan tanaman

^{b)} Dosis pupuk N berdasarkan analisis N-NO₃ tanah dan waktu pemberian berdasarkan hasil penelitian Balittas sebelumnya (IKR)

^{c)} Dosis pupuk N dan waktu pemberian berdasarkan hasil penelitian Balittas sebelumnya

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemupukan nitrogen pada kapas adalah:

a) Dosis pupuk N

Dosis pupuk N tidak boleh diberikan terlalu berlebihan terutama pada awal pertumbuhan karena dapat menyebabkan tanaman tumbuh subur (tinggi dan rimbun). Tanaman yang demikian menyebabkan serangan hama dan penyakit busuk buah meningkat. Hal tersebut akan berdampak terhadap rendahnya produksi kapas berbiji dan mutu serat serta kecilnya pendapatan petani karena biaya saprodi yang tinggi (Kadarwati *et al.* 1994).

b) Waktu pemupukan N

Nitrogen diperlukan tanaman kapas dalam jumlah banyak (>80%) dari seluruh kebutuhannya mulai pembungaan sampai dengan pengisian buah, sedangkan pada awal pertumbuhan (fase vegetatif) hanya memerlukan 20% dari total kebutuhannya (Rude 1984). Oleh karena itu frekuensi pemberian pupuk N dilakukan 2 atau 3 kali dengan porsi N dalam jumlah banyak ($2/3$ N) diberikan sebelum pembungaan (umur 6 minggu) dan $1/3$ N diberikan pada awal pertumbuhan (umur 0–2 minggu). Pemberian pupuk N dapat diberikan 3 kali terutama pada tanah-tanah yang teksturnya kasar dan fisiografi berlereng dengan porsi $1/3$ N diberikan pada awal pertumbuhan (umur 0–2 minggu). Selanjutnya ($1/3$ N) berikutnya diberikan sebelum pembungaan (umur 6 minggu) dan sisanya dapat diberikan umur 60–65 hari (Sastrosupadi dan Kadarwati 1986).

c) Mencampur pupuk

Tidak semua jenis pupuk dapat dicampur, karena dapat menyebabkan penggumpalan pupuk sehingga salah satu jenis pupuk atau keduanya menjadi tidak reaktif atau efektivitasnya menjadi berkurang. Pupuk urea tidak disarankan untuk dicampur dengan pupuk SP 36 atau KCl dalam penyimpanan maupun pada saat akan diaplikasikan.

d) Gejala-gejala kekurangan unsur hara N pada kapas (Constable 1988a):

- (1) Daun-daun bawah kuning, akibat pergerakan unsur N ke daun-daun yang lebih muda (daun atas)
- (2) Pertumbuhan tanaman terhambat (tanaman kerdil)
- (3) Keguguran kuncup bunga, bunga, dan buah muda
- (4) Tanaman lebih cepat masak

3. Pemupukan fosfat (P) pada kapas

Unsur hara P diperlukan tanaman kapas terutama untuk transfer energi dalam proses metabolisme sehingga pengaruhnya tidak akan langsung terlihat dalam pertumbuhan tanaman (Joham 1986). P diperlukan juga pada awal pertumbuhan terutama untuk merangsang perkembangan akar tanaman. Untuk mengetahui status P dalam tanah dilakukan dengan analisis tanah sebelum aplikasi pupuk P. Pemantauan status P tanah tidak harus dilakukan setiap musim tanam kapas akan tetapi dapat dilakukan setiap 3–4 musim tanam karena sifat P yang kurang mobil dan dapat terakumulasi dalam tanah (Constable 1988b).

Berdasarkan peta status P tanah sawah dan lahan kering dari Puslittanak (1992), tanah-tanah untuk pengembangan kapas termasuk dalam kriteria P sedang sampai tinggi sehingga pemupukan P sering menunjukkan respon yang tidak nyata terhadap peningkatan hasil kapas berbiji. Penambahan pupuk P pada kapas lebih ditekankan untuk mempertahankan kesuburan tanah. Berdasarkan analisis P tanah dapat disusun rekomendasi pemupukan P seperti Tabel 5.

Tabel 5. Rekomendasi pemupukan P berdasarkan kadar P tersedia tanah

Status P tanah	Analisis tanah		Dosis pupuk P (kg SP 36/ha/musim)	Waktu pemberian pupuk P
	P tersedia (Olsen) (ppm P ₂ O ₅)			
Tinggi	>30		0	-
Sedang	21–30		25–50	Tanam–1 MST ^{*)}
Rendah	10–20		55–100	Tanam–1 MST ^{*)}
Sangat rendah	< 10		105–125	Tanam–1 MST ^{*)}

Sumber: Constable 1988b.

*) MST = minggu setelah tanam

Di beberapa lokasi pengembangan kapas pada musim tanam tahun 1992 (Kabupaten Purwodadi, Tuban, Wongsorejo, Sikka NTT) menunjukkan bahwa tanpa pemupukan P mampu memberikan hasil kapas berbiji antara 885–2.285 kg/ha. Sedangkan dengan penambahan dosis P antara 40–80 kg P₂O₅ memberikan hasil kapas berbiji antara 921–2.484 kg/ha (Kadarwati 1993).

Hasil penelitian pemupukan N, P, dan K pada kapas tumpang sari dengan kacang hijau di beberapa lokasi pengembangan disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan hasil analisis tanah sebelum percobaan, kadar P-Olsen termasuk dalam kategori tinggi sampai sangat tinggi yaitu antara 18–24 ppm P (Kadarwati 1993).

Hasil penelitian pemupukan N, P dan K di lahan tegal pada tumpang sari kapas dan kedelai memberikan hasil yang sama yaitu pemberian pupuk P tidak melebihi dosis 40 kg/ha. Dari Tabel 6 terlihat bahwa baik dalam kapas monokultur maupun tumpang sari dengan kacang hijau, penambahan dosis P tidak memberikan hasil yang konsisten. Penambahan dosis P dari 40 menjadi 60 yang disertai penambahan dosis N tidak meningkatkan hasil kapas berbiji maupun kacang hijau (Kadarwati dan Yusron 1994).

Tabel 6. Pengaruh pemupukan N dan P terhadap hasil kapas dan kacang hijau dalam sistem tumpang sari

Lokasi	Tahun	Paket pemupukan (kg/ha)			Hasil (kg/ha)	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Kapas	Kc. hijau
Wongsorejo	1988/1989	40	- 40	- 25	2 442	+ 702
Banyuwangi		60	- 60	- 25	2 171	+ 673
Takalar	1990/1991	56,5	- 23	- 60	968	+ 440
(Sulawesi Selatan)		56,5	- 46	- 60	1 322	+ 456

Sumber: Kadarwati dan Yusron (1994).

Pemupukan P pada kapas di lahan sawah sesudah padi selalu mengikuti pemupukan P pada padi sebelumnya. Ada sinyalemen bahwa pada tanah sawah telah terjadi akumulasi P sehingga padi tidak harus dipupuk P setiap musim tanam (Rochajati *et al.* 1991). Nampaknya akumulasi P tanah sawah ini juga dapat dimanfaatkan oleh tanaman kapas

yang ditanam sesudahnya sehingga tanaman kapas tidak perlu dipupuk P atau hanya diberi pupuk P separuhnya (Kadarwati *et al.* 1995; 1996).

Gejala kekurangan unsur hara P pada tanaman kapas (Joham 1986):

1. Terhambatnya pertumbuhan akar dan pertumbuhan tanaman.
2. Warna daun hijau tua.
3. Tertundanya pembuahan.
4. Berkurangnya panjang serat.

4. Pemupukan kalium (K) pada kapas

Pemupukan kalium tidak selalu menunjukkan hasil yang konsisten terhadap hasil kapas berbiji. Kalium (K) diperlukan tanaman dalam jumlah besar, nomor dua setelah unsur N. Hasil analisis unsur K-dd tanah (K-dapat ditukar) dengan ekstrak amonium acetat pH 7 dapat digunakan sebagai dasar penentuan kebutuhan pupuk K untuk tanaman kapas seperti pada Tabel 7. Selain status K dalam tanah, kebutuhan pupuk K juga dipengaruhi oleh tekstur tanah dan tipe mineral liat yang mendominasi tanah tersebut.

Tabel 7. Rekomendasi pemupukan K berdasarkan analisis tanah

Status hara K	K-dd Am.Acet.pH 7 (me/100g tanah)			Dosis pupuk K (kg KCl/ha/musim*)
	Berpasir	Berlempung	Berliat	
Sangat tinggi	>0,25	>0,35	>0,55	0
Tinggi	0,21–0,25	0,31–0,35	0,46–0,55	25–50
Sedang	0,10–0,20	0,20–0,30	0,30–0,45	55–100
rendah	<0,10	<0,20	<0,30	105–125

*) Waktu pemberian: saat tanam s.d. 1 minggu setelah tanam
Sumber: Wrigh, 1994.

Gejala kekurangan unsur hara K pada tanaman kapas (Joham 1986):

1. Ukuran daun berkurang (daun mengecil).
2. Warna daun tua menguning, antara tulang daun agak kecokelatan (seperti karat), pada taraf lanjut tepi daun mengering seperti terbakar.
3. Pembentukan buah berkurang.
4. Serat pendek, kekuatan serat rendah.

Sahid *et al.* (1990) mendapatkan bahwa pada lahan sawah pemupukan kalium dengan dosis 45 kg K₂O/ha yang dibarengi dengan pemupukan P (40 P₂O₅) serta unsur mikro Zn dan Cu masing-masing 1,5 kg/ha dapat meningkatkan hasil kapas berbiji dari 819 kg/ha menjadi 1.760 kg/ha, meskipun jenis tanah tempat percobaan ini adalah Vertisol dengan kadar K tersedia dalam tanah dalam kategori sedang (0,50 me/100 g K). Hal ini dimungkinkan karena mineral liat tipe 2:1 pada tanah tersebut akan menjerap K tersedia sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Sedangkan pada lahan kering, pemupukan kalium sampai dengan dosis 80 kg K₂O tidak menunjukkan peningkatan hasil

kapas berbiji yang ditanam tumpang sari dengan kacang hijau (Cholid dan Kadarwati 2007). Hasil kapas berbiji berkisar antara 801–933 kg/ha dan kacang hijau 1.323–1.350 kg/ha (Tabel 8).

Tabel 8. Pengaruh dosis pupuk K terhadap produksi kapas berbiji dan kacang hijau

Dosis pupuk (kg/ha)			Hasil kapas berbiji (kg/ha)	Hasil kacang hijau (kg/ha)
N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
60	30	0	801	1 323
60	30	20	864	1 322
60	30	40	848	1 347
60	30	60	905	1 346
60	30	80	933	1 350

Sumber: Cholid dan Kadarwati (2007).

5. Pupuk organik

Dalam sistem usaha tani kapas dan kedelai di Lamongan, dengan penanaman di lahan sawah, ternak sapi atau kambing merupakan suatu komponen pertanian sehingga pupuk kandang (pukan) tersedia di kalangan petani. Apabila pupuk kandang tersedia dalam jumlah yang cukup, penggunaannya dapat memberikan pengaruh yang berarti dalam peningkatan produksi (Kadarwati *et al.* 2008). Meskipun belum ada standar mutu pupuk kandang, untuk sementara dapat digunakan penilaian berdasarkan kombinasi antara C/N dan kadar C-organik. Kriteria mutu yang baik bila kombinasi C/N ≤ 15 dan C-organik $> 10\%$.

Selain pupuk kandang, kompos adalah bahan organik dapat berupa pukan atau hijauan yang telah mengalami penguraian oleh mikroorganisme dan satwa tanah sehingga menghasilkan humus. Kompos atau “*fine compost*” atau “*Bokashi*” yaitu pupuk organik yang dapat dihasilkan secara cepat dengan menggunakan “*biodecomposer*”, dan hasilnya mempunyai kualitas lebih baik dan kuantitas yang lebih tinggi. Bokashi dari kotoran sapi dapat dimanfaatkan untuk pemupukan kapas sehingga dosis pupuk anorganik hanya diberikan setengahnya dengan hasil kapas dan kedelai meningkat (Kadarwati dan Riajaya 2009).

Sehubungan dengan pemanfaatan pupuk kandang dan bokashi, hasil penelitian Kadarwati dan Riajaya (2009) menyebutkan bahwa penambahan pupuk organik berupa bokashi berpengaruh nyata terhadap peningkatan produksi kapas berbiji (dari 1,024 menjadi 1,273 kg/ha). Sedangkan pemupukan anorganik dengan takaran tinggi (N₉₀P₃₆K₄₅) memberikan hasil kapas berbiji tertinggi sebesar 1,432 ton/ha. Hasil selengkapnya disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengaruh pemupukan terpadu terhadap komponen hasil (jumlah dan bobot buah), hasil kapas berdaun normal dan okra, serta kedelai dalam sistem tanam tumpang sari

Perlakuan	Jumlah buah/tanaman	Bobot 100 buah (gram)	Hasil (kg/ha)	
			Kapas	Kedelai
Varietas/Galur				
Kanesia 7 (Normal)	12,2	464,82	1 292	833
87002/5/27/3 (Okra)	10,7	462,96	1 003	804
Pupuk organik				
a. Tanpa	11,1	455,56	1 024	818
b. Pukan 10 ton/ha	11,0	466,67	1 176	844
c. Bokashi 10 ton/ha	10,8	469,44	1 273	990
Pupuk anorganik				
1. Rendah (N ₃₀ P ₀ K ₁₅)	9,0	450,00	892	860
2. Sedang (N ₆₀ P ₁₈ K ₃₀)	11,4	463,89	1 144	814
3. Tinggi (N ₉₀ P ₃₆ K ₄₅)	13,5	477,78	1 432	779

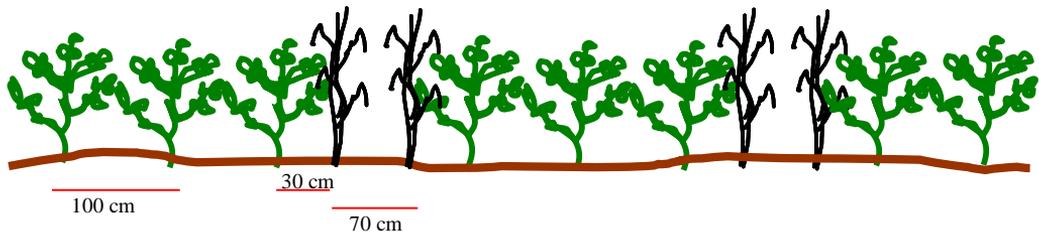
Sumber: Kadarwati dan Riajaya (2009)

f. Sistem Tanam Kapas dan Palawija

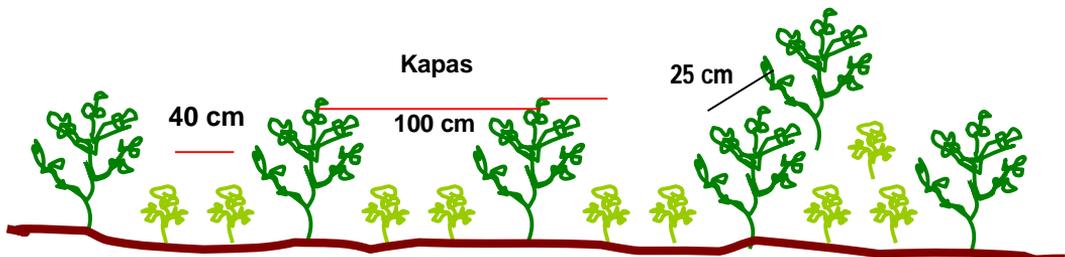
Dalam upaya meningkatkan pendapatan petani dan sekaligus mengurangi risiko kegagalan panen kapas, dilakukan sistem tumpang sari kapas dengan palawija. Tanaman palawija yang dianjurkan adalah kacang hijau, kedelai atau jagung dan disesuaikan dengan sistem tanam di daerah pengembangan. Tata tanam yang dipakai dalam sistem tumpang sari kapas bisa 1 baris kapas (2 tanaman/lubang) dan 3 baris palawija (kedelai) dengan populasi kapas 44.000 tan./ha dan palawija 198.000 tan./ha. Hasil kapas mencapai 1.348 kg/ha dan kedelai 500 kg/ha (Riajaya dan Kadarwati 2005). Dapat pula dengan mengurangi jumlah tanaman kapas per lubang menjadi satu tanaman/lubang pada tata tanam 1 baris kapas dan 3 baris palawija (populasi kapas 33.000 tan./ha) (Gambar 5), dengan hasil kapas 1.577 kg/ha dan kedelai 545 kg/ha. Dengan 2 baris kapas dan 4 baris palawija (populasi kapas 31.302 tan./ha) produksi kapas meningkat, dengan hasil kapas mencapai 1.677 kg/ha dan kedelai 456 kg/ha. Tabel 10 menyajikan tata tanam, dan dosis pupuk untuk pengembangan kapas tumpang sari dengan palawija. Gambar 3–6 menunjukkan tata tanam kapas dalam sistem tumpang sari dengan palawija.

Tabel 10. Sistem tanam, tata tanam, jarak tanam, dan dosis pupuk pada pola tumpang sari kapas+palawija

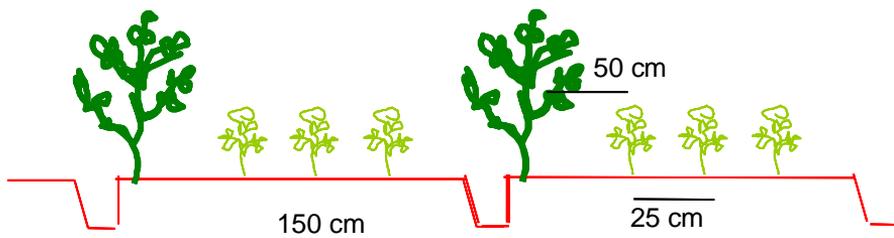
Sistem tanam	Tata tanam	Jarak tanam	Dosis pupuk
Kapas + Jagung	3 brs. kapas + 2 baris jagung	Kapas: 100x25 cm Jagung: 70x20 cm	Kapas: (100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Jagung: (150 urea + 50 SP 36 + 50 KCl) kg/ha
Kapas + Kedelai	1 brs. kapas + 3 brs. kedelai	Kapas: 150x20 cm (1 tan./ lubang) Kedelai: 25x20 cm (2 tan./ lubang)	Kapas: (100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Kedelai: 50 kg urea/ha
Kapas + Kc. tanah	1 brs. kapas + 2 brs. kc. tanah	Kapas: 100x25 cm (1 tan./ lubang) Kc. tanah: 40x15 cm (2 tan./ lubang)	Kapas: (100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Kc. tanah: (50 urea + 50 SP 36) kg/ha
Kapas + Kc. hijau	1 brs. kapas + 2 brs. kc. hijau	Kapas: 100x25 cm (1 tan./ lubang) Kc. hijau: 40x15 cm (2 tan./ lubang)	Kapas: 100 ZA + 100 urea + 50 SP 36 + 75 KCl) kg/ha Kc. hijau: 50 kg urea/ha



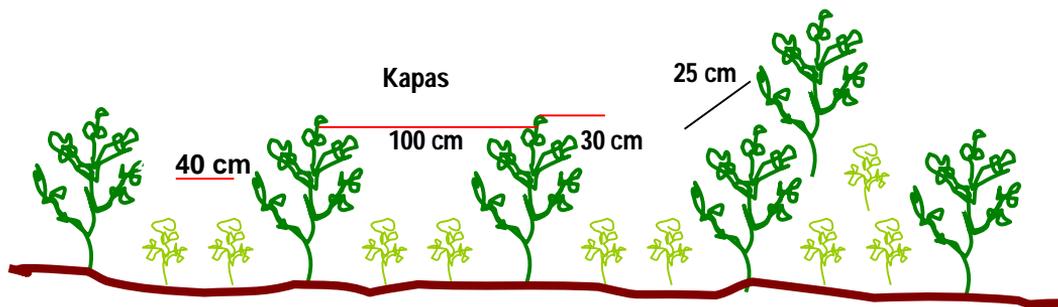
Gambar 3. Tumpang sari kapas dan jagung: 3 baris kapas + 2 baris jagung



Gambar 4. Tumpang sari kapas dan kacang tanah: 1 baris kapas + 2 baris kacang tanah



Gambar 5. Tumpang sari kapas dan kedelai: 1 baris kapas + 3 baris kedelai



Gambar 6. Tumpang sari kapas dan kacang hijau: 1 baris kapas + 2 baris kacang hijau

g. Pengendalian Hama pada Tanaman Kapas

Teknik pengendalian serangga hama utama kapas yang dikembangkan yaitu dengan pengendalian hama terpadu (PHT) yang penekanannya adalah penerapan metode pengendalian non-kimiawi melalui peningkatan peran pengendali alami, yaitu pelestarian dan pemanfaatan agensia hayati. Penggunaan varietas berbulu lebat akan terhindar dari serangan *Amrasca biguttula* yang biasanya menyerang pada awal pertumbuhan. Hama lainnya yang penting terutama adalah hama penggerek buah *Helicoverpa armigera*, dan *Pectinophora gossypiella*. Pengendalian hayati kedua hama ini dilakukan dengan manipulasi faktor ekologis (habitat tanaman) sehingga mampu mendukung perkembangan musuh alami berupa parasit dan predator, sehingga populasi hama tersebut selalu di bawah ambang kendali (Nurindah dan Sunarto 2008). Beberapa musuh alami penting di antaranya parasit telur (*Trichogramma* sp.) dan parasit ulat yakni *Apanteles* sp. dan *Brachymeria* sp.

Penggunaan varietas yang toleran/tahan terhadap *Amrasca biguttula*, penanaman jagung sebagai tanaman perangkap, penggunaan serasah tanaman, dan panduan populasi hama, serta menggunakan insektisida nabati merupakan komponen PHT yang diterapkan saat ini. Pengendalian menggunakan insektisida kimia hanya dilakukan jika populasi hama mencapai ambang kendali.

Pemanfaatan pestisida botani ekstrak biji mimba telah terbukti mampu mengendalikan hama penggerek buah kapas dan tidak mematikan musuh alaminya (Sunarto *et al.* 2004). Pada kegiatan *on-farm* di Lamongan diperoleh hasil bahwa perlakuan tanpa penyemprotan dengan insektisida (*unspray*) dan pengendalian hama menggunakan pestisida nabati memberikan tingkat produktivitas kapas yang tidak berbeda dengan perlakuan pengendalian hama menggunakan insektisida kimia yang dikehendaki petani, akan tetapi pendapatan petani pada perlakuan *unspray* dan *spray* dengan ekstrak biji mimba adalah lebih tinggi. Hal ini karena ongkos produksi dalam hal pembelian insektisida dan upah penyemprotan bisa ditekan dan sekaligus menjadi tambahan pendapatan petani (Nurindah *et al.* 2010).

h. Konservasi Tanah dan Air pada Kapas di Lahan Kering

Kegiatan konservasi tanah dan air menunjukkan bahwa teknis konservasi secara biologis dan mekanis memberikan respon yang konsisten (Kadarwati *et al.* 2008). Konservasi secara biologis menggunakan *Crotalaria juncea* dan *Flemingia congesta* meningkatkan daya simpan air mencapai 12% dan cenderung meningkatkan kadar C organik, sedangkan konservasi secara mekanis dengan cara tanam pada juring, pembuatan parit buntu, dan gulud bersekat mampu meningkatkan ketersediaan air tanah 6–20% (Kadarwati *et al.* 2008).

i. Penggunaan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) pada Kapas

Di Negara-negara penghasil kapas seperti Amerika, Amerika Latin, Afrika, Australia, dan Eropa telah menggunakan senyawa kimia yang tergolong dalam zat pengatur tumbuh untuk mengatasi kerimbunan tanaman. *Mepiquat chloride* adalah suatu senyawa sintetis yang bekerja sebagai zat penghambat pertumbuhan berumus kimia 1,1-dimethyl piperidium chloride dengan nama dagang Pix yang dapat mengatur pertumbuhan tanaman. Pix dapat menekan pertumbuhan ke atas dan ke samping yaitu menyebabkan ruas-ruas kapas menjadi lebih pendek sehingga produksi kapas dapat ditingkatkan (Kerby 1985; Schott dan Willard 1985; Sastrosupadi dan Sunardi 1985). Pemanfaatan bahan kimia ini hanya digunakan bila terjadi pertumbuhan yang berlebihan. Selain mepiquat, juga terdapat *Cycocel* atau CCC. Saat aplikasi ZPT yang optimal adalah pada saat pembungaan pertama dan bisa diulang dua minggu setelahnya. Pemanfaatan mepiquat pernah dicoba untuk kapas di Indonesia oleh Sastrosupadi dan Sunardi (1985) diketahui bahwa penggunaan Pix 2 liter per hektar meningkatkan produksi kapas berbiji sebesar 20%.

Pada tahun 2010, aplikasi ZPT dicoba pada galur-galur unggulan yang akan dilepas, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tumpang sari kapas dan kedelai, pemberian ZPT mepiquat klorida (Pix 50 EC memberikan hasil kapas berbiji tertinggi 2.112,03 kg/ha dan tidak berbeda dengan paclobutrazol yaitu 1.989,50 kg/ha (Kadarwati *et al.* 2010).

PENUTUP

Penerapan teknologi budi daya kapas secara utuh oleh petani kapas, transfer teknologi yang berkelanjutan dari penyuluh, serta pendampingan teknologi yang tepat dapat meningkatkan produksi kapas berbiji di tingkat petani. Paket teknologi budi daya kapas yang diterapkan terdiri atas pemilihan varietas unggul, penggunaan benih yang bermutu, waktu tanam yang tepat, pemupukan berimbang antara pupuk N, P, K, dan bahan organik, penerapan sistem tanam sesuai kebiasaan petani, serta pengendalian hama yang bijaksana dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Kebijakan Pengembangan Kapas Nasional. Direktorat Jenderal Perkebunan, Direktur Budi-daya Tanaman Semusim. Makalah disajikan pada Sosialisasi dan Akselerasi Pengembangan Kapas di Sulawesi Selatan.
- Cholid, M. & F.T. Kadarwati. 2007. Perbaikan pengelolaan hara P dan K pada tumpang sari kapas dan kacang hijau. *AGRITEK Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, Teknologi, Kehutanan* Vol. 15 (Edisi Khusus Dies Natalis IPM ke-16 November 2007):79–86. Institut Pertanian Malang. ISSN 0852-5426.
- Constable, G.A. 1988a. Managing Cotton with Nitrogen Fertilizer. First edition. AGFACT, Agricultural Research Station Narabri. p. 1–7.
- Constable, G.A. 1988b. Crop Nutrition-Soil Testing and Plant Analysis Thresholds. Australian Cotton Conference, August 17th–18th Surfers Paradise QLD. p. 231–238.
- Djaenuddin, D., H. Marwan, H. Subagyo & A. Mulyani. 1997. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. Puslittanak, Bogor.
- Doorenboos, J. & A.H. Kassam. 1979. Yield Responses to Water Cotton. FAO Irrigation Drainage Paper No. 30. Rome. 193 p.
- Hasnam, E. Sulistyowati, S. Sumartini, F.T. Kadarwati & P.D. Riajaya. 2004. Kemajuan genetik pada dua varietas kapas Kanesia 8 dan Kanesia 9. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 2(2):66–73.
- Hobt, H. & G. Kemler. 1980. Magnesium and Sulfur for Better Crops, Sustained High Yield and Pusfit. Kah aud Salz AG. Kassel. Germany.
- Joham, E. 1986. Effect of nutrient elements on fruiting efficiency. p. 79–90. *In* J.R. Mauney and J. Mc.D. Stewart (eds.) *Cotton Physiology*. Tennessee, USA.
- Kadarwati, F.T. 1993. Rangkuman Hasil Penelitian Pemupukan Fosfat pada Tanaman Kapas. Makalah disajikan pada Lokakarya Pupuk Fosfat Formulasi Baru. Bandung, 11 Juni 1993. 11 hlm.
- Kadarwati, F.T. & M. Yusron. 1994. Pengairan dan pemupukan kapas di lahan sawah sesudah padi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian XIII*(2):49–52.
- Kadarwati, F.T., M. Yusron & M. Machfud. 1994. Pemupukan N pada kapas beririgasi berdasarkan analisis tanah dan jaringan tanaman. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 9(2):77–86.
- Kadarwati, F.T., M. Yusron, M. Machfud & G. Kustiono. 1995. Pengaruh pemupukan P pada padi dan kapas setelah padi terhadap pertumbuhan dan hasil kapas. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 10(1): 67–76.
- Kadarwati, F.T., B. Hariyono, M. Machfud & Soewarno. 1996. Pemanfaatan residu fosfor pada tumpang sari kapas dan kedelai. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* I(4):191–198.
- Kadarwati, F.T., P.D. Riajaya & Mastur. 2008. Pengaruh teknik konservasi terhadap pertumbuhan dan hasil kapas serta sifat fisik tanah di lahan kering. *AGRITEK Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian, Teknologi, Kehutanan* Vol. 16(3):346–354. Institut Pertanian Malang. ISSN.0852-5426.
- Kadarwati, F. T. & P. D. Riajaya. 2009. Respon varietas kapas Kanesia 8 dan 9 terhadap pemupukan dalam sistem tumpang sari dengan jagung di lahan kering. *AGRIVITA Jurnal Ilmu Pertanian*. Vol. 31(1): 57–66. Universitas Brawijaya, Malang. ISSN No. 0126-0537.
- Kadarwati, F.T., P.D. Riajaya & Nurindah. 2010. Respon Galur-Galur Kapas terhadap Pemupukan N dan Bioregulator pada Tumpang Sari dengan Palawija. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2010. Sumber Dana: DIPA Balittas, Malang 2010.
- Kerby, T.A. 1985. Cotton response to mepiquat chloride. *Agron. J.* 77(4):515–518.

- Nurindah & D.A. Sunarto. 2008. Konservasi musuh alami serangga hama sebagai kunci keberhasilan PHT kapas. *Perspektif* 7(7):1–11.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2010. Respon varietas tahan wereng kapas terhadap beberapa teknik pengendalian kompleks penggerek buah kapas. Laporan Hasil Penelitian DIPA Balittas TA 2010. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Puslittanak. 1992. Peta Status Fosfat dan Kalium Tanah Sawah Provinsi Jawa Timur dan Jawa Tengah. Edisi IV. Bogor.
- Riajaya, P.D. & F.T. Kadarwati. 1993. Kebutuhan air irigasi dan pupuk N pada kapas di lahan sawah sesudah padi. I. Tekstur liat. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 8(2):76–83.
- Riajaya, P.D. & F.T. Kadarwati. 2005. Pengaruh kerapatan tanam galur harapan kapas terhadap sistem tumpang sari dengan jagung. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 11(2):62–72.
- Rochayati, S., Mulyadi & J. Sri-Adiningsih. 1991. Penelitian efisiensi penggunaan pupuk di lahan sawah. *Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Pupuk*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor. hlm. 107–117.
- Rude, P.A. 1984. *Integrated Pest Management for Cotton in the Western Region of United States*. University of California Press, Oakland.
- Sahid, M., Machfudz, F.T. Kadarwati & Nurheru. 1990. Pengaruh dosis pupuk kalium dan TSP-plus (Zn dan Cu) terhadap pertumbuhan dan hasil kapas. *Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri XVI*(1):10–17.
- Sastrosupadi, A. & Soenardi. 1985. Respon Tanaman Kapas terhadap Mepiquat Chloride dalam Formulasi EC dan ULV. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Sastrosupadi, A. & F.T. Kadarwati. 1986. Pengaruh kombinasi dosis pupuk ZA-Urea dan P terhadap pertumbuhan, produksi, dan kualitas serat kapas. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 1(1):23–40.
- Schott, P.E. & J.I. Willard. 1985. PIX-The Growth Regulator for Cotton. BASF Agricultural News, BASF Aktiengesellschaft Agric. Res. Sta., Federal Republic of Germany.
- Soepardi, G. 1987. Dasar-dasar Pemupukan Berimbang. Makalah disajikan pada Alih Teknologi Pemupukan Berimbang untuk Tanaman Perkebunan. Kerjasama Disbun Tk. I Jawa Timur dan PT Petrokimia Gresik. Malang, 17 Februari 1987. 73 hlm.
- Sulistiyowati, E. & D.A. Sunarto. 2008. Inovasi Teknologi dalam Mendukung Program Pengembangan Kapas Provinsi Jawa Timur. Makalah Disusun untuk Pertemuan Tim Teknis dan Komisi Pengkajian Provinsi Jawa Timur. Malang 5–6 November 2008. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Sunarto, D.A., Nurindah & Sujak. 2004. Pengaruh ekstrak biji mimba terhadap konservasi musuh alami dan populasi *Helicoverpa armigera* Hubner pada tanaman kapas. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 10(3): 89–95.
- Suyamto. 2002. Strategi dan Implementasi Pemupukan Rasional Spesifik Lokasi. Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. Malang, Juli 2002.
- Waddle, B.A. 1984. Crop growing practices. *In* R.O. Kohel & C.F. Lewis (eds.) *Cotton*. Agron. Series No. 24. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 233–261.
- Wright, P. 1994. Premature senescence on high potassium soils. *Conference Proceedings*. “The Fabric of Success” Australian Cotton Conference. Agronomy and Production. p. 315–321.

TEKNIK PENGENDALIAN GULMA PADA TANAMAN KAPAS

Moch. Machfud^{*)}

PENDAHULUAN

Jasad pengganggu yang merupakan salah satu faktor pembatas produksi budi daya tanaman kapas adalah gulma, di samping hama dan penyakit. Pengalaman menunjukkan bahwa infestasi gulma pada tanaman kapas di lahan kering maupun di lahan sawah cukup tinggi. Pengendalian gulma yang kurang tepat dapat mengakibatkan kehilangan hasil kapas berbiji sampai 30% (Anonim 2011). Menurut Klingman dan Ashton (1982) kerugian akibat gulma karena adanya persaingan tanaman yang dibudidayakan dalam mengambil unsur-unsur hara dan air di dalam tanah serta penerimaan cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Untuk mengurangi persaingan tersebut, maka sistem pengendaliannya harus lebih intensif karena jenis gulma beragam dan populasinya tinggi.

Infestasi gulma di setiap ekosistem berbeda-beda baik jenis maupun populasinya. Jenis gulma di lahan kering sangat berbeda dibandingkan dengan di lahan sawah terutama akibat faktor air. Di lahan kering jenis gulma yang dominan adalah *Cynodon dactylon* (grinting), *Eleusine indica* (lulungan), *Digitaria adscendens*, *Amaranthus spinosus* (bayam berduri), dan *Portulaca oleraceae* (krokot). Sedangkan jenis gulma di lahan sawah yang dominan adalah *Cyperus rotundus* (teki), *Echinochloa crusgalli*, *Euphorbia hirta* (patikan kebo), *Commelina nudiflora*, dan *Panicum repens* (Cholid *et al.* 2000).

Gulma yang dominan berbeda pada tiap fase pertumbuhan tanaman kapas. Di awal pertumbuhan, gulma yang banyak tumbuh biasanya adalah jenis rumput-rumputan. Selanjutnya pada saat tanaman kapas sudah mulai tumbuh besar, gulma yang dominan adalah jenis gulma berdaun lebar karena lebih tahan terhadap naungan kanopi kapas.

Pengendalian gulma pada pertanaman kapas ditujukan untuk menekan faktor persaingan dari gulma terhadap kapas, memperoleh hasil yang maksimal dengan cara yang murah, cepat, aman, dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Pengendalian gulma yang efektif membutuhkan pengertian dan pengetahuan tentang kapan waktu yang tepat, cara pengendalian, dan biaya yang dibutuhkan. Pengendalian gulma harus tepat waktu supaya tidak mengganggu pertumbuhan tanaman kapas, jika pengendaliannya terlambat akan menambah biaya penyiangan karena adanya peningkatan populasi gulma. Gulma dapat dikendalikan dengan cara kimiawi, mekanis, kultur teknis, biologis, dan secara terpadu yang merupakan gabungan sinergistik di antara cara-cara tersebut di atas.

*) Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

PENGARUH GULMA PADA TANAMAN KAPAS

Tingkat infestasi gulma pada budi daya tanaman kapas dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kesuburan tanah, kelembapan tanah/pengairan, pemupukan, pengelolaan tanah dan tanaman, stadia umur tanaman, dan jenis gulma. Budi daya tanaman kapas pada tanah-tanah subur dengan kelembapan tanah yang cukup tinggi disertai pemupukan akan meningkatkan pertumbuhan gulma. Sedangkan pada penggunaan lahan tanpa olah tanah dan tanpa ada rotasi tanaman, akan berakibat pada meningkatnya infestasi populasi keberadaan gulma.

Keberadaan gulma pada pertanaman kapas dapat berpengaruh negatif dan juga dapat berpengaruh positif. Gulma yang tidak dikendalikan dengan baik akan:

- Menurunkan produksi kapas berbiji
Besarnya kehilangan hasil kapas berbiji karena gangguan gulma sangat beragam, tergantung kondisi lingkungan tumbuh dan kecepatan pertumbuhan gulmanya. Menurut Ridgway *et al.* (1984) gulma yang tidak dikendalikan dengan baik akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman kapas, dan dapat menurunkan hasil kapas berbiji hingga 32%, bahkan sampai gagal panen. Penurunan ini dapat terjadi karena kehadiran gulma di pertanaman kapas dapat mengurangi tanaman kapas dalam memperoleh cahaya matahari, CO₂, O₂, air, dan unsur hara di dalam tanah.
- Menurunkan kualitas hasil kapas berbiji
Keberadaan gulma pada saat menjelang tanaman kapas dipanen dapat menurunkan kualitas hasil, karena daun dan bunga gulma akan tercampur dan mengotori hasil kapas yang dipanen, di samping itu juga mengganggu aktivitas panen.
- Meningkatkan biaya penyiangan
Penyiangan merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mengendalikan gulma, tetapi apabila dilakukan terlambat akan berdampak terhadap peningkatan pertumbuhan gulma. Populasi gulma yang cukup tinggi akan mempengaruhi peningkatan biaya tenaga kerja.
- Menjadi inang hama dan penyakit tanaman
Populasi gulma yang tinggi pada pertanaman kapas akan menjadi sumber bersarangnya inang hama dan penyakit tanaman. Contohnya *C. dactylon* (grinting) merupakan tumbuhan inang bagi *Rhizoctonia solani* dan ulat penggerek buah. Sedangkan *Cyperus rotundus* (teki) dapat dijadikan inang bagi *R. solani*, *Verticilium dahlia*, dan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.).
- Mengeluarkan zat beracun
Beberapa jenis gulma dapat mengeluarkan zat beracun (allelopati) seperti jenis gulma teki (*Cyperus rotundus*) dan alang-alang (*Imperata cylindrica*).

Pengelolaan gulma yang baik dapat menunjang pertumbuhan tanaman, meningkatkan hasil kapas, dan melestarikan lingkungan tumbuh. Pengaruh positif keberadaan gulma di pertanaman kapas antara lain:

- Sebagai media hidup bagi predator hama seperti laba-laba, *Paederus*, *Coccinella*, *Chrysopa*, dll.
- Nektar bunga gulma menjadi sumber makanan parasitoid.
- Mencegah terjadinya erosi pada budi daya tanaman kapas di lahan miring.
- Mengurangi evaporasi dan meningkatkan kelembapan tanah karena lahan tertutup gulma.

METODE PENGENDALIAN GULMA

Peningkatan produksi tanaman kapas dapat dilakukan melalui perbaikan teknik budi daya, termasuk di antaranya pengendalian gulma. Pengendalian gulma adalah suatu usaha untuk menekan populasi gulma sampai jumlah tertentu agar tidak menimbulkan gangguan terhadap tanaman yang dibudidayakan. Pengendalian gulma hendaknya dilakukan secara berkala dan dilakukan sebelum awal periode kritis tanaman. Menurut Waddle (1984) periode kritis pertumbuhan tanaman kapas saat berkompetisi dengan gulma terjadi selama dua bulan dari awal pertumbuhan tanaman. Periode kritis kapas bersaing dengan gulma tergantung kemampuan kapas berkompetisi dan banyak gulma yang tumbuh. Gulma yang tumbuh setelah periode kritis tidak mengganggu pertumbuhan tanaman.

Penanaman kapas di lahan kering dilakukan pada musim penghujan, gulma yang tumbuh akan sangat cepat bersamaan datangnya hujan, gulma yang tumbuh biasanya didominasi oleh jenis dikotil, *Graminae*, dan *Cyperaceae*. Sedangkan di lahan sawah sesudah padi, gulma yang dominan adalah *C. rotundus*, *E. crusgalli*, dan *E. hirta*. Keberadaan gulma tersebut sangat mengganggu dan dapat menekan pertumbuhan tanaman serta menurunkan hasil kapas apabila tidak dilakukan penyiangan. Secara umum kita mengenal beberapa teknik pengendalian gulma antara lain secara kimiawi, mekanis, biologis, kultur teknis, dan gabungan di antara keempat teknik tersebut. Namun demikian dari pengalaman yang telah dicoba tidak semua teknik pengendalian gulma dapat diterapkan, harus dipilih cara pengendalian yang paling efektif dan efisien sehingga dapat meningkatkan hasil dan tidak merusak tanaman yang dibudidayakan. Dalam makalah ini dikemukakan beberapa teknik pengendalian gulma dengan harapan dapat digunakan sebagai pedoman dalam budi daya kapas yang ditumpangsarikan dengan palawija.

1. Pengendalian Secara Kimiawi

Pengendalian gulma secara kimiawi adalah pengendalian gulma dengan menggunakan herbisida, yaitu senyawa kimia yang dapat digunakan untuk mematikan atau menekan

pertumbuhan gulma, baik secara selektif maupun nonselektif. Menurut jenisnya ada dua macam yaitu herbisida kontak dan sistemik, sedangkan menurut penggunaannya terdiri atas herbisida pratanam, pratumbuh, dan pascatumbuh. Keuntungan pengendalian gulma dengan herbisida adalah lebih cepat, efektif, dan menghemat tenaga kerja. Limbongan dan Endarwati (1989) melaporkan bahwa penggunaan herbisida mampu menghemat tenaga kerja antara 7–35 kali dibandingkan dengan beberapa alat penyiangan mekanis. Pengendalian gulma pada pertanaman kapas dengan menggunakan herbisida Alachlor 2 l/ha mampu menekan jenis gulma *E. colonum*, *C. dactylon*, dan *C. rotundus* sampai dengan 6 minggu setelah tanam (Basuki *et al.* 1993). Sedangkan penggunaan herbisida Metolachlor 1,5 l/ha dan Metyl halozyfap 0,5 l/ha mampu menekan gulma jenis *E. indica*, *C. dactylon*, *P. oleracea*, dan *Commelina diffusa* sampai 45% (Endarwati dan Soenardi 2001).

Kelemahan penggunaan herbisida yang terus-menerus dapat menimbulkan bahaya keracunan tanaman dan residu bahan kimia yang mencemari lingkungan. Hasil penelitian Bangun *et al.* (2001) bahwa penggunaan herbisida di lahan sawah meninggalkan residu herbisida oksadiazon, glifosat, paraquat, dan 2,4-D. Pengendalian gulma pada budi daya tumpang sari kapas palawija dengan menggunakan herbisida merupakan suatu pilihan untuk mengatasi kesulitan apabila tenaga kerja dan biaya tenaga kerja mahal. Pengendalian gulma secara kimiawi dapat juga diterapkan pada budi daya kapas di lahan sawah sesudah padi tanpa olah tanah.

Aplikasi herbisida harus dipilih sesuai dengan jenis dan saat penggunaannya, karena tidak semua tanaman tahan terkena bahan kimia herbisida secara langsung. Jenis herbisida di pasaran yang telah diuji efektivitasnya cukup banyak, tetapi yang perlu dipertimbangkan adalah bahaya toksisitasnya terhadap tanaman yang dibudidayakan. Oleh karena itu aplikasi herbisida perlu memperhatikan efektivitasnya terhadap gulma sasaran dan selektivitasnya terhadap tanaman budi daya. Beberapa bahan aktif herbisida yang diuji efektivitasnya pada budi daya tanaman kapas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa bahan aktif herbisida, klasifikasi, dan gulma yang dikendalikan

Bahan aktif herbisida	Klasifikasi		Efektivitas gulma yang dikendalikan		
	Jenis	Cara kerja	Daun lebar	Teki	Rumput
Oxyflourfen	Pratumbuh	Sistemik	√	√	√
Alachlor	Pratumbuh	Sistemik	√	√	√
Oksadiazon	Pratumbuh	Kontak	√	√	√
Glyphosate	Pascatumbuh	Sistemik	√	√	√
Metil halosifop	Pascatumbuh	Sistemik	-	√	-
Sulphosate	Pascatumbuh	Sistemik	-	√	-

Sumber: Cholid *et al.* (2000).

2. Pengendalian Secara Mekanis

Pengendalian gulma secara mekanis telah biasa dilakukan petani secara turun-temurun. Peralatan yang digunakan antara lain cangkul, sabit, koret, atau hanya dicabut dengan tangan. Kelemahan dengan cara ini membutuhkan tenaga kerja yang cukup banyak dan waktu yang lama. Hasil penelitian Hasnam dan Adisarwanto (1992) menunjukkan bahwa pengendalian gulma dengan cara tradisional (cangkul) membutuhkan 50–70 hari orang kerja (HOK) untuk luas lahan 1 ha pada tumpang sari kapas kedelai. Bagi petani, penyiangan dengan menggunakan cangkul merupakan salah satu cara yang dianggap paling baik karena dilakukan bersama dengan penggemburan tanah.

Pengendalian gulma dengan peralatan mekanis lainnya adalah mata bajak (brujul) yang ditarik hewan (sapi), istilah setempat disebut dengan cara gurek. Pengendalian gulma cara ini biasanya dilakukan pada pertanaman kapas sistem monokultur. Cara kerja alat gurek disajikan pada Gambar 1, sedangkan tanaman kapas bebas gulma pada Gambar 2. Di beberapa daerah seperti di Asembagus pengendalian gulma cara gurek sangat disukai, lebih efisien, dapat menghemat tenaga kerja dan biaya penyiangan. Menurut pengalaman petani setempat, pengendalian gulma dengan cara gurek hanya membutuhkan 8 pasang sapi dengan biaya Rp240.000,00 per hektar.



Gambar 1. Pengendalian gulma sistem gurek



Gambar 2. Tanaman kapas bebas gulma

Pengolahan tanah pada budi daya tumpang sari kapas dan palawija di lahan kering yang optimal dilakukan dengan dua kali bajak dan sekali digaru. Dengan pengolahan tanah seperti ini akan mempercepat pertumbuhan tanaman utama dan biasanya akan diikuti dengan pertumbuhan gulma yang sangat cepat. Pengolahan tanah yang optimal akan memberikan peluang lebih besar tumbuhnya biji-biji gulma yang berada di permukaan tanah akibat terangkatnya ke permukaan saat pembalikan tanah (Ardjasa *et al.* 1994). Hasil penelitian pada ekosistem lahan kering di Asembagus menunjukkan bahwa gulma yang dominan dan pertumbuhannya sangat cepat pada 14 hari setelah tanam (hst) adalah jenis

dikotil dengan luas penutupan mencapai 42,77%, sedangkan jenis *Gramineae* dan *Cyparaceae* luas penutupan masing-masing hanya 6,77 dan 5,27%, sehingga total luas penutupan gulma mencapai 54,81% (Soenardi dan Romli 1992). Dari hasil pengamatan tersebut sebaiknya penyiangan pertama dilakukan pada 14 hst yang diikuti dengan penggem-buran tanah agar tanaman kapas dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Penyiangan kedua dilakukan tergantung dari banyaknya gulma yang tumbuh, tetapi sebaiknya dilakukan setelah dua minggu dari penyiangan yang pertama. Pada ekosistem lahan kering, luas penutupan gulma pada 28 hst bisa mencapai 45,67% (Soenardi dan Romli 1992). Pada kondisi tersebut gulma sebaiknya dikendalikan supaya tidak mempe-ngaruhi pertumbuhan tanaman kapas, karena periode kritis pertumbuhan kapas sampai umur tanaman mencapai 60 hari.

Tampaknya pengendalian gulma secara mekanis dengan menggunakan cangkul ma-sih merupakan salah satu cara yang paling diminati petani, karena umumnya petani mena-nam kapas dalam skala kecil dengan luasan tidak lebih dari 0,25 ha, sehingga kebutuhan tenaga kerja masih bisa dipenuhi dari dalam keluarga. Menurut Moenandir (1993) dalam pertanian subsisten dan berlahan sempit, maka pengendalian gulma secara mekanis (de-ngan dicangkul) masih merupakan cara yang baik dan efektif. Sedangkan pada daerah-daerah tertentu yang kekurangan tenaga kerja, maka penggunaan herbisida merupakan pi-lihan yang tepat dalam mengendalikan gulma.

3. Pengendalian Secara Kultur Teknis

Pengendalian gulma secara kultur teknis meliputi beberapa cara antara lain dengan pengolahan tanah yang sempurna, penggunaan mulsa, mengatur pola tanam/pergiliran ta-naman, dan mengatur tata tanam/kerapatan populasi tanaman. Tidak semua metode pe-ngendalian gulma pada sistem kultur teknis dapat diaplikasikan, karena sangat tergantung pada kondisi lahan dan iklim setempat. Pada budi daya kapas di lahan kering, sebaiknya cara pengendalian gulma dilakukan dengan pengolahan tanah yang sempurna, tujuannya untuk menimbun titik tumbuh dan memotong sistem perakaran gulma. Kurang sempurnanya pengolahan tanah merangsang perkecambahan biji dan umbi gulma. Dari penelitian yang telah dilakukan di lahan kering, diketahui bahwa pada luas penutupan gulma pada lahan yang tidak diolah dua kali lipat dibanding pada tanah yang diolah secara sempurna, masing-masing dengan persentase penutupan gulma 75% dan 35% pada 45 hst (Ardjasa dan Bangun 1985). Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan tanah secara sempurna masih sangat efektif untuk menekan pertumbuhan gulma.

Di lahan sawah sesudah padi, cara yang memungkinkan untuk menekan pertum-buhan gulma adalah dengan mengombinasikan penggunaan mulsa, mengatur pola pergi-liran tanaman dan kerapatan populasi tanaman. Penggunaan mulsa jerami biasanya diapli-kasikan pada budi daya kapas di lahan sawah, bertujuan untuk mencegah tumbuhnya biji dan umbi gulma serta dapat menghemat tenaga penyiangan. Penggunaan jerami padi 5

ton/ha mampu menekan pertumbuhan gulma pada pertanaman kapas sampai dengan 8 minggu setelah tanam (Basuki *et al.* 1993). Sedangkan dari hasil penelitian Soenardi (1990) menunjukkan bahwa pemberian mulsa jerami padi pada tanah tanpa olah tanah sebelum tanam dapat menghemat tenaga kerja pada saat persiapan tanam sebesar 35 HOK (hari orang kerja). Pengendalian secara kultur teknis lainnya yang dapat diterapkan antara lain dengan cara rotasi tanaman, tujuannya adalah untuk mengurangi dominasi gulma yang tumbuh dan dapat memutus daur hidup suatu jenis gulma, sedangkan mengatur kerapatan populasi tanaman bertujuan untuk menekan pertumbuhan gulma. Biasanya semakin rapat jarak tanam yang diterapkan, maka pertumbuhan gulma semakin tertekan karena sebagian besar gulma tidak tahan terhadap naungan kanopi tanaman yang dibudidayakan. Sebaliknya apabila di antara kanopi tanaman kapas masih memungkinkan cahaya matahari menembus permukaan tanah, maka gulma akan dapat tumbuh dan berkembang dengan pesat karena gulma mampu berfotosintesis dengan sempurna.

4. Pengendalian Secara Biologis

Pengendalian gulma secara biologis (hayati) ialah pengendalian gulma dengan menggunakan organisme lain, seperti serangga dan jamur. Pengendalian biologis yang intensif dengan serangga atau jamur biasanya hanya ditujukan terhadap suatu spesies gulma yang telah menyebar secara luas dan tidak menyerang tanaman lain yang mempunyai arti ekonomis.

Pengendalian gulma secara biologis dikembangkan dengan memperbanyak musuh alami dari berbagai jenis gulma. Cara ini belum banyak dilakukan pada tanaman kapas karena kurang aplikatif dan memerlukan biaya yang cukup banyak. Kenyataan di lapangan, ada beberapa jenis serangga yang memakan daun-daun gulma tertentu; sebagai contoh belalang hijau memakan daun rerumputan jajagoan (*Echinochloa* sp.) dan *Setaria* sp. Orong-orong dan jangkrik memakan daun gulma jenis krokot (*Portulaca* sp.).

5. Pengendalian Secara Terpadu

Pengendalian gulma secara terpadu ialah pengendalian gulma dengan menggunakan beberapa metode secara bersamaan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang sebaik-baiknya. Walaupun telah dikenal beberapa cara pengendalian gulma antara lain secara kimiawi, mekanis, kultur teknis, dan biologis, tetapi tidak satupun cara-cara tersebut dapat mengendalikan gulma secara tuntas. Untuk dapat mengendalikan suatu spesies gulma yang menimbulkan masalah ternyata dibutuhkan lebih dari satu cara pengendalian. Cara-cara yang dikombinasikan dalam cara pengendalian gulma secara terpadu ini tergantung pada situasi, kondisi, dan tujuan masing-masing, tetapi umumnya diarahkan agar mendapatkan interaksi yang positif, misalnya paduan antara jarak tanam dengan penyiangan, pemupukan dengan herbisida, dan juga perpaduan antara pengolahan tanah dengan pemakaian herbisida seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh pengendalian gulma terhadap hasil kapas berbiji dan kedelai

Perlakuan	Hasil kapas berbiji (kg/ha)	Hasil kedelai (kg/ha)
a. Alaklor, mulsa, mekanis 1 kali (21 hst)	464 ab	1 581 cd
b. Alaklor, mekanis 1 kali (21 hst)	509 bc	1 647 cd
c. Oksyfloufen, mulsa, mekanis 1 kali (21 hst)	691 cd	1 711 d
d. Oksyfloufen, mekanis 1 kali (21 hst)	735 d	1 428 bc
e. Metylhalozifop, mulsa, mekanis 1 kali (21 hst)	596 bcd	1 606 cd
f. Mulsa, mekanis 2 kali (21 dan 42 hst)	745 d	1 705 d
g. Oksyfloufen, Metylhalozifop	596 bcd	1 350 b
i. Tanpa pengendalian	311 a	880 a

Sumber: Cholid *et al.* 1995

Sistem pengendalian gulma secara terpadu pada tumpang sari kapas dengan kedelai telah dilaporkan oleh Cholid *et al.* (1995) seperti disajikan pada Tabel 2. Hasil pengujian tersebut diketahui bahwa pengendalian gulma perpaduan pemberian mulsa dan pengendalian secara mekanis sebanyak 2 kali pada 21 hst dan 42 hst merupakan sistem pengendalian gulma yang terbaik dengan produksi kapas berbiji dan kedelai tertinggi masing-masing 745 kg dan 1.705 kg/ha. Cara pengendalian tersebut tidak berbeda nyata dengan pengendalian gulma perpaduan antara sistem kimiawi (herbisida), penggunaan mulsa, dan secara mekanis sebanyak 1 kali. Pengendalian gulma terpadu kedua cara tersebut merupakan cara yang terpilih untuk direkomendasikan dalam budi daya tumpang sari kapas dan kedelai.

PENUTUP

Metode pengendalian gulma secara kimiawi, mekanis, kultur teknis, dan secara terpadu pada tanaman kapas di lahan kering maupun di lahan sawah dapat diterapkan, namun yang menjadi pertimbangan adalah efisien dan efektif dalam penggunaan tenaga kerja, biaya operasional pengendalian, serta tidak menimbulkan efek residu di dalam tanah. Pengendalian gulma yang bisa diterapkan pada pertanaman kapas di lahan kering adalah dengan memadukan pengolahan tanah yang sempurna, penyiangan disertai penggemburan tanah sebanyak dua kali dengan cara digurek maupun dicangkul. Sedangkan pada kapas di lahan sawah memadukan antara aplikasi herbisida pratumbuh, penggunaan mulsa jerami, dan penyiangan dengan koret atau dicangkul.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2011. Gulma, kontrol untuk kualitas produksi kapas. http://www.pakissan.com/english/issues/weed_control_for_quality_cotton_production.shtml.

- Ardjasa, W.S. & P. Bangun. 1985. Pengendalian gulma pada kedelai. *Dalam* Kedelai. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor. hlm. 357–367.
- Ardjasa, W.S., Widyantoro, G.E. Maliawan, W. Hermawan & S. Asmono. 1994. Sistem olah tanah dengan herbisida Isopropil Amina Glifosat dan pemupukan dalam pengendalian gulma pada padi sawah. *Prosiding Konferensi Himpunan Ilmu Gulma Indonesia XII*. Padang. hlm. 209–216.
- Bangun, P., E.S. Harsanti & A.N. Ardiwinata. 2001. Residu herbisida pada padi sawah. *Prosiding Konferensi Nasional XV. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia*. Surakarta. hlm. 628–636.
- Basuki, S., S. Mulyaningsih & Enderwati. 1993. Pengendalian gulma pada tumpang sari kapas dan kedelai. *Laporan Hasil Penelitian Serat Buah*. Balittas, Malang.
- Cholid, M., S. Basuki & S. Mulyaningsih. 1995. Penelitian pengendalian gulma pada tumpang sari kapas kedelai. *Laporan Hasil Penelitian*. Balittas, Malang.
- Cholid, M., S. Mulyaningsih, Enderwati, Darmono & Subandi. 2000. Gulma tanaman kapas dan pengendaliannya. *Dalam* Organisme Pengganggu Tanaman Kapas dan Musuh Alami Serangga Hama Kapas. Proyek Penelitian PHT Tanaman Perkebunan. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang. hlm. 26–36.
- Endrawati & Soenardi. 2001. Pengendalian gulma pada tanaman kapas (*Gossypium hirsutum* L.) di lahan kering. *Prosiding Konferensi Nasional XV. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia*. Surakarta. hlm. 208–210.
- Hasnam & T. Adisarwanto. 1992. Budi daya kapas dan kedelai di lahan sawah sesudah padi. *Diskusi Panel Budi Daya Kapas dan Kedelai*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. 14 hlm.
- Klingman, G.C. & F.M. Ashton. 1982. *Weed Science Principles and Practices*. John Wiley & Sons Inc., New York. 449 p.
- Limbongan, J. & Enderwati. 1989. Pengaruh beberapa alat penyiang manual pada tanaman kapas. *Prosiding Temu Tugas I antar Peneliti, Penyuluh, dan Instansi Lingkup Pertanian Sulawesi Selatan. Seri Pengembangan No. 2*. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang. hlm. 34–42.
- Moenandir, J. 1993. *Ilmu Gulma dalam Sistem Pertanian*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta. 182 hlm.
- Ridgway, R.L., A.A. Bell, J.A. Veech & J.M. Chandler. 1984. Cotton protection practices in USA and world. *In* R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.) *Cotton. Agron. Series No. 24*. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 331–361.
- Soenardi. 1990. Peranan mulsa jerami padi pada lahan sawah bekas padi terhadap pertumbuhan dan hasil kapas. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 5(1):57–63.
- Soenardi & M. Romli, 1992. Pengaruh jarak tanam dan pengendalian gulma terhadap pertumbuhan dan produksi wijen. *Buletin Tembakau dan Serat* No. 01/12/1992:14–15.
- Waddle, B.A. 1984. *Crop growing practices*. *In* R.J. Kohel & C.F. Lewis (eds.) *Cotton. Agron. Series No. 24*. ASA, CSSA, SSSA, Publishers, Madison, Wisconsin, USA. p. 233–263.

SERANGGA HAMA KAPAS DAN MUSUH ALAMINYA

Dwi Adi Sunarto, Nurindah, dan IG.A.A. Indrayani^{*)}

PENDAHULUAN

Serangga merupakan kelompok hewan yang dominan di muka bumi dengan jumlah spesies hampir 80% dari jumlah total hewan di bumi. Karena itu serangga memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Jumlah serangga yang berasosiasi dengan tanaman kapas tidak kurang dari 157 serangga yang terdiri atas 62 spesies serangga fitofag dan 95 serangga musuh alami (26 spesies parasitoid dan 69 spesies predator) (Nurindah dan Bindra 1988). Selain serangga, 2 spesies tungau telah diidentifikasi sebagai hama dan beberapa patogen musuh alami serangga.

Pemahaman tentang serangga pada budi daya tanaman kapas sangat penting sebagai dasar untuk menetapkan strategi pengendalian serangga hama kapas secara baik. Pengetahuan tersebut meliputi deskripsi, biologi, dan ekologi serangga hama dan musuh alaminya. Deskripsi serangga hama, terutama deskripsi morfologi, berguna untuk mengenalinya, sehingga setidaknya dapat membedakan antara serangga yang bersifat sebagai hama atau sebagai musuh alami. Pengetahuan biologi berguna untuk mengetahui stadia serangga hama yang tepat untuk dikendalikan dan musuh alami yang efektif sebagai agen pengendali. Sedangkan pengetahuan ekologi serangga hama berguna untuk mengetahui waktu yang tepat dalam melakukan pengendalian serangga hama. Peran musuh alami dalam pengendalian hama kapas dibahas tersendiri dalam monograf ini.

SERANGGA HAMA

Tanaman kapas menghasilkan *extra floral nectar* yaitu nektar yang dihasilkan oleh bagian tanaman selain bunga, sehingga keberadaannya mengundang banyak serangga yang datang. Dalam bidang pertanian, serangga selalu dipahami sebagai hama, sehingga keberadaannya dianggap membahayakan tanaman. Serangga baru digolongkan sebagai hama ketika keberadaannya merugikan secara ekonomis. Serangga hama sendiri dikelompokkan sebagai hama utama, hama potensial, dan hama migran (Untung 1996).

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

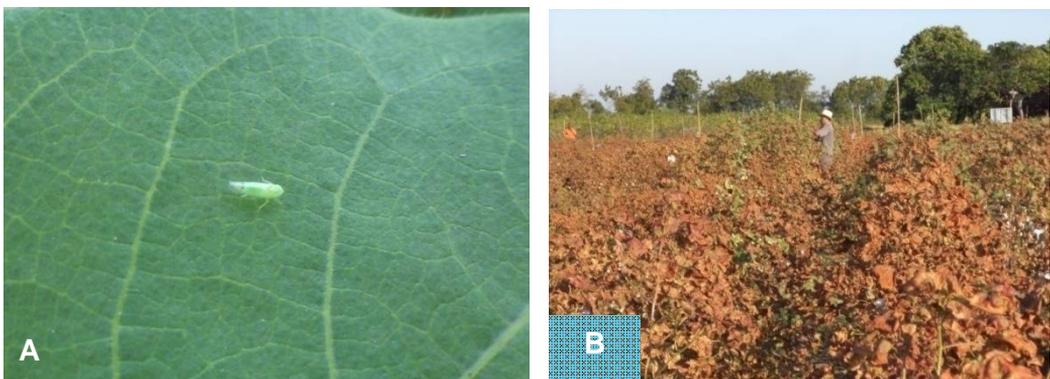
SERANGGA HAMA UTAMA

Hama utama kapas adalah hama yang selalu ada pada setiap agroekosistem kapas, menyebabkan kerusakan yang serius, bersifat persisten, dan merupakan sasaran utama dalam upaya pengendalian hama. Kelompok serangga hama ini memerlukan perhatian yang serius, karena jika tidak dikendalikan dengan baik akan menyebabkan kehilangan hasil yang sangat tinggi. Serangga hama utama tanaman kapas di Indonesia adalah wereng kapas *Amrasca biguttula* Ishida dan penggerek buah kapas *Pectinophora gossypiella* Saunders dan *Helicoverpa armigera* Hübner.

Amrasca biguttula (Ishida) (Heteroptera: Jassidae)

Wereng kapas *Amrasca biguttula* (= *Sundapteryx biguttula*; = *Empoasca flavescens* Fabricius; = *Empoasca devastant* Distant) merupakan hama utama yang paling penting pada tanaman kapas. Serangga dewasa berwarna kuning hingga hijau dengan bercak merah di bagian tengah masing-masing sayap depan, bercak putih di bagian toraks, dan tungkainya berwarna hijau (Gambar 1A).

Gejala serangan yang ditimbulkannya pada tanaman kapas adalah mula-mula daun bagian pinggir berwarna merah dan melengkung ke bawah. Warna merah pada daun disebabkan oleh toksin yang dikeluarkan oleh serangga ini pada waktu mengisap cairan daun. Bagian yang berwarna merah akan meluas ke seluruh permukaan daun dan akhirnya daun menjadi kering seperti terbakar (*hopper burn*). Serangan pada tanaman muda menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat dan produktivitas kapas menurun, karena tanaman tersebut merana sebelum berbunga. Kerusakan yang berat pada tanaman kapas sering terjadi pada periode kering atau pada varietas kapas yang tidak tahan terhadap serangan serangga hama ini (Gambar 1B).



Gambar 1. Dewasa *A. biguttula* (A) dan gejala kerusakan pada pertanaman kapas oleh *A. biguttula* (B)

Biologi. Nimfa dan serangga dewasa menyerang tanaman kapas dengan mengisap cairan tanaman dan mengeluarkan racun. Racun yang dihasilkan oleh nimfa instar kedua dan ketiga adalah yang paling berbahaya. Pada umumnya serangga ini terdapat di bawah permukaan daun, terutama di dekat pangkal tangkai daun. Telur serangga ini diletakkan dengan menyisipkannya di dalam jaringan mesofil daun yang telah terbuka sempurna, sehingga tidak terlihat dari luar. Masa telur adalah 7–9 hari. Stadium nimfa terdiri atas lima instar dan dilalui selama 11–17 hari.

Ekologi. Keberadaan wereng kapas pada tanaman kapas dapat dijumpai mulai pada awal pertumbuhan tanaman hingga akhir panen. Pada varietas tanaman kapas yang tidak tahan terhadap serangan serangga hama ini, gejala serangan dapat terlihat sejak 10 hari setelah tanam dan populasinya terus meningkat dengan cepat jika tidak dikendalikan. Kondisi inilah yang menyebabkan wereng kapas menjadi serangga hama utama kapas yang paling penting. Karena jika pengelolaannya kurang tepat, maka dapat menyebabkan munculnya serangan hama penggerek buah. Oleh karena itu, penggunaan varietas yang toleran atau tahan sangat dianjurkan (Nurindah 2003; Nurindah dan Sunarto 2008). Beberapa tanaman inang lain dari serangga hama ini adalah tanaman kacang-kacangan, tomat, lombok, terong, kenaf, lada, okra, dll.

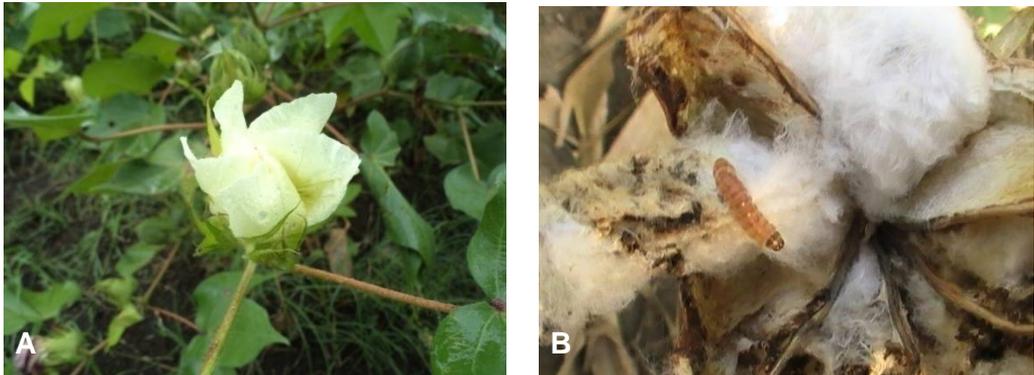
***Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae)**

Serangga hama ini dikenal sebagai penggerek buah kapas merah jambu (*pink bollworm*), karena larvanya berwarna merah jambu. Sinonim dari *Pectinophora* adalah *Platyedra*. Serangga dewasa berukuran panjang 0,8–10 mm dengan rentang sayap 15–20 mm. Serangga dewasa berwarna cokelat gelap dengan sayap berbentuk delta, bagian pinggir melebar dan memiliki bintik-bintik di bagian ujung.

Gejala serangan *P. gossypiella* yang mudah terlihat adalah adanya ‘bunga roset’, yaitu bunga yang mahkotanya tidak dapat mekar dengan sempurna (Gambar 2A). Infestasi serangga hama ini pada buah kapas tidak dapat terlihat dengan jelas, karena lubang gerekkan pada kulit buah sangat kecil. Buah yang terserang tidak dapat merekah dengan sempurna (Gambar 2B).

Biologi. Telur *P. gossypiella* diletakkan sendiri-sendiri (soliter) atau dalam kelompok-kelompok kecil, biasanya pada kelopak bunga atau buah (*bract*). Telur menetas dalam 2 hari. Larva yang baru menetas dari telur segera menggerek bunga/buah kapas, kemudian memakan serat dan biji muda. Masa larva adalah 8–10 hari. Ngegat *P. gossypiella* dapat hidup hingga dua minggu. Reproduksi *P. gossypiella* dipengaruhi oleh kualitas makanan pada waktu stadium larva. Larva yang mengonsumsi buah akan menjadi individu yang berukuran lebih besar dan reproduktivitasnya lebih tinggi (mampu bertelur hingga 680 bu-

tir) dibandingkan dengan individu yang mengonsumsi bagian tanaman yang lain (Rizal 1995).



Gambar 2. Gejala kerusakan pada bunga (A) dan larva *P. gossypiella* (B)

Ekologi. Serangga hama ini ditemukan pada pertanaman kapas sejak tanaman memasuki masa pertumbuhan generatif (45–55 hari setelah tanam) hingga tanaman siap dipanen. Jika tidak dikendalikan populasinya akan terus meningkat hingga mencapai 8–9 bunga roset per 10 tanaman dan kehilangan hasil yang terjadi dapat mencapai 67–80% (Soebandrijo *et al.* 1999; Nurindah *et al.* 2000). Berdasarkan klasifikasi serangannya pada buah kapas, buah-buah bagian tengah dan bawah kerusakannya lebih banyak dibandingkan dengan buah-buah atas. Tanaman inang *P. gossypiella* selain kapas adalah buah-buah tanaman dari famili Malvaceae (misalnya, kenaf, rosela), *Abutilon indicum* (=Abutilon), dan *Thepestia lampas* (=kapas hutan) (Kalshoven 1981). Musuh alami yang dapat berperan sebagai mortalitas biotik yang terutama adalah parasitoid dan predator. Di Indonesia, sedikitnya telah diidentifikasi 12 predator umum yang dapat menyerang stadia telur dan larva, 5 spesies parasitoid yang menyerang larva dan 2 spesies parasitoid telur (Nurindah *et al.* 2002).

***Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

Serangga hama ini dikenal sebagai penggerek buah kapas, dahulu dikenal dengan nama *Heliothis armigera*. Serangga dewasa berukuran panjang 30–40 mm, sayap depan berwarna cokelat dengan garis-garis berombak kelabu dan bintik-bintik hitam. Sayap belakang berwarna terang (Gambar 3A).

Gejala serangan yang ditimbulkan oleh penggerek buah terutama pada bagian generatif tanaman. Jika menyerang kuncup bunga (*square*), maka bagian dalam kuncup bunga tersebut dimakan habis, kelopak bunga (*bract*) mekar, dan akhirnya *square* gugur. Jika menyerang buah kecil, bagian dalam buah tersebut dimakan habis, *bract* mekar, dan akhirnya gugur. Buah-buah besar biasanya dimakan oleh larva besar dengan perilaku yang khas,

yaitu memasukkan kepala dan sebagian tubuhnya ke dalam buah dan membiarkan sisa tubuhnya yang lain berada di luar (Gambar 3B).



Gambar 3. Dewasa (A) dan ulat *H. armigera* (B)

Biologi. Telur *H. armigera* berbentuk tiga per empat bola dengan diameter 0,5 mm; berwarna putih sesaat setelah diletakkan dan berubah menjadi kecokelatan dengan garis merah melingkar menjelang menetas. Telur diletakkan secara tunggal (soliter) pada daun di pucuk tanaman atau kelopak kuncup bunga atau bunga. Masa telur adalah 2–3 hari. Larva *H. armigera* mempunyai keragaman warna dari kuning kehijauan hingga kehitaman. Pada stadium larva terdapat 5–6 instar yang dilalui selama 10–15 hari. Larva yang baru menetas dari telur biasanya memakan jaringan daun atau kelopak kuncup bunga atau bunga. Larva instar kedua mulai menggerak kuncup bunga, bunga, atau buah. Seekor larva dapat memakan 10–12 buah muda. Menjelang pupa (prepupa), larva bergerak ke bawah untuk berpupa di dalam tanah.

Stadium pupa dilalui selama 10–15 hari di dalam tanah. Serangga dewasa muncul pada malam hari dan langsung aktif mencari makan. Serangga betina dapat segera kopulasi, tetapi memerlukan waktu tiga hari untuk pemasakan telurnya. Seekor serangga betina mampu bertelur 600–1.000 butir dengan fertilitas 80%.

Ekologi. Selama musim tanam kapas terdapat dua generasi populasi *H. armigera*. Generasi pertama ditemukan sejak tanaman mulai memasuki pertumbuhan generatif (40–45 hari setelah tanam), generasi kedua pada waktu tanaman berumur 70–75 hari. Populasi telur *H. armigera* biasanya tinggi, tetapi populasi larvanya selalu rendah jika tidak dilakukan penyemprotan insektisida pada awal musim. Hal ini terjadi karena musuh alaminya, terutama serangga yang memangsa telur dan larva kecil, mampu menahan populasinya untuk selalu berada di bawah ambang kendali. Sebaliknya, jika dilakukan penyemprotan, popu-

lasi musuh alaminya rendah, sehingga populasi larva *H. armigera* terus meningkat hingga di atas ambang kendali. *Helicoverpa armigera* merupakan serangga polifag, yaitu tanaman inangnya banyak, meliputi tanaman yang dibudidayakan maupun tanaman liar atau gulma.

SERANGGA HAMA POTENSIAL

Serangga hama potensial adalah serangga-serangga hama yang berpotensi untuk menjadi hama penting jika keadaan lingkungan menguntungkan bagi perkembangannya, misalnya ketersediaan tanaman inang yang lebih disukai di sekitar pertanaman kapas, atau kondisi agroklimat yang mendukung perkembangannya.

Serangga-serangga hama potensial pada umumnya merupakan serangga perusak daun. Tanaman kapas dapat bertahan dan berproduksi normal, jika kehilangan luas daun hingga 50% pada masa pertumbuhan vegetatif dan pemasakan buah, dan 20% pada masa pembentukan buah (Reynolds *et al.* 1982). Kehilangan luas daun yang seperti ini jarang terjadi di pertanaman kapas di Indonesia. Strategi pengendalian serangga hama kelompok ini dilakukan dengan pendekatan teknik pengendalian non-kimiawi. Di bawah ini dibahas secara singkat bioekologi beberapa serangga hama potensial tersebut.

***Earias vittella* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)**

Penggerek buah kapas berbintik *Earias vittella* dikenal sebagai penggerek pucuk dan buah kapas (Gambar 4A). Serangga dewasa berukuran panjang 10–12 mm dengan rentang sayap 14–21 mm. Sayap depan pada posisi istirahat berwarna kuning keputihan dengan garis hijau melintang. Gejala serangan pada kuncup bunga, bunga, dan buah seperti gejala yang ditunjukkan akibat serangan *H. armigera*. Pucuk tanaman muda yang diserang akan mati titik tumbuhnya (Gambar 4B).

Biologi. Telur *E. vittella* berwarna hijau kebiruan, berbentuk setengah bola agak pipih, dengan diameter 3–5 mm. Telur menetas 2–3 hari setelah diletakkan. Telur biasanya diletakkan pada daun pucuk, kelopak kuncup bunga, bunga, atau buah. Larva yang baru menetas dari telur memakan substrat tempat telur diletakkan, kemudian bergerak menuju pucuk tanaman atau kuncup bunga kapas untuk menggerek. Stadium larva terdiri atas 4–5 instar yang dilalui selama 8–13 hari. Larva berwarna coklat kehitaman atau keunguan dengan bintik-bintik putih dan jingga pada bagian punggungnya. Panjang larva mencapai 10–15 mm. Menjelang berpupa, larva keluar dari pucuk atau badan buah yang digereknya dan membentuk kokon yang dilekatkan pada kelopak kuncup bunga, bunga, atau buah. Masa pupa selama 10–14 hari.



Gambar 4. Larva (A) dan gejala serangan *E. vittella* pada pucuk (B)

Ekologi. Populasi *E. vittella* pada kapas yang ditanam pada musim hujan biasanya rendah, tetapi pada kapas yang ditanam pada musim kemarau populasinya cukup tinggi. Keberadaan *E. vittella* pada kapas sejak tanaman mulai memasuki pertumbuhan generatif (40–45 hari setelah tanam) dan selama satu musim hanya terdapat satu generasi. Tanaman inang *E. vittella* pada umumnya tanaman yang tergolong dalam famili Malvaceae, yang merupakan tanaman liar pada lahan yang diberokan, antara lain *Abelmoschus* sp. (=kasturi), *Hibiscus* spp. (kenaf, rosela, waru, bunga sepatu, dll.), *Sida* spp. (=sidaguri), *Urena* sp. (pungpulitan), dan *Thepesia* sp. (=kapas hutan). Serangga ini memakan bunga dan buah tanaman-tanaman tersebut.

***Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)**

Spodoptera (=Prodenia) *litura* merupakan serangga hama pemakan daun yang bersifat polifag. Serangga ini dikenal sebagai ulat tembakau (*tobacco caterpillar*), karena merupakan hama yang selalu ditemukan pada tanaman tembakau. Serangga ini juga sering ditemukan pada tanaman kapas, tetapi populasinya selalu dapat dikendalikan oleh musuh alaminya, kecuali di pertanaman yang menggunakan penyemprotan insektisida terlalu awal.

Biologi. *Spodoptera* meletakkan telur secara berkelompok pada bagian bawah daun dan kelompok telur tersebut ditutupi oleh sisik berwarna kecokelatan. Telur menetas dalam 2–3 hari. Larva instar awal umumnya memakan lapisan epidermis dan jaringan palisade bagian bawah, sehingga daun terlihat transparan. Gejala serangan yang seperti ini mudah dikenali. Larva besar memakan semua bagian daun, kecuali tulang daun. Larva besar berwarna hijau kecokelatan atau hijau gelap dan abu-abu kebiruan dengan garis-garis terang sepanjang tubuhnya (Gambar 5). Stadium larva dilalui selama 15 hari dengan 5–6 kali

ganti kulit. Panjang larva dapat mencapai 40–50 mm. Menjelang berpupa, larva bergerak menuju ke bawah dan berpupa di dalam tanah selama 10–13 hari. Serangga dewasa berumur 2–6 hari. Reproduksi serangga ini dipengaruhi oleh kualitas makanan. Jika selama masa larva mengonsumsi jaringan tanaman yang dipupuk nitrogen dosis tinggi, maka reproduksinya juga tinggi. Satu ekor betina mampu meletakkan telur 2.000–3.000 butir.



Gambar 5. Larva *Spodoptera litura*

Ekologi. Keberadaan serangga ini pada pertanaman kapas tidak mengikuti pola fenologi tanaman seperti halnya serangga hama utama. Serangga hama ini biasanya ditemukan pada pertanaman kapas yang berdaun rimbun sebagai akibat pemberian pupuk nitrogen yang berlebihan. Walaupun terjadi kerusakan pada daun akibat serangannya, tanaman kapas dapat berkompensasi hingga batas kerusakan tertentu, sehingga tidak berpengaruh terhadap pembentukan buah (Reynolds *et al.* 1982).

Walaupun serangga ini merupakan hama utama tanaman kedelai, tetapi ketika tanaman kedelai ditumpangсарikan dengan kapas, *S. litura* populasinya terkendali dan tidak menjadi hama utama. Hal ini terjadi karena *S. litura* terkendali secara alami oleh musuh alaminya. Musuh alami *S. litura* pada pertanaman kapas antara lain adalah *Telenomus spodopterae* (parasitoid telur), *Apanteles* sp. dan *Microplitis similis* (parasitoid larva), *Cantthecona javana*, *Sycanus* sp. dan *Andralus spinides* (pemangsa larva).

***Syllepta derogata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae)**

Syllepta derogata dikenal sebagai ulat penggulung daun (Gambar 6), karena perilakunya yang memotong dan menggulung daun selama stadium larva hingga pupa. Kerusakan akibat serangan serangga hama ini pada umumnya dapat dikompensasi oleh tanaman kapas.

Biologi. Telur diletakkan pada daun, berwarna kuning terang. Larva berwarna hijau kekuningan dan bening, berbentuk langsing, kepalanya berwarna hitam atau cokelat tua (Gam-

bar 6). Panjang larva mencapai 25 mm. Larva dan pupa terdapat pada daun yang tergulung. Perkembangan dari telur hingga dewasa memerlukan waktu 22–26 hari.

Ekologi. Keberadaan serangga hama ini pada tanaman kapas tidak mengikuti pola fenologi tanaman. Pada umumnya serangga ini muncul pada pertanaman kapas jika kondisi lingkungan pada pertanaman lembap. Pada umumnya, serangannya pada pertanaman kapas tidak memerlukan pengendalian yang khusus, karena perkembangan populasinya untuk mencapai tingkat yang merusak dapat diatasi oleh musuh alaminya. Musuh alami yang biasanya ditemukan adalah parasitoid larva *Macrocentrus* sp. dan *Cheraphron* sp.

***Anomis flava* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae)**

Ulat jengkal *Anomis* (= *Cosmophyla*) *flava* adalah serangga pemakan daun kapas, sering dinamakan sebagai ulat jengkal. Serangga ini biasanya terdapat pada permukaan atas daun, larva kecil hingga besar memakan semua jaringan daun. Daun yang diserang menjadi berlubang atau compang-camping (Gambar 7).

Biologi. Larva *Anomis* berwarna hijau dan panjangnya dapat mencapai 50 mm dengan garis tengah 3 mm. Telur diletakkan secara tunggal berserak, menetas dalam 2–3 hari. Masa larva dilalui selama 11–13 hari. Menjelang berkepompong, larva menutupi dirinya dengan daun yang digulungnya dan berpupa di dalam gulungan daun tanpa memotong daun tersebut.

Ekologi. Populasi *Anomis* biasanya rendah, karena musuh alaminya dapat berperan secara efektif. Akan tetapi, jika dilakukan penyemprotan insektisida yang berpengaruh negatif terhadap musuh alaminya, maka populasi serangga ini meningkat. Selain itu, tanaman kapas yang terlalu rimbun sebagai akibat jarak tanam yang terlalu rapat, banyak hujan, atau pemupukan nitrogen yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan populasi serangga hama ini meningkat. Pada pertanaman kapas yang ditanam terlambat, populasi *Anomis* biasanya juga tinggi.



Gambar 6. Larva *Syllepta derogata*



Gambar 7. Larva *Anomis flava*

SERANGGA HAMA LAIN

Selain serangga hama utama dan potensial, pada tanaman kapas juga dapat ditemukan serangga yang terkadang berstatus sebagai hama, tetapi kerusakan yang diakibatkannya dapat diabaikan, karena biasanya populasinya rendah. Pada umumnya, serangga yang tergolong dalam kelompok ini tidak memakan bagian generatif tanaman. Walaupun menyerang bagian generatif tanaman, kerusakan yang ditimbulkannya kurang berarti dan tidak memerlukan pengendalian yang khusus. Berikut ini dibahas serangga-serangga hama lain yang diurutkan berdasarkan ordonya.

Ordo Lepidoptera

***Phyllonorichter triarcha* (Meyer)**

Famili Gracillaridae

Serangga ini merupakan pengorok daun, yaitu larvanya memakan jaringan daun pada bagian tengah dengan menyisakan lapisan epidermis atas dan bawah daun. Gejala serangannya dapat diketahui dengan adanya 'lorong' bekas korokannya. Larva berwarna putih kekuningan, berukuran 5–10 mm. Pada umumnya, jika curah hujan tinggi, serangga hama ini perkembangan populasinya lebih cepat.

***Rapala jarbas* (Fabricius)**

Famili Lycaenidae

Ulat jarbas menyerang kuncup bunga dan buah kapas. Perilaku pada waktu memakan mirip dengan penggerek buah kapas *H. armigera*, yaitu dengan memasukkan kepalanya dan menyisakan sebagian besar bagian tubuhnya di luar. Larva berwarna hijau kemerahan, berukuran 15–20 mm. Serangan serangga ini biasanya terdapat pada pertanaman yang suhu lingkungannya agak rendah (kurang dari 25°C) dan lembap.

***Bucculatrix gossypii* Turner**

Famili Bucculatridae

Serangga ini dikenal sebagai *leaf perforator* (Gambar 8), karena serangannya pada daun menyebabkan daun menjadi berlubang-lubang. Kerusakan yang disebabkan oleh serangga ini menjadi serius jika yang diserang tanaman muda. *Bucculatrix thurberiella* Busck, serangga sejenis *B. gossypii*, merupakan serangga hama penting pada pertanaman kapas di Arizona dan Imperial Valey, California setelah dilakukan penyemprotan insektisida yang berspektrum luas (Metcalf 1982).

***Homona coffearia* Nether**

Famili Tortricidae

Serangga pelipat daun *Homona coffearia* menyerang daun pucuk, kemudian menggulungnya. Serangga ini bersifat polifag dan sebagai serangga hama penting pada tanaman teh. Larva berukuran 18–25 mm. Pada umumnya populasinya rendah, karena musuh alaminya banyak, antara lain *Apanteles taragame* Vierick, *Meteorus* spp., *Elasmus homonae* Ferr., dan *Macrocentrus* spp.

Ordo Homoptera

***Aphis gossypii* Glover**

Famili Aphididae

Aphis gossypii (Gambar 9) ini dikenal sebagai kutu daun kapas, terdapat pada permukaan bawah daun. Jika menyerang tanaman muda, maka akibat serangannya tersebut menjadi serius. Jika menyerang tanaman tua yang siap dipanen, maka akan menyebabkan *sticky cotton*, yaitu serat kapas yang lengket akibat sekresi kutu daun ini. Selain itu, sekresi kutu daun ini, yang biasanya terdapat pada permukaan daun di bawah koloninya, dapat menjadi media yang baik bagi perkembangan cendawan embun jelaga (*sooty mold*) yang akan mengganggu fotosintesa daun.

Pada pertanaman kapas di Indonesia, pada umumnya serangga ini tidak menyebabkan kerusakan yang berarti, karena populasinya dapat dijaga oleh musuh alaminya, yaitu parasitoid (*Aphidius* sp. dan *Aphelinus gossypii*) dan predator (kumbang Coccinellid, *Chrysopa* spp., *Mallada boninensis*, dan *Micromus*).



Gambar 8. Larva *Bucculatrix gossypii* (daff.qld.gov.au)



Gambar 9. *Aphis gossypii* (agents.cirad.fr)

***Bemisia tabaci* Genn**

Famili Aleyrodidae

Sinonimnya adalah *B. gossypiperda* (=kutu kebul) (Gambar 10). Serangga ini dikenal sebagai *cotton white fly*, dan merupakan vektor dari berbagai penyakit tanaman di dae-

rah tropis dan subtropis. Populasi serangga ini tinggi pada pertanaman yang terlalu sering disemprot insektisida piretroid sintetis.

***Lawana candida* (Fabricius)**

Famili Flatidae

Wereng kupu putih *Lawana candida* dewasa menyerupai ngengat yang bersayap putih pada waktu istirahat. Ciri-ciri yang membedakannya dengan ngengat adalah tidak ada sisik pada sayapnya dan cara Bergeraknya yang menyamping dan melompat. Serangga ini menghasilkan *wax* berwarna putih dan embun madu. Pada tanaman kapas, serangga ini biasanya ditemukan pada tanaman tua, terutama jika kondisinya kering.

***Ferrisia virgata* Ckll.**

Famili Pseudococcidae

Kutu putih *Ferrisia virgata* (Gambar 11) biasanya terdapat pada batang atau permukaan daun, berwarna putih, sehingga dikenal sebagai kutu putih. Serangga ini menyukai tanaman lamtoro, tetapi juga dapat hidup di tanaman-tanaman lain, seperti kakao, kopi, atau kapas. Sekresi kutu ini berupa tepung *wax* yang terdapat pada tubuhnya. Populasi serangga ini tinggi pada kondisi kering.



Gambar 10. *Bemisia tabaci* (zanimals.com)



Gambar 11. *Ferrisia virgata* (plantwise.org)

Ordo Hemiptera

***Dysdercus cingulatus* (Fabricius)**

Famili Pyrrocoridae

Dysdercus cingulatus tergolong bangsa kepik, dikenal sebagai bapak pucung. Tubuhnya berwarna jingga dengan garis-garis putih pada abdomen bagian bawah. Sayap berwarna hitam (Gambar 12). Serangga ini mengisap cairan buah dan mengeluarkan toksin, sehingga bekas isapannya menjadi berwarna merah. Selain mengisap cairan buah, serangga ini juga dapat berperan sebagai vektor cendawan *Nematospora gossypii* yang menyebabkan busuk buah. Musuh alami utama serangga hama ini adalah *Antilochus gossypii*

yang penampilannya menyerupai mangsanya, tetapi pada bagian bawah abdomennya tidak terdapat garis-garis putih.

***Nezara viridulla* (Linnaeus) dan *Tectotoris diophthalmus* (Thunberg)**

Famili Pentatomidae

Kedua serangga ini mengisap cairan tanaman dan bersifat polifag. Serangannya pada tanaman kapas tidak menyebabkan kerusakan yang berarti. Musuh alami yang sering ditemukan adalah parasitoid telur *Telenomus* spp. *Nezara viridulla* dikenal sebagai kepik hijau (Gambar 13).



Gambar 12. *Dysdercus cingulatus*



Gambar 13. *Nezara viridulla* (agroteknologi11.logspot.com)

***Oxycarinus lugubris* (Mots.)**

Famili Lygaeicidae

Kepik biji kapas *Oxycarinus lugubris* biasanya ditemukan pada buah kapas yang sudah mekar. Dewasanya berwarna hitam dengan sayap transparan, berukuran 3–4 mm (Gambar 14). Serangga ini mengisap cairan biji kapas yang tua.



Gambar 14. *Oxycarinus lugubris* (kwildlife.net)

Ordo Coleoptera

***Hypomeces squamosus* Helli**

Famili Curculionidae

Kumbang moncong *Hypomeces squamosus* dewasanya memakan daun dan larvanya (lundi) memakan akar, bersifat polifag. Serangga dewasa berwarna kelabu yang tertutup sisik atau 'bubuk' berwarna kuning atau hijau mengkilap. Panjang kumbang dewasa hingga 14 mm (Gambar 15). Serangan oleh kumbang pada daun menyebabkan daun menjadi berlubang, tetapi pada umumnya tidak menyebabkan kerusakan yang berarti. Serangan lundi pada akar dapat menyebabkan tanaman mati.



Gambar 15. *Hypomeces squamosus*

***Ammorhoidea lata* Motschulsky**

***Ammorhoidea pectoralis* Marshall**

***Dyscheres cirtus* (Boheman)**

***Hypolixus pica* (Fabricius)**

***Cnaphoscapus triangularis* (Oliver)**

***Dieradorrhinus isabelinus* (Boheman)**

Famili Curculionidae

Kumbang-kumbang moncong ini memakan daun dan kelopak bunga kapas. *Ammorhoidea lata* ditemukan dalam jumlah besar di pertanaman kapas Bulukumba (Sulawesi Selatan) pada 1986 (Nurindah dan Bindra 1988) dan di Jawa pada tahun 1937 (Franssen dan Muller 1937).

***Erystatus andamaneosis* Maulstant**

***Chaetocnema bassalis* (Baly)**

Famili Chrysomelidae

Kedua kumbang ini menyerang daun dan kelopak bunga (*bract*), berwarna cokelat mengkilat, berukuran 3–4 mm. *Erystatus andamaneosis* biasanya berasosiasi dengan tanaman kapas, tetapi *C. bassalis* bersifat polifag.

Ordo Thysanoptera

***Frankinella sculzei* (Tryb.)**

***Scirtothrips dorsalis* Hood**

***Thrips palmi* Karny**

***Thrips tabaci* (Lind.)**

Famili Thripidae

Trips adalah serangga yang mudah dikenali, berukuran kecil, “pipih” dan berwarna hitam, pada kedua sayapnya terdapat setae yang berupa rambut. Trips biasanya terdapat di kelopak bunga. Keempat spesies trips yang berasosiasi dengan tanaman kapas merupakan spesies-spesies polifag. Keberadaannya pada tanaman kapas biasanya pada kondisi kering, yang terjadi pada waktu kapas mulai dipanen. Kerusakan yang ditimbulkan tidak berarti.

MUSUH ALAMI SERANGGA HAMA KAPAS

Serangga-serangga yang dijumpai pada pertanaman kapas tidak selalu berstatus hama yang bersifat merusak tanaman, tidak sedikit di antaranya merupakan serangga yang berguna. Serangga berguna tersebut antara lain berupa musuh alami. Parasitoid dan predator merupakan musuh alami yang berperan sebagai faktor mortalitas biotik bagi serangga hama kapas. Jumlah jenis musuh alami yang dijumpai pada tanaman kapas lebih banyak dibanding dengan jumlah jenis serangga hama, sehingga jika musuh alami dapat dikelola dengan baik, maka musuh alami akan mampu mengendalikan populasi serangga hama (Nurindah *et al.* 1994; 2001).

Musuh alami lain yang dapat berperan sebagai musuh alami serangga hama kapas adalah dari kelompok patogen serangga. Mikroorganisme yang tergolong dalam patogen serangga terdiri atas cendawan, bakteri, virus, dan nematoda parasit serangga. Aplikasi mikroorganisme ini biasanya dalam bentuk formulasi bioinsektisida berbahan aktif patogen serangga.

Parasitoid

Parasitoid adalah serangga yang untuk melengkapi daur hidupnya mendapatkan makanan dari serangga lain. Biasanya yang bersifat parasitoid adalah pada masa pradewasa, sedangkan stadia dewasa hidup bebas dengan memakan nektar. Ukuran parasitoid biasanya lebih kecil daripada ukuran inangnya dan parasitoid hanya menyerang seekor inang. Berdasarkan stadia inang yang diserang, parasitoid dikelompokkan menjadi parasitoid telur, larva, pupa, atau larva-pupa. Parasitoid telur adalah parasitoid yang menyerang telur. Parasitoid larva adalah parasitoid yang menyerang larva. Parasitoid pupa adalah parasitoid yang menyerang pupa. Parasitoid larva-pupa adalah parasitoid yang menyerang pada waktu inangnya stadium larva, tetapi inang tersebut mati pada stadium pupa. Di Indonesia ditemukan cukup banyak jenis parasitoid serangga hama kapas (Tabel 1).

Tabel 1. Parasitoid serangga hama kapas di Indonesia

Ordo	Famili	Spesies	Inang (Stadia)*	Referensi**)	
Diptera	Tachinidae	<i>Blepharella lateralis</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1	
		<i>Carcelia illota</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)		
		<i>Carcelia kockiana</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1	
		<i>Compsilura concinnata</i>	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1	
		<i>Cuphocera varia</i>	<i>Agrotis</i> (L)	2	
		<i>Exorista</i> sp.	<i>Helicoverpa</i> (L-P)	1,2	
		<i>Peribaeae orbata</i>	<i>Spodoptera</i> (L-P)		
		<i>Sisyropa</i> sp.	<i>Cosmophila</i> (L-P)		
		<i>Winthemia</i> sp.	<i>Cosmophila</i> (L-P)		
		<i>Trytaxis braueri</i>	<i>Agrotis</i> (L)	2	
		Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Aphelinus gossypii</i>	<i>Aphis</i> (D)
<i>Aphelinus</i> sp.	<i>Aphis</i> (D)			2	
<i>Aphidius</i> sp.	<i>Aphis</i> (D)			1,2	
<i>Encarsia</i> sp.	Anomis (T); Bemisia (N)			1,3	
Bethylidae	<i>Goniozus</i>		<i>Pectinophora</i> (L)	1,2	
Braconidae	<i>Apanteles hyposidrae</i>		<i>Cosmophila</i> (L)		
	<i>Apanteles phytometrae</i>		<i>Earias</i> (L); <i>Anomis</i> (L)		
	<i>Apanteles ruficrus</i>		<i>Agrotis ipsilon</i> (L)	2	
	<i>Apanteles sauroa</i>		<i>Rapala</i> (L)		
	<i>Bracon hebetor</i>		<i>Pectinophora</i> (L)		
	<i>Chelonus</i> sp.		<i>Helicoverpa</i> (L)	1,2	
	<i>Diaeretiella rapae</i>		<i>Aphis</i> (D)	1	
	<i>Glypapanteles artonae</i>		<i>Anomis</i> (L)	1,2	
	<i>Macrocentrus</i> sp.		<i>Syllepte</i> (L)	1,2	
	<i>Microplitis demolitor</i>		<i>Helicoverpa</i> (L)	1	
	<i>Microgaster similis</i>		<i>Spodoptera</i> (L)	1,2	
	Cherapronidae		<i>Cheraphron</i> sp.	<i>Syllepte</i> (L)	1,2
	Chalcididae		<i>Brachymeria lasus</i>	<i>Earias</i> (L); <i>Anomis</i> (L); <i>Syllepte</i> (L)	1
			<i>Brachymeria</i> sp.	<i>Pectinophora</i> (L)	1

Tabel 1. Parasitoid serangga hama kapas di Indonesia (lanjutan)

Ordo	Famili	Spesies	Inang (Stadia)*	Referensi**)
	Elasmidae	<i>Elasmus brevicornis</i>	<i>Syllepte</i> (L)	2
		<i>Yatsumatsuiola</i> sp.	<i>Ferrisia</i> (L)	1
	Encyrtidae	<i>Anastatus dasyni</i>	<i>Nezara</i> (T)	1,2
		<i>Aphidencyrthus</i> sp.	<i>Aphis</i> (D)	2
		<i>Comperiella unifasciata</i>	<i>Bemisia</i> (N)	2
		<i>Copidosoma</i> sp.	<i>Anomis</i> (L); <i>Syllepte</i> (L)	1,2
		<i>Oencyrtus malayensis</i>	<i>Nezara</i> (T)	2
	Ichneumonidae	<i>Ammauromorpha accepta</i>	<i>Earias</i> (L)	2
		<i>Diadegma</i> sp.	<i>Helicoverpa</i> (L); <i>Earias</i> (L)	1,2
		<i>Ecthromorpha agrestoria</i>	<i>Anomis</i> (L)	1
		<i>Enicospilus dolosus</i>	<i>Helicoverpa</i> (L)	
		<i>Eriborus argenteopilosus</i>	<i>Helicoverpa</i> (L)	1,2
		<i>Goryphus</i> sp.	<i>Earias</i> (L)	2
	Scelionidae	<i>Telenomus spodopterae</i>	<i>Spodoptera</i> (T)	1,2
	Sphécidae	<i>Ammophila insolita</i>	<i>Helicoverpa</i> (L)	1
	Vespidae	<i>Antepipona</i> sp.	Larva Lepidoptera	1
		<i>Delta campaniforme</i>	<i>Anomis</i> (L)	1
	Trichogrammatidae	<i>Trichogrammatoidea bactrae</i>	<i>Pectinophora</i> (T)	
		<i>Trichogramma chilonis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1
		<i>Trichogramma chilotrae</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1
		<i>Trichogrammatoidea armigera</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1
		<i>Trichogrammatoidea guamensis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T)	1

*) Stadia inang; T = telur, L = larva, P = pupa; D = dewasa; N = nimfa; L-P = larva-pupa

**1): Nurindah dan Bindra (1988); 2: Kalshoven (1981); 3: Beingolea (1987).

***Trichogramma* spp. dan *Trichogrammatoidea* spp.**

Trichogramma spp. dan *Trichogrammatoidea* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) merupakan parasitoid telur yang paling dominan dan memiliki peran yang besar sebagai faktor mortalitas biotik pada tanaman kapas. *Trichogramma chilonis*, *Trichogramma chilotrae*, *Trichogrammatoidea armigera* (Gambar 16), dan *Trichogrammatoidea guamensis* merupakan parasitoid telur *H. armigera*, sedangkan *Trichogrammatoidea bactrae* adalah parasitoid *P. gossypiella* (Tabel 1). Secara alami telur *H. armigera* pada tanaman kapas rata-rata 30% terparasit oleh *Trichogramma* (Nurindah *et al.* 1994).

Trichogramma dewasa meletakkan telur di dalam telur inangnya dan dalam waktu 20–30 jam telur tersebut akan menetas. Larva yang baru keluar dari telur tersebut langsung memakan isi telur (embrio) inangnya, sehingga inangnya mati. Telur *H. armigera* yang terparasit pada hari keempat setelah terparasit akan berubah warna menjadi hitam dan pada hari ketujuh parasitoid dewasa muncul dari telur tersebut. Telur yang tidak terparasit pada hari kedua setelah diletakkan berubah warna menjadi agak gelap dan pada hari ketiga menetas.

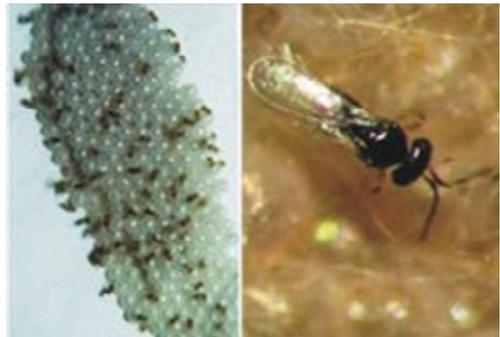
Trichogramma banyak digunakan sebagai agensia hayati untuk mengendalikan serangga hama dari Ordo Lepidoptera. Aplikasi *Trichogramma* dilakukan dengan cara pelepasan secara massal dan periodik. Pelepasan *T. armigera* sebanyak 5–7 kali 200.000 parasitoid/ha/pelepasan per musim tanam kapas dapat menekan populasi larva *H. armigera* hingga 40% dan mengurangi kehilangan hasil kapas berbiji hingga 24% (Nurindah *et al.* 1991; 1993; Sri-Hadiyani *et al.* 1999).

Telenomus spodoptera

Telenomus spodoptera Dodd. (Hymenoptera: Scelionidae) merupakan parasitoid telur *S. litura* (Gambar 17). Tingkat parasitasi oleh *T. spodoptera* relatif tinggi, karena telur *S. litura* diletakkan secara berkelompok. *T. spodoptera* berwarna bening transparan berbentuk lonjong dan dalam waktu 1 hari telur menetas. Jumlah telur yang diletakkan 1,6 butir per inang, tetapi yang berhasil tumbuh hanya satu ekor. Stadia larva selama 3 hari dan stadia pupa 4–6 hari, sehingga 7–10 hari setelah oviposisi imago keluar dari telur inang (Sujak dan Sunarto 2001).



Gambar 16. *Trichogrammatoidea armigera*



Gambar 17. *Telenomus spodoptera* (panorama.cnpms.embrapa.br)

Tachinidae

Parasitoid yang menyerang serangga hama kapas pada instar lanjut (IV atau V) pada umumnya tergolong dalam Ordo Diptera, Famili Tachinidae (Gambar 18). Parasitoid ini umumnya merupakan parasitoid larva-pupa. Larva yang terparasit dapat dikenali dengan adanya telur parasitoid yang menempel pada kepalanya. Parasitoid yang menyerang *H. armigera* adalah *Carcelia illota* Curran atau *Exorista* sp., sedang yang menyerang larva *C. flava* adalah *Carcelia* sp. atau *Winthemia* sp. Larva *P. gossypiella* atau *E. vittella* instar lanjut dapat diparasit oleh *Brachymeria* sp.

***Apanteles* sp.**

Parasitoid larva *Apanteles* sp. (Hymenoptera: Braconidae) banyak dijumpai memarasit serangga hama dari genus Lepidoptera. *Apanteles* sp. dewasa berukuran panjang 3–5 mm, tubuh berwarna hitam dengan antena panjang (Gambar 19). Ulat jengkal *C. flava* yang memakan daun kapas sering dijumpai terparasit oleh *Apanteles* sp. Ulat yang terparasit biasanya bergerak lamban, berwarna hijau, dan pada tingkat yang lebih lanjut terdapat sejumlah kokon parasitoid yang berwarna putih melekat di bawah tubuh ulat berbentuk lonjong dengan panjang 3–4 mm. Kalau parasitoid sudah membentuk kokon, maka ulat jengkal yang terparasit tersebut akan bertahan hidup lama.

Parasitoid Kutu Daun *Aphis gossypii* Glover

Koloni kutu daun yang biasanya terdapat pada permukaan daun bagian bawah sering ditemukan aphid yang berwarna coklat muda (Gambar 20) atau hitam, tubuhnya membengkak dan dinding tubuhnya mengeras, dan tidak bergerak. Aphid yang demikian adalah aphid yang terparasit dan mengalami mumifikasi, sehingga disebut “mumi aphid”. Aphid yang sehat pada tanaman kapas berwarna kuning kehijauan sampai dengan hijau gelap dan akan bergerak jika terganggu.

Mumifikasi biasanya terjadi pada aphid yang telah dewasa. Parasitoid yang menyebabkan menjadi mumi hitam adalah *Aphelinus gossypii* Timberlake (Hymenoptera: Aphelinidae). Parasit pada aphid banyak dijumpai pada pertanaman kapas yang kurang mendapatkan perlakuan insektisida.



Gambar 18. Lalat Tachinidae



Gambar 19. Kokon dan dewasa *Apanteles* sp. (launcestonparishwildlife.org.uk;nathistoc.bio.uci.edu).



Gambar 20. Mumi aphids (aramel.free.fr)

Predator

Predator adalah serangga yang memangsa serangga lain untuk kelangsungan hidupnya. Dengan demikian, diperlukan banyak mangsa untuk perkembangan satu ekor predator. Ukuran predator biasanya lebih besar dari ukuran mangsanya. Biasanya yang bersifat pemangsa adalah stadia aktif (larva/nimfa dan dewasa). Beberapa predator, terutama dewasanya memakan nektar atau embun madu sebagai makanan tambahan dan beberapa kepik pemangsa juga mengisap cairan tanaman, tetapi tidak menyebabkan kerusakan yang berarti.

Predator atau pemangsa sering dijumpai pada pertanaman kapas dalam jumlah banyak dan berperan penting dalam mengendalikan populasi hama. Populasi predator biasanya cukup tinggi pada pertanaman yang tidak disemprot insektisida atau pada pertanaman yang aplikasi insektisida pertama dilakukan setelah 60 hst. Selain itu, pemangsa telur *H. armigera* atau serangga-serangga hama yang lain biasanya banyak terdapat pada tanaman palawija (misalnya kacang hijau atau kedelai) yang ditumpangsarikan dengan tanaman kapas (Nurindah *et al.* 1993). Keberadaan predator ini sangat membantu dalam menekan populasi serangga hama, karena sifatnya yang aktif mencari mangsa. Oleh karena itu, tindakan pelestarian (misalnya dengan tidak menyemprotkan insektisida pada pertanaman terlalu awal) dapat meningkatkan populasi predator, sehingga pemangsa-pemangsa tersebut dapat berperan sebagai faktor mortalitas biotik yang efektif. Serangga pemangsa yang umum terdapat pada tanaman kapas disajikan pada Tabel 2.

Kumbang Coccinellid (*Coleoptera coccinellidae*)

Kumbang Coccinellid adalah pemangsa kutu daun *A. gossypii*, wereng kapas *Amrasca biguttula* (Ishida), serta telur dan larva *H. armigera*. Yang berperan aktif sebagai pe-

mangsa adalah stadia larva dan dewasanya. Larva Coccinellid biasanya lebih lahap dalam memangsa daripada dewasanya.

Kumbang Coccinellid berbentuk setengah bola dan berwarna terang dengan corak kontras (Gambar 21). Spesies yang banyak terdapat pada pertanaman kapas adalah *Menochilus sexmaculatus* (F.), *Coleophora inaequalis* (Thunberg), dan *Coccinella repanda* (Thunberg). Telur Coccinellid berbentuk gelondong, berwarna kuning jingga dan diletakkan berdiri secara berkelompok, biasanya larva Coccinellid berwarna gelap dan bercorak terang.

Kumbang Staphylinid (Coleoptera: Staphylinidae)

Kumbang Staphylinid merupakan pemangsa umum, yaitu dapat memangsa serangga-serangga berukuran kecil (misalnya aphid dan trips) atau telur Lepidoptera (misalnya telur *H. armigera*). Kumbang Staphylinid yang banyak dijumpai pada pertanaman kapas adalah *Paederus fasciatus* Curtis. Kumbang ini berwarna merah dengan sayap berwarna biru gelap, panjangnya 7–9 mm, sangat aktif dan agresif (Gambar 22). Pada kondisi laboratorium, seekor kumbang dapat mengonsumsi lebih dari 50 telur *H. armigera* dalam sehari. Selama hidupnya mampu mengonsumsi 2.000–2.500 butir telur *H. armigera* (Sujak dan Sunarto 1996).

Populasi kumbang Staphylinid tinggi pada awal musim tanaman kapas. Populasi pemangsa ini meningkat pada tanaman kapas yang ditanam secara tumpang sari dengan palawija, terutama kacang hijau. Dengan adanya populasi kumbang Staphylinid yang tinggi ini, maka perkembangan populasi serangga hama, terutama *H. armigera* dapat dibatasi. Oleh karena itu, untuk memaksimalkan peran kumbang pemangsa ini perlu dilakukan tindakan pelestarian dengan tidak melakukan penyemprotan insektisida atau meningkatkan keragaman habitat.



Gambar 21. Kumbang Coccinellid



Gambar 22. *Paederus fasciatus*

Tabel 2. Predator serangga hama kapas di Indonesia

Ordo	Famili	Spesies	Inang (Stadia)*	Referensi**	
Coleoptera	Carabidae	<i>Chlaenius flaviguttatus</i>	<i>Syllepte</i> (L)		
		Coccinellidae	<i>Brumoides suturalis</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	2
			<i>Coccinella repanda</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1,2
			<i>Coleophora inaequalis</i>	<i>Aphis</i> (N,D)	1,2
			<i>Cryptolaemus montozieri</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1,2
			<i>Harmonia arcuata</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1,2
			<i>Hysia endomysina</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1
			<i>Menochilus sexmaculatus</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1,2
			<i>Scymus apiciflavus</i>	<i>Aphis</i> (N,D)	1,2
			<i>Scymus roepkei</i>	<i>Aphis</i> (N,D)	1,2
			<i>Veranea discolor</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1,2,3
			<i>Verania lineata</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1,2,3
		Nitidulidae	<i>Cybocephalus</i> sp.	<i>Earias</i> (T); <i>Helicoverpa</i> (T)	1
	Dermaptera	Staphylinidae	<i>Paederus fasciatus</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T)	1,2
Carcinophoridae		<i>Euboriella annulipes</i>	<i>Helicoverpa</i> (T); <i>Spodoptera</i> (L)	1	
Forficulidae		<i>Exypnus pulchripennis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T); <i>Spodoptera</i> (L)	1	
Diptera	Asilidae	<i>Philodicus javanus</i>	<i>Amrasca</i> (N,D)	2	
		<i>Bactria</i> sp.	<i>Amrasca</i> (N,D)		
Hemiptera	Syrphidae	<i>Ischiodon scutellaris</i>	<i>Aphis</i> (N,D)	1,2	
	Anthocoridae	<i>Orius tantilus</i>	<i>Helicoverpa</i> (T); <i>Spodoptera</i> (L), <i>Aphis</i> (N,D).	1	
		Lygaeacidae	<i>Geogoris ochropterus</i>	<i>Helicoverpa</i> (T); <i>Spodoptera</i> (L), <i>Aphis</i> (N,D).	1
			<i>Germalus sobrinus</i>	<i>Helicoverpa</i> (T); <i>Spodoptera</i> (L), <i>Aphis</i> (N,D).	1
	Miridae		<i>Campylomma deversiconis</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T,L)	1
			<i>Cyrtopeltis tenuis</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T,L), <i>Spodoptera</i> (L)	1
			<i>Ragmus</i> sp.	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T,L)	1
			<i>Hyalopeplus</i> sp.	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T,L)	1
			<i>Deraeocoris indianus</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T,L), <i>Spodoptera</i> (L)	1
	Pentatomidae		<i>Andrallus spinides</i>	Larva Lepidoptera	
			<i>Cantheconidae javana</i>	<i>Helicoverpa</i> (L), <i>Spodoptera</i> (L)	
			<i>Eocanthecona furcellata</i>	<i>Helicoverpa</i> (L), <i>Spodoptera</i> (L)	1
			<i>Eocanthecona rufescentes</i>	<i>Helicoverpa</i> (L), <i>Spodoptera</i> (L)	1
		Phyrrhocoridae		<i>Antilochus coquebertii</i>	<i>Dysdercus</i> (N,D)
	<i>Antilochus discipher</i>		<i>Dysdercus</i> (N,D)	1	
Neuroptera	Reduviidae	<i>Rhinocoris fuscipes</i>	<i>Helicoverpa</i> (L), <i>Spodoptera</i> (L)	1,2	
	Chrysopidae	<i>Amphysiche parva</i>	<i>Ferrissia</i> (D)		
			<i>Chrysopa carnea</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T,L), <i>Spodoptera</i> (L)	1
			<i>Chrysopa ramburi</i>	<i>Aphis</i> (N,D); <i>Helicoverpa</i> (T,L), <i>Spodoptera</i> (L)	1
			<i>Mallada boninensis</i>	<i>Helicoverpa</i> (T,L), <i>Spodoptera</i> (L)	1
	Hemeroibiidae	<i>Micromus pucillus</i>	<i>Aphis</i> (N,D)	1,2	
Araneida	Arachnidae	Laba-laba	Predator umum	1	

*) Stadia inang; T = telur, L = larva, P = pupa; D = dewasa; N = nimfa; L-P = larva-pupa

***)1: Nurindah dan Bindra (1988); 2: Kalshoven (1981); 3: Beingolea (1987).

Kepik Predator

Banyak serangga dari Ordo Hemiptera (bangsa kepik) yang bersifat sebagai pemangsa. Kepik predator ini memangsa dengan mengisap cairan tubuh mangsanya. Pada tanaman kapas, ada beberapa kepik predator yang umum dijumpai yaitu kepik bermata besar (Famili Lygaeidae), kepik mirid, kepik reduviid, kepik phyrrocoriid, dan kepik pentatomid.

Kepik Bermata Besar

Kepik bermata besar yang bersifat predator pada umumnya sangat mudah dikenali, karena berkepala besar dan mempunyai mata besar yang menonjol ke depan. Spesies yang biasanya terdapat pada tanaman kapas adalah *Geocoris ochropterus* Fieber (Hemiptera: Anthocoridae), berwarna hitam kebiruan dengan panjang tubuh 3–5 mm (Gambar 23). Kepik ini dapat memangsa telur dan larva kecil *H. armigera* dan *S. litura*, aphid, dan wereng kapas. Kepik predator dewasa ini kadang-kadang juga mengisap cairan tanaman, tetapi kerusakan yang ditimbulkannya tidak berarti.

Spesies lain yang juga sering ditemui pada tanaman kapas adalah *Germalus sobrinus* (Stal.) (Hemiptera: Lygaeidae). Kepik ini berukuran lebih besar dibanding yang pertama, berwarna cokelat kemerahan dengan garis-garis putih pada punggungnya, serta warna mata merah dan menonjol. Perilaku dalam memangsa, *G. sobrinus* mirip dengan *G. ochropterus*.

Kepik Mirid

Kepik mirid biasanya terdapat pada pucuk tanaman. Ada dua jenis kepik mirid yang biasanya terdapat pada tanaman kapas, yaitu kepik mirid cokelat dan kepik mirid hijau. Kepik mirid hijau adalah *Campylomma lividicornis* Reuter (Gambar 24), berwarna hijau kekuning-kuningan. Kepik ini dapat memangsa telur dan larva kecil *H. armigera* serta kutu daun. Kepik mirid cokelat adalah *Deraeocoris indianus* Carvallo, berwarna cokelat dan memangsa serangga-serangga kecil, seperti halnya kepik mirid hijau. Stadia nimfa *D. indianus* berwarna hijau terang, lebih aktif dalam memangsa dibanding dewasanya.

Kedua kepik mirid predator ini berperan besar dalam mengendalikan populasi *H. armigera* pada kapas. Keberadaan kepik mirid ini pada pertanaman kapas sejak tanaman berumur 20 hst dan populasinya terus meningkat, terutama pada pertanaman yang tidak mendapatkan perlakuan insektisida. Kedua kepik predator ini sangat peka terhadap insektisida. Oleh karena itu, jika pada pertanaman kapas terdapat populasi kepik mirid yang tinggi, jika terpaksa harus dilakukan aplikasi insektisida, hendaknya tidak diarahkan ke bagian atas tanaman. Dengan demikian, keberadaan serangga hama yang terdapat pada pucuk tanaman dapat dibatasi oleh predator.

Kepik Reduviid

Kepik reduviid memangsa dengan menggunakan rostrumnya yang berukuran besar. Rostrum ini dilipat di bawah kepalanya jika dalam keadaan istirahat. Kepik reduviid yang umum terdapat pada tanaman kapas adalah *Rhinocoris fuscipes* (Fabricius) (Hemiptera: reduviidae), berukuran 14–15 mm, badannya berwarna hitam dan sayapnya berwarna merah (Gambar 25). Kepik reduviid dapat memangsa ulat yang berukuran sedang hingga besar.



Gambar 23. *Geogoris ochroptera* Gambar 24. *Campylomma lividicornis* Gambar 25. *Rhinocoris fuscipes*

Kepik Pentatomid

Kepik pentatomid berukuran 10–13 mm, berbentuk seperti perisai dengan “duri” pada kedua sisi perisainya. Spesies yang sering terdapat pada tanaman kapas adalah *Eocantethecona furcellata* Wolf (Hemiptera: Pentatomidae). Kepik pentatomid pemangsa ulat yang berukuran sedang hingga besar. Kepik ini relatif tahan terhadap insektisida.

Kepik Phyrrocorid

Kepik Phyrrocorid pada tanaman kapas adalah *Antilochus* sp.) (Hemiptera: Phyrrocoridae) adalah pemangsa “bapak pucung” *Dysdercus cingulatus*. Penampilan kepik predator tidak terdapat dua bintik hitam seperti mangsanya serta tidak mempunyai garis putih pada bagian *scutellum*, toraks, dan abdomennya. Selain itu, kepik predator ini biasanya berukuran lebih besar dibanding mangsanya.

Laba-laba

Selain serangga predator, laba-laba juga merupakan pemangsa serangga hama yang cukup besar peranannya dalam menekan populasi serangga hama. Laba-laba pada pertanaman kapas banyak sekali jenisnya dan sebagian besar bersifat sebagai pemangsa umum. Berdasarkan cara menangkap mangsanya, laba-laba pada pertanaman kapas dapat digolongkan atas dua kelompok, yaitu laba-laba pembuat jaring dan laba-laba pemburu. Laba-laba pembuat jaring biasanya membuat jaring di antara tanaman kapas atau di antara ran-

ting untuk memerangkap mangsanya. Laba-laba ini tidak memilih-milih mangsa, sehingga dapat memangsa semua jenis serangga yang terperangkap di jaringnya. Laba-laba pemburu mencari mangsanya dengan memburu dan beberapa di antaranya dapat meloncat. Laba-laba jenis ini biasanya terdapat pada pucuk tanaman dan mangsanya adalah telur dan larva kecil *H. armigera* serta wereng kapas.

MUSUH ALAMI DARI KELOMPOK MIKROORGANISME

Musuh alami serangga hama dari kelompok mikroorganisme yang juga disebut patogen serangga (entomopatogen) terdiri atas empat kelompok, yaitu virus, bakteri, cendawan, dan nematoda. Pemanfaatan entomopatogen dalam program pengendalian hayati adalah digunakannya entomopatogen tersebut dalam suatu formulasi bioinsektisida. Untuk serangga hama utama kapas, pada masing-masing kelompok mempunyai satu spesies kandidat yang paling berpotensi untuk digunakan sebagai bioinsektisida.

Virus

Nuclear polyhedrosis virus (NPV) merupakan entomopatogen yang paling berpotensi untuk digunakan sebagai bioinsektisida dalam pengendalian serangga hama kapas. NPV termasuk famili Baculoviridae, genus Baculovirus subkelompok A (Ignoffo dan Couch 1981). NPV mengandung virion yang didalamnya membawa nukleokapsid yang bersifat racun terhadap serangga. Virion, secara tunggal maupun berkelompok terbungkus di dalam matriks protein yang disebut *polyhedral inclusion bodies* (PIB), yang berbentuk segi banyak dan tidak beraturan. Setiap PIB rata-rata mempunyai 27 virion (Ignoffo dan Couch 1981). Masing-masing virion dibungkus oleh semacam lapisan yang disebut *envelope*. Virion yang mengandung satu nukleokapsid disebut *singly multiply enveloped nucleocapsid* (SEN), sedangkan yang mempunyai lebih dari satu nukleokapsid disebut *multiply-enveloped nucleocapsid* (MEN). NPV dengan tipe morfologi SEN inangnya lebih spesifik dibandingkan yang bertipe MEN. Misalnya, NPV yang diisolasi dari larva *H. armigera* disebut *HaNPV*, spesifikasi inangnya tinggi terhadap *H. armigera*.

Serangan NPV pada kelompok serangga Lepidoptera terjadi pada stadia larva. Mekanisme infeksi melalui mulut dan berkembang biak di dalam saluran pencernaan. Di dalam saluran pencernaan yang bersifat alkalis, PIB terurai dan melepas virion yang langsung menyebar dan menginfeksi sel-sel peka, khususnya lapisan epitel ventrikulus dan hemosit yang berada di dalam hemokul. Selama proses infeksi, NPV memperbanyak diri di dalam tubuh inangnya, sehingga seluruh organ internal larva akan terserang, termasuk sel darah (leukosit dan limfosit), trakhea, hipodermis, dan badan lemak, sehingga akhirnya mengakibatkan inangnya mati (Deacon 1983; Ignoffo dan Couch 1981).

Gejala serangan yang ditimbulkan setelah larva terinfeksi NPV adalah gerakannya semakin lambat, aktivitas makan berkurang, dan terjadi perubahan warna (Gambar 26). Perubahan warna tersebut dimulai dari bagian integumen, mula-mula berwarna keputih-putihan, kemudian putih pucat yang disertai pembengkakan. Di samping itu, akibat serangan NPV menyebabkan larva berusaha menjauhi sumber infeksi dan biasanya ditandai kematian larva menggantung. Pada serangan lebih lanjut, semua jaringan tubuh yang terinfeksi NPV akan berubah menjadi massa cair yang banyak mengandung PIB. Kematian ulat biasanya terjadi 3–7 hari setelah infeksi.

Pengendalian *H. armigera* pada tanaman kapas dapat menekan kerusakan hingga 12,8% (Indrayani dan Ghotama 1991). Efektivitas *HaNPV* terhadap larva *H. armigera* pada kapas mulai menurun dalam dua hari setelah aplikasi. Temperatur optimum yang dapat menyebabkan infeksi, tumbuh dan berkembangnya patogen secara normal adalah 10–30°C. Meskipun demikian, temperatur 15–45°C tidak berpengaruh terhadap stabilitas NPV (Bell dan Romine 1980). Dalam penyimpanan, NPV mampu bertahan lebih dari 10 tahun apabila temperaturnya diatur dalam kisaran -5–20°C.

Formulasi NPV sebagai bioinsektisida adalah campuran partikel-partikel NPV dengan bahan-bahan yang bersifat sebagai ajuvan, pelindung terhadap sinar ultra violet, dan perekat. Dosis efektif untuk *H. armigera* adalah 6×10^{11} PIB per hektar.

Cendawan

Cendawan entomopatogen yang diketahui dapat menimbulkan infeksi terhadap *H. armigera* pada kapas adalah *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson (Gambar 27), *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, dan *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin. Ketiga cendawan ini mempunyai kisaran inang yang luas dan sifat patogenisitasnya sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, terutama suhu dan kelembapan.



Gambar 26. *Helicoverpa armigera* nuclear polyhedrosis (*HaNPV*)
agritech.tnau.ac.in



Gambar 27. *Nomuraea rileyi* (forestryimages.org)

Cendawan *N. rileyi* termasuk subdivisi Deuterromycotina dari klas Hypomycetes. Spora atau konidia merupakan bagian yang aktif yang menginfeksi inangnya. Bentuk konidia lonjong, tegak, pendek, berwarna hijau, dan berukuran 3–5 x 2–3 µm. Konidia tertata rapi pada konidiospora yang panjangnya 160 µm dan memiliki diameter 2–5 µm (Kish *et al.* 1974). Sebagian besar cendawan Hypomycetes menyebabkan penyakit muscardine pada serangga, yang berarti menyerupai buah pir.

Hasil uji di laboratorium menunjukkan bahwa *N. rileyi* efektif menyebabkan kematian pada ulat *H. armigera* dan *S. litura* dengan persentase berturut-turut mencapai 64% dan 73%, serta dapat menginfeksi semua instar larva (Indrayani dan Gothama 1999; Indrayani *et al.* 1999)

Perkembangan cendawan *N. rileyi* dipengaruhi oleh sinar ultraviolet, temperatur, dan kelembapan. Umumnya, cendawan membutuhkan temperatur optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan konidia adalah 20–25°C. Kelembapan tinggi (>90%) sangat diperlukan oleh konidia cendawan untuk berkecambah dan pembentukan konidia baru. Dengan kondisi lingkungan yang sesuai, menyebabkan populasi konidia meningkat dan efektivitasnya dapat dipertahankan. Secara umum, temperatur mempengaruhi interaksi patogen dan inangnya. Biasanya, temperatur tinggi akan mempercepat perkembangan penyakit, sehingga inangnya juga lebih cepat mati. Pada kebanyakan penyakit serangga yang ditularkan melalui pencernaan, dengan meningkatnya temperatur lingkungan menyebabkan aktivitas makan serangga juga semakin tinggi. Sebaliknya, pada temperatur rendah (8–9°C) biasanya aktivitas makan serangga lebih lambat atau berhenti. Sebaliknya pada temperatur rendah (8–10°C) biasanya aktivitas makan serangga lebih lambat atau berhenti. Sedangkan penyakit yang menginfeksi melalui integumen (kulit), seperti cendawan akan membutuhkan temperatur yang relatif rendah dibanding patogen yang lain, karena cendawan membutuhkan kelembapan rendah dan waktu yang cukup lama untuk menumbuhkan sporanya pada inang.

Nematoda

Nematoda entomopatogen merupakan mikroorganisme yang dapat berperan sebagai faktor mortalitas biotik yang cukup penting bagi serangga hama kapas. Pada umumnya nematoda bersifat sebagai endoparasit yaitu membunuh inangnya dengan toksin yang diproduksinya atau berasosiasi dengan bakteri yang bersifat toksik terhadap serangga. Serangan nematoda dapat mengakibatkan inang menjadi steril, fekunditas menurun, terhambatnya perkembangan, serta akhirnya menyebabkan kematian. Nematoda entomopatogen yang paling efektif dalam mengendalikan populasi serangga hama dari ordo Lepidoptera adalah *Steinernema* spp.

Steinernema spp. termasuk klas Secenentea (=Phasmidia), Ordo Rhabditida, famili Steinernematidae (Poinar 1990). Genus *Steinernema*, terdiri atas beberapa spesies, antara lain: *S. carpocapsae* (= *S. feltiae*), *S. glasseri*, *S. bibionis*, dan *S. kraussei* (Woodring dan Ka-

ya 1988). Asosiasi nematoda *Steinernema* spp. dengan inangnya sangat dibantu oleh bakteri *Xenorhabdus* spp. yang hidup di dalam tubuh nematoda. *Steinernema* spp. Mempunyai siklus hidup yang sederhana yaitu telur, juvenil (larva), dan dewasa. Satu siklus hidup selama 7–14 hari (Poinar 1990). Strain yang ditemukan di Indonesia memiliki potensi efektif terhadap *H. armigera*, *S. litura*, *Achaea janata*, *P. gossypiella*, dan *S. derogata*.

Bakteri

Bakteri entomopatogen yang mendapatkan perhatian untuk dikembangkan sebagai agensia hayati adalah *Bacillus thuringiensis* atau *Bt*. Sifat patogenitas *Bt* adalah jika terjadi infeksi pada alat pencernaan serangga inangnya. Sifat “racun” *Bt* tercepat pada kristal protein yang dikandungnya. *Bt* mempunyai kisaran inang yang lebih luas dan relatif lebih tahan terhadap faktor-faktor lingkungan (misalnya: sinar ultra violet). Selang waktu yang diperlukan untuk menyebabkan kematian 4–7 hari sejak terjadi infeksi. Dengan demikian, *Bt* dapat dikatakan lebih efektif daripada NPV, karena dapat membunuh inangnya lebih cepat, sehingga kerusakan yang ditimbulkan oleh serangga hama tersebut masih sedikit. *Bt* sudah banyak diproduksi secara komersial.

PENUTUP

Jumlah serangga yang berasosiasi dengan tanaman kapas cukup banyak, tetapi yang menjadi serangga hama utama hanya tiga spesies serangga yaitu *A. biguttula*, *H. armigera*, dan *P. gossypiella*. Serangga yang lain merupakan serangga fitofag yang berstatus sebagai serangga potensial dan serangga musuh alami yang berguna dalam budi daya kapas. Musuh alami yang lain dari kelompok mikroorganisme adalah virus, cendawan, nematoda, dan bakteri. Dengan memahami serangga hama kapas dan musuh alaminya, maka diharapkan strategi pengendalian hama dalam budi daya kapas dapat dilakukan dengan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Beingolea, O.D. 1987. Consultant report on biological control of cotton pest. Project on Development of Integrated Cotton Pest Control Programe in Indonesia. 34 p.
- Bell, M.R. & C.L. Romine. 1980. Tobacco budworm field-evaluation of microbial control in cotton using *Bt* and NPV with feeding adjuvan. *J. Econ. Entomol.* 73:427–430.
- Deacon, J.W. 1983. Microbial control of plant, pest, and diseases. VanRostrand Reinhold (VK) Co. Ltd. Berkshire, England. 88 p.
- Franssen C.J.H. & H.R.A. Muller. 1937. Plagen en ziekten van het katoengewas op Java. *Meded. Inst. Plantenz., Buitenzorg* 90. 42 p.

- Ignoffo, C.M. & T.L. Couch. 1981. The nucleopolyhedrosis virus of *Heliothis* spp. as a microbial insecticide. In H.P. Burges (ed.). *Microbial Control of Pest and Plant Diseases 1970–1980*. Academic Press, London and New York. p. 329–362.
- Indrayani, IG.A.A. & A.A.A. Gothama. 1991. Efisiensi pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) dengan nuclear polyhedrosis virus dan insektisida pada kapas. *Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri XVII* (2):37–42.
- Indrayani, IG.A.A. & A.A.A. Gothama. 1999. Pengaruh konsentrasi konidia *N. rileyi* (Farlow). Samson terhadap mortalitas larva *Helicoverpa armigera* (Hubner). Makalah dipresentasikan pada Seminar Peranan Entomologi dalam Pengendalian Hama Ramah Lingkungan dan Ekonomis. Bogor, 16 Februari 1999. 8 hlm.
- Indrayani, IG.A.A., A.A.A. Gothama & Soebandrijo. 1999. Kepekaan larva *Spodoptera litura* (F.) terhadap cendawan entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson. Makalah dipresentasikan pada Seminar Nasional Pengendalian Hayati PSPHBUGM. Yogyakarta, 11 Juli 1999. 7 hlm.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pests of crops in Indonesia (Edisi terjemahan dan revisi). P.A. van der Laan. PT Ichtiar Baru-van Hoeve. Jakarta. 701 hlm.
- Kish, L.P., R.A. Samson & G.E. Allen. 1974. The genus *Nomuraea rileyi* Moulenc. *J. Invertebr. Pathol.* 24: 154–158.
- Metcalf, R.L. 1982. Insecticides in pest management. *Dalam* R.L. Metcalf & W.H. Luckman (eds.) *Introduction to Insect Pest Management*. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York. p. 217–314.
- Nurindah. 2003. Status *Helicoverpa armigera* (Hubner) dan peran musuh alaminya pada ekosistem kapas di Indonesia. *Persperktif* 2(1):11–19.
- Nurindah & O.S. Bindra. 1988. Studies on biological control of cotton pest. *Industrial Crops Research Journal* 1(1):43–59.
- Nurindah & D.A. Sunarto. 2008. Konservasi musuh alami serangga hama sebagai kunci keberhasilan PHT kapas. *Persperktif* 1(1):01–11.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 1994. Survai parasitoid *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) di beberapa daerah pengembangan kapas di Indonesia. *Buletin Tembakau dan Serat* No. 03/06:39–42.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2001. Peran dan potensi musuh alami dalam pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) pada kapas. *Jurnal Litra* 7(2):60–66.
- Nurindah, Soebandrijo & D.A. Sunarto. 1991. Pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) dengan parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* N. pada kapas. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 6(2): 86–93.
- Nurindah, Subiyakto & Soebandrijo. 1993. Pengaruh tumpang sari kapas dengan palawija terhadap populasi predator serangga hama kapas. *Prosiding Diskusi Panel Budi Daya Kapas + Kedelai*. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang. Seri Pengembangan 7:55–60.
- Nurindah, Subiyakto, D.A. Sunarto & Sujak. 2002. Keragaman dan peran arthropoda musuh alami sebagai pengendali penggerek buah pada ekosistem kapas tumpang sari palawija. *Laporan Hasil Penelitian TA 2001. Bagian Proyek Penelitian PHT Perkebunan (IPMSECP–ADB)-2 Malang*. 30 hlm.
- Nurindah, D.A. Sunarto, IG.A.A. Indrayani, M. Rizal, Sri-Hadiyani, Subiyakto & Sujak. 2000. Optimalisasi pemanfaatan musuh alami dalam pengendalian hama utama kapas. *Laporan Hasil Penelitian TA 1999/2000. Bagian Proyek Penelitian PHT (IPMSECP–ADB)-2 Malang*. 13 hlm.
- Poinar, G.O., Jr. 1990. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. In B. Gaugler & H.K. Kaya (eds.) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Boca Raton, Florida. p. 230–262.

- Reynolds, H.T., P.L. Adkisson, R.F. Smith & R.S. Frisbie. 1982. Cotton insect pest management. *Dalam* R.L. Metcalf & W.H. Luckman (eds.), *Introduction to Insect Pest Management*. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York. p. 375–411.
- Rizal, M. 1995. Biologi dan perkembangan populasi *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) pada tujuh varietas dan galur kapas. Disertasi PPS-IPB, Bogor. 165 hlm.
- Soebandrijo, Sri-Hadiyani, S.A. Wahyuni, Z. Kanro, B. Sulistiono & Ergiwanto. 1999. Penerapan paket teknologi PHT kapas di lahan petani. Laporan Hasil Penelitian TA 1998/99, Bagian Proyek Penelitian PHT Perkebunan (IPMSECP) ADB-2, Malang. 22 hlm.
- Sri-Hadiyani, IG.A.A. Indrayani, S.A. Wahyuni, D.A. Sunarto, Suprpto & Hariyanto. 1999. Efisiensi pemanfaatan NPV dan *Trichogramma* untuk pengendalian ulat buah kapas *Helicoverpa armigera* HBN. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 5(2):74–79.
- Sujak & D.A. Sunarto. 1996. Biologi dan potensi *Paederus fasciatus* Curt. (Staphylinidae: Coleoptera) pemangsa telur *Helicoverpa armigera* Hubner. Prosiding Seminar Nasional Pengendalian Hayati. UGM, Yogyakarta. hlm. 419–427.
- Sujak & D.A. Sunarto. 2001. Biologi *Telenomus Dodd*. (Hymenoptera: Scelionidae) parasitoid telur *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). Prosiding Simposium Pengendalian Hayati Serangga. Puslitbangtan, Bogor. hlm. 70–73.
- Untung, K. 1996. Pengantar Pengendalian Hama Terpadu. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 273 hlm.
- Woordring, J.L. & H.K. Kaya. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes. A. *Handbook of Techniques*, Fayetteville, Arkansas.

PENYAKIT TANAMAN KAPAS DAN PENGENDALIANNYA

Cece Suhara dan Titiek Yulianti^{*)}

PENDAHULUAN

Penyakit tanaman didefinisikan sebagai gangguan fisiologis yang terjadi secara terus-menerus oleh satu atau lebih agen penyebab penyakit selama pertumbuhan. Penyebab penyakit dibedakan menjadi dua, yaitu penyebab biotik dan abiotik. Penyebab biotik adalah golongan nematoda dan mikroorganisme lain seperti cendawan, bakteri, virus, mikoplasma, dan lain-lain. Sedangkan penyebab abiotik misalnya kekurangan hara, ke-
racunan, sambaran petir, dan lain-lain.

Timbulnya penyakit tanaman akibat adanya interaksi antara patogen, tanaman inang, dan faktor lingkungan yang cocok. Di Indonesia sampai dengan saat ini, penyakit pada tanaman kapas masih belum begitu penting dibandingkan gangguan hama, meskipun pada daerah tertentu seperti di Tuban dan sekitarnya ada penyakit busuk arang yang sangat merugikan pada saat cuaca kering, dan di daerah Sulawesi Selatan pernah dilaporkan adanya serangan penyakit hawar bakteri yang sangat merugikan pada saat cuaca lembap. Di samping itu ada juga penyakit yang sering terjadi pada tanaman muda sampai umur \pm 30 hari yang menyebabkan robohnya tanaman kapas (disebut penyakit rebah kecambah atau *damping-off*) yang disebabkan oleh jamur patogen. Sedangkan di luar negeri, kerusakan akibat berbagai penyakit rata-rata sebesar \pm 13,1% per tahunnya, yang penting adalah penyakit kecambah, layu, dan busuk buah (Watkins 1981a).

Usaha pengendalian penyakit tanaman kapas sampai saat ini masih belum banyak dilakukan. Meskipun demikian cara pengendalian penyakit perlu diketahui sebagai persiapan apabila suatu saat nanti ada eksplosi penyakit, seperti penyakit busuk arang (*Charcoal rot*) yang terjadi di Tuban pada tahun 1985–1986 yang dapat menurunkan hasil sebesar 25% (Balittas 1987).

GEJALA PENYAKIT DAN EPIDEMIOLOGI

1. Penyakit Benih

Penyakit ini terjadi di gudang penyimpanan akibat serangan jamur maupun bakteri. Jamur yang sering timbul pada penyimpanan benih kapas yaitu *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizopus* sp., dan *Mucor* sp., sedangkan bakterinya adalah *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum* (E.F. Smith) Dow. (Hallowin dan Bourland 1981).

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

Tanda benih yang terserang jamur lebih mudah dilihat dibanding yang terserang bakteri. Benih yang terserang jamur *Fusarium* terlihat permukaannya ada miselium berwarna putih kekuningan sampai agak merah jambu, sedangkan yang terserang jamur *Aspergillus* berwarna hijau, kuning, atau hitam, dan yang terserang jamur *Rhizopus* atau *Mucor* ada benang miselium lebih besar dibanding kedua jamur sebelumnya, berwarna putih dengan bintik-bintik hitam. Adanya jamur ini menyebabkan vigor benih menurun, busuk, akar kecambah tidak normal, dan lebih rentan terhadap penyakit rebah kecambah (*damping-off*).

Penyakit benih berkembang baik pada gudang penyimpanan dengan kelembapan udara lebih dari 20% atau benih yang kurang kering saat disimpan (kadar airnya lebih dari 8%). Benih yang dipanen pada cuaca banyak hujan bila disimpan berisiko lebih besar terserang jamur dibanding benih yang dipanen pada saat cuaca terang. Demikian juga benih yang berkabu-kabu lebih mudah dan sering ditumbuhi jamur dibanding benih tanpa kabu-kabu.

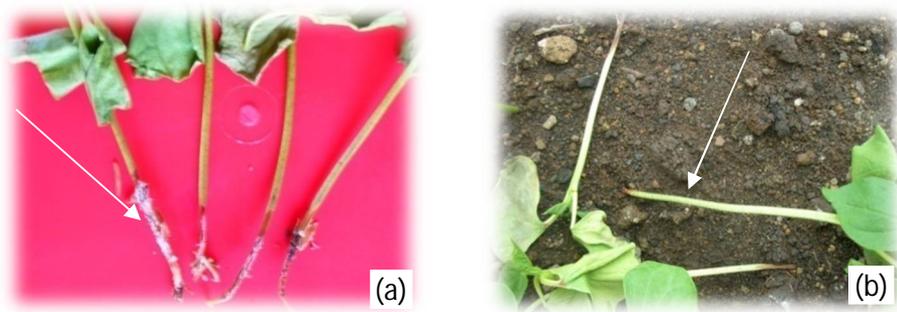
2. Penyakit Rebah Kecambah (*Damping-off*)

Penyakit rebah kecambah merupakan salah satu masalah yang sering dihadapi di beberapa negara penanam kapas. Di Amerika Serikat kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit ini antara tahun 1952–1981 mencapai 2,8% per tahun dan pada tahun 1989/1990 mencapai 3,7% (Davis *et al.* 1981; Hillocks 1992a). Brown dan McCarter (1976) melaporkan bahwa penyakit rebah kecambah di Georgia pada tahun 1973 dan 1974 menurunkan hasil kapas berbiji sebesar 28,26% dan 11,84%. Di Indonesia, penyakit ini ditemukan di semua daerah penanaman kapas, meskipun sampai saat ini belum ada data tentang besarnya kerugian akibat penyakit tersebut. Penyakit rebah kecambah dapat terjadi mulai kecambah yang belum muncul di permukaan tanah sampai tanaman muda berumur 30 hari. Penyebabnya adalah beberapa jamur, yaitu *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Rhizoctonia solani* Kuhn, dan *Fusarium* spp. (Davis *et al.* 1981; Hillocks 1992a). Di Indonesia yang sering dijumpai adalah jamur *S. rolfsii* dan *R. solani*.

Gejala penyakit rebah kecambah adalah benih atau kecambah yang belum muncul di atas permukaan tanah menjadi busuk (*preemergence damping-off*), serta kecambah yang telah muncul di atas permukaan tanah busuk pada pangkal batang berwarna cokelat, atau pangkal batang mengecil berwarna cokelat seperti tergencet, dan tanaman roboh (*postemergence damping-off*). Kadang-kadang pada pangkal batang ditemukan miselium jamur berwarna putih atau *sclerotia* bulat berwarna cokelat (Gambar 1).

Penyakit ini dipacu oleh benih yang ditanam kurang baik atau berjamur, suhu tanah antara 24-32°C dan kelengasan tanah antara 20-80% dari kapasitas lapang. Hillocks (1992a) menyebutkan bahwa benih kapas yang berkecambah pada suhu tanah 18°C bebas dari serangan jamur *R. solani*. Demikian juga lingkungan dan kesalahan teknik budi daya yang dapat menunda benih berkecambah, misalnya tabur benih terlalu dalam, aerasi tanah jelek sehingga kecambah terhambat pertumbuhannya akan dapat memperparah pe-

nyakit rebah kecambah. Selain itu, herbisida pratumbuh juga dapat mendorong serangan *R. solani* (Davis *et al.* 1981). Patogen rebah kecambah dapat bertahan cukup lama di dalam tanah dan pada sisa-sisa tanaman karena mempunyai sklerotia maupun kemampuan kompetisi secara saprofitik yang tinggi. Tetapi menurut Hillocks (1992a), peningkatan C akan menurunkan kemampuan kompetisi secara saprofitik, sehingga penambahan bahan organik yang meningkatkan C : N rasio dapat menurunkan populasi jamur tersebut. Demikian juga kecambah yang cepat tumbuh dan pertumbuhannya baik dapat terhindar dari penyakit rebah kecambah, karena semakin bertambah umur tanaman kapas semakin tahan.

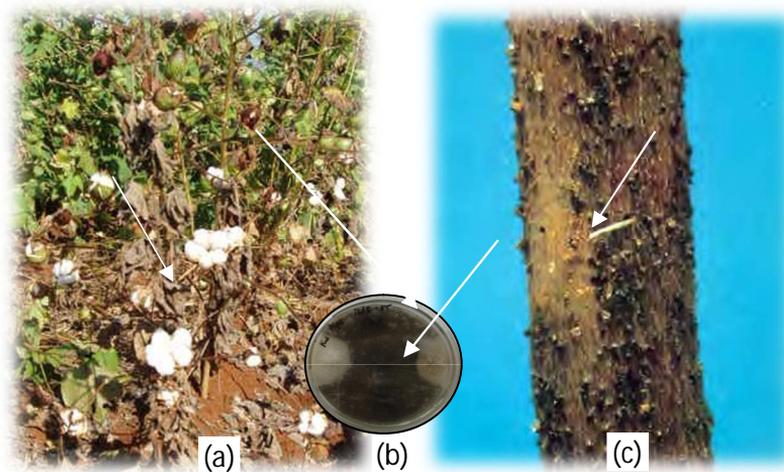


Gambar 1. Gejala penyakit rebah kecambah yang disebabkan oleh (a) jamur *Sclerotium rolfsii* dan (b) jamur *Rhizoctonia solani* Kuhn

3. Penyakit Busuk Arang (*Charcoal Rot*)

Penyakit busuk arang pertama kali ditemukan di India pada tanaman kapas, yute, dan kacang tanah, yang dapat menurunkan hasil kapas di India sebesar 7,14–31,58%. Di USA penyakit busuk arang dapat ditemukan di Oklahoma dan Texas (Kenerley dan Jeger 1992). Di Indonesia, penyakit tersebut pertama kali dilaporkan oleh Dalmadiyo dan Yulianti (1984) di Tuban dan Lamongan pada musim tanam tahun 1983/1984. Pada tahun 1986/1987 dilaporkan menurunkan hasil kapas di Tuban sebesar 25% (Balittas 1987). Penyebab penyakit busuk arang adalah *Botryodiplodia phaseoli* (Maubl.) Thir. (Rangaswami 1975) dengan sinonimnya *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ashby, *Macrophomina phaseolina* (rassi) Goid, atau *Rhizoctonia bataticola* (raub.) Butl. (Kenerley dan Jeger 1992).

Gejala penyakit busuk arang adalah daun-daun menguning kemudian berubah menjadi cokelat. Tanaman secara berangsur-angsur menjadi layu, kemudian kering dan akhirnya mati; buah yang terbentuk gagal dipanen karena terganggu proses penuaannya. Tanaman yang sakit mudah sekali dicabut karena pangkal batang busuk, kering, berwarna cokelat hitam (Gambar 2).



Gambar 2. Gejala penyakit busuk arang (*Charcoal rot*) (a) tanaman layu dan mati, pangkal batang busuk berwarna hitam (Foto: Ir. Budi Hariyono, MP.); (b) jamur berwarna hitam pada media agar; dan (c) Mikrosklerotia (Foto: Kliejunas 1990)

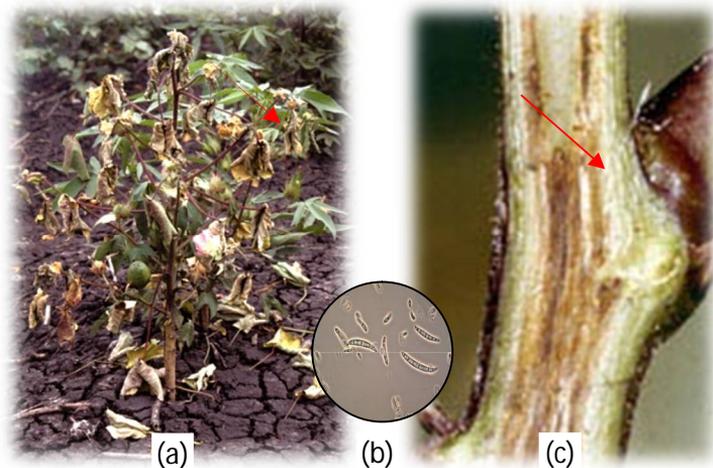
Kenerley dan Jeger (1992) juga menyebutkan bahwa pada tanah lempung berpasir (*sandy loam*) dengan populasi awal patogen 40 sklerotia per gram tanah; pH tanah 8,3; dan kelengasan 25% mampu menimbulkan 50% tanaman sakit. Lebih lanjut disebutkan bahwa pupuk N dapat menurunkan penyakit akibat menghambat kolonisasi di akar, sehingga pada tanah lempung liat berpasir (*sandy clay loam*) dengan penambahan pupuk N (sodium nitrat atau amonium sulfat) dapat menurunkan populasi patogen dan penyakit busuk arang di tanah tersebut.

4. Penyakit Layu Vaskuler (*Vascular Wilt Disease*)

Penyakit ini hanya kadang-kadang muncul dengan tingkat serangan rendah. Hal ini disebabkan sebagian besar kapas introduksi dari USA telah mewarisi ketahanan terhadap penyakit layu vaskuler terutama penyakit layu *Fusarium*. Penyakit layu vaskuler ini disebabkan oleh jamur *Verticillium* spp. dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Atk.) Snyder & Hansen (Kappelman dan Smith 1981; Kenerley dan Jeger 1992), sedangkan di Indonesia yang sering ditemukan penyebabnya adalah jamur *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (Dalmadiyo dan Yulianti 1984). Gejalanya adalah tanaman kerdil, daun menguning, dan tanaman layu, pangkal batang busuk berwarna coklat. Apabila batang disayat atau dibelah akan terlihat alur-alur berwarna coklat pada berkas silemnya (Gambar 3).

Jamur *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* dapat bertahan cukup lama dalam tanah dan sisa-sisa tanaman maupun bahan organik, cocok pada tanah berpasir yang agak asam, dan

pertumbuhan optimum miselium jamur tersebut pada suhu 27°C, serta adanya nematoda puru akar akan meningkatkan keparahan penyakit layu tersebut (Kappelman dan Smith 1981).



Gambar 3. Gejala penyakit layu *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (a) Daun menguning, tanaman layu dan mati, (b) Makrokonidia *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, dan (c) Batang busuk berwarna coklat terlihat garis-garis berwarna coklat

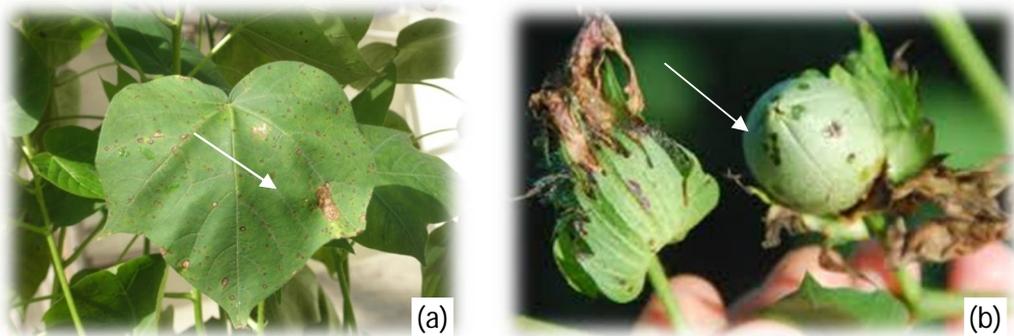
5. Penyakit Hawar Bakteri (*Bacterial Blight Disease*)

Penyakit hawar bakteri ini telah lebih dari 80 tahun dilaporkan menyerang tanaman kapas. Di Amerika Serikat penyakit ini pernah dilaporkan menimbulkan kehilangan hasil sebesar 73.000 bal. Kehilangan hasil kapas akan lebih besar apabila serangan pada daun diikuti oleh serangan bakteri pada buah (Pinckard *et al.* 1981). Di Indonesia, penyakit hawar bakteri tersebut dapat ditemukan di beberapa daerah penanaman kapas terutama di daerah Cikoang, Sulawesi Selatan dan diperkirakan menimbulkan kerugian sebesar 10–23% (Yulianti dan Ibrahim 1998). Penyebab penyakit hawar bakteri adalah bakteri *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum* (Smith) Dye (Pinckard *et al.* 1981). Bakteri dapat menyerang tanaman kecil, tanaman dewasa, dan buah kapas.

Gejalanya adalah pada kotiledon tanaman kecil timbul bercak kering yang bersudut; sehingga disebut penyakit bercak bersudut (*angular leaf spot*); sedangkan pada tanaman dewasa, selain bercak bersudut juga dapat berupa busuk pada tulang daun dan lamina di sekitarnya maupun dapat berkembang ke ranting; pada buah berupa bercak coklat tidak beraturan dan mengakibatkan buah kapas menjadi busuk (Gambar 4).

Faktor luar yang mendorong perkembangan penyakit hawar bakteri tersebut adalah suhu yang agak tinggi yaitu antara 30–36°C dan kelembapan udara tinggi yaitu 80%

(Pinckard *et al.* 1981). Demikian juga Allen (1988) menyebutkan bahwa penyakit hawar bakteri berkembang cepat pada suhu antara 30–36°C dan kelembapan udara di atas 85%. Bakteri patogen tersebut dapat bertahan pada biji kapas yang berkabu-kabu dan akan terbawa kembali ke pertanaman berikutnya apabila biji tersebut digunakan sebagai benih. Selain itu angin, hujan, embun, dan air irigasi dapat membantu penyebaran bakteri; demikian juga bekas gigitan serangga pada buah kapas menjadi salah satu jalan terjadinya infeksi bakteri ke dalam buah kapas.



Gambar 4. Gejala penyakit hawar bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum* (a) pada daun, (b) pada buah

6. Penyakit Embun Tepung (*Areolate Mildew*)

Penyakit embun tepung jarang menimbulkan kerugian pada pertanaman kapas di berbagai negara. Penyakit ini di Indonesia dapat ditemukan di semua daerah penanaman kapas (Yulianti dan Ibrahim 1996).

Penyakit ini terjadi apabila cuaca berangin dan kelembapan di sekitar tanaman tinggi, terutama bagian bawah. Penyebabnya adalah jamur *Ramularia areola* Her. (Bell 1981), dengan gejala pada permukaan daun terdapat seperti tepung atau benang-benang berwarna putih, apabila cuaca kemudian kering maka pada bekas benang jamur tersebut timbul bercak nekrosis berwarna cokelat (Gambar 5). Pada iklim subtropik ditemukan bentuk *perfect*-nya, yaitu *Mycosphaerella areola*. Jamur ini bertahan pada sisa-sisa tanaman pada musim dingin dan membentuk *Ascospora*.

Faktor yang mendukung penyakit tepung ini adalah kelembapan udara dan curah hujan yang tinggi. Tanaman kapas yang daunnya tumbuh rimbun banyak terserang penyakit tersebut dibanding kapas yang daunnya tidak rimbun atau kapas yang berdaun okra (Bell 1981).

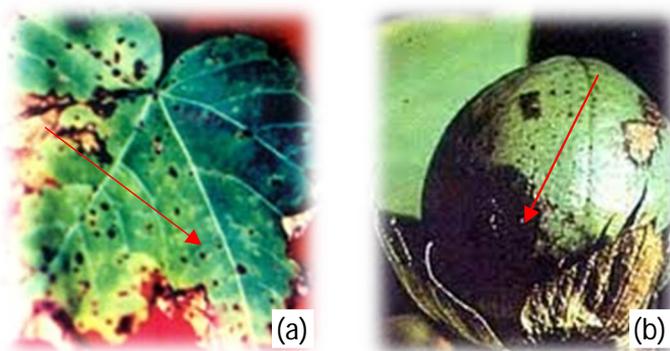


Gambar 5. Gejala penyakit tepung (*Areolate mildew*) massa seperti tepung atau benang miselium jamur berwarna putih pada permukaan daun, apabila mengering akan terjadi bercak nekrosis berwarna cokelat

7. Penyakit Antraknose (*Anthracnose*)

Penyakit antraknose jarang menimbulkan masalah pada pertanaman kapas, baik di Indonesia maupun di luar negeri. Penyakit ini timbul bila keadaan tanaman lemah dan kelembapan udara cukup tinggi. Penyebabnya adalah jamur *Glomerella gossypii* Edg. (Davis 1981). Di Indonesia penyebabnya yang sering ditemukan adalah jamur *Gloeosporium* sp. yang merupakan bentuk tidak sempurna dari jamur *G. gossypii*. Gejala penyakit antraknose adalah nekrosis pada kotiledon yang baru tumbuh, sedangkan pada tanaman dewasa terdapat bercak cokelat di tengah atau tepi daun yang seringkali menyatu menjadi bercak besar (Gambar 6).

Faktor yang mendorong keparahan penyakit antraknose adalah pertumbuhan tanaman lemah, kecambah lambat pertumbuhannya sehingga kotiledon mudah terkena percikan tanah yang dapat membawa jamur patogen, cuaca lembap, dan banyak hujan.

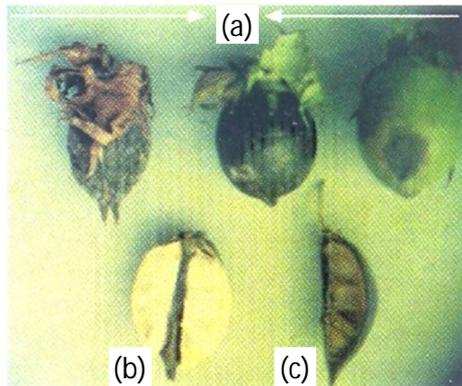


Gambar 6. Gejala penyakit tepung antraknose (*Anthracnose*) (a) bercak nekrosis berwarna cokelat pada tepi daun; (b) bercak cokelat kehitaman pada buah

8. Penyakit Busuk Buah (*Boll Rot*)

Menurut Pinckard *et al.* (1981) penyakit busuk buah kapas di Oklahoma dan Texas, USA menurunkan hasil rata-rata 2% per tahunnya, dan di Delta Louisiana-Mississippi dapat menurunkan hasil sampai 50%. Demikian juga Hillocks (1992b) menyebutkan bahwa penurunan hasil serat akibat penyakit ini di USA pada tahun 1988 sebesar 5%, tetapi di daerah Georgia dan North Carolina mencapai 20%. Di Indonesia, penyakit busuk buah ini dapat ditemukan di semua daerah penanaman kapas terutama pada musim hujan (Yulianti dan Ibrahim 1996). Penyebab penyakit busuk buah kapas cukup banyak, antara lain bakteri *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum*, jamur *Fusarium* spp., *Glomerella* (*Gloeosporium*) *gossypii*, *Diplodia gossypina*, *Phytophthora* sp., *Aspergillus* sp., dan *Rhizopus* sp.

Gejalanya adalah bercak cokelat pada kulit buah yang terus berkembang dan akhirnya buah menjadi busuk, kadang-kadang pada permukaan buah kapas tumbuh miselium yang berwarna putih, putih kekuningan, merah jambu, cokelat sampai hitam tergantung jamur yang menyerang. Pembusukan dapat terjadi di dalam buah kapas sehingga serat yang dihasilkan mutunya jelek dan rapuh (Gambar 7).



Gambar 7. Gejala penyakit busuk buah (*Boll rot*) (a): perkembangan gejala busuk buah (b): buah sehat, seratnya putih; (c) buah sakit seratnya hitam

Faktor utama yang mendukung penyakit busuk buah adalah kelembapan udara yang tinggi, curah hujan, dan kesuburan tanah. Di daerah Georgia dan North Carolina yang lembap dan Delta Louisiana-Mississippi yang curah hujannya lebih tinggi dan tanahnya lebih subur menunjukkan kejadian busuk buah yang lebih besar. Selain itu juga adanya bekas gigitan serangga dapat menjadi jalan infeksi patogen busuk buah kapas.

PENGENDALIAN PENYAKIT

Sanitasi

Usaha ini dilakukan untuk mengurangi sumber penyakit dan mencegah peningkatan dan penyebaran penyakit. Adapun caranya dapat dilakukan dengan mencabut sisa-sisa tanaman sebelumnya, mencabut tanaman sakit, dan memetik buah yang busuk kemudian dikumpulkan pada satu tempat untuk dimusnahkan.

Penggunaan Varietas Tahan

Varietas tahan penyakit merupakan cara pencegahan timbulnya penyakit yang paling efektif. Ada beberapa varietas kapas yang telah diketahui ketahanannya terhadap suatu penyakit, yaitu Reba BTK 12 tahan terhadap penyakit busuk arang, demikian juga LRA 5166 (Yulianti *et al.* 1990a; 1990b). Sedangkan varietas lain seperti Kanesia 1 tahan terhadap penyakit hawar bakteri tetapi rentan-moderat terhadap penyakit rebah kecambah, Kanesia 5 tahan terhadap penyakit hawar bakteri tetapi rentan-moderat terhadap penyakit rebah kecambah, dan Kanesia 7 tahan terhadap penyakit rebah kecambah dan hawar bakteri (Tabel 1).

Penggunaan Benih Tanpa Kabu-kabu

Penggunaan benih tanpa kabu-kabu dapat mencegah terjadinya penyakit hawar bakteri yang terbawa oleh benih (Bird *et al.* 1981) dan akan menghasilkan pertumbuhan tanaman muda yang seragam dan sehat sehingga akan lebih tahan terhadap serangan penyakit rebah kecambah (Hillocks 1992a).

Tanam Serempak Tepat Waktu dan Tidak Terlalu Dalam

Tanam kapas pada waktu yang tepat sesuai MPL dan serempak dapat menghindari terjadinya stres air pada saat tanaman memasuki fase generatif atau kelebihan air pada saat buah menjelang tua. Hal ini dapat mencegah terjadinya penyakit busuk arang dan penyakit busuk buah kapas (Watkins 1981b; Hillocks 1992b). Penanaman benih pada lubang tanam kurang dari 5 cm dan kemudian ditutup pasir atau abu dapat mengurangi serangan penyakit rebah kecambah (Davis *et al.* 1981; Hillocks 1992a).

Pupuk Kandang

Penggunaan pupuk kandang akan memperbaiki struktur tanah sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik dan lebih tahan terhadap penyakit antara lain penyakit busuk arang. Sedangkan penambahan unsur karbon (C) yang meningkatkan ratio C : N akan mengurangi populasi jamur *R. solani* dan menurunkan keparahan penyakit rebah kecambah (Hillocks 1992a).

Tabel 1. Tingkat ketahanan beberapa aksesi/galur/varietas kapas terhadap penyakit

Aksesi/Galur/Varietas	Tingkat ketahanan patogen		
	<i>S. rolf sii</i>	<i>R. solani</i>	<i>X. campestris. pv. malvacearum</i>
Aksesi/Galur			
1 GM5/U/2/4B PA	moderat	moderat	rentan
2 KI-74	tahan	tahan	tahan
3 MAR CABUCD3H 1-86	tahan	tahan	rentan
4 MAR CD37HPIH-1-1-86	rentan	moderat	rentan
5 MAR LBBCD3H 1-87	rentan	moderat	-
6 MAR CA-HUG-BEH 1-1-86	rentan	moderat	-
7 MAR C-5-HUG2-BES-2-87	rentan	moderat	-
8 MAR LBBC-4-BCHUS 1-7	tahan	tahan	tahan
9 MAR CABUS 2-86	moderat	rentan	-
10 MAR LBBCHU 2 GS 1-87	rentan	tahan	tahan
11 VN-40	moderat	rentan	
12 NSIC-CT-11	moderat	rentan	
13 Nu Cotn DP 5690	moderat	rentan	
14 Lockett 77	moderat	rentan	
15 Tashkent 2	moderat	rentan	
16 98030/10 (DPL Acala 90 x Taskhkent-2)	moderat	rentan	
17 (135x182)(351x268)/9	moderat	rentan	
18 (135x182)(351x268)/10	moderat	rentan	
19 (339x448)/2	moderat	rentan	
20 (135x182)/8	moderat	rentan	
21 (135x182)/10	moderat	rentan	
22 KI-582	moderat	rentan	
23 KI-584	moderat	tahan	
24 KI-592	moderat	tahan	
25 KI-602	moderat	rentan	
26 KI-609	tahan	moderat	
27 KI-616	tahan	tahan	
28 KI-28	moderat	moderat	
29 KI-29	moderat	moderat	
30 KI-43	moderat	moderat	
31 KI-47	tahan	moderat	
32 KI-97	tahan	moderat	
33 KI-98	moderat	rentan	
34 KI-131	moderat	rentan	
35 KI-453	moderat	rentan	
36 01006/1	moderat	moderat	rentan
37 01012/3	rentan	moderat	rentan
Varietas			
1 Kanesia 1	rentan	moderat	tahan
2 Kanesia 5	moderat	rentan	tahan
3 Kanesia 6	rentan	rentan	rentan
4 Kanesia 7	tahan	tahan	tahan
5 Kanesia 8	rentan	tahan	rentan

Pengendalian Kimiawi

Pengendalian secara kimiawi dilakukan apabila suatu penyakit sering menimbulkan masalah di suatu daerah dan belum ditemukan cara pengendalian lain yang efektif. Ada beberapa fungisida berbahan aktif mankoseb, benomil dapat digunakan untuk mencegah dan menghambat perkembangan penyakit. Konsentrasi kedua fungisida tersebut antara 0,25–0,50 ml formula dagang/ml air.

Yulianti *et al.* (1998) melaporkan bahwa aplikasi pentachloro nitrobenzene (PCNB) bentuk pasta melalui tanah dengan konsentrasi bahan aktif 0,5 ppm maupun melalui benih dengan dosis 2 g bahan aktif/kg benih dapat menurunkan penyakit busuk arang sehingga hasil kapas berbiji naik sebesar 17,60%.

Pengendalian Biologi

Penggunaan mikrobia antagonis *Trichoderma* spp. dapat mengendalikan penyakit rebah kecambah. Penggunaannya dilakukan bersamaan tanam kapas. Mikrobia antagonis yang digunakan sebaiknya diperoleh dari daerah pertanaman kapas yang sering terjadi serangan rebah kecambah. Salah satu spesies yang ada di Balittas dan efektif mengendalikan penyakit rebah kecambah di rumah kaca maupun lapangan (Inlittas Karangploso dan IP2TP Pasirian) adalah *Trichoderma viride*. Kemampuan jamur antagonis tersebut dalam menekan patogen antara lain secara parasit (menginfeksi patogen), mengeluarkan racun, lebih adaptif terhadap lingkungan sehingga mampu tumbuh lebih cepat dan dapat mende-sak pertumbuhan jamur patogen rebah kecambah (Yulianti dan Ibrahim 1996).

Perbanyakan jamur *Trichoderma* sp. tersebut dapat dilakukan dengan menumbuhkan pada media sekam, serbuk gergaji, maupun campuran dedak padi dengan lempung kaolin. Formulasi antagonis tersebut dalam campuran dedak dan lempung kaolin yang langsung diaplikasi dengan dosis 0,1 g formulasi/50 benih kapas dapat menurunkan kejadian penyakit rebah kecambah sebesar 78,04%. Setelah disimpan selama 1 bulan, 2 bulan, dan 3 bulan berturut-turut masih dapat menurunkan penyakit rebah kecambah masing-masing sebesar 63,99%; 58,94%; dan 54,40% (Yulianti *et al.* 1998).

PENUTUP

Penyakit tanaman ditimbulkan akibat adanya interaksi antara patogen, tanaman inang, dan faktor lingkungan yang cocok. Sampai dengan saat ini penyakit pada tanaman kapas di Indonesia masih belum banyak diperhatikan dibandingkan gangguan hama. Usaha pengendalian penyakit tanaman kapas sampai saat ini masih belum banyak dilakukan, selain melakukan “*seed treatment*” pada biji yang akan dijadikan benih. Teknik pengendalian penyakit yang efektif dan efisien harus mulai diteliti untuk mengantisipasi apabila suatu saat nanti terjadi gangguan penyakit di lokasi pertanaman kapas.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, S.J. 1988. Diseases of Cotton. Agfact P5. AB3. Department of Agriculture. New South Wales. 7 p.
- Balittas. 1987. Studi Penjajagan Penyakit Layu Tanaman Kapas di Tuban. Laporan Bulanan Balittas, Bulan Juni 1987. 25 hlm.
- Bell, A.A. 1981. Areolate mildew. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 32–35.
- Bird, L.S., L.A. Brinkerhoff & R.G. Davis. 1981. Bacterial blight. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 25–28.
- Brown, E.A. & S.M. McCarter. 1976. Effect of seedling disease cause by *Rhizoctonia solani* in subsequent and yield of cotton. *Phytopathology* 66:111–115.
- Dalmadiyo, G. & T. Yulianti. 1984. Gejala Layu pada Tanaman Kapas (*Gossypium hirsutum* L.) di Tuban. Makalah pada Seminar Fitopatologi Regional I di Surabaya, 24 September 1984. 5 hlm.
- Davis, R.G. 1981. Antracnose. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 30–31.
- Davis, R.G., L.S. Bird, A.Y. Chambers, R.H. Garber, C.R. Howell, E.B. Minton, R. Sterne & L.F. Jhonson. 1981. Seedling disease complex. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 13–20.
- Halloin, J.M. & F.M. Bourland. 1981. Deterioration of planting seed. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 11–13.
- Hillocks, R.J. 1992a. Seedling diseases. *In* Hillocks, R.J. (ed.) Cotton Diseases. CAB International, Wallingford. p. 1–37.
- Hillocks, R.I. 1992b. Fungal diseases of boll. *In* Hillocks, R.I. (ed.) Cotton Diseases. CAB International, Wallingford. p. 239–261.
- Kappelman, A.J. & S.N. Smith. 1981. Fusarium wilt-nematode complex. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 40–41.
- Kenerley, C.M. & M.I. Jeger. 1992. Fungal diseases of root and stem. *In* Hillocks, R.I. (ed.) Cotton Diseases. CAB International, Wallingford. p. 161–189.
- Kliejunas, J.T. 1990. Charcoal root disease. *In* P.B. Hamm, S.J. Campbell & E.M. Hansen (eds.) Growing Healthy Seedlings: Identification and Management of Pests in Northwest Forest Nurseries. Forest Pest Management, U.S. Department Agriculture, Forest Service, Pasific Northwest Region, and Forest Research Laboratory, College of Forestry, Oregon State University. p. 30–31.
- Pinckard, J.A, L.I. Ashworth, J.F. Snow, T.E. Rusell, R.W. Roncandori & G.L. Sciumbato. 1981. Boll rots. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 20–24.
- Rangaswami, G. 1975. Disease of Crop Plants in India. Second Edition. Prentice-Hall of India Private Ud. New Delhi. 520 p.
- Watkins, G.M. 1981a. A cotton diseases-general concepts. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 2–10.
- Watkins, G.M. 1981b. Charcoal rot. *In* Watkins, G.M. (ed.) Compendium of Cotton Diseases. American Phytopathological Society. p. 49–50.
- Yulianti, T., G. Dalmadiyo & G. Kartono. 1990a. Pengujian ketahanan beberapa varietas kapas terhadap penyakit busuk arang (*Botryodiplodia phaseoli*). *PTTS* 5(2):92–97.
- Yulianti, T., G. Dalmadiyo, N. Ibrahim & M. Sahid. 1990b. Pengaruh Tanaman Tumpang Sari Terhadap Perkembangan Penyakit Busuk Arang (*Botryodiplodia phaseoli*) pada Beberapa Varietas Kapas. Laporan Hasil Penelitian MTT 1988/1989. Balittas, Malang. 6 hlm.

- Yulianti, T. & N. Ibrahim. 1996. Penyakit Tanaman Kapas di Indonesia. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang. 5 hlm.
- Yulianti, T. & N. Ibrahim. 1998. Penyakit hawar bakteri pada kapas. Prosiding Diskusi Kapas Nasional. Balittas, Malang. hlm. 225–229.
- Yulianti, T., N. Ibrahim, S. Rahayuningsih, M. Machfud, Subaidah, Suharto, Utomo & M. Fauzi. 1998. Studi Perbandingan Efikasi Agensia Hayati Dengan Efikasi Cara Pengendalian Lainnya dan Analisis Ekonomi Formulasi Biofungisida. Laporan Hasil Penelitian TA 1997/1998. Balittas, Malang. 13 hlm.

PENGELOLAAN HAMA KAPAS SECARA TERPADU

Nurindah^{*)}

PENDAHULUAN

Pengelolaan hama secara terpadu (PHT) banyak definisinya, yang pada intinya mengarah pada suatu cara pendekatan, cara berpikir atau falsafah pengendalian hama yang didasarkan pada pertimbangan ekologi dan efisiensi ekonomi dalam rangka pengelolaan agroekosistem yang bertanggung jawab (Untung 2002). PHT merupakan perpaduan optimal teknik-teknik pengendalian hama dan meminimalkan penggunaan pestisida sintesis yang berspektrum luas, serta mengoptimalkan fungsi pengendalian hayati hama oleh musuh alaminya, sehingga dapat menekan populasi hama sampai pada aras keseimbangan. PHT yang mempertimbangkan prinsip keseimbangan agroekosistem selalu diversuskan dengan cara pengendalian konvensional, yaitu cara pengendalian hama yang bertumpu pada penggunaan insektisida untuk dapat mempertahankan kuantitas produksi. Dalam sistem pertanian yang berkelanjutan, PHT merupakan pendekatan yang tepat, karena PHT membatasi penggunaan insektisida sesedikit mungkin tetapi sasaran kuantitas dan kualitas produksi pertanian masih dapat dicapai.

Paradigma PHT yang pada awalnya dipahami sebagai Pengendalian Hama Terpadu hendaknya diubah menjadi pemahaman tentang Pengelolaan Hama Terpadu. Pengendalian hama terpadu menunjukkan sistem pengendalian hama dengan memadukan berbagai teknik pengendalian untuk menekan populasi hama hingga pada tingkat yang tidak merusak. Pengelolaan hama terpadu lebih menekankan pada penekanan populasi hama oleh pengendali hayati yang kinerjanya dioptimalkan melalui pengelolaan agroekosistem. Prinsip lain dalam pengelolaan hama terpadu adalah bersifat spesifik lokasi dan harus praktis, serta mudah diadopsi oleh petani. Prinsip ini sesuai diterapkan dalam sistem budi daya kapas, karena melalui optimalisasi pemanfaatan musuh alami serangga hama kapas terdapat efisiensi dalam pengendalian hama.

Penerapan PHT merupakan bagian yang harus dilakukan dalam budi daya kapas dan hal ini merupakan sesuatu yang sangat mungkin diterapkan. Teknologi PHT yang telah ditemukan merupakan teknologi yang mudah diadopsi dan dapat menekan biaya pengendalian hingga Rp500.000,00 per hektar dibandingkan dengan sistem pengendalian konvensional. Selain itu, kondisi sosio-ekonomi petani kapas pada umumnya mendukung

^{*)} Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

penerapan PHT ini (Nurindah dan Mukani 2006). Penerapan PHT kapas secara benar memungkinkan budi daya kapas tanpa menggunakan insektisida sama sekali. Dengan demikian, secara ekologis PHT kapas dapat mengurangi pencemaran lingkungan dari senyawa-senyawa toksik dari insektisida kimia, dan pada akhirnya dapat mewujudkan pelestarian lingkungan untuk menuju sistem pertanian berkelanjutan.

Walaupun telah banyak bukti bahwa penerapan PHT serta perbaikan-perbaikan tekniknya telah dimulai pada 1950-an, PHT belum banyak diterapkan dalam budi daya kapas. Budi daya kapas masih banyak mengandalkan penggunaan insektisida secara intensif dalam pengendalian hama. Beberapa alasan yang menyebabkan hal ini terjadi di antaranya adalah promosi penjual insektisida yang intensif dan kurangnya pemahaman petani tentang hama dan musuh alaminya (Armes *et al.* 1994). Kondisi ini juga terjadi pada program pengembangan kapas di Indonesia. Setelah ditetapkannya Undang-Undang Budi Daya Tanaman Nomor 12 tahun 1992 yang menyebutkan bahwa dalam budi daya tanaman pengendalian hama harus menerapkan PHT, maka pemahaman konsep PHT mulai digencarkan. Pemahaman konsep PHT ini dilakukan melalui sekolah lapangan PHT (SL-PHT) dan SL-PHT kapas merupakan bagian dari program pengembangan kapas yang telah diimplementasikan.

Tujuan penulisan PHT kapas ini adalah untuk memberikan pemahaman tentang pengelolaan serangga hama kapas, sehingga penerapan PHT dapat dilakukan secara tepat guna dan memberikan manfaat bagi petani kapas. Pengelolaan serangga hama kapas yang dibahas difokuskan pada hama utama kapas, yaitu wereng kapas dan penggerek buah kapas.

DASAR PHT KAPAS

Prinsip yang Digunakan

Tanaman kapas merupakan salah satu tanaman semusim yang banyak berasosiasi dengan serangga. Hal ini karena pada umumnya tanaman kapas, terutama varietas yang dikembangkan di Indonesia, merupakan tanaman yang mempunyai *extra-floral nectar* yaitu nektar yang diproduksi oleh bagian tanaman selain bunga. Tanaman kapas memproduksi ekstra nektar ini pada bagian daun. Ekstra nektar ini merupakan penarik serangga pemakan nektar, yang pada umumnya merupakan musuh alami pemakan tanaman (herbivora) atau yang biasa disebut serangga hama. Hasil inventarisasi serangga yang berasosiasi dengan tanaman kapas didapatkan 21 spesies serangga hama (Nurindah 2002), 51 spesies parasitoid dan 40 spesies predator (Nurindah dan Indrayani 2002). Banyaknya jumlah spesies serangga yang berasosiasi dengan tanaman kapas merupakan satu keuntungan dalam pengelolaan serangga hama, karena akan meningkatkan peluang interaksi antarspesies; dan jika dalam suatu ekosistem terjadi interaksi antarspesies yang tinggi,

maka interaksi yang dominan adalah predatisme (Hedy dan Kurniati 1996). Terjadinya interaksi predatisme ini semakin meningkatkan peluang untuk dapat memanfaatkan musuh alami, terutama predator, dalam pengendalian hama kapas.

Tujuan terpenting dari PHT adalah mengatur agar populasi hama selalu berada pada tingkat yang tidak merusak atau merugikan secara ekonomi. Selain itu PHT juga bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan insektisida kimia sintetis yang berspektrum luas dan menggantikannya dengan teknik pengendalian lain, misalnya dengan menggunakan agens hayati, pengendalian secara kultur teknis atau menggunakan varietas tanaman yang tahan terhadap hama atau penyakit, dikombinasikan dengan penggunaan insektisida selektif (Naranjo *et al.* 2003). PHT memerlukan pemahaman yang luas, tidak hanya pengetahuan tentang hama, tetapi juga tentang musuh alaminya dan teknik-teknik pengendalian alternatif (Kogan 1998). Pemahaman tentang hal ini merupakan hal yang sangat penting dalam pengelolaan tanaman oleh petani (Ooi 1996).

Salah satu pendekatan PHT adalah pemantauan populasi hama dan musuh alaminya serta penggunaan ambang kendali dalam menentukan pengelolaan hama. Untuk dapat melakukan ini secara efektif diperlukan pengetahuan tentang perkembangan populasi hama serta dinamika populasinya serta faktor-faktor mortalitas alami pada beberapa kondisi iklim. Hal ini dapat dipelajari dengan melakukan analisis agroekosistem. Dengan memahami interaksi antara hama dan faktor mortalitasnya, terutama faktor mortalitas biotik yaitu musuh alaminya, maka pengembangan PHT dalam suatu agroekosistem dapat diterapkan dengan mantap.

Fokus Pengelolaan

Berdasarkan kondisi pertanaman kapas yang dapat memberikan peluang terjadinya interaksi predatisme, maka pengembangan PHT kapas difokuskan pada pemanfaatan musuh alami, terutama predator, dalam pengelolaan hama. Fokus dalam pemanfaatan musuh alami ini merupakan prinsip dalam penerapan PHT kapas. Oleh karena itu, pengetahuan tentang serangga hama kapas dan interaksi dengan faktor mortalitas biotiknya, terutama predator dan parasitoidnya, harus dipahami sebagai prasyarat dalam melakukan pengelolaan hama. Dalam petunjuk pelaksanaan penerapan PHT kapas di Australia, direkomendasikan bahwa dalam pemantauan populasi serangga hama, jika ditemukan 2 ekor predator, maka jumlah serangga hama yang teramati dikurangi 1 (Mensah 2002). Hal ini menunjukkan bahwa pengambilan keputusan untuk melakukan tindakan pengendalian berdasarkan nilai ambang kendali sangat ditentukan oleh keberadaan predator, atau dengan kata lain, musuh alami, terutama predator, merupakan komponen penting dalam pengelolaan serangga hama kapas.

Untuk dapat mengoptimalkan peran predator sebagai faktor mortalitas biotik serangga hama kapas, maka penyediaan lingkungan yang mendukung untuk peningkatan populasi predator dalam pertanaman menjadi hal yang utama dalam pengelolaan serangga

hama kapas. Penyediaan lingkungan yang mendukung perkembangan populasi predator tersebut meliputi penyediaan pakan dan penyediaan tempat berlindung (*shelter*). Penyediaan pakan dapat berupa inang atau mangsa, dan pakan dari derivat tanaman, seperti serbuk sari, nektar, *extra-floral* nektar, dan embun madu (Coll dan Guershon 2002; Hagen 1986; Wackers dan van Rijn 2005). Pakan tersebut dapat terbukti dapat meningkatkan fekunditas, lama hidup, dan daya cari parasitoid dan predator (Lavandero *et al.* 2006; Wade dan Wratten 2007). Peningkatan keragaan parasitoid dan predator tersebut selanjutnya akan meningkatkan efektivitas parasitoid dan predator dalam mencari inang atau mangsa, sehingga serangga hama dapat ditekan populasinya. Dengan demikian, penyediaan pakan bagi musuh alami dapat meningkatkan populasi musuh alami pada suatu agroekosistem karena terjadi: (1) migrasi musuh alami ke area yang ada serangga hamanya; (2) pencegahan perpindahan musuh alami; (3) peningkatan populasi melalui kelahiran; dan (4) penurunan populasi hama karena kematian.

Peningkatan populasi musuh alami melalui pengelolaan habitat telah banyak dilakukan dalam budi daya kapas. Penambahan keanekaragaman vegetasi melalui sistem tanam tumpang sari kapas dengan palawija dilaporkan dapat meningkatkan populasi musuh alami hingga 79% dan menyebabkan populasi hama utama kapas tidak pernah mencapai ambang kendali (Nurindah dan Sunarto 2006). Penggunaan tanaman perangkap yang berdasar pada preferensi serangga hama yang lebih tinggi pada jenis tanaman tertentu dibandingkan dengan tanaman utama merupakan salah satu strategi pengendalian hama melalui pengelolaan habitat (Hokkanen 1991; Foster dan Harris 1997; Shelton dan Badenes-Perez 2006; Cook *et al.* 2007). Prinsip dari penggunaan tanaman perangkap adalah mengalihkan ketertarikan serangga hama pada tanaman utama ke tanaman yang lebih disukai. Contoh penggunaan tanaman perangkap pada pertanaman kapas adalah penanaman alfalfa secara *strip cropping* dengan kapas dapat secara nyata menekan populasi kepik mirid *Lygus hesperus* di California (Shelton dan Badenes-Perez 2006) dan *Creontiades dilutes* di Australia (Mensah dan Khan 1997). Penyediaan lingkungan yang mendukung perkembangan populasi musuh alami merupakan tindakan pencegahan (preventif) terhadap serangan serangga hama yang merugikan dan hendaknya sudah direncanakan dalam budi daya kapas.

Pengelolaan habitat untuk memberi peluang musuh alami agar dapat berkembang biak dan berfungsi sebagai faktor mortalitas biotik yang efektif merupakan prinsip utama penerapan PHT kapas. Prinsip ini juga memberikan peluang untuk konservasi musuh alami dan mendukung terwujudnya sistem pengendalian hama yang berkelanjutan.

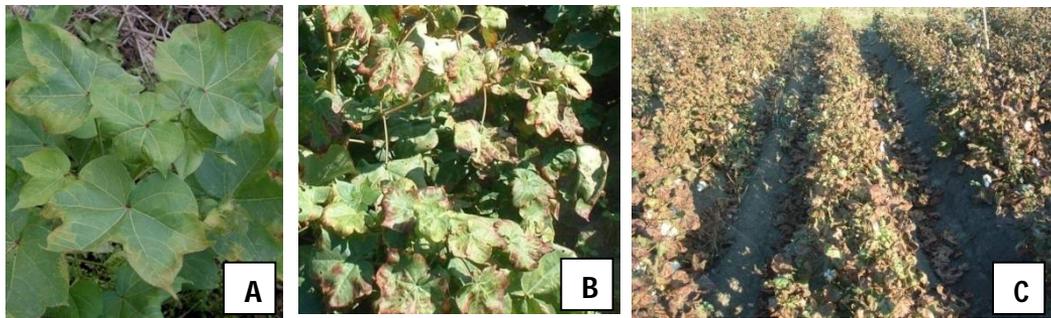
PENGEMBANGAN PHT KAPAS DI INDONESIA

Pemahaman Ekologi Serangga Hama dan Musuh Alaminya

PHT kapas di Indonesia mulai dikembangkan pada tahun 1980-an yang dimulai dengan penelitian-penelitian dasar yang meliputi pemahaman ekologi hama, penyakit, dan

musuh alaminya. Dari penelitian dinamika populasi hama dan musuh alaminya disimpulkan bahwa serangga hama utama (*key pest*) tanaman kapas adalah wereng kapas *Amrasca biguttula* (Ishida) (Syn. *Empoasca devastans* Distant) dan hama penting adalah penggerek buah merah jambu, *Pectinophora gossypiella* Saunders (Nurindah 2002).

Wereng kapas menyerang tanaman kapas pada awal pertumbuhan tanaman, yang diserang adalah daun. Gejala serangan yang ditimbulkan adalah daun menjadi kemerahan yang dimulai pada bagian tepi dan melengkung ke bawah, selanjutnya daun menjadi kemerahan dan pada serangan yang parah, daun menjadi berwarna coklat seperti terbakar (*hopper burn*) (Gambar 1). Terjadinya gejala daun menjadi kemerahan disebabkan karena selama mengisap cairan daun, wereng ini mengeluarkan zat yang bersifat toksik bagi tanaman. Pada varietas kapas yang rentan, serangan yang terjadi pada umur tanaman 4 minggu dan tidak dikendalikan akan menyebabkan kematian tanaman pada umur 6 minggu. Tanaman kapas yang mempunyai morfologi daun dengan jumlah trikoma yang tinggi (biasanya disebut daun berbulu lebat) merupakan tanaman yang dapat terhindar dari serangan wereng kapas, karena trikoma yang lebat pada daun menyebabkan serangga ini kesulitan untuk mengisap cairan daun, sehingga menghindari untuk membentuk populasi pada tanaman tersebut.



Gambar 1. Gejala serangan wereng kapas: A. gejala awal; B: gejala serangan lanjut; C. gejala serangan *hopper burn*

Penggerek buah merah jambu merupakan hama penting tanaman kapas. Serangga hama ini menyerang tanaman kapas pada waktu tanaman mulai membentuk *square* dan berlanjut menyerang buah muda maupun tua. Serangga ini meletakkan telur pada kelopak *square*, bunga, maupun buah (*bract*) dan setelah menetas langsung masuk menggerek buah, berkembang di dalam buah dengan memakan bakal biji kapas. Mendekati masa berpupa, larva menggerek buah keluar dan berpupa di luar buah, biasanya agak tersembunyi untuk menghindari serangan parasitoid atau predatornya. Bunga kapas yang terserang menunjukkan gejala bunga roset, yaitu bunga yang tidak dapat mekar. Buah kapas yang terserang biasanya tidak menunjukkan gejala serangan yang jelas, tetapi buah tersebut tidak

dapat mekar dengan sempurna, pada lokul-lokul yang terserang terjadi kerusakan serat dan biji (Gambar 2). Serangan *P. gossypiella* pada kapas yang tidak dikendalikan dapat menurunkan produksi kapas berbiji hingga 60–80% (Rizal *et al.* 1999). Pada pertanaman kapas yang ditanam terlambat hingga 30 hari menyebabkan serangan *P. gossypiella*, sehingga kehilangan produksi yang diakibatkannya dapat mencapai 92% (Sangareddy dan Patil 1997).



Gambar 2. Serangan *P. gossypiella*: A. pada bunga menunjukkan gejala bunga roset; B. pada buah muda; C. pada buah yang telah mekar

Musuh alami wereng kapas yang telah dikoleksi dan diidentifikasi terdiri atas 2 spesies predator Lalat Asilid (Nurindah dan Indrayani 2002) dan sedikitnya 2 spesies parasitoid telur, *Anagrus* spp. (Putri 2011). Populasi musuh alami wereng kapas baru terbangun setelah terdapat populasi wereng pada pertanaman kapas. Laju reproduksi musuh alami wereng pada umumnya lebih lambat dibandingkan wereng kapas, sehingga pada varietas-varietas kapas yang tidak tahan seringkali pertumbuhan populasi wereng kapas sangat cepat dan tidak dapat dikendalikan oleh musuh alaminya. Musuh alami *P. gossypiella* yang telah diidentifikasi terdiri atas 2 spesies parasitoid telur (*Trichogrammatoidea* spp.) dan 5 spesies parasitoid larva (*Apanteles* spp., *Bracon* sp., dan *Brachymeria* spp.) (Nurindah *et al.* 2004a). Predator yang memangsa *P. gossypiella* merupakan predator umum, seperti laba-laba dan semut. Predator yang spesifik memangsa penggerek buah ini belum pernah diamati, karena pada umumnya larva terdapat di dalam buah, sehingga terhindar dari pemangsaan.

Penelitian Komponen PHT Kapas

Berdasarkan hasil penelitian dinamika populasi dan faktor-faktor mortalitas yang mempengaruhi perkembangan populasi wereng kapas dan penggerek buah merah jambu, maka pengembangan PHT kapas diarahkan pada perakitan varietas tahan wereng, yaitu varietas yang mempunyai morfologi daun dengan jumlah trikoma yang banyak (daun berbulu) dan mempunyai potensi produksi dan mutu serat yang tinggi. Sampai dengan tahun

2011 telah didapatkan 7 varietas kapas yang mempunyai ketahanan moderat terhadap wereng kapas dan potensi produksi 2,5–3,0 ton per hektar, yaitu Kanesia 8, Kanesia 9, Kanesia 11, Kanesia 12, Kanesia 13, Kanesia 14, dan Kanesia 15 (Sulistyowati dan Sumartini 2007).

Penggunaan varietas kapas yang mempunyai ketahanan moderat terhadap serangan wereng kapas ini hanya dapat menghambat perkembangan populasi wereng hingga 40 hari setelah tanam. Penggunaan insektisida yang diaplikasikan dengan menyemprotkannya pada tanaman (*foliar spray*) menyebabkan serangga-serangga berguna, termasuk predator, juga terbunuh. Akibat selanjutnya adalah terjadi perkembangan populasi penggerek buah *Helicoverpa armigera* (Hübner), karena musuh alaminya yang seharusnya dapat berfungsi secara efektif sebagai pembatas pertambahan populasinya, ikut terbunuh. Kondisi ini berakibat pada kerusakan *square* dan buah oleh penggerek buah tersebut yang langsung berpengaruh terhadap produksi kapas berbiji. Padahal, *H. armigera* sebenarnya hanya merupakan serangga hama kapas potensial, yaitu serangga hama yang dapat menjadi perusak jika kondisi lingkungannya mendukung, seperti terbatasnya populasi musuh alami akibat penyemprotan insektisida (Nurindah dan Sudarmo 1993; Nurindah *et al.* 2004b). Oleh karena itu, untuk menghindari dilakukannya *foliar spray* pada varietas kapas yang mempunyai ketahanan moderat terhadap wereng perlu dilakukan perlakuan benih dengan insektisida sistemik sebelum benih ditanam. Perlakuan benih dengan insektisida sistemik tersebut dapat mengendalikan populasi wereng kapas hingga 70 hari setelah tanam (Soebandrijo *et al.* 1988).

Terjadinya serangan *H. armigera* sebagai akibat dari terbunuhnya musuh alaminya karena penyemprotan insektisida untuk mengendalikan populasi wereng kapas menyebabkan penggerek buah ini sebagai hama penting tanaman kapas. Oleh karena itu, pada awal pengembangan PHT kapas dilakukan penelitian-penelitian komponen PHT yang targetnya adalah pengendalian *H. armigera* secara efektif. Komponen pengendalian yang dikembangkan adalah pengendalian secara hayati dengan menggunakan parasitoid telur (Nurindah *et al.* 1991; 1993), patogen serangga (Indrayani dan Gothama 1991), tanaman perangkap (Soebandrijo *et al.* 1994), atau secara budi daya (Subiyakto *et al.* 1990). Selain itu dikembangkan sistem pengendalian dengan insektisida berdasarkan ambang kendali (Topper dan Gothama 1986; Soenarjo dan Subiyakto 1988). Teknik pengendalian *H. armigera* secara hayati dengan parasitoid atau bioinsektisida berbahan aktif *H. armigera* nuclear polyhedrosis virus (*HaNPV*) tidak diterapkan sebagai komponen PHT kapas, karena dengan memadukan komponen pengendalian secara budi daya, yaitu menambah keanekaragaman vegetasi melalui sistem tanam tumpang sari, populasi *H. armigera* telah dapat terkendali secara alami oleh parasitoid dan predatornya (Nurindah *et al.* 2006).

Penelitian komponen PHT untuk pengendalian *P. gossypiella* pada kapas baru dilaksanakan pada tahun 1990-an. Dari hasil pemahaman dinamika populasi penggerek buah ini, maka parasitoid telur merupakan agens hayati yang paling potensial untuk meng-

dalikan populasi *P. gossypiella*, karena letak telur penggerek buah ini relatif lebih terpapar terhadap parasitoid dibandingkan larva yang terdapat di dalam buah. Memadukan sistem tanam kapas dengan kacang hijau dengan pelepasan parasitoid telur *Trichogrammatoidea bactrae* dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hingga 46% (Nurindah *et al.* 2012).

PENERAPAN PHT KAPAS

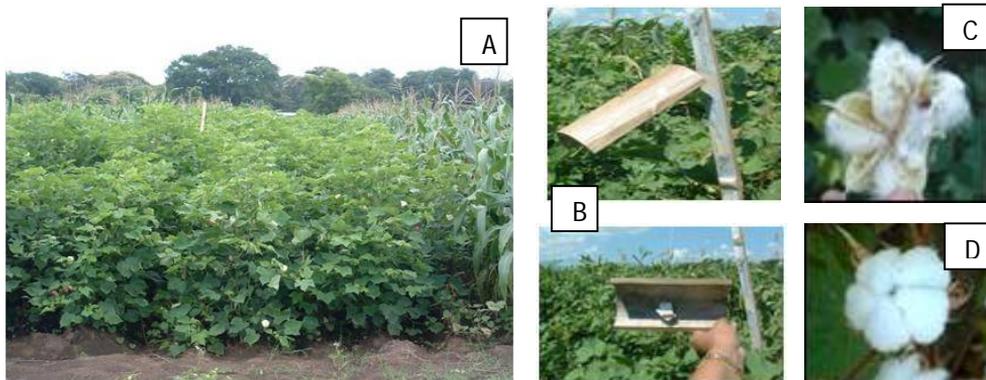
Prinsip dari strategi PHT meliputi pemantauan populasi hama dan tindakan pengendalian berdasarkan ambang kendali dan memadukan taktik pengelolaan tanaman yang sesuai, termasuk pengendalian hayati (Kogan 1998; Bernal 2008). PHT kapas yang dikembangkan di Indonesia juga menekankan pada tindakan pengendalian non-kimiawi. Dengan demikian sistem PHT bergantung pada agens hayati (predator, parasitoid, dan patogen serangga) sebagai penyebab mortalitas serangga hama.

Prinsip pemanfaatan musuh alami serangga hama secara optimal dalam pengelolaan hama memerlukan strategi dalam meningkatkan populasi agens hayati dalam pertanaman. Dengan kata lain, pengelolaan serangga hama dapat dilakukan melalui konservasi musuh alaminya sehingga terjadi optimalisasi perannya sebagai faktor pembatas perkembangan populasi hama. Beberapa strategi yang dapat diterapkan adalah augmentasi parasitoid, penggunaan tanaman penarik, dan penyemprotan makanan.

Augmentasi parasitoid telah banyak dilakukan dalam sistem pengendalian hayati tanaman pertanian dan perkebunan. Untuk tanaman kapas, augmentasi parasitoid telur banyak dilakukan untuk mengendalikan populasi *H. armigera* (Nurindah *et al.* 1991; 1993) dan *P. gossypiella* (Sekhon dan Varma 1983; Pawar dan Prasad 1985; Ahmad *et al.* 1996; El-Havez dan Nada 2000). Pelepasan parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* Nagaraja sebanyak 100 pias (\pm 200.000 ekor) per hektar yang dimulai pada 45–70 hst dengan selang pelepasan setiap 7 hari dapat secara efektif mengendalikan populasi *H. armigera* pada kapas (Nurindah *et al.* 1991; 1993). Akan tetapi, karena pengendalian *H. armigera* dapat dikendalikan secara lebih efisien dengan penambahan keanekaragaman vegetasi dan aplikasi insektisida sistemik sebagai perlakuan benih sebelum tanam, maka pelepasan parasitoid telur ini tidak lagi direkomendasikan sebagai komponen pengendalian *H. armigera*. Pelepasan parasitoid telur *T. bactrae* sebanyak 100 pias pada 40–70 hst dengan selang pelepasan setiap 10 hari dikombinasikan dengan penambahan keanekaragaman vegetasi dan aplikasi insektisida sistemik sebagai perlakuan benih sebelum tanam dapat meningkatkan efektivitas pengendalian *P. gossypiella* hingga 46% (Nurindah *et al.* 2012). Oleh karena itu, pelepasan *T. bactrae* direkomendasikan sebagai komponen pengendalian *P. gossypiella* dalam PHT kapas.

Penggunaan tanaman penarik atau *banker plants* merupakan suatu tindakan preventif untuk pengendalian hama dengan memanfaatkan musuh alaminya. Tanaman penarik

biasanya merupakan tanaman yang disukai oleh serangga hama yang bukan hama tanaman utama. Serangga hama yang menginfestasi tanaman penarik tersebut berfungsi sebagai inang atau mangsa alternatif dari parasitoid atau predator serangga hama tanaman utama. Untuk pengeloaan hama kapas di Indonesia, sistem tanam tumpang sari dengan palawija yang sudah diterapkan oleh petani dapat dikatakan sebagai penggunaan tanaman penarik dalam teknik pengendalian hama. Misalnya, kapas tumpang sari dengan kedelai dapat meningkatkan populasi predator hingga 20% dan meningkatkan efektivitas pengendalian *H. armigera*. Hal ini dapat terjadi karena kedelai diinfestasi oleh aphid yang merupakan mangsa predator, terutama kumbang kubah dan sebagai inang parasitoid dari Family Eulophidae. Kapas tumpang sari dengan jagung dapat meningkatkan populasi predator dan parasitisasi telur *H. armigera* pada kapas (Gambar 3 A). Hal ini terjadi karena ngengat *H. armigera* mempunyai preferensi yang tinggi untuk meletakkan telur pada rambut jagung. Pada satu kelompok rambut jagung dapat diletakkan telur hingga 40 butir dan terjadi parasitisasi hingga 80% serta pemangsaan oleh kepik mirid atau kumbang kubah (Sujak *et al.* 2005). Oleh karena itu, pada pertanaman tumpang sari kapas dengan kacang hijau terjadi peningkatan parasitoid telur dan predator. Sebagai tanaman penarik yang dapat menyediakan pakan bagi agens hayati maka tanaman penarik tersebut dapat berfungsi sebagai media untuk mendatangkan agens hayati dan sekaligus mengonservasi agens hayati serta penekanan populasi serangga hama pada tanaman utama dalam periode yang lama (Hansen 1983; Bennison 1992).



Gambar 3. A. Kapas tumpang sari dengan jagung; B. Stasiun pelepasan parasitoid telur; C. Buah kapas mekar yang rusak karena *P. gossypiella*; D. Buah kapas mekar sempurna

Penyemprotan tanaman dengan pakan untuk parasitoid dan predator sebagai usaha untuk meningkatkan populasi agens hayati tersebut pada suatu agroekosistem merupakan teknik konservasi musuh alami yang relatif baru. Penyemprotan tanaman dengan pakan untuk parasitoid dan predator (biasanya mengandung karbohidrat dan protein dari derivat

tanaman) pada dasarnya memberikan tambahan sumber pakan bagi agens hayati tersebut (Ben-Saad dan Bishop 1976; Mensah dan Singleton 2003), sehingga dapat meningkatkan populasi musuh alami, terutama predator umum seperti kumbang kubah (Ordo Coleoptera) (Evans dan Richards 1997) dan sayap jala (Ordo Neuroptera) (Hagen *et al.* 1971). Pada pertanaman kapas di Australia penyemprotan pakan untuk agens hayati dipadukan dengan strategi PHT yang lain memberikan hasil yang positif (Wade *et al.* 2008). Kelayakan penyemprotan pakan untuk parasitoid dan predator serangga hama kapas di Indonesia saat ini masih dalam tahap penelitian, tetapi teknik ini mempunyai prospek yang baik untuk digunakan sebagai salah satu komponen PHT kapas yang efektif dan efisien.

Berdasarkan hasil penelitian dan penerapan PHT kapas, maka dapat disusun standar operasional prosedur (SOP) PHT kapas sebagai berikut:

1. Prinsip Dasar Pengendalian Hama Kapas

1. Pengendalian hama kapas ditekankan pada teknik pengendalian non-kimiawi.
2. Teknik pengendalian ditekankan pada pemanfaatan kekuatan alami yang terdapat di sekitar pertanaman dan pemanfaatan pestisida botani yang dijumpai di daerah tersebut.

2. Standar Penerapan PHT

1. Jika digunakan varietas kapas yang mempunyai ketahanan moderat terhadap *A. biguttula*, sebelum ditanam dilakukan perlakuan benih dengan insektisida kimia sistemik berbahan aktif imidakloprid, (misalnya Confidor 200 SL-imidakloprid 200g/l dosis 5–10 ml/kg benih atau Winder 100 EC-imidakloprid 100 g/l dosis 20 ml/kg benih).
2. Tanam tepat waktu dan serempak dalam satu hamparan. Untuk kapas tadah hujan (lahan kering), ditanam sesuai minggu paling lambat (MPL), atau dapat diajukan 2–3 minggu sebelum MPL sesuai dengan rekomendasi Balittas (Riajaya 2002).
3. Melaksanakan tata tanam tumpang sari kapas + kedelai; kapas + kacang hijau atau kapas + jagung untuk menambah keanekaragaman tanaman dan menarik musuh alami. Jika tersedia, sebaiknya digunakan mulsa jerami padi pada pola tumpang sari kapas dengan kedelai atau kacang hijau, untuk mencegah serangan lalat bibit atau lalat kacang, yang umumnya muncul pada 5–15 hari setelah tanam.
4. Memanfaatkan sisa-sisa tanaman dan serasah sebagai penutup tanah dan sumber bahan organik di antara barisan kapas dan apabila memungkinkan diikuti dengan penyiangan terbatas (25 cm) di sekitar batang kapas, baik pada pola monokultur maupun tumpang sari. Keadaan ini akan merangsang perkembangan populasi artropoda tanah yang merupakan pakan pelengkap alternatif bagi musuh alami, terutama dari golongan predator.
5. Melakukan pemantauan populasi serangga hama dan musuh alaminya setiap 5–7 hari.
6. Memotong pucuk-pucuk tanaman kapas yang terserang *E. vittella* dan memusnahkannya, khususnya untuk tanaman sampai umur 50 hari. Memungut dan memusnahkan bunga kapas yang menunjukkan gejala roset untuk mengendalikan hama *P. gossypiella*.

7. Sanitasi lahan sebelum dan sesudah musim tanam serta sanitasi gudang untuk mencegah infestasi hama *P. gossypiella*. Serangga ini mampu bertahan hidup dan berdiapause pada buah dan biji kapas di lapangan maupun di gudang.
8. Kalau daerah kapas merupakan lokasi serangan ulat tanah atau uret/lundi, digunakan insektisida sistemik karbofuran (misalnya, Furadan 3G) dengan dosis sesuai rekomendasi (Komisi Pestisida 2009).

3. Tindakan Pengendalian

Tindakan pengendalian perlu dilakukan jika populasi hama telah mencapai ambang kendali. Ambang kendali serangga hama kapas tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Ambang kendali serangga hama kapas

Serangga hama	Ambang kendali
Wereng kapas <i>A. biguttula</i>	13 tanaman terinfestasi dan menunjukkan gejala serangan/25 tanaman contoh.
Penggerek buah kapas <i>H. armigera</i>	4 tanaman terinfestasi/25 tanaman contoh. Apabila dalam pengamatan dijumpai predator (misalnya, semut merah, kepik mirid, kumbang kubah, atau laba-laba) sebanyak 8 ekor/25 tanaman contoh, maka jumlah tanaman yang terinfestasi yang teramati dikurangi satu.

Tindakan pengendalian untuk menekan populasi *A. biguttula*:

1. Jika populasi sudah mencapai ambang dilakukan penyemprotan dengan insektisida kimia yang bersifat sistemik, misalnya imidakloprit antara lain Confidor 5 WP atau Confidor 200 SL dengan dosis sesuai anjuran.

Tindakan pengendalian untuk menekan populasi *H. armigera*:

Apabila populasi *H. armigera* telah mencapai populasi ambang kendali, dilakukan penyemprotan insektisida. Pemilihan pestisida terutama adalah pestisida non-kimiawi (insektisida botani atau bioinsektisida) dan insektisida kimia merupakan pilihan terakhir.

1. Penyemprotan insektisida nabati ekstrak biji mimba (EBM). Konsentrasi yang digunakan 15 g serbuk biji mimba (SBM)/l air atau 3 ml OrgaNeem/l air. Untuk tanaman umur 30 sampai 60 hari dibutuhkan 4,5–7,5 kg SBM/ha atau 450–750 ml OrgaNeem dengan volume larutan semprot 150–250 l/ha. Sedang untuk tanaman berumur lebih dari 60 hari dibutuhkan SBM 7,5–10,5 kg/ha atau 750–1.000 ml OrgaNeem dengan volume larutan semprot 250–350 l/ha.
2. Penyemprotan virus *H. armigera*-NPV (*HaNPV*). Dosis yang digunakan adalah 6×10^{12} PIB/ha atau ekuivalen dengan jumlah virus yang terdapat di dalam 150 ekor ulat *H. armigera* instar-5 dan 6 yang mati terinfeksi virus tersebut. Aplikasi dilakukan dengan menyemprotkan cairan larutan (suspensi) virus ke tajuk tanaman kapas dengan volume semprot 400–500 l/ha.
3. Penyemprotan insektisida kimiawi sebagai alternatif terakhir, yaitu apabila NPV dan mimba tidak mampu menekan populasi *H. armigera*. Aplikasi paling awal disarankan

pada saat tanaman berumur 75 hari. Insektisida yang direkomendasikan untuk *H. armigera* antara lain: Decis 25 EC, Buldok 25 EC, Sumialpha 25 EC, Petroban 200 EC, Zolone 350 EC, dan lain-lain (Komisi Pestisida 2009).

Tindakan pengendalian untuk menekan populasi *P. gossypiella*:

1. Pelepasan parasitoid telur *T. bactrae* dilakukan pada waktu tanaman telah memasuki masa pertumbuhan generatif (40–45 hari). Pelepasan dilakukan sebanyak 4–5 kali dengan selang waktu 10 hari. Jumlah parasitoid yang dilepas adalah 100 pias/ha/pelepasan.
2. Jika terdapat serangan *P. gossypiella*, yaitu telah ditemukan gejala bunga roset (Gambar 3 C), tindakan yang perlu dilakukan adalah penyemprotan insektisida yang aman, yaitu dengan pestisida botani. Penyemprotan dilakukan 2–4 kali dengan selang waktu 7–10 hari, dilakukan sejak ditemukan bunga roset. Dosis untuk penyemprotan adalah 15 g ekstrak SBM/l air atau 3 ml OrgaNeem/l air. Penyemprotan insektisida botani dapat dipadukan dengan pelepasan parasitoid.

PENUTUP

PHT kapas merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam sistem budi daya kapas yang efisien dan ramah lingkungan. Untuk dapat menerapkan PHT kapas yang benar diperlukan pemahaman yang menyeluruh tentang hubungan antara hama dan musuh alami, serta nilai ekonomis dari budi daya kapas. Untuk dapat memahami ini, pola Sekolah-Lapangan PHT (SL-PHT) kapas merupakan satu pendekatan yang tepat. Program SL-PHT dapat dipadukan dengan SL-Pengelolaan Tanaman Terpadu (SL-PTT) kapas yang sudah banyak diterapkan pada tanaman pangan. Penerapan PHT kapas di daerah pengembangan kapas di Lamongan pada 2004–2005 terbukti dapat mengendalikan populasi hama dan menekan biaya pengendalian hingga Rp500.000,00 per hektar dibandingkan sistem pengendalian secara konvensional. Oleh karena itu, sistem pengelolaan serangga hama kapas dengan mengoptimalkan peran musuh alami melalui cara-cara yang telah dibahas di atas perlu diterapkan untuk memperoleh pengendalian serangga hama yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan, sehingga dapat diwujudkan sistem pertanian yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., M. Ashraf, T. Hussain & B.F. Nasrullah. 1996. Significance of pheromones and parasites for the control of cotton bollworm. *Pakistan Journal of Zoology* 28:355–357.
- Armes, N.J., D.R. Jadhav & P.A. Lonergan. 1994. Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* (Hubner): Status and prospects for its management in India. *In* Constable, G.A. & Forrester, N.W. (eds.). *Proceedings of World Cotton Research Conference*. CSIRO, Melbourne, Australia, pp. 522–533.

- Bennison, J.A., 1992. Biological control of aphids on cucumbers use of open rearing systems or 'banker plants' to aid establishment of *Aphidius matricariae* and *Aphidoletes aphidimyza*. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen. Universiteit Gent 57:457–466.
- Ben Saad, A.A. & G.W. Bishop. 1976. Effect of artificial honeydews on insect communities in potato fields. *Environmental Entomology* 5:453–457.
- Bernal, J.S. 2008. Genetically modified crops and biological control with egg parasitoids. In Consoli, F. & Parra, J.R. (eds.), *Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma*. Elsevier BV, Amsterdam, The Netherlands.
- Coll, M. & M. Guershon. 2002. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. *Annual Review of Entomology* 47:267–297 (online Supplemental table, 7 p).
- Cook, S.M., Z.R. Khan & J.A. Pickett. 2007. The use of push–pull strategies in integrated pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 52:375–400.
- El-Havez, A.A. & M.A. Nada. 2000. Augmentation of *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja in the IPM programme for control of pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saund.) in Egypt. In Dogger, P. & Ritcher, D. (eds.), *Proceedings Beltwide Cotton Conferences, Vol. 2. National Cotton Council Memphis*. pp.1009–1015.
- Evans, E.W. & D.R. Richards. 1997. Managing the dispersal of ladybird beetles (Col.: Coccinellidae): use of artificial honeydew to manipulate spatial distributions. *Entomophaga* 42:93–102.
- Foster, S.P. & M.O. Harris. 1997. Behavioral manipulation methods for insect pest management. *Annual Review of Entomology* 42:123–146.
- Hagen, K.S. 1986. Ecosystem analysis: plant cultivars (HPR), entomophagous species and food supplements. In Boethel, D.J. & Eikenbary, R.D. (eds.), *Interactions of Plant Resistance and Parasitoids and Predators of Insects*. Horwood, Chichester, England. pp. 151–197.
- Hagen, K.S., E.F. Sawall Jr. & R.L. Tassan. 1971. The use of food sprays to increase effectiveness of entomophagous insects. In *Proceedings of Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management*. Tall Timbers Research Station, Tallahassee, Florida, Number 3. pp. 59–81.
- Hansen, L.S. 1983. Introduction of *Aphidoletes aphidimyza* (Rond.) (Diptera: Cecidomyiidae) from an open rearing unit for the control of aphids in glasshouses. *Bulletin SROP* 6:146–150.
- Hedy, S. & M. Kurniati. 1996. *Prinsip Dasar Ekologi: Suatu Batasan Tentang Kaidah Ekologi dan Penerapannya*. PT Raya Grafindo Persada, Jakarta.
- Hokkanen, H.M.T. 1991. Trap cropping in pest management. *Annu. Rev. Entomol.* 36:119–138.
- Indrayani, IG.A.A. & A.A.A. Gothama. 1991. Efisiensi pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) dengan nuclear polyhedrosis virus dan insektisida pada kapas. *Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri XVII(2)*: 37–42.
- Kogan, M. 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Entomol.* 43:243–270.
- Komisi Pesticida Indonesia. 2009. *Pesticida untuk Pertanian dan Kehutanan*. Direktorat Sarana Produksi, Ditjen Tanaman Pangan, Departemen Pertanian, Jakarta.
- Lavandero, B., S.D. Wratten, R.K. Didham & G. Gurr. 2006. Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: a double-edged sword? *Basic Applied Ecology* 7:236–243.
- Mensah, R.K. 2002. Development of an integrated pest management programme for cotton. Part 1. Establishing and utilizing natural enemies. *International Journal of Pest Management* 48:87–94.
- Mensah, R.K. & M. Khan. 1997. Use of *Medicago sativa* (L.) interplantings/trap crops in the management of the green mirid, *Creontiades dilutus* (Stål) in commercial cotton in Australia. *International Journal of Pest Management* 43:197–202.

- Mensah, R.K. & A. Singleton. 2003. Optimum timing and placement of a supplementary food spray enviro-feast for the establishment of predatory insects of *Helicoverpa* spp. in cotton systems in Australia. *International Journal of Pest Management* 49:163–168.
- Naranjo, S.E., J.R. Hagler & P.C. Ellsworth. 2003. Improved conservation of natural enemies with selective management systems for *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton. *Biocontr. Sci. Technol.* 13:571–587.
- Nurindah. 2002. Serangga hama kapas. Monograf Balittas No. 7: Kapas, Buku 2. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. hlm. 128–143.
- Nurindah & D.A. Sunarto. 2006. Efektivitas beberapa predator terhadap *Helicoverpa armigera* (Hubner) pada kapas tumpang sari dengan kedelai. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 12(3):116–120.
- Nurindah & IG.A.A. Indrayani. 2002. Musuh alami serangga hama kapas. Monograf Balittas No. 7: Kapas, Buku 2. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. hlm. 144–158.
- Nurindah & Mukani. 2006. Peningkatan daya saing agribisnis kapas dengan PHT di lahan sawah tadah hujan. *Dalam* E. Sulistyowati, M. Sahid, Nurindah, Nurheru, F.T. Kadarwati & Subiyakto. *Prosiding Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 35–42.
- Nurindah & S. Sudarmo. 1993. Pengaruh penyemprotan insektisida terhadap populasi musuh alami serangga hama kapas. *Buletin Tembakau dan Serat* No. 02/09/1993:12–16.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2004a. Eksplorasi dan uji keragaan parasitoid penggerek buah kapas *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera: Gelechiidae). *Jurnal Entomologi Indonesia* 1(1):18–26.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2004b. Pengaruh penyemprotan insektisida terhadap perkembangan populasi laba-laba dan wereng kapas *Amrasca biguttula* (Ishida) (Homoptera: Cicadellidae). *Prosiding Lokakarya Pengembangan Kapas Dalam Rangka Otoda*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan, Bogor. hlm. 62–66.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2012. Efektivitas dan kompatibilitas ekstrak biji mimba (EBM) untuk mengendalikan kompleks penggerek buah kapas (*Helicoverpa armigera* Hubner dan *Pectinophora gossypiella* Saunders). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat* 23(1):48–60.
- Nurindah, D.H. Parmono & Sujak. 2006. Faktor mortalitas biotik *Helicoverpa armigera* (Hubner) pada kapas tumpang sari dengan kedelai. *Dalam* E. Sulistyowati, M. Sahid, Nurindah, Nurheru, F.T. Kadarwati & Subiyakto. *Prosiding Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan, Lamongan 8 September 2005*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. hlm. 110–117.
- Nurindah, Soebandrijo & D.A. Sunarto. 1991. Pengendalian *Helicoverpa armigera* (Hubner) dengan parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* N. pada kapas. *Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat* 6(2): 86–93.
- Nurindah, S. Sudarmo & T. Basuki. 1993. The effectiveness of *Trichogrammatoidea armigera* N. releases in the control of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Industrial Crops Research Journal* 5(2): 5–8.
- Ooi, P.A.C. 1996. Experiences in educating rice farmers to understand biological control. *Entomophaga* 41:375–385.
- Pawar, A.D. & J. Prasad. 1985. Evaluation of some exotic parasites in biocontrol of cotton bollworm in hararyana. *Indian Journal of Plant Protection* 13:21–24.
- Putri, Y.S.I. 2011. Kelimpahan parasitoid telur *Amrasca biguttula* Ishida (Hemiptera: Cicadellidae) pada pola tanam kapas monokultur dan tumpang sari dengan kedelai. *Skripsi S1 Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Malang*. 39 hlm.

- Riajaya, P.D. 2002. Kajian iklim pada tanaman kapas. Monograf Balittas No. 7: Kapas, Buku 2. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. hlm. 77–87.
- Rizal, M., D.A. Sunarto, IG.A.A. Indrayani, Subiyakto & Soebandrijo. 1999. Dinamika populasi ulat buah merah kapas di Asembagus, Jawa Timur. Prosiding Seminar Nasional Tantangan Entomologi pada Abad XXI, PEI Cabang Bogor dan Proyek PHT. hlm. 231–237.
- Sangareddy, N.K. & B.V. Patil. 1997. Studies on pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) incidence and its natural enemies on cotton in Tungabhadra. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 10:226–228.
- Sekhon, B.S. & G.C. Varma. 1983. Parasitoid of *Pectinophora gossypiella* (Lep.: Gelechiidae) and *Earias* spp. (Lep.: Noctuidae) in the Punjab. Entomophaga 28:45–53.
- Shelton, A.M. & F.R. Badenes-Perez. 2006. Concepts and applications of trap cropping in pest management. Annu. Rev. Entomol. 51:285–308.
- Soenarjo, E. & Subiyakto. 1988. Sampling for cotton insects: sampling for monitoring of *Heliothis* populations based on its within-plant distribution. Project for Development of Integrated Cotton Pest Programme in Indonesia. AG:DP/INS/83/25. Field Doc. 11: 20 p.
- Soebandrijo, Nurindah, A.A.A. Gothama & Mukani. 1988. Pengaruh insektisida benih terhadap biaya pengendalian hama dan pendapatan usaha tani. Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat 3(1):9–14.
- Soebandrijo, Nurindah, IG.A.A. Indrayani & A.M. Amir. 1994. Pengendalian serangga hama kapas di Indonesia. Jurnal Penelitian & Pengembangan Pertanian 13(2):53–58.
- Subiyakto, Soebandrijo & M. Sahid. 1990. Pengaruh tumpang sari kapas dengan jagung terhadap pengendalian ulat *Helicoverpa armigera* (Hubner) pada kapas. Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri XV(2): 17–25.
- Sujak, Nurindah & D.A. Sunarto. 2005. Keanekaragaman parasitoid telur *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman jagung di lahan sawah Lombok Barat NTB. Dalam J. Subagya, E. Semiarti, R.S. Kasiandari, R. Pratiwi & T.R. Nuringtyas (Editor), Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Biologi XIII dalam rangka Lustrum X Fakultas Biologi UGM. PBI Cabang Yogyakarta dan Fakultas Biologi Universitas Gajah Mada. hlm. 697–700.
- Sulistiyowati, E. & S. Sumartini. 2007. Model sistem perbenihan kapas: sebuah pemikiran untuk mendukung pengembangan kapas di Indonesia. Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 61–67.
- Topper, C.P. & A.A.A. Gothama. 1986. Integrated pest management of cotton pests in Indonesia. Report on Cotton Pest Threshold Trials in the 1984/85 Season, Volume one. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat. 27 p.
- Untung, K. 2002. Penerapan konsep pengendalian hama terpadu sebagai proses pemberdayaan petani. Prosiding Seminar Nasional Rapat Koordinasi Wilayah III, Himpunan Mahasiswa Perlindungan Tanaman Indonesia.
- Wačckers, F.L. and van Rijn, P.C.J., 2005. Food for protection: an introduction. In Wačckers, F.L., van Rijn, P.C.J. & Bruin, J. (eds.), Plant Provided Food and Herbivore-Carnivore Interactions. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 1–14.
- Wade, M.R. & S.D. Wratten. 2007. Excised or attached inflorescences? Methodological effects on parasitoid wasp longevity. Biological Control 40:347–354.
- Wade, M.R., J.E. Hopkinson & M.P. Zalucki. 2008. Influence of food supplementation on the fitness of two biological control agents: a predatory nabid bug and a bollworm pupal parasitoid. Journal of Pest Science 81(2):99–107.

TEKNIK PERBANYAKAN PARASITOID TELUR *Trichogrammatidae*

Sujak dan Nurindah^{*)}

PENDAHULUAN

Parasitoid telur dari famili *Trichogrammatidae* telah dimanfaatkan secara luas sebagai salah satu agens hayati dalam pengendalian hama. *Trichogramma* dan *Trichogrammatoidea* merupakan jenis parasitoid telur yang banyak dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dari Ordo *Lepidoptera* (bangsa ngengat dan kupu) pada tanaman pangan, perkebunan, dan kehutanan (Hasan 1993; Pinto dan Stouthamer 1994; Kalshoven 1981). *Trichogrammatoidea japonicum* Ashm. dan *Trichogramma nana* merupakan parasitoid telur yang telah digunakan untuk mengendalikan hama penggerek batang padi dan penggerek tebu (*Chilo scirpophaga* dan *Chilo infuscatellus*) (Kalshoven 1981).

Pemanfaatan parasitoid telur *Trichogrammatidae* pada tanaman kapas di Indonesia dimulai setelah dilakukan eksplorasi dan penelitian tentang pemanfaatan parasitoid telur ini (Nurindah dan Bindra 1988). Hasil eksplorasi dari beberapa wilayah pengembangan kapas di Indonesia diperoleh tiga spesies parasitoid telur penggerek buah kapas, *Helicoverpa armigera* (Hubner), yaitu *Trichogrammatoidea armigera* Nagaraja, *Trichogrammatoidea guamensis* Nagaraja, dan *Trichogramma chilo traeae* Nagaraja & Nagarkati. *Trichogrammatoidea armigera* yang merupakan spesies dominan pada tanaman kapas dan telah digunakan dalam pengendalian *H. armigera* dengan teknik augmentasi (pelepasan massal) (Nurindah *et al.* 1991; 1993). Eksplorasi parasitoid telur penggerek buah merah jambu, *Pectinophora gossypiella* (Ishida), pada tanaman kapas di Lamongan dan Situbondo diperoleh satu spesies, yaitu *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja. (Nurindah *et al.* 2004). Spesies ini dapat mengendalikan *P. gossypiella* secara efektif pada pertanaman kapas di Asembagus (Nurindah *et al.* 2009; 2010).

Penggunaan parasitoid telur *Trichogrammatidae* untuk pengendalian hayati penggerek buah kapas dilakukan dengan teknik inundasi, yaitu melepas sebanyak 200.000 ekor parasitoid per hektar setiap 5 hari mulai umur 35–90 hari (Nurindah *et al.* 1992). Teknik pelepasan secara inundasi memerlukan sejumlah besar individu parasitoid. Untuk memenuhi kebutuhan ini, parasitoid diperbanyak secara massal dengan menggunakan telur inang pengganti. Penggunaan inang pengganti dalam produksi massal parasitoid telur merupakan alternatif teknik produksi yang efisien, terutama untuk produksi parasitoid secara

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

komersial. Telur inang pengganti yang digunakan untuk produksi massal Trichogrammatidae antara lain dari spesies *Sitotroga cerealella* Oliver, *Ephestia kuehniella* Zeller, *Phyllosamia cynthia ricini* Donovan dan *Antheraria pernyi* Guérin-Ménéville (Li 1994).

Tujuan penulisan ini adalah untuk menjelaskan secara rinci teknik perbanyakan massal *C. cephalonica* sebagai inang pengganti parasitoid telur *Trichogramma* spp. dan *Trichogrammatoidea*. Teknik perbanyakan parasitoid telur ini tidak hanya dapat digunakan dalam program pengendalian hama kapas saja, tetapi juga dapat digunakan dalam program pengendalian hayati hama pada komoditas lain yang menggunakan parasitoid telur dari famili Trichogrammatidae.

PERBANYAKAN *Corcyra cephalonica* SEBAGAI INANG PENGGANTI

Corcyra cephalonica dikenal sebagai hama gudang yang menyerang biji beras. Serangga ini digunakan sebagai inang pengganti untuk perbanyakan massal Trichogrammatidae karena pembiakannya mudah, media untuk pembiakannya mudah didapatkan, dan parasitoid telur dapat berkembang dengan baik (Nurindah *et al.* 1989).

Dalam pembiakan *C. cephalonica* fase yang sangat menentukan adalah fase larva, karena kualitas imago (yang akan menghasilkan telur) sangat dipengaruhi oleh tingkat kebugaran larva. Oleh karena itu, pemeliharaan pada fase larva perlu mendapat perhatian khusus. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam fase larva ini adalah kualitas pakan dan gangguan dari luar. Kualitas pakan berpengaruh terhadap kebugaran larva, sehingga diperlukan komposisi pakan yang tepat, yaitu yang dapat menjaga pertumbuhan larva secara normal dan menjaga tingkat reproduksinya. Gangguan dari luar adalah yang disebabkan oleh predator, yaitu tungau, semut, dan predator lain, dan gangguan pesaing makanan yaitu *Tribolium castaneum*, serta parasitoid *Bracon hebetor*. Gangguan dari luar tersebut menyebabkan larva mati secara massal.

Media untuk membiakkan larva *C. cephalonica* adalah campuran beras dan jagung tumbuk dengan perbandingan 1:2. *Corcyra cephalonica* pada fase larva sampai dengan pupa berada di dalam media antara 25–35 hari. Selama fase larva, media (pakan) perlu diadakan penambahan dan dikontrol kemungkinan ada gangguan predator atau parasitoid. Setelah fase pupa, *C. cephalonica* akan muncul menjadi ngengat dan siap bertelur setelah melalui masa pre-oviposisi selama 1 hari. Satu ekor ngengat betina dapat menghasilkan ± 400 butir telur. Telur inilah yang digunakan sebagai media pembiakan parasitoid telur Trichogrammatidae. Secara rinci, prosedur pembiakan *C. cephalonica* dibahas pada subbab berikut.

Prosedur Perbanyak *Corcyra cephalonica*

1. Stadium Larva

A. Alat dan bahan yang digunakan untuk pemeliharaan larva

1. Nampan plastik dengan ukuran 30 cm x 40 cm, tinggi 5 cm
2. Penutup nampan dari bahan tripleks setebal 5 mm, dengan kawat kasa di bagian tengah untuk sirkulasi udara.
3. Rak tempat penyimpanan nampan yang terdiri atas 4 tingkat.
4. Beras dan jagung tumbuk sebagai media pakan dengan perbandingan 1:2.



A



B



C

Gambar 1. A. Nampan plastik berisi media pakan larva; B. Tutup napan dengan kawat kasa; C. Rak 4 tingkat tempat penyimpanan nampan.

B. Prosedur pemeliharaan

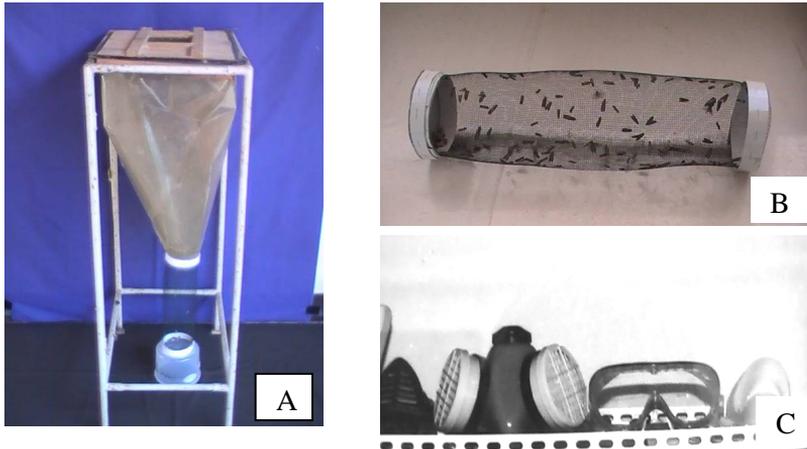
1. Nampan diisi dengan media pakan setebal 2 cm (\pm 1,5 kg campuran beras dan jagung tumbuk) (Gambar 1 A). Untuk memenuhi produksi 2–4 ml telur (setara dengan 36.000–72.000 butir telur) per hari secara berkesinambungan selama 3–4 bulan, diperlukan 96 nampan yang dibagi dalam 4 tahap pemeliharaan. Setiap tahap pemeliharaan terdiri atas 24 nampan, setiap tahap perbedaan umur larva adalah 1 minggu. Dengan demikian, dalam waktu 4 minggu terdapat 4 kelompok pemeliharaan yang berbeda umurnya.
2. Pada 24 nampan yang telah berisi media disebar telur *C. cephalonica* sebanyak 0,25 ml (\pm 4.500 butir) per media, kemudian ditutup dengan penutup nampan.
3. Nampan yang telah berisi telur disimpan dalam rak penyimpanan, ditumpuk maksimal 5 nampan (Gambar 1 C).

2. Stadium Imago

A. Alat dan bahan yang diperlukan untuk pemeliharaan imago

1. Alat pengumpul imago, terbuat dari bingkai kayu atau besi yang dihubungkan dengan corong yang terbuat dari plastik tebal. Ukuran bingkai sama dengan ukuran tutup nampan.

2. Sangkar imago, berbentuk silinder, terbuat dari kawat kasa diameter 10 cm, dan tinggi 25 cm.
3. Masker, jas laboratorium dan kaca mata pelindung.



Gambar 2. A. Alat pengumpul imago; B. Sangkar imago; C. Alat pelindung

B. Prosedur pengumpulan imago

1. Imago *C. cephalonica* yang baru muncul akan menempel pada tutup nampan. Pengumpulan imago dilakukan dengan mengangkat tutup nampan secara perlahan dan diletakkan pada bingkai pengumpul imago yang bagian bawahnya telah dipasang sangkar imago (Gambar 2 A), kemudian tutup nampan dipukul dengan tekanan kuat dan merata, sehingga imago yang menempel pada tutup nampan akan meluncur lewat corong masuk ke dalam sangkar.
2. Cara tersebut dilakukan pada semua nampan yang telah menghasilkan imago. Kapasitas satu sangkar adalah ± 100 ekor imago.
3. Sangkar imago yang telah berisi ngengat ditaruh di nampan plastik, kemudian disimpan pada ruang gelap (Gambar 2 B).
4. Selama proses pengumpulan imago, pekerja hendaknya memakai alat pelindung berupa masker, baju laboratorium, dan kaca mata pelindung untuk mencegah masuknya sisik-sisik imago ke dalam hidung, mulut, dan mata atau menempel ke badan (Gambar 2 C).

3. Pengumpulan Telur

A. Alat dan bahan yang dipakai untuk pengumpulan telur

1. Kuas dengan bulu halus, ukuran lebar 5 cm
2. Saringan halus

3. Nampan plastik ukuran 30 cm x 40 cm
4. Masker, kaca mata pelindung, dan jas laboratorium



Gambar 3. A. Alat pengumpul telur; B. Telur *C. cephalonica* yang diletakkan pada sangkar; C. Telur *C. cephalonica* yang telah terkumpul

B. Prosedur pengumpulan telur

1. Imago *C. cephalonica* yang disimpan di ruang gelap akan bertelur setelah 24 jam. Telur–telur tersebut diletakkan pada permukaan sangkar (Gambar 3 B.). Telur dikumpulkan dengan cara menyikat permukaan sangkar dalam gerakan satu arah menggunakan kuas secara perlahan. Telur–telur yang terlepas dari sangkar ditampung dalam nampan plastik.
2. Telur yang terkumpul biasanya bercampur dengan sisik–sisik sayap imago, kaki imago, dan kotoran–kotoran lain. Untuk memisahkan telur dengan kotoran yang berukuran besar digunakan saringan. Sedangkan untuk memisahkan kotoran yang berukuran sama atau lebih kecil dengan ukuran telur, digunakan kertas. Telur–telur diluncurkan beberapa kali pada kertas dengan posisi miring.
3. Telur yang sudah bersih digunakan untuk pembiakan parasitoid atau disebarkan untuk pembiakan inang.

PERBANYAKAN PARASITOID TELUR TRICHOGRAMMATIDAE

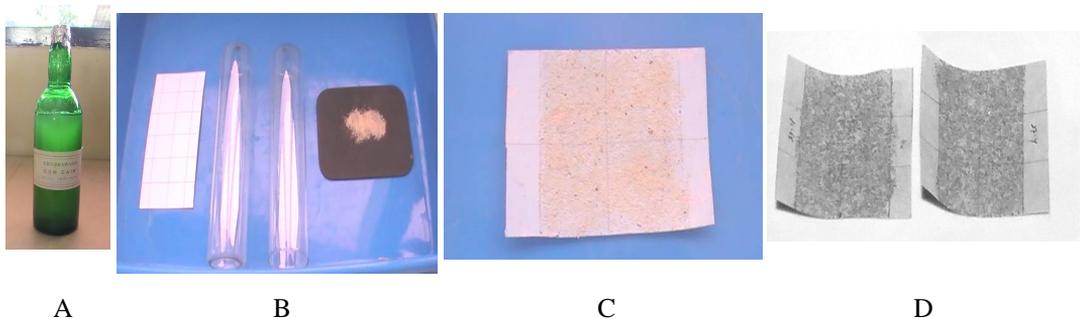
Induk parasitoid telur yang akan diperbanyak secara massal hendaknya diketahui dengan pasti identitasnya. Apabila parasitoid telur yang diperbanyak akan dipergunakan untuk mengendalikan *H. armigera* pada tanaman kapas, maka induk parasitoid sebaiknya diambil dari telur *H. armigera* pada tanaman kapas. Hal ini disebabkan karena banyak spesies parasitoid telur yang spesifik spesies pada telur dan tanaman tertentu. Spesies parasitoid telur yang akan diproduksi massal sebaiknya juga telah diketahui keragaan biologinya, yang meliputi fekunditas, nisbah kelamin progeni, serta lama hidup imago.

Proses perbanyak parasitoid telur dengan inang pengganti terdiri atas beberapa tahapan yaitu persiapan inang, pemaparan inang pada parasitoid, dan pemanenan parasitoid. Perbanyak parasitoid tersebut pada dasarnya untuk semua spesies parasitoid telur Trichogrammatidae adalah sama, walaupun terdapat perbedaan keragaan reproduksi antara spesies yang satu dengan lainnya.

1. Pemaparan Inang

A. Alat dan bahan yang diperlukan

1. Kertas manila
2. Lem cair
3. Telur *C. cephalonica*
4. Tabung serangga (diameter 3 cm, panjang 15 cm)
5. Lampu UV 20 watt



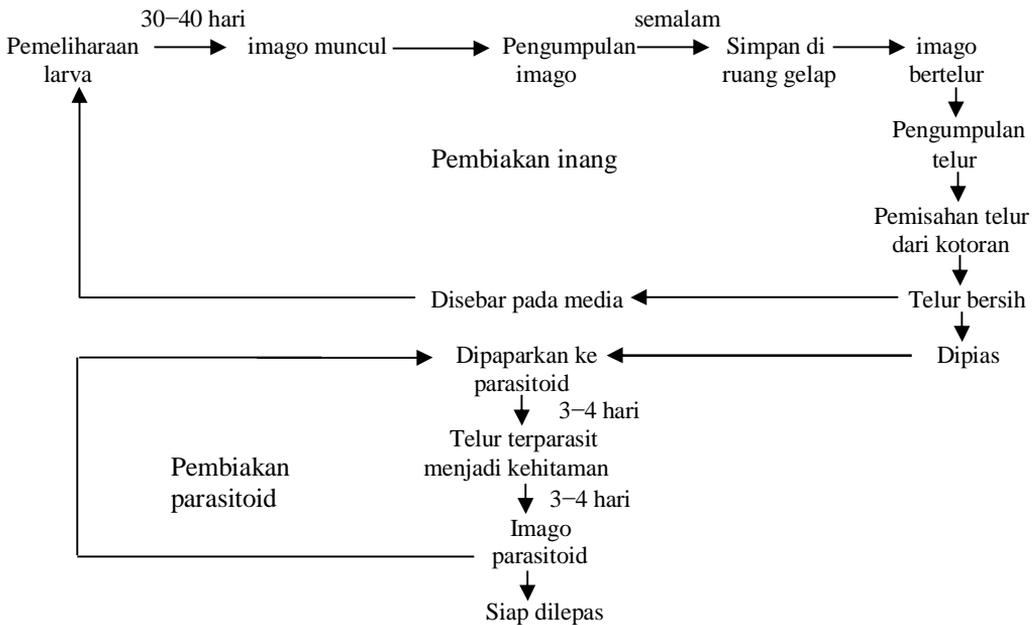
Gambar 3. (A dan B). Bahan pembuat pias (C). Pias telur *C. cephalonica* dan (D). Pias telur *C. cephalonica* terparasit

B. Prosedur pembuatan pias dan pemaparan inang

1. Membuat pias pemaparan telur dengan membuat kotak ukuran 2 cm x 2 cm pada kertas manila (pias). Pada permukaan kertas tersebut diolesi lem cair tipis-tipis secara merata, kemudian telur *C. cephalonica* ditaburkan secara merata dan dikeringanginkan. Pada pias ukuran 2 cm x 2 cm dapat menampung ± 2.000 butir telur (Gambar 3 C). Pias yang berisi telur tersebut selanjutnya disebut pias telur inang.
2. Pias telur inang selanjutnya dipaparkan di bawah lampu ultra violet 20 Watt selama 15 menit untuk menghentikan pertumbuhan embrio *C. cephalonica*.
3. Pias telur yang telah diperlakukan dengan UV, selanjutnya dipaparkan pada parasitoid. Perbandingan antara jumlah parasitoid dengan telur inang yang dipaparkan berkisar antara 1:8–1:12, tergantung pada keragaan reproduksi Trichogrammatidae yang diperbanyak. Pemaparan telur inang terhadap parasitoid dilakukan dengan memasukkan pias telur inang ke dalam tabung serangga. Telur yang terpara-

sit akan berubah warna menjadi hitam setelah 4 hari pemaparan. Dalam 3–4 hari kemudian Trichogrammatidae dewasa akan muncul. Pelepasan Trichogrammatidae biasanya dilakukan pada waktu parasitoid dalam stadium pupa (5–7 hari setelah pemaparan). Maka dari itu perlu direncanakan dengan baik antara perbanyakan parasitoid dengan saat pelepasan di lapangan.

Proses pembiakan Trichogrammatidae dengan menggunakan telur *C. cephalonica* tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram proses pembiakan Trichogrammatidae dengan menggunakan telur pengganti *C. cephalonica*

SELEKSI PARASITOID

Spesies parasitoid telur dari famili Trichogrammatidae terdapat lebih dari 100 spesies (Voegele *et al.* 1989). Satu spesies parasitoid dapat memarasit lebih dari satu spesies inang dan satu spesies inang dapat diparasit oleh lebih dari satu spesies parasitoid (Dijken *et al.* 1986). Oleh karena itu perlu dilakukan seleksi kandidat parasitoid yang akan dibiakkan secara massal yang sesuai dengan serangga inang sasaran.

Satu spesies parasitoid biasanya menunjukkan preferensi yang tinggi pada telur serangga inang dan tanaman tertentu, sehingga dalam program perbanyakan parasitoid yang paling mudah dilakukan adalah memilih spesies/biotipe parasitoid yang berasal dari ta-

naman inangnya. Maka dari itu spesies parasitoid lokal lebih sesuai untuk dikembangkan daripada spesies introduksi.

Kriteria Pemilihan Parasitoid

Untuk mendapatkan kandidat parasitoid yang berpotensi untuk dikembangkan perlu dilakukan pemilihan spesies atau strain parasitoid. Skrining spesies yang meliputi preferensi inang dan kesesuaian inang tersebut dilakukan di laboratorium, semi lapangan, dan lapangan.

Pengujian laboratorium meliputi uji preferensi inang menggunakan metode dengan dan tanpa pilihan inang (*choice* dan *non-choice test*). Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi preferensi parasitoid kandidat terhadap beberapa inang. Pada pengujian ini, parasitoid ditawarkan berbagai inang (termasuk inang pengganti yang akan digunakan dalam pembiakan massal). Pengamatan dalam uji preferensi ini dilakukan secara langsung (perilaku parasitoid dalam proses parasitasi setiap inang) dan secara tidak langsung (hasil akhir dari suatu proses parasitasi). Kandidat parasitoid yang dipertimbangkan untuk dapat dikembangkan adalah parasitoid yang menunjukkan preferensi tinggi terhadap serangga hama sasaran. Sunarto *et al.* (2005) melaporkan bahwa *Trichogrammatoidea bactrae* N dan N mempunyai preferensi yang tinggi terhadap *P. gossypiella* dan telur *C. cephalonica* dibanding terhadap telur *H. armigera*. Laju pertumbuhan *T. bactrae* juga paling tinggi bila dibandingkan dengan Trichogrammatidae yang lain yaitu laju reproduksi (R_o) 26,72; waktu yang dibutuhkan satu generasi (T) 12,14 hari; dan kapasitas pertambahan populasi (r) 0,90. Sebagai perbandingan *T. armigera* yang telah digunakan dalam program pengendalian *H. armigera* pada tanaman kapas memiliki analisa statistik demografi yaitu laju reproduksi (R_o) 12,35; waktu yang dibutuhkan satu generasi (T) 9,25 hari; dan kapasitas pertambahan populasi (r) 0,228 (Nurindah *et al.* 1992). Pengujian semi lapangan dan lapangan terhadap kandidat parasitoid dilakukan untuk mengetahui daya cari dan daya sebar. Parasitoid dengan daya cari inang dan daya sebar yang tinggi merupakan kandidat yang berpotensi untuk dikembangkan.

Pemanfaatan Trichogramma di Indonesia

Penggunaan parasitoid telur Trichogrammatidae untuk pengendalian serangga hama pada tanaman kapas dilakukan secara inundasi dengan melepas sebanyak 200.000 ekor parasitoid per hektar setiap 5 hari sekali mulai umur 35–90 hari.

Teknik pelepasan secara inundasi memerlukan sejumlah besar individu parasitoid. Untuk memenuhi kebutuhan ini, parasitoid diperbanyak secara massal dengan menggunakan telur inang pengganti yaitu telur *C. cephalonica*, karena perbanyakannya relatif lebih mudah dan murah dibanding dengan perbanyakannya massal inang aslinya.

Sasaran pelepasan *Trichogramma* pada kapas saat ini adalah untuk mengendalikan penggerek buah merah jambu *Pectinophora gossypiella* dengan menggunakan *Trichogrammatoidea bactrae bactrae* yang berasal dari telur *P. gossypiella*.

Pelepasan *Trichogramma* dipasang pada stasiun-stasiun yang terbuat dari tiang-tiang yang dilengkapi dengan tali senar dan penutup dari air hujan, setiap hektar dipasang 100 stasiun dengan jarak masing-masing stasiun 10 m sehingga setiap hektar dipasang 100 pias (200.000 ekor parasitoid).

PENUTUP

Setelah diterbitkannya teknik perbanyakkan parasitoid telur Trichogrammatidae untuk mengendalikan serangga hama penggerek *H. armigera* dan *P. gossypiella* pada kapas, maka pengguna baik petani atau pengelola kapas bisa membentuk unit-unit pembiakan Trichogrammatidae di daerah pengembangan masing-masing. Sehingga penggunaan insektisida kimia bisa dikurangi dan menambah pendapatan petani kapas.

DAFTAR PUSTAKA

- Dijken, M.J., M. Kole, J.C van Lenteren & A.M. Brand. 1986. Host preference studies with *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym.; Trichogrammatidae) for *Manestra brasicae*, *Pieris brasicae* and *Pieris rapae*. Zeitschrift for Angewandte Entomologie (101):64–85.
- Hasan, S.A. 1993. The mass rearing and utilization of *Trichogramma* to control Lepidoptera pest; Achievements and outlook. Pesticide Science (37):387–391.
- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pest of Crop in Indonesia. Revised and Translated by P.A. van der Laan. PT Ichtiar Baru van Hoeve, Jakarta.
- Li, L.Y. 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. p: 37–53. In E. Wajnberg & S.A. Hassan (eds.), Biological Control with Egg Parasitoids. CAB International, Berkshire, U.K.
- Nurindah, & O.S. Bindra. 1988. Studies on *Trichogramma* spp. (Hymenoptera; Trichogrammatidae) in the control of *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera; Noctuidae) Biotrop Special Publication 36:165–173.
- Nurindah, Soebandrijo & O.S. Bindra. 1989. Pengembangbiakan *Trichogramma*. hlm. 87–92. Dalam A. Sastroupadi, Soebandrijo, A.A.A. Gothama, S. Riyadi & Sutijah, Prosiding Lokakarya Teknologi Kapas Tepat Guna. Balittas, Malang.
- Nurindah, Soebandrijo & D.A. Sunarto. 1991. Pengendalian *Helicoverpa armigera* Hbn. dengan parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* N. pada tanaman kapas. Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat 6(2):78–86.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 1992. Keperidian dan laju pertumbuhan *Trichogrammatoidea armigera* (Hymenoptera; Trichogrammatidae) pada Telur *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera; Noctuidae). Makalah disampaikan pada Kongres Entomologi IV. Yogyakarta 28–30 Januari 1992.

- Nurindah, S. Sudarmo & T. Basuki. 1993. The effectiveness of *Trichogrammatoidea armigera* N. releases in the control of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* Hubner. *Industrial Crops Research Journal* 5:5–8.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2004. Eksplorasi dan uji keragaan parasitoid penggerek buah kapas *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera; Geleciidae). *Jurnal Entomologi Indonesia*. Perhimpunan Entomologi Indonesia I(1):18–26.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2009. Teknik Pengendalian Kompleks Penggerek Buah Kapas melalui Pestarian Parasitoid dan Predator. Laporan Hasil Penelitian TA 2008. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. 22 hlm.
- Nurindah, D.A. Sunarto & Sujak. 2010. Respon varietas tahan *A. biguttula* terhadap beberapa teknik pengendalian kompleks penggerek buah kapas. *Dalam* Perakitan Varietas Kapas Tahan >75% Terhadap *A. biguttula*, *H. armigera*, dan *P. gossypiella* untuk Menekan Kehilangan Hasil >25% dengan Produktivitas >4 Ton. Laporan Hasil Penelitian TA 2009. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Pinto, D.J. & R. Stouthamer. 1994. Systematics of the Trichogrammatidae with emphasis on Trichogramma. p. 1–28. *In* E. Wajnberg & S.A. Hasan (eds.), *Biological Control with Egg Parasitoids*. CAB International, British.
- Sunarto, D.A., Nurindah & Sujak. 2005. Identifikasi dan uji kapasitas reproduksi parasitoid telur ulat penggerek buah merah jambu pada tanaman kapas. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 11(3):93–100.
- Voegele, J., J.K. Waage & J.C. van Lenteren (eds.). 1989. *Trichogramma and other egg parasites*, 2nd. International Symposium. *Les Colloques del-INRA* 43, Paris. 644 p.

PESTISIDA NABATI EKSTRAK BIJI MIMBA UNTUK PENGENDALIAN SERANGGA HAMA PADA TANAMAN KAPAS

Subiyakto^{*)}

PENDAHULUAN

Pestisida nabati adalah pestisida yang bahan dasarnya berasal dari tanaman. Pestisida nabati sudah digunakan tiga abad yang lalu. Petani di Perancis pada tahun 1690 menggunakan perasan daun tembakau untuk mengendalikan hama kepik dan saat itu penggunaan pestisida nabati menjadi tumpuan. Jenis tanaman lain yang digunakan sebagai pestisida nabati adalah piretrum (*Chrysantemum* sp.), derris (*Derris* sp.), lily (*Lilium* sp.), dan ryania (*Ryania* sp.). Bubuk piretrum tahun 1800 digunakan orang Parsi untuk mengendalikan kutu. Derris digunakan pestisida di Kawasan Asia mulai tahun 1848. Sejak ditemukan DDT (Dichlorodiphenyltrichloroethane) tahun 1939, pestisida nabati sedikit demi sedikit ditinggalkan dan petani beralih ke pestisida kimia (Ware 1982; 1983).

Penggunaan pestisida kimia secara luas ternyata menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan dan penggunaannya yang tidak rasional mengakibatkan kekebalan bagi serangga hama. Misalnya hama ulat buah kapas (*Helicoverpa armigera*), ulat grayak (*Spodoptera litura*), dan kutu tembakau (*Myzus persicae*) telah kebal terhadap piretroid sintetis (Sri-Hadiyani *et al.* 1998). Terjadinya kekebalan hama mendorong petani untuk menggunakan dosis pestisida kimia yang lebih tinggi dengan frekuensi lebih sering sehingga biaya yang dikeluarkan untuk pengendalian hama menjadi lebih tinggi. Dampak negatif penggunaan pestisida kimia yang demikian telah mengakibatkan pencemaran lingkungan dan pemborosan.

Sejak krisis moneter tahun 1997/98 harga pestisida kimia naik 2–3 kali lipat sehingga mendorong para peneliti untuk mencari pestisida alternatif yang relatif murah tetapi juga efektif dan ramah lingkungan (Subiyakto *et al.* 1997). Beberapa jenis tanaman yang banyak diteliti antara lain daun gamal (*Gliricidia sepium*), ranting dan kulit batang pacar cina (*Aglaia odorata*), umbi gadung (*Dioscorea hispida*), daun tembakau (*Nicotiana tabacum*), biji dan daun mimba (*Azadirachta indica*), biji srikaya (*Annona squamosa*), biji nona seberang (*Annona glabra*), akar tuba (*Derris eliptica*), bunga piretrum (*Chrysantemum cinerariaefolium*), biji dan daun mindi (*Melia azadirach*), daun sirih hutan (*Piper* sp.), biji jarak (*Ricinus communis*), dan daun pepaya (*Carica papaya*). Di antara bahan pestisida nabati tersebut, yang paling efektif adalah biji mimba (Subiyakto *et al.* 1999a; 1999b; Subiyakto dan Dalmadiyo 2001; Subiyakto 2005).

*) Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

TANAMAN MIMBA

Mimba atau nimba (*Azadirachta indica* A. Juss) adalah tanaman pohon termasuk famili Miliaceae. Habitus tanaman tingginya 10–25 m, batang tegak berkayu, daunnya majemuk, letak berhadapan dengan panjang 5–7 cm dan lebar 3–4 cm. Bijinya bulat, berdiameter sekitar 1 cm berwarna putih (Gambar 1). Tanaman mimba berasal dari Asia Selatan dan Asia Tenggara, akan tetapi saat ini dijumpai di daerah tropik dan subtropik Afrika, Amerika, dan Australia. Tanaman mimba tumbuh pada daerah subhumid sampai semi-arid dengan curah hujan 450–750 mm/tahun, dapat tumbuh pada ketinggian tempat 0–670 m dpl., pada daerah kering dan panas tanpa irigasi (Benge 1986; Schmutterer 1990).

Di Indonesia tanaman mimba banyak dijumpai di sepanjang pantai utara Jawa, dari Indramayu sampai Banyuwangi. Selain itu juga dijumpai di Nganjuk, Jombang, Blitar, Ponorogo, Madiun, Bojonegoro, Bondowoso, Gianyar, Negara, dan Lombok Timur (Subiyakto 2002). Mimba dapat tumbuh di tanah kering dan miskin hara, dangkal, bahkan tanah salin. Tanaman mimba yang berumur 8–10 tahun menghasilkan biji sekitar 9 kg/tahun dan yang berumur 15–20 tahun menghasilkan biji sekitar 13 kg/tahun, sedang yang berumur di atas 20 tahun menghasilkan biji sekitar 19 kg/tahun. Di Afrika Barat (Nigeria) dilaporkan bahwa satu tanaman mimba rata-rata menghasilkan biji 20,5 kg (Schmutterer 1990). Mimba ditanam untuk berbagai keperluan, seperti hutan industri, kayu bakar, tanaman peneduh, dan penghasil bahan baku industri (medis, pestisida, sabun, minyak, pupuk, pakan ternak, dan kayu) (Benge 1986). Di Indonesia tanaman mimba tumbuh liar dan belum banyak dimanfaatkan, kecuali sebagai kayu bakar.



Gambar 1. Biji mimba

POTENSI EKSTRAK BIJI MIMBA SEBAGAI PESTISIDA NABATI

Produk dan Formulasi Biji Mimba

Pemanfaatan biji mimba sebagai pestisida nabati dapat dibuat dengan dua cara, yaitu serbuk dan ekstrak. Cara pertama sederhana, dibuat serbuk yaitu biji mimba dibuat ser-

buk sampai halus, direndam dalam air, disaring, dan disemprotkan. Cara kedua diekstrak, yaitu melarutkan serbuk biji mimba dalam pelarut organik yang disebut ekstrak biji mimba (EBM). Untuk skala industri kecil, EBM diformulasi menjadi formula cairan berwarna kuning dengan kandungan bahan aktif azadirakhtin 0,8–1,2% dan dikemas dalam botol plastik 500 ml (Gambar 2).



Gambar 2. Formula EBM dalam kemasan

Mekanisme EBM membunuh hama melalui beberapa cara yaitu (1) merusak perkembangan telur, larva, dan pupa; (2) menghambat pergantian kulit serangga; (3) mengganggu komunikasi serangga; (4) penolak makan; (5) menghambat reproduksi serangga betina; (6) mengurangi nafsu makan; (7) memblokir kemampuan makan serangga; dan (8) mengusir serangga (Mordue dan Blackwell 1993; Anonim 1996; Sunarto *et al.* 2005). Ulat yang diperlakukan EBM dan tidak mati, maka pertumbuhan ulat menjadi kerdil, sedang pada kontrol pertumbuhannya sempurna (Gambar 3A).

Pestisida Nabati Komersial

Beberapa produk pestisida berbahan aktif azadirakhtin yang telah terdaftar di Indonesia, yaitu Nospoil 8 EC (azadirakhtin 8 g/l), Natural 9 WSC (azadirakhtin 9 g/l) dan Nimbo 0,6 AS (azadirakhtin 0,6 g/l) (Anonim 2005). Produk-produk tersebut jumlahnya terbatas dan sulit diperoleh di pasaran, selain masa ijin yang diberikan sudah habis (komunikasi pribadi dengan pemilik). Di luar negeri beberapa produk pestisida sejenis yang sudah dikomersialkan antara lain NemAzal-T/S (azadirakhtin 1%) (Anonim 1996), Margosan-O (azadirakhtin 0,3%), Azatin (azadirakhtin 3%), dan Bioneem (Khana 1992; Isman 1994). Produk-produk dalam negeri tersebut perlu dipacu pengembangannya khususnya di Indonesia, yang kaya akan bahan baku biji mimba.

Efektivitas EBM Sebagai Larvisida

Pestisida nabati EBM yang diaplikasikan terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura*) dan ulat pupus (*Helicoverpa armigera*) efektif menghambat pertumbuhan larva, bahkan

pada konsentrasi 32 ml/l air pada *S. litura* menyebabkan mortalitas larva (Subiyakto dan Sunarto 2006).

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi EBM terhadap perkembangan larva *S. litura* dan *H. armigera*

Konsentrasi (ml/l air)	<i>S. litura</i>		<i>H. armigera</i>	
	Panjang	Lebar	Panjang	Lebar
 mm			
2	25,6 d	4,18 d	12,11 c	2,06 c
4	24,2 c	4,03 d	11,97 bc	1,85 bc
8	19,3 bc	3,10 c	10,24 ab	1,71 abc
16	9,2 b	1,88 b	10,43 ab	1,67 ab
32	- a	- a	8,52 a	1,46 a
air	35,5 e	5,88 e	19,13 d	3,15 d

Efektivitas EBM Sebagai Ovisida

Uji efektivitas pestisida nabati EBM terhadap telur *H. armigera* yang berasal dari tanaman kapas dapat membunuh telur atau bersifat ovisida. Ulat yang disemprot dengan pestisida EBM pada konsentrasi rendah apabila tidak mati, maka setelah menjadi kepompong menjadi cacat (Gambar 3B) atau setelah menjadi ngengat akan cacat atau mati (Gambar 3C). Kalaupun hidup ngengat betina tidak menghasilkan telur.



Gambar 3. Perkembangan ulat grayak yang tidak normal setelah disemprot EBM (A), kepompong cacat akibat perlakuan EBM (B), dan ngengat cacat karena perlakuan EBM (C)

Larva yang tidak disemprot EBM berkembang menjadi ngengat normal. Ngengat betina bertelur rata-rata 192,5 butir dengan tingkat penetasan rata-rata 75,93% (Tabel 2). Larva yang disemprot dengan EBM 2 ml/l air tidak mati, namun menjadi ngengat tidak normal. Betinanya menghasilkan telur rata-rata 22,75 butir dengan tingkat penetasan 38,44%. Larva yang disemprot dengan EBM 4 ml/l air sampai 32 ml/l air menghasilkan ngengat cacat atau mati (Subiyakto dan Sunarto 2006).

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi EBM terhadap jumlah dan penetasan telur

Konsentrasi (ml/l air)	Rerata jumlah telur per betina (butir)	Telur menetas (%)
Kontrol (air)	192,50 a	75,93 a
1,0	92,75 b	55,89 b
2,0	22,75 c	38,44 c
4,0	0,00 d	0,00 d
8,0	0,00 d	0,00 d
16,0	0,00 d	0,00 d
32,0	0,00 d	0,00 d

Keterangan: Angka yang didampingi oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT 5%.

PEMANFAATAN EBM SEBAGAI PESTISIDA NABATI

EBM telah dimanfaatkan pada berbagai kegiatan penelitian di lingkup dan di luar Balittas, antara lain untuk mengendalikan *H. armigera* pada kapas tumpang sari dengan kedelai. Untuk meningkatkan efektivitas, EBM dapat dicampur dengan biopestisida berbahan aktif virus *Helicoverpa armigera nuclear polyhedrosis virus (HaNPV)*. Kombinasi EBM dengan *HaNPV* dapat mengurangi biaya pengendalian hama sekitar 63,4% dan meningkatkan pendapatan 32,7% apabila dibandingkan dengan penggunaan insektisida kimia (Tabel 3) (Indrayani dan Dwi-Winarno 2006).

Tabel 3. Analisis ekonomi pengendalian *H. armigera* dengan kombinasi ekstrak biji mimba dan *nuclear polyhedrosis virus* pada tanaman kapas

Uraian	Komponen perlakuan				
	EBM+NPV	EBM	NPV	Betasiflutrin	Kontrol
Penerimaan (Rp)	2 946 010,00	2 372 010,00	2 356 240,00	2 536 990,00	2 036 510,00
Biaya pengendalian (Rp)	160 555,00 (63,4%)	284 430,00	233 330,00	438 880,00	0,00
Pendapatan atas biaya (Rp)	2 785 455,00 (32,7%)	2 087 580,00	2 122 910,00	2 098 110,00	2 036 510,00
Tambahan penerimaan (Rp)	909 500,00	335 500,00	319 730,00	500 480,00	-
MRR atas kontrol	4,66	0,18	0,37	0,14	-
MRR atas betasiflutrin	4,28	-0,04	0,11	-	-

Keterangan: Penerimaan adalah dari hasil kapas dan kedelai
MRR: marginal rate of return

KENDALA APLIKASI PESTISIDA NABATI EBM

Kendala aplikasi pestisida nabati EBM adalah (1) daya kerjanya relatif lambat, (2) tidak membunuh langsung jasad sasaran, (3) tidak tahan terhadap sinar matahari, (4) kadang diperlukan penyemprotan yang berulang-ulang (Bottenberg dan Singh 1996; Su dan Mulla 1998; Pats dan Isman 1998). Untuk mengatasi kendala di atas, penggunaan EBM

dapat diperbaiki dengan mengutamakan teknik aplikasi yang benar yaitu waktu aplikasi EBM sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari untuk menghindari paparan sinar matahari, tepat takaran, dan tepat sasaran. Untuk memperoleh hasil yang optimal, EBM digunakan secara bergantian dengan pestisida kimia. Pestisida nabati EBM mempunyai beberapa keunggulan, yaitu (1) relatif murah dan aman terhadap lingkungan, (2) tidak menyebabkan keracunan pada tanaman, (3) sulit menimbulkan kekebalan terhadap hama, (4) kompatibel dengan cara pengendalian yang lain, dan (5) menghasilkan produk pertanian yang sehat dan bebas residu pestisida kimia.

STRATEGI PENGEMBANGAN KE DEPAN

Penggunaan pestisida kimia sintetis merupakan alternatif terakhir apabila cara-cara non-kimiawi tidak memberikan hasil. Perlu dipahami bersama bahwa penggunaan pestisida kimia yang tidak rasional dapat membunuh musuh alami hama. Tidak adanya musuh alami akan menyebabkan kondisi lebih buruk karena musuh alami sebagai pengendali hama tidak dapat berfungsi dengan baik. Penggunaan pestisida kimia sintetis harus dapat ditekan serendah mungkin, atau secara bertahap harus dapat disubstitusi dengan pestisida nabati setempat.

EBM sebagai pestisida nabati perlu disosialisasikan kepada petani dan pemegang kebijakan agar dapat diterapkan secara optimal. Dengan demikian yang akan datang penggunaan pestisida nabati diprioritaskan karena pestisida nabati relatif aman terhadap lingkungan.

Pengembangan EBM di tingkat petani tidak mudah. Inovasi teknologi dapat diterima petani kalau secara ekonomis murah, secara teknis mudah, secara ekologis aman, dan secara sosiologis tidak meresahkan. Strategi paling prospektif pengembangan EBM atau pestisida nabati yang lain adalah melalui Sekolah Lapangan. Di beberapa daerah informasi manfaat EBM terbatas dan sering kesulitan memperoleh bahan baku pestisida nabati, oleh karena itu jenis tanaman pestisida nabati dan cara budinya perlu dimasyarakatkan. Selain itu juga pengenalan/pengetahuan tentang teknik sederhana pembuatan, kemasan, penyimpanan, dan teknik aplikasi pestisida nabati perlu diberikan agar diperoleh pestisida nabati yang memenuhi standar dan hasil yang optimal. Penelitian pestisida nabati perlu dilanjutkan, terutama mencari bahan sinergis untuk mempercepat kerja EBM.

PENUTUP

Pestisida nabati EBM sangat potensial dikembangkan, dapat dibuat sendiri di tingkat petani atau kelompok tani dengan teknologi sederhana.

EBM berpotensi sebagai pestisida nabati untuk pengendalian serangga hama pada tanaman kapas. EBM mempunyai keunggulan relatif murah dan aman terhadap lingkungan, tidak menyebabkan keracunan pada tanaman, tidak menimbulkan kekebalan terhadap hama, kompatibel dengan cara pengendalian yang lain, dan bebas residu pestisida kimia. Kendala aplikasi adalah EBM mempunyai daya kerja relatif lambat, tidak membunuh langsung jasad sasaran, tidak tahan terhadap sinar matahari, dan diperlukan penyemprotan yang berulang-ulang.

Strategi pengembangan pestisida nabati EBM dapat dilakukan melalui berbagai teknik diseminasi dan program pemerintah, misalnya melalui Sekolah Lapangan di daerah-daerah. Pemerintah daerah perlu mendukung pemasyarakatan pengendalian hama terpadu dengan membuat kebijakan dan program pengendalian hama di wilayahnya harus mengutamakan pestisida yang ramah lingkungan, antara lain pestisida nabati.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1996. *NeemAzal in Rice Crop Protection in Asia, Prospects, and Strategies*. EID Parry (India) Ltd. Chennai India. 175 p.
- Anonim. 2005. *Pestisida untuk Pertanian dan Kehutanan*. Komisi Pestisida, Departemen Pertanian, Jakarta. 257 hlm.
- Benge, M.D. 1986. *Neem the Cornucopia Tree*. S and T/FENR Agroforestation Technical Series No. 5. Agency for International Development Washington, D.C. 190 p.
- Bottenberg & Singh. 1996. Effect of neem leaf extract applied using the broom method, on cowpea pests and yield. *International Journal of Pest Management* 3:207–209.
- Indrayani, IG.A.A.A & Dwi-Winarno. 2006. Potensi serbuk biji mimba dan NPV dalam pengendalian *Helicoverpa armigera* pada tumpang sari kapas dan kedelai. *Prosiding Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 84–89.
- Isman, M.B. 1994. Botanical insecticides. *Pesticide Outlook*. June 1994. p. 26–31.
- Khanna, A. 1992. Neem compounds commercialized. *Biotechnology and Development*. Monitor No. 13. December 1992. p. 12.
- Mordue (Luntz), A.J. & A. Blackwell. 1993. Azadirachtin: An up-date. *J. Insect Physiol.* 39:903–924.
- Pats, P. & M.B. Isman. 1998. Effect of neem on adult longevity, oviposition and larval development of the cabbage fly, *Delia radicum* (L.) (Diptera; Anthomyiidae). *Journal of Applied Entomology* 122:125–127.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from neem tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Entomol.* 35:271–291.
- Sri-Hadiyani, Subiyakto, Tukimin S.W. & Dwi-Winarno. 1998. Peranan bahan kimia dalam pengendalian serangga hama kapas. *Prosiding Diskusi Kapas Nasional*. Balittas, Malang. hlm. 195–203.
- Su, T.Y. & M.S. Mulla. 1998. Ovicidal activity of neem products (azadirachtin) against *Culex tarsalis* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera; Culicidae). *Journal of the American Mosquito Control Association* 14:204–209.
- Subiyakto. 2002. Pemanfaatan serbuk biji mimba (*Azadirachta indica* A. Juss) untuk pengendalian serangga hama kapas. *Perspektif* 1(1):9–17.

- Subiyakto. 2005. *Pestisida Nabati: Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Penerbit Kanisius. Cetakan I. ISBN 979-21-1004-6.
- Subiyakto & G. Dalmadiyo. 2001. Teknologi sederhana produksi pestisida nabati. Makalah disajikan dalam Diskusi Panel Sosialisasi Pestisida Nabati, PEI Cabang Malang, 15 November 2001.
- Subiyakto & D.A. Sunarto. 2006. Proses Ekstraksi dan Formulasi Biji Mimba (*Azadirachta indica*) Sebagai Pestisida. Paten No. & tanggal pendaftaran P00200600708, 6 Desember 2006.
- Subiyakto, D.A. Sunarto, Dwi-Winarno, T. Suryowitono & D.H. Parmono. 1997. Pengaruh insektisida nabati serbuk biji mimba terhadap populasi *Helicoverpa armigera* dan *Spodoptera litura* serta musuh alami hama kapas. Makalah Seminar Hasil Penelitian Balittas 1997/98.
- Subiyakto, G. Dalmadiyo, Supriyono & D.H. Parmono. 1999a. Pemanfaatan mimba sebagai alternatif pengendalian serangga hama kapas. Artikel Ilmiah Warta Littri. Vol. IV/4/Maret 1999.
- Subiyakto, Dwi-Winarno & D.H. Parmono. 1999b. Pengaruh konsentrasi serbuk biji mimba terhadap aspek biologi ulat daun tembakau *Spodoptera litura*. Prosiding Semiloka Teknologi Tembakau. Balittas, Malang. hlm. 133–139.
- Sunarto, D.A., Subiyakto, Dwi-Winarno, Sri Hadiyani & Sujak. 2005. Toksisitas beberapa formulasi pestisida botani mimba (*Azadirachta indica*) terhadap *Helicoverpa armigera* dan *Spodoptera litura*. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi dan Kelembagaan Agribisnis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Ekonomi Pertanian, Bogor.
- Ware, G.W. 1982. *Fundamentals of Pesticides. A Self Instruction Guide*. Thomson Publications. 357 p.
- Ware, G.W. 1983. *Pesticides, Theory and Application*. W.H. Freeman and Company, New York. 455 p.

ENTOMOPATOGEN POTENSIAL UNTUK PENGENDALIAN HAMA PENGGEREK BUAH, *Helicoverpa armigera* HUBNER PADA KAPAS SECARA HAYATI

IG.A.A. Indrayani^{*)} dan Deciyanto Soetopo^{**)}

PENDAHULUAN

Salah satu faktor pembatas utama produktivitas kapas adalah serangan serangga hama. Terdapat tiga serangga hama utama yang potensial menyerang tanaman kapas, yaitu wereng kapas (*Amrasca biguttula* Ishida) dan penggerek buah (*Helicoverpa armigera* Hubner dan *Pectinophora gossypiella* Saunder). Wereng kapas menyerang selama fase vegetatif sedangkan penggerek buah merusak seluruh komponen produksi, yaitu kuncup bunga, bunga, dan buah. Sesuai dengan program pengendalian hama terpadu yang telah diterapkan selama ini pada tanaman kapas, penggunaan varietas tahan + *seed treatment* cukup efektif mengendalikan serangan *A. biguttula*. Sedangkan untuk *H. armigera* dan *P. gossypiella* diterapkan pengendalian dengan musuh alami, khususnya parasitoid telur *Trichogramma* spp. Selain parasitoid telur, masih ada musuh alami lain yang dapat dimanfaatkan dalam pengendalian hama kapas, yaitu patogen serangga (entomopatogen).

Di beberapa negara Eropa dan Amerika kesadaran masyarakatnya terhadap lingkungan yang bebas polusi racun pestisida kimia memang sangat tinggi. Hal ini terbukti dengan dilakukannya secara terus-menerus eksplorasi sumber daya alam untuk dimanfaatkan sebagai bahan substitusi pestisida kimia yang telah dimulai 30–50 tahun lalu (Knipling 1971), sebelum hal yang sama juga baru dilakukan di Indonesia sekitar tahun 1986 (Indrayani *et al.* 1988). Eksplorasi yang pada waktu itu dibiayai oleh Proyek FAO, dilakukan terutama untuk mendapatkan entomopatogen yang berpotensi dalam pengendalian ulat penggerek buah kapas, *H. armigera*. Dari hasil eksplorasi di beberapa lokasi pengembangan kapas di Jawa Timur dan Jawa Tengah tersebut diperoleh beberapa isolat virus dan jamur yang menginfeksi ulat *H. armigera* pada tanaman kapas. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa virus yang ditemukan tersebut berasal termasuk famili Baculoviridae dari genus Baculovirus, terutama dari kelompok *nuclear polyhedrosis virus* (NPV). Hasil eksplorasi juga menunjukkan bahwa ada satu jamur entomopatogen yang sangat infeksiif terhadap ulat *H. armigera*, yaitu *Nomuraea rileyi*.

Masing-masing *) Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang dan

***) Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor

Entomopatogen sudah banyak dimanfaatkan dalam pengendalian serangga hama di berbagai negara. Virus, bakteri, jamur, dan nematoda merupakan kelompok patogen serangga yang paling banyak dimanfaatkan dalam pengendalian berbagai serangga hama pertanian maupun perkebunan. Prospek entomopatogen sebagai bioinsektisida untuk menyubsitusi insektisida kimia sangat baik karena secara teori maupun praktek menawarkan cara-cara penanganan serangan hama secara lebih bijaksana, ekonomis, dan ramah lingkungan. Selain memiliki efektivitas yang hampir setara dengan insektisida kimia, keunggulan entomopatogen yang utama adalah tidak mengganggu perkembangan serangga-serangga berguna, tidak mengakibatkan resistensi hama, dan aman bagi lingkungan (Mandal *et al.* 2003). Hasil-hasil penelitian di luar negeri banyak membuktikan bahwa penggunaan bioinsektisida berbahan aktif entomopatogen selain efektif juga dapat meningkatkan efisiensi pengendalian hama karena kompatibel dengan teknik pengendalian hama yang lain (Biradar *et al.* 2002; Gerhardson 2002; Mishra *et al.* 2004).

Entomopatogen yang telah diformulasi sebagai bioinsektisida adalah *nuclear polyhedrosis virus* (NPV) untuk ulat *H. armigera* (HaNPV) dan *S. litura* (SiNPV). Selain sudah dilisensikan, bioinsektisida NPV tersebut juga sedang diproses patennya. Selain virus, ada dua spesies jamur entomopatogen yang cukup potensial terhadap *H. armigera*, yaitu *Beauveria bassiana* dan *Nomuraea rileyi*, dan satu nematoda entomopatogen, *Steinernema* spp. Teknik perbanyakannya cukup sederhana, yaitu hanya dengan menggunakan media beras. *B. bassiana* cukup mudah diperbanyak pada media beras dengan produksi konidia sekitar 90–110 g konidia kering/1 kg beras (Indrayani dan Prabowo 2010), sedangkan perbanyakannya *N. rileyi* pada beras masih perlu disempurnakan karena laju pertumbuhannya cenderung lebih lambat dibandingkan dengan *B. bassiana*.

Tulisan ini menginformasikan tentang pemanfaatan entomopatogen dalam pengendalian serangga hama kapas secara hayati.

ENTOMOPATOGEN POTENSIAL UNTUK PENGENDALIAN HAMA KAPAS

Nuclear Polyhedrosis Virus (NPV)

Nuclear polyhedrosis virus (NPV) termasuk famili Baculoviridae dari genus Baculovirus. Sebagai parasit obligat, NPV hanya dapat berkembang pada sel-sel hidup, sedangkan pada sel mati hanya bisa hidup tetapi tidak dapat memperbanyak diri. Menurut Tanada dan Kaya (1993), NPV memiliki beberapa keunggulan antara lain: inangnya spesifik, persisten di alam (tanah, air, tanaman), kompatibel dengan cara pengendalian hama yang lain, dan yang terpenting aman bagi lingkungan (Mandal *et al.* 2003; Binay dan Devendra 2002).

NPV merupakan racun perut yang hanya bisa menginfeksi apabila tertelan bersama-sama pakannya. Infeksi dimulai dari usus tengah kemudian menyebar ke seluruh organ dalam serangga hingga menjadi massa cair. Gejala serangan NPV mulai terlihat 3–4 hari setelah ulat terinfeksi. Ulat kecil lebih mudah terinfeksi dibanding ulat besar, namun demikian infeksi pada ulat besar dapat juga menyebabkan kematian atau abnormalitas (Kukan dan Myers 1997). Keefektifan NPV dalam pengendalian hama terbukti dari sejumlah hasil-hasil penelitian baik di laboratorium maupun lapangan. Selain menular secara horizontal dari ulat sehat yang memakan ulat sakit, infeksi NPV juga berpotensi diturunkan ke generasi berikutnya melalui telur (Indrayani *et al.* 2003). Telur-telur *H. armigera* yang terinfeksi NPV dari induknya sangat efektif membunuh ulat yang baru menetas (neonate) (Rothman dan Myers 1994). Hal ini terbukti pada pemeliharaan *H. armigera* di laboratorium yang menunjukkan bahwa sebagian besar ulat neonate mati karena infeksi NPV, terutama yang tidak disterilisasi.

Penurunan efektivitas NPV lebih sering terjadi pada saat aplikasi di lapangan. Hal ini disebabkan NPV mudah terdegradasi oleh sinar ultraviolet, sehingga untuk mempertahankan efektivitasnya, sebaiknya aplikasi dilakukan pada sore hari (>pukul 14.00). Keunggulan pengendalian *H. armigera* dengan NPV atau entomopatogen lain adalah karena persisten di alam, khususnya di dalam tanah. Meskipun persisten, entomopatogen tidak dapat memperbanyak diri jika tidak menemukan serangga inangnya dan hal ini menyebabkan entomopatogen kurang efektif mengendalikan hama karena jumlah propagul/inokulumnya tidak mencukupi untuk dapat membunuh inang. Selain diaplikasikan secara tunggal, NPV juga sinergis dengan teknik pengendalian hama yang lain, seperti pestisida botani atau musuh alami lainnya. Kompatibilitas NPV dengan pestisida botani serbuk biji mimba (SBM) untuk mengendalikan *H. armigera* pada kapas dapat mengurangi biaya pengendalian hingga $\pm 60\%$ dan meningkatkan pendapatan sebesar 32,7% (Indrayani *et al.* 2004). NPV sudah diformulasi dalam bentuk tepung (WP) untuk memudahkan penyimpanan jika sewaktu-waktu akan digunakan. Penyimpanan pada suhu ruang (27–30°C) masih mampu mempertahankan keefektifannya 4–6 bulan. Tetapi penyimpanan pada suhu $\pm 5^\circ\text{C}$ (almari es) dapat bertahan hingga >2 tahun (Lewis dan Rollinson 1978). Selain NPV untuk pengendalian *H. armigera* (HaNPV) telah dikembangkan pula NPV untuk pengendalian ulat pemakan daun tembakau atau jarak kepyar, *Spodoptera litura*. Saat ini lisensi kedua produk entomopatogen (bioinsektisida) tersebut telah dipegang pihak swasta untuk tujuan komersial.

Jamur *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin

Berdasarkan klasifikasinya, jamur *B. bassiana* termasuk klas Hypomycetes, ordo Hypocreales dari famili Clavicipitaceae (Hughes 1971). Jamur penyebab penyakit pada serangga ini pertama kali ditemukan di Perancis oleh Agostino bassi (Steinhaus 1975). *B. bassiana* atau *white muscardine* dikenal memiliki konidia (spora) berwarna putih bersih,

kisaran inang luas meliputi beberapa ordo serangga, antara lain: Coleoptera, Lepidoptera, dan Hemiptera. *B. bassiana* ini juga ditemukan menyerang serangga Diptera (McCoy *et al.* 1988), seperti: kutu pengisap (aphid dan kutu kebul), belalang, ulat, kumbang, trips, tungau, dan uret (Plate 1976).

Mekanisme infeksi dimulai dari kontak konidia jamur pada integumen serangga, kemudian tumbuh apresoria yang menembus ke dalam tubuh inang. Kondisi lingkungan yang sesuai akan mempercepat infeksi. *B. bassiana* dengan memproduksi toksin yang disebut beauvericin. Senyawa antibiotik ini dapat mengakibatkan gangguan fungsi hemolimfa pada serangga yang terinfeksi, sehingga menyebabkan pembengkakan yang disertai pengerasan (mumifikasi) pada serangga hama yang terinfeksi. Cheung dan Grula (1982) mengatakan bahwa infeksi *B. bassiana* pada *Heliothis zea* menyebabkan gangguan keseimbangan nutrisi hingga kematian. Biasanya tahap lanjut infeksi *B. bassiana* pada serangga inang selain mumifikasi, juga diikuti gejala mikosis, yaitu tumbuhnya miselia disertai pembentukan konidia.

Penggunaan jamur *B. bassiana* dalam pengendalian hama telah berkembang pesat di berbagai negara yang dibuktikan dengan banyaknya tersedia produk komersial bioinsektisida berbahan aktif *B. bassiana*. Skrining terhadap 12 isolat *B. bassiana* yang dilakukan pada tahun 2009 di Balittas hanya menghasilkan satu isolat yang paling efektif terhadap ulat *H. armigera* (BB 08). Isolat tersebut berasal dari hama trips yang kemudian diinokulasi ulang pada ulat *H. armigera*. Isolat unggulan ini kemudian diperbanyak pada media *sabouraud dextrose agar* (SDA). Pengujian potensi *B. bassiana* untuk pengendalian *H. armigera* dimulai tahun 2009 dengan hasil antara lain: (1) menyebabkan mortalitas ulat *H. armigera* sekitar 80–87%, (2) menyebabkan terhambatnya perkembangan ulat melalui penurunan bobot ulat hidup sekitar 30–50% dibanding dengan kontrol, dan (3) tercapai kestabilan produksi pada media beras dengan jumlah konidia terbanyak mencapai $2,3 \times 10^{10}$ konidia/gram formulasi dengan bahan pembawa kaolin (Indrayani dan Prabowo 2010). Selain itu, perbanyakkan *B. bassiana* dengan media beras menghasilkan sekitar 95–110 g konidia kering/1 kg beras.

Perkembangan pemanfaatan *B. bassiana* dalam pengendalian hama beberapa komoditas penting Indonesia cukup pesat. *B. bassiana* telah digunakan dalam pengendalian hama kedelai (*Riptortus linearis* dan *Spodoptera litura*), hama walang sangit pada padi (*Leptocoriza acuta*) (Prayogo 2006), *Plutella xylostella* pada tanaman sayur-sayuran (Hardiyanti 2006), hama bubuk buah kopi (*Helopeltis antonii*) dan penggerek buah kakao (*Hyphotenemus hampei*) (Prayogo 2006). Mengingat hasil-hasil penelitian di luar negeri yang mengungkapkan keberhasilan penggunaan *B. bassiana* dalam pengendalian sejumlah serangga hama, maka jamur ini juga berpeluang untuk dimanfaatkan dalam pengendalian *H. armigera* kapas. Di Brasil, pengendalian ulat pemakan daun kapas, *Alabama argillace* cukup berhasil dilakukan dengan jamur *B. bassiana* (Filho *et al.* 2002). Pengendalian hama kelapa di Indonesia cukup berhasil melalui penyemprotan jamur *B. bassiana* (Ho-

sang 1995). Hama pada tanaman kelapa sawit (*Darna catenata*) di Sulawesi Selatan juga berhasil dikurangi serangannya setelah dikendalikan dengan *B. bassiana* (Saranga dan Daud 1993). Meskipun telah terbukti efektif terhadap sejumlah serangga hama berdasarkan hasil-hasil penelitian terdahulu, namun pengujian terhadap potensinya dalam pengendalian *H. armigera* pada kapas masih terus dilakukan, terutama untuk menemukan teknik perbanyakannya yang efektif dan efisien serta menemukan bahan formulasi yang tepat.

Jamur *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson

Nomuraea rileyi merupakan jamur kedua yang sedang diteliti potensinya untuk pengendalian *H. armigera*. Jamur ini termasuk dalam keluarga besar jamur *imperfecti* yang sebagian besar perkembangbiakannya secara aseksual (anamorfik) dengan menggunakan spora pasif yang disebut konidia. *N. rileyi* termasuk salah satu spesies yang telah dikarakterisasi secara lengkap, terutama yang berkaitan erat dengan perannya sebagai pengendali hama. Jamur ini lebih efektif untuk pengendalian hama ulat (Lepidoptera). Infeksi *N. rileyi* bisa terjadi pada ulat yang berukuran kecil (instar muda) hingga ulat berukuran besar (instar tua). Gejala infeksi pada ulat biasanya diawali dengan proses melanisasi (*melanization*) atau pengerasan setelah ulat mati yang diikuti oleh pertumbuhan miselium dan produksi konidia (spora).

Jamur *N. rileyi* dikenal sangat efektif menginfeksi berbagai spesies serangga hama (Srisukchayakul *et al.* 2005; Suwannakut *et al.* 2005). Lebih dari 30 spesies Lepidoptera yang tergolong serangga polifagus telah teridentifikasi peka terhadap infeksi *N. rileyi* (Vimala Devi *et al.* 2003; Shah dan Pell 2003), khususnya dari genus *Helicoverpa*, *Heliothis*, *Spodoptera*, *Pseudoplusia*, *Trichoplusia*, *Plutella*, dan *Rachiplusia* yang dikenal sebagai inang sangat sensitif terhadap infeksi entomopatogen (Sanchez-Pena 2000; Martins *et al.* 2005). Uma Devi *et al.* (2003) mengatakan bahwa pada kondisi lingkungan yang sesuai bagi *N. rileyi* sangat efektif menginfeksi dan menurunkan populasi serangga hama noctuid di beberapa negara, seperti Amerika Serikat, Meksiko, Equador, Brasil, Argentina, India, dan Australia. Virulensi setiap strain *N. rileyi* sangat dipengaruhi oleh kondisi geografi wilayah isolat jamur tersebut pertama kali ditemukan. Hal ini dibuktikan melalui hasil penelitian bahwa isolat *N. rileyi* yang diisolasi dari inang serangga dan lokasi geografis yang berbeda biasanya memiliki karakter biologi yang juga berbeda-beda (Boucias *et al.* 2000; Molina-Ochoa *et al.* 2003).

Penyebaran konidia *N. rileyi* biasanya dilakukan melalui angin atau aliran air. Mengawali proses infeksi pada inang, konidia akan menempel pada bagian integumen (kulit) serangga dan berkecambah dalam waktu \pm 24 jam. Kematian ulat biasanya terjadi sekitar 5–7 hari setelah infeksi, karena adanya gangguan fisiologis akibat pengaruh mikotoksin yang diproduksi jamur. Pada Lepidoptera, *N. rileyi* dapat menginfeksi semua stadia ulat. Infeksi pada ulat instar I–III biasanya kematian ulat terjadi pada instar III–V, tetapi infeksi pada ulat instar IV–V akan menyebabkan pupa atau imago abnormal (cacat), sehingga

ga tidak mampu bereproduksi. Perbedaan virulensi *N. rileyi* terhadap stadia inang selain karena perbedaan strain juga dapat dipengaruhi oleh metode inokulasi. Inokulasi *N. rileyi* dengan cara penyemprotan massal menggunakan *mini hand sprayer* terhadap ulat instar II memungkinkan seluruh integumen ulat kontak dengan konidia jamur, sehingga peluang ulat terinfeksi lebih tinggi. Tetapi inokulasi pada ulat *H. armigera* instar III–V sebaiknya secara individu dengan metode tetes (penetasan) pada media pakan, terutama untuk menghindari perilaku kanibalnya. Faktor lingkungan, seperti suhu, cahaya, dan kelembapan sangat menentukan tingkat patogenisitas jamur. Kelembapan tinggi biasanya dibutuhkan dalam proses perkecambahan inokulum jamur yang kontak dengan kutikula serangga. Sedangkan kelembapan rendah diperlukan untuk membentuk konidia (spora) dan melakukan penyebaran secara horizontal pada inang lain. Meskipun kondisi lingkungan mendukung, tetapi spesifikasi inang tetap menentukan kemampuan infeksi *N. rileyi*. Umumnya *N. rileyi* yang diisolasi dari ulat *H. armigera* cenderung lebih patogenik pada ulat *H. armigera* dibanding pada spesies serangga lainnya.

Beberapa uji pendahuluan terhadap potensi jamur *N. rileyi* sudah dilakukan, terutama di laboratorium. Hasil uji daya tumbuh pada beberapa media agar menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *N. rileyi* tercepat mencapai 1,26 cm/hari pada media *sabouraud maltose agar* + ekstrak *yeast* (SMAY), sedangkan pada komposisi media agar lainnya lebih rendah (<1,00 cm/hari). Produksi konidia *N. rileyi* juga rata-rata lebih tinggi pada media SMAY ($1,7 \times 10^9$ konidia/ml) dibanding pada media lainnya ($0,5\text{--}2,4 \times 10^8$ konidia/ml) (Hidayah dan Indrayani 2011). Hasil penelitian ini menunjukkan kesesuaian antara laju pertumbuhan dan produksi konidia. Strain-strain jamur entomopatogen yang patogenik umumnya menunjukkan karakter demikian karena dibutuhkan dalam menginfeksi dan membunuh inang secara cepat. Jamur entomopatogen dengan laju pertumbuhan yang tinggi pada perbanyakannya secara *in vitro* (media agar) juga menunjukkan kecepatan tumbuh yang sama pada saat menginfeksi serangga inang (*in vivo*) (Ansari *et al.* 2004; Damir 2006).

Meskipun dilaporkan bahwa jamur-jamur entomopatogen dapat menginfeksi semua anggota ordo serangga, tetapi setiap strain isolatnya memiliki kepekaan hanya terhadap inang-inang tertentu saja (Martins *et al.* 2005). Hasil uji pendahuluan terhadap karakter biologi strain lokal *N. rileyi* (NB 01) menunjukkan bahwa infeksi terhadap ulat *H. armigera* instar II menyebabkan mortalitas $\pm 82\%$ pada konsentrasi 1×10^9 konidia/ml. Sedangkan LC_{50} mencapai $7,2 \times 10^7$ konidia/ml dalam waktu (LT_{50}) 4,8–6,7 hari. Perilaku inang mempengaruhi metode inokulasi jamur. Inang yang aktif bergerak akan membutuhkan konidia dalam konsentrasi tinggi untuk memperbesar peluang terjadinya kontak antara jamur dan inang.

Umumnya jamur entomopatogen berkembang baik di lingkungan dengan suhu rendah dengan kelembapan tinggi. Namun, dengan berkembangnya epizootik jamur di lingkungan yang kering dengan tingkat virulensi tinggi, maka strain seperti ini berpotensi menjadi bahan aktif biopestisida jamur yang potensial. Sasaran utama *N. rileyi*, termasuk ja-

mur entomopatogen lainnya adalah stadia ulat. Setiap strain *N. rileyi* dapat menginfeksi instar ulat yang berbeda dari spesies serangga yang juga berbeda-beda. Perbedaan kepekaan terhadap infeksi jamur tersebut ada kaitannya dengan interaksi antara masa inkubasi jamur dan ketebalan kutikula serangga. Kutikula ulat instar muda lebih lunak dibanding kutikula ulat instar tua yang menyebabkan jamur lebih mudah penetrasi dan berkembang dalam tubuh serangga. Dalam pengendalian *H. armigera*, kepekaan ulat instar muda terhadap infeksi jamur *N. rileyi* cukup menguntungkan karena lebih awal dapat menurunkan populasi hama, sehingga potensi untuk merusak tanaman lebih rendah.

Saat ini sudah ada tiga strain *N. rileyi* yang menjadi koleksi Laboratorium Patologi Serangga Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang, yaitu NB 01 (Malang), NB 02 (Lamongan), dan NB 03 (Temanggung). Dua di antaranya (NB 01 dan NB 02) sudah diperbanyak pada media SMAY dengan menunjukkan pertumbuhan yang cukup baik, meskipun kadang-kadang masih terjadi kontaminasi. Strain NB 01 juga sudah diuji patogenitasnya terhadap ulat *H. armigera* meskipun hanya mampu menyebabkan mortalitas sekitar 60–70% (Hidayah dan Indrayani 2011). Hasil ini menunjukkan keefektifan NB 01 belum stabil sehingga masih perlu pengujian lanjutan, terutama evaluasi (skrining) strain yang lebih virulen dan patogenik, uji kepekaan instar ulat *H. armigera* terhadap *N. rileyi*, dan mengembangkan teknik perbanyakan yang efektif dan efisien.

FAKTOR-FAKTOR PENDUKUNG EPIZOOTIK ENTOMOPATOGEN

Epizootik adalah keragaan populasi propagul/inokulum jamur pada kondisi alaminya. Epizootik jamur, misalnya, sangat dipengaruhi oleh banyaknya inang yang terinfeksi pada setiap musim tanam. Semakin banyak inang terinfeksi, semakin berkembang epizootiknya. Perkembangan epizootik entomopatogen dalam populasi serangga inang semakin menjadi momen yang menarik bagi peneliti karena infeksi oleh entomopatogen kadangkala terjadi secara tiba-tiba pada populasi inangnya dengan persentase infeksi yang cukup tinggi (2–5%) (Indrayani 2011). Sebagai contoh, semakin meningkatnya jumlah ulat *H. armigera* yang ditemukan mati karena serangan jamur *N. rileyi* pada setiap awal musim penghujan, terutama pada tanaman jagung di daerah Malang dan sekitarnya, menunjukkan bahwa epizootik jamur ini telah berkembang cukup pesat pada populasi inangnya. Selain menunjukkan jamur ini persisten di alam, ketersediaan tanaman inang jagung secara terus-menerus juga sangat mendukung berkembangnya epizootik *N. rileyi*. Fenomena ini juga menunjukkan bahwa epizootik jamur *N. rileyi* mampu menjaga keseimbangan antara populasinya dan populasi inangnya. Program pengelolaan serangga hama yang efektif seharusnya mempunyai kemampuan untuk mengetahui adanya kontribusi peran faktor-faktor mortalitas alami dalam dinamika populasi hama di lapangan dan bertindak cepat untuk memanfaatkan fenomena alam tersebut.

Banyak penelitian sudah membuktikan bahwa parasitoid dan predator semakin menurun populasinya akibat penggunaan insektisida kimia. Demikian pula pada penggunaan fungisida yang mengakibatkan jamur-jamur entomopatogen tidak efektif lagi menekan populasi inang. Pengaruh insektisida kimia mungkin tidak langsung terhadap entomopatogen, tetapi berkurangnya populasi hama menyebabkan terhambatnya perkembangan epizootik entomopatogen. Dengan tidak lagi mengandalkan insektisida kimia dalam pengendalian hama kapas berarti konservasi terhadap faktor-faktor mortalitas alami telah dilakukan. Aplikasi entomopatogen secara intensif untuk pengendalian hama sebagai substitusi insektisida kimia menunjukkan semakin berkurangnya konsentrasi entomopatogen yang dibutuhkan untuk mencapai hasil pengendalian yang efektif. Hal ini kemungkinan karena semakin berkembangnya epizootik entomopatogen yang menyebabkan jumlah koloni juga semakin bertambah dan efektif mengendalikan populasi inang.

Praktek-praktek agronomis yang mendukung perkembangan epizootik entomopatogen dalam populasi serangga hama akan sangat efektif mengurangi tindakan pengendalian terhadap hama. Tata tanam kapas yang berpotensi mengurangi pengaruh degradasi sinar ultraviolet terhadap aktivitas entomopatogen juga dapat meningkatkan efektivitas pengendalian terhadap hama sasaran. Kanopi tanaman yang saling berdekatan antarbaris efektif mengurangi pengaruh sinar ultraviolet terhadap entomopatogen. Kelembapan tinggi yang disebabkan oleh kanopi yang tertutup memberikan lingkungan yang lebih kondusif bagi perkembangan entomopatogen dibanding dengan kanopi terbuka, demikian pula pengaturan waktu pengairan yang tepat sangat mendukung peningkatan jumlah koloni efektif. Selain itu, entomopatogen yang diformulasi dalam bentuk tepung (*wettable powder*), minyak (minyak nabati), maupun cair (molasis) merupakan salah satu upaya mengurangi pengaruh lingkungan, khususnya sinar ultraviolet yang dapat menurunkan daya bunuh bahan aktif (Moslim *et al.* 2004; Pavone *et al.* 2009; Vega-Aquino *et al.* 2010).

Tanah merupakan habitat utama sebagian besar entomopatogen. Pengolahan tanah merupakan media yang baik bagi entomopatogen yang ada dalam tanah untuk mencapai tanaman dan melakukan kontak dengan serangga inang. Pengolahan tanah berat (*deep plowing*) berpengaruh kurang baik terhadap entomopatogen yang biasanya persisten pada permukaan tanah, karena akan terbawa ke dalam tanah pada saat tanah diolah. Sedangkan pengolahan tanah ringan (*minimum tillage*) lebih bermanfaat untuk konservasi entomopatogen. Oleh karena itu, praktek-praktek agronomis selain dibutuhkan untuk pemeliharaan tanaman, juga sangat bermanfaat sebagai upaya konservasi entomopatogen.

Upaya mengembangkan entomopatogen sebagai komponen pengendalian hama terpadu yang efektif masih terus-menerus dilakukan. Peran ilmu epizootiologi terapan, termasuk di dalamnya pengendalian hama menggunakan entomopatogen, sangat membutuhkan dukungan berbagai disiplin ilmu lain, seperti entomologi, mikrobiologi, patologi, ekologi, dan biologi, sehingga keberhasilan memanfaatkan entomopatogen dalam pengenda-

lian hama baru akan tercapai apabila benar-benar dapat memahami setiap ilmu terkait dan interaksinya serta mengaplikasikannya dalam pengendalian serangga hama.

KESIMPULAN

Virus dan jamur adalah dua entomopatogen yang cukup potensial untuk mengendalikan hama penggerek buah kapas, *H. armigera*, khususnya *nuclear polyhedrosis virus* (NPV) dan jamur *B. bassiana* dan *N. rileyi*. Saat ini teknologi pengendalian hama kapas dengan NPV sudah tersedia dan telah diproduksi oleh PT Probio, Malang melalui lisensi. Selain NPV, jamur entomopatogen *B. bassiana* dan *N. rileyi* juga mulai dikembangkan untuk pengendalian hama kapas. Keefektifan *B. bassiana* maupun *N. rileyi* terhadap mortalitas ulat *H. armigera* dan terhadap penghambatan pertumbuhan ulat yang terinfeksi cukup tinggi, berturut-turut yaitu 80–87% dan 30–50%. Produksi konidia jamur *B. bassiana* pada media beras mampu menghasilkan sekitar 90–110 g konidia kering/1 kg beras dengan konsentrasi $2,3 \times 10^{10}$ konidia/g formulasi WP. Pengujian patogenisitas *N. rileyi* terhadap *H. armigera* yang terinfeksi jamur. Upaya konservasi entomopatogen diperlukan untuk keberlanjutan epizootiknya di alam, terutama melalui penerapan praktek-praktek agromonis yang ramah lingkungan sehingga entomopatogen maupun musuh alami lainnya dapat berkembang dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansari, M.A., S. Vestergaard, L. Tirry & M. Moens. 2004. Selection of highly virulent fungal isolate, *Metarhizium anisopliae* CLO53 for controlling *Hoplia philantus*. J. Invertebrate Pathology 85:89–96.
- Binay, K. & P. Devendra. 2002. Evaluation of neem based insecticides and biopesticides against *Helicoverpa armigera* infesting chickpea. Indian Journal of Entomology 64(4):411–417.
- Biradar, V.K., P.R. Shivpuje, B.N. Rawale, R.S. Bansod, A.T. Munde & M.P. Badgujar. 2002. Efficacy of certain biopesticides against cotton bollworms. Journal of Soils and Crops 12(1):66–67.
- Boucias, D.G., M.S. Tigano, D.R. Sosa-Gomez, T.R. Glare & P.W. English. 2000. Genotypic properties of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi*. Biological Control 19:124–138.
- Cheung, P.Y.K. & E.A. Grula. 1982. In vitro events associated with entomopathology of *Beauveria bassiana* for the corn earworm (*Heliothis zea*). J. Invertebrate Pathology 39:303–313.
- Damir, M.E. 2006. Effect of growing media and water volume on conidial production of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. J. Biol. Sci. 6:269–275.
- Filho, E.C., E.J. Marques & R. Barros. 2002. Selection of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) and *Beauveria bassiana* (Bals.) isolates to control *Alabama argillacea* (Hubner) caterpillars. Scientia Agricola 59(3): 457–462.
- Gerhardson, B. 2002. Biological substitutes for pesticides. Trends in Biotechnology 20(8):338–343.

- Hardiyanti, D.W. 2006. Kajian penyebaran miselium jamur *Beauveria bassiana* dan kerusakan terhadap epitel saluran pencernaan makanan larva *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Undergraduate Theses dari JBPTITBBI, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung (Abstrak).
- Hidayah, N. & IG.A.A. Indrayani. 2011. Pengaruh media terhadap pertumbuhan jamur entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson dan patogenitasnya terhadap *Helicoverpa armigera* dan *Spodoptera litura*. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 17(3):102–108.
- Hosang, M.L.A. 1995. Patogenisitas cendawan *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Terhadap *Brontispa longissima* Gestro (Coleoptera: Hispididae). MS Thesis (Unpublished). Bogor Agricultural University (IPB). 66 pp.
- Hughes, S.J. 1971. Phycomycetes, basidiomycetes, and ascomycetes as fungi Imperfecti. p. 7–36. In B. Kendrick (ed.). Taxonomy of Fungi Imperfecti, University of Toronto Press, Toronto, Canada.
- Indrayani, IG.A.A. 2011. Potensi jamur entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson untuk pengendalian *Helicoverpa armigera* Hubner pada kapas. Perspektif 10(1):11–21.
- Indrayani, IG.A.A. & H. Prabowo. 2010. Pengaruh komposisi media terhadap produksi konidia jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri 2(2):88–94.
- Indrayani, IG.A.A., A.A.A. Gothama & F. Moscardi. 1988. Report on survey for pathogens of cotton pests in Indonesia. Proc. Symposium on Biological Control of Pests in Tropical Agricultural Systems. Seameo Biotrop, Bogor. 17 p.
- Indrayani, IG.A.A., T. Adiastono & G. Mudjiono. 2003. Dosis sublethal *SINPV* dan pengaruhnya terhadap transmisi vertikal pada larva *Spodoptera litura* F. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 9(2):55–62.
- Indrayani, IG.A.A., D. Winarno & Subiyakto. 2004. Kompatibilitas kombinasi *HaNPV* dan SBM serta pengaruhnya terhadap mortalitas dan aktivitas biologi penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera* Hubner. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 10(1):28–33.
- Knipling, E.F. 1971. The role of microbial agents in the development of alternative means of insect control. Proc. Fourth Int. Coll. Insect Pathol. 2–8. College Park, Maryland. 25–28 August 1970.
- Kukan, B. & J.H. Myers. 1997. Prevalence and persistence on nuclear polyhedrosis virus in fluctuating populations of forest tent caterpillars (Lepidoptera: Lasiocampidae) in the area of Prince George, British Columbia. Environ. Entomol. 26:882–887.
- Lewis, F.B. & W.D. Rollinson. 1978. Effect of storage on the virulence of gypsy moth nucleopolyhedrosis inclusion bodies. J. Econ. Entomol. 71(5):719–722.
- Mandal, S.M.A., B.K. Mishra & P.R. Mishra. 2003. Efficacy and economics of some biopesticides in managing *Helicoverpa armigera* (Hubner) on chickpea. Annals of Plant Protection Sciences 11(2):201–203.
- Martins, T., L. Oliveira & P. Garcia. 2005. Larval mortality factors of *Spodoptera littoralis* in the Azores. Biocontrol 50:761–770.
- McCoy, C.W., R.A. Samson & D.G. Boucias. 1988. Entomogenous fungi. p. 151–236. In C.M. Ignoffo (ed.). CRC Handbook of Natural Pesticides. Microbial Protozoa and Fungi. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Mishra, D.N., K. Kamiesh & L.R. Singh. 2004. Economics and efficacy of some biological pesticides to manage *Helicoverpa armigera* (Hubner) on chickpea under mid-western plain zone of UP. Environment and Ecology 22(3):404–406.
- Molina-Ochoa, J., R. Lezama-Gutierrez, M. Gonzalez-Ramirez, M. Lopez-Edwards, M.A Rodriguez-Vega & F. Arceo-Palacios. 2003. Pathogens parasitic nematodes associated with populations of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. Florida Entomologist 86:244–253.
- Moslim, R., M.B. Wahid, S.R.A. Ali & N. Kamarudin. 2004. The effects of oils on germination of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and its infection against the oil palm bagworm, *Metisa plana* (Walker). J. Oil Palm Res. 16:78–87.

- Pavone, D., M. Diaz, L. Trujillo & B. Dorta. 2009. A granular formulation of *Nomuraea rileyi* Farlow (Samson) for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Kweriencia* 34(2):130–134.
- Plate, J. 1976. *Fungi. Biological Control: A guide to natural enemies in North America*. Cornell University. 4 p.
- Prayogo, Y. 2006. Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2):47–54.
- Rothman, L.D. & J.H. Myers. 1994. Nuclear polyhedrosis virus treatment effect on reproductive potential of western ent caterpillar (Lepidoptera: Lasiocampida). *Environ. Entomol.* 23:864–869.
- Sanchez-Pena, S.R. 2000. Entomopathogens from two Chihuahuan desert localities in Mexico. *Biocontrol* 45: 63–78.
- Saranga, A.P. & I.D. Daud. 1993. Prospek pemanfaatan patogen serangga untuk pengendalian serangga hama di Sulawesi Selatan. *Prosiding Makalah Pendukung Seminar Nasional Pengendalian Hayati*. Yogyakarta 25–26 November 1996. 4 hlm.
- Shah, P.A. & J.K. Pell. 2003. Entomopathogenic fungi as biological control agents. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 61:413–423.
- Srisukchayakul, S., C. Wiwat & S. Pantuwatana. 2005. Studies on the pathogenesis of the local isolates of *Nomuraea rileyi* against *Spodoptera litura*. *Science Asia* 31:273–276.
- Steinhaus, E.A. 1975. *Disease in a Minor Chord*. Ohio State University Press, Columbus, Ohio. 17 p.
- Suwannakut, S., D.G. Boucias & C. Wiwat. 2005. Genotypic analysis of *Nomuraea rileyi* collected from various noctuid hosts. *J. Invertebrate Pathology* 90:169–176.
- Tanada, Y. & H.K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, San Diego, California. 563 p.
- Uma-Devi, K., M. Murali C.H., J. Padmavathi & K. Ramesh. 2003. Susceptibility to fungi of cotton bollworms before and after a natural epizootic of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (Hyphomycetes). *Biocontrol Science and Technology* 13:367–371.
- Vega-Aquino, P., S. Sanches-Pena & C.A. Blanco. 2010. Activity of oil-formulated conidia of the fungal entomopathogens *Nomuraea rileyi* and *Isaria tenuipes* against lepidopterous larvae. *J. Invertebrate Pathology* 103:145–149.
- Vimala-Devi, P.S., Y.G. Prasad, D. Anita-Chowdary, M.M. Rao & L. Balakhrisnan. 2003. Identification of virulent isolates of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi* (F.) Samson for the management of *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera litura*. *Mycopathologia* 156:365–373.

SISTEM PERBENIHAN KAPAS NASIONAL

Siwi Sumartini^{*)}

PENDAHULUAN

Pengembangan kapas di Indonesia tidak terlepas dari beberapa masalah di antaranya adalah lemahnya sistem perbenihan, yang juga terjadi pada hampir semua komoditas perkebunan. Di negara-negara produsen utama kapas, benih kapas sudah menjadi barang komersial, tetapi di Indonesia masih berstatus benih butuh subsidi, peran pemerintah dalam memproduksi benih masih sangat diperlukan (Hasnam *et al.* 2007).

Penggunaan varietas unggul yang berasal dari program pemuliaan dan ketersediaan benih bermutu merupakan salah satu faktor utama kemajuan pertanian di seluruh dunia. Ketersediaan varietas unggul akan bermanfaat jika didukung oleh industri benih yang efisien dalam menghasilkan benih bermutu secara tepat jumlah, tepat waktu, dan tepat tempat secara berkesinambungan (Adiningrat 2004).

Penggunaan benih bermutu tinggi berdampak terhadap pertumbuhan tanaman yang seragam dan hasil panen yang tinggi. Syarat benih bermutu adalah: (1) murni dan diketahui nama varietasnya; (2) daya tumbuh tinggi (minimal 80%) dan vigornya baik; (3) biji sehat, bernas, tidak keriput, dipanen pada saat biji telah matang; (4) dipanen dari tanaman yang sehat, tidak terinfeksi penyakit (cendawan, bakteri, dan virus); dan (5) benih tidak tercampur biji tanaman lain atau biji rerumputan. Benih dapat berperan sebagai agen perubahan mental petani dan masyarakat untuk lebih semangat berusaha dan bahkan perubahan suatu negara dari kekurangan pangan menjadi kecukupan pangan (Sadjad 2006). Tulisan ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang alur penyediaan benih kapas yang sedang berlangsung di Indonesia.

RENCANA PENGEMBANGAN KAPAS NASIONAL

Berdasarkan analisis SWOT (*strength, weakness, opportunity, threats*) Pengembangan Kapas Nasional, Direktorat Budidaya Tanaman Semusim, Direktorat Jenderal Perkebunan telah menyusun *road map* program pengembangan kapas tahun 2007 sampai dengan tahun 2025, yang akan ditempuh melalui tiga tahapan pelaksanaan:

1. Tahap pelaksanaan jangka pendek, yaitu tahun 2007–2010, seluas 18.000–71.000 hektar.

^{*)} Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

2. Tahap pelaksanaan jangka menengah, yaitu tahun 2011–2015, seluas 88.000–121.000 hektar.
3. Tahap pelaksanaan jangka panjang, yaitu tahun 2016–2025, seluas 130.000–300.000 hektar.

Target pencapaian produksi pada program pengembangan kapas tersebut diharapkan dapat memberikan kontribusi pada industri tekstil dan produk tekstil (ITPT) sebesar 1,2–4,7% pada tahun 2007–2010, 6–10% pada tahun 2011–2015, dan 11–30% pada tahun 2016–2025, dari kebutuhan bahan baku kapas nasional (Direktorat Jenderal Perkebunan 2006).

Untuk memenuhi areal pertanaman kapas tersebut di atas, diperlukan benih sebanyak 90–355 ton pada tahun 2007–2010, 440–605 ton pada tahun 2011–2015, dan 650–1.500 ton pada tahun 2016–2025, dengan asumsi pemakaian benih kapas gundul (*delinted-seed*) 5 kg/hektar. Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Perkebunan nomor 09/Kpts/SR.120/01/2011 tanggal 14 Januari 2011, tentang Penerapan Sumber Benih Kapas untuk Pengembangan Musim Tanam Tahun 2011. Sebagai sumber benih kapas musim tanam tahun 2011 diputuskan berasal dari empat perusahaan (Tabel 1).

Tabel 1. Sumber benih kapas musim tanam tahun 2011

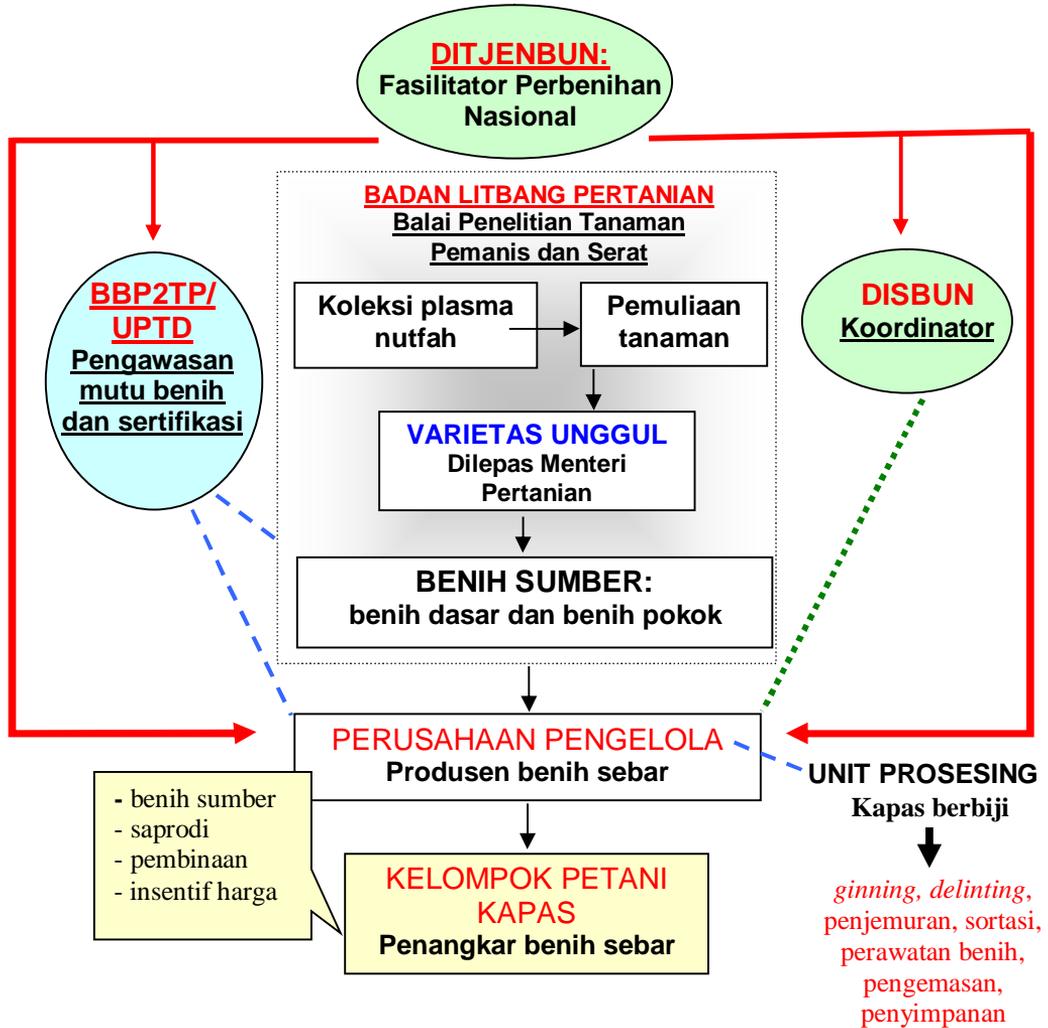
No.	Perusahaan sumber benih	Alamat sumber benih	Potensi produksi/ stok yang tersedia (kg)	Varietas
1	PT Supin Raya	Jln. Bacan 60 Makasar., Sulawesi Selatan (90171). Tel. 0411-321675, 31051. Fax. 0411-313958	25 890	Kapas hibrida impor terdiri atas: HSC 138 dan HSC 188
2	PR Sukun Kudus	Kotak Pos 9 Kudus. Gebog (59301), Jawa Tengah. Tel. 0291-432571. Fax. 0291-432571	520	ISA 205 A
			12 220	Kanesia 8
			3 020	Kanesia 10
		Jumlah nomor 2:	600	Kanesia 11
			16 340	
3	PT Nusafarm Intiland Corp	Jln. Raya Rancaekek km 26,5 Bandung (40394), Jawa Barat. Tel. 022-779440-779443. Fax. 022-7798445	40 000	Kanesia 8
4	PT Ade Agro Industri	Jln. Dayang Sumbi No. 4–6 Bandung (40132), Jawa Barat. Tel. 022-2503405. Fax. 022-2501134	25 500	Kanesia 8
		Total nomor 1–4	107 750	

Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan (2011).

INSTITUSI TERKAIT DALAM PERBENIHAN KAPAS NASIONAL

Pelaksanaan perbenihan kapas tidak dapat dilaksanakan secara partial, melainkan harus terpadu yang melibatkan semua sub-sistem yang terkait dengan struktur yang jelas (Suresh dan Tripp 2002). Penyediaan benih kapas di Indonesia dilaksanakan oleh bebera-

pa institusi yang bekerja secara bersama-sama yaitu Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun), Dinas Perkebunan (Disbun), Badan Litbang Pertanian/Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, pengelola, Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBP2TP)/unit pelaksana teknis daerah (UPTD) perbenihan, dan kelompok tani, seperti disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Institusi terkait dan alur produksi benih kapas nasional

Keterangan:

- - - - - fungsi pengawasan
- koordinator daerah
- > koordinator nasional
- > alur pengadaan benih sumber

1. Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun)

Penataan masalah benih kapas dimulai pada tahun 1995 oleh Ditjenbun (Hasnam 2004). Sebagai fasilitator nasional, tugas Ditjenbun adalah menunjuk/menetapkan penangkar, menetapkan luasan kebun benih dan varietas yang akan ditanam, menetapkan sistem produksi benih dan pengawasannya, serta pengadaan fasilitas-fasilitas pendukung di daerah-daerah pengembangan kapas. Penanganan dan kebijaksanaan perbenihan kapas hingga saat ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab Ditjenbun.

2. Dinas Perkebunan (Disbun)

Dinas Perkebunan melakukan pembinaan kepada perusahaan pengelola kapas yang ada di wilayah kerjanya dalam produksi benih.

3. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas)

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Badan Litbang Pertanian) melalui Balittas berperan sebagai penghasil varietas unggul. Sehubungan dengan sistem perbenihan kapas di Indonesia yang belum terlaksana dengan maksimum, hingga saat ini pengadaan benih dasar dan benih pokok masih dibebankan kepada Balittas.

Kegiatan penelitian dan pengembangan yang berkaitan dengan perbenihan adalah: pengelolaan plasma nutfah, pemuliaan tanaman, pendaftaran dan pelepasan varietas, dan perlindungan varietas tanaman. Program pemuliaan kapas dilaksanakan oleh Balittas dengan sasaran peningkatan produktivitas, ketahanan terhadap hama, ketahanan terhadap keterbatasan air, serta perbaikan mutu serat. Penelitian dimulai dengan kegiatan persilangan yang menggabungkan antara dua varietas atau lebih, sehingga terbentuk populasi dasar. Setelah itu dilakukan seleksi individu dan seleksi galur sampai diperoleh galur-galur yang homogen serta memiliki keunggulan sifat-sifat yang diinginkan. Galur-galur harapan 'calon varietas baru' selanjutnya diuji adaptasi atau diobservasi pada berbagai kondisi agroekologi dengan sistem usaha tani untuk mengetahui keunggulan serta interaksi galur tersebut terhadap lingkungan. Tahapan berikutnya adalah pelepasan varietas, dan varietas baru tersebut didaftarkan untuk mendapatkan hak Perlindungan Varietas Tanaman.

Undang Undang No. 12 tahun 1992 tentang Sistem Budi Daya Tanaman, pada pasal 12 ayat 1, menyebutkan bahwa varietas hasil pemuliaan atau introduksi dari luar negeri sebelum diedarkan terlebih dahulu dilepas oleh pemerintah (Direktorat Bina Perbenihan 1998). Sejak tahun 1990, Balittas telah melepas sebanyak lima belas varietas hasil pemuliaan yaitu Kanesia 1 sampai dengan Kanesia 15, serta dua varietas hasil introduksi yaitu LRA 5166 dan ISA 205 A.

Dalam rangka penyediaan benih kapas yang mutu genetik dan mutu fisiologinya tinggi, telah diusulkan pengaturan distribusi benih sumber, sehingga perbanyakan benih secara berjenjang dapat dilaksanakan dengan baik dan kemurnian genetik varietas dapat dipertahankan (Sulistyowati dan Sumartini 2007). Bersamaan dengan dilepasnya varietas

baru kapas, Balittas menyediakan benih dasar dalam volume yang cukup untuk minimal 5 tahun program pengembangan. Pada tahun pertama, Balittas menanam sebanyak 25 kg benih dasar yang diperbanyak menjadi sekitar 3 hektar pertanaman produksi benih pokok. Pada tahun kedua, benih pokok yang dihasilkan oleh Balittas diberikan kepada pengelola sebanyak 600 kg untuk memperbanyak benih sebar di lahan petani terpilih seluas 70 hektar. Pada tahun ketiga telah tersedia benih sebar sebanyak 28.000 kg untuk mencukupi areal pengembangan seluas 3.500 hektar (Sulistiyowati dan Sumartini 2007).

4. Produsen Benih (Pengelola Kapas)

Dalam penanganan perbenihan kapas, pengelola kapas ditunjuk untuk merangkap fungsinya, yaitu sebagai penghasil serat untuk memenuhi kebutuhan industri tekstil di dalam negeri dan sebagai produsen benih sebar. Pengelola kapas yang ada di Indonesia adalah PT Nusafarm Intiland Corps., PR Sukun, PT Supin Raya, dan PT Ade Agro Industri (AAI). Pengelola kapas dalam memproduksi benih sebar bekerja sama dengan kelompok petani. Dalam kerja samanya tersebut, perusahaan pengelola memberikan benih pokok dan saprodi kepada kelompok petani penangkar benih, diikuti dengan pembinaan teknis yang didampingi oleh Disbun secara reguler.

5. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBP2TP) Surabaya/Unit Pelaksana Teknis Daerah (UPTD) Perbenihan

Fungsi BBP2TP Surabaya/UPTD Perbenihan adalah sebagai pengawas mutu benih. Kegiatan pengawasan mutu yang dilakukan oleh (BBP2TP) Surabaya/UPTD Perbenihan adalah kegiatan pengawasan mulai dari pemeriksaan mutu sumber benih, saat produksi benih, pengujian mutu benih, pemasangan label hingga pengawasan peredaran benih. Kegiatan tersebut menurut Peraturan Menteri Nomor 39/Permentan/OT.140/8/2006 disebut dengan sertifikasi, yaitu proses pemberian sertifikat benih tanaman setelah melalui pemeriksaan, pengujian, dan pengawasan, serta persyaratan untuk diedarkan.

Sertifikasi benih merupakan mekanisme pengendali mutu yang wajib diterapkan terhadap semua benih yang diedarkan (UU 12/1992, PP 44/1995). Sertifikasi benih kapas dilaksanakan oleh pemerintah yaitu BBP2TP/UPTD Perbenihan yang ada di masing-masing provinsi.

Dasar hukum tentang sertifikasi benih berpedoman pada peraturan perundang-undangan di bidang perbenihan sebagai berikut (Purwodarminto 2010):

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 1992 tentang Sistem Budi Daya Tanaman.
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 1995 tentang Perbenihan Tanaman.

3. Keputusan Menteri Pertanian Nomor 803/Kpts/OT.210/7/97 tentang Sertifikasi dan Pengawasan Mutu Benih Bina yang diperbaharui dengan Permentan Nomor 29/Permentan/OT.140/8/2006 tentang Produksi, Sertifikasi, dan Peredaran Benih Bina.
4. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kewenangan Pemerintah dan Kewenangan Provinsi sebagai Daerah Otonom.
5. Undang-Undang No. 18 Tahun 2004 tentang Perkebunan.
6. Undang-Undang No. 32 tentang Pemerintah Daerah.

Sanksi pelanggaran diberikan apabila terjadi peredaran benih yang tidak sesuai dengan label dan pengeluaran, pengeluaran atau pemasukan benih ke dalam wilayah Negara Republik Indonesia tanpa izin. Sanksi pelanggaran tersebut dapat dikenakan penjara atau kurungan dan atau denda

PENUTUP

Pelaksanaan perbenihan kapas tidak dapat dilaksanakan secara partial, melainkan harus terpadu yang melibatkan semua sub-sistem yang terkait dengan struktur yang jelas. Penyediaan benih kapas di Indonesia dilaksanakan oleh beberapa institusi yang bekerja secara bersama-sama yaitu: Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun), Dinas Perkebunan (Disbun), Badan Litbang Pertanian/Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas), pengelola kapas, Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBP2TP)/UPTD Perbenihan, dan kelompok petani. Pengelola kapas merangkap fungsinya, yaitu sebagai penghasil serat untuk memenuhi kebutuhan industri tekstil di dalam negeri dan sebagai produsen benih sebar yang berkerja sama dengan kelompok petani. Pengelola kapas yang ada di Indonesia adalah PT Nusafarm Intiland Corps., PR Sukun, PT Supin Raya, dan PT Ade Agro Industri (AAI).

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningrat, E. 2004. Menggerakkan dan membangun industri perbenihan di Indonesia. Prosiding Lokakarya Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia VII. Peripi dan Balitkabi. Malang. hlm. 10-13.
- Direktorat Bina Perbenihan. 1998. Peranan Perbenihan dalam Pembangunan Perkebunan. Direktorat Jenderal Perkebunan Direktorat Perbenihan. Makalah disampaikan pada Pelatihan Pengawas Mutu Benih di Balittas, Malang. 16 hlm.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2006. *Road Map* Pengembangan Kapas Sampai Dengan Tahun 2025. Direktorat Budidaya Tanaman Semusim. Ditjen Perkebunan. http://ditjenbun.deptan.go.id/web/index.php?option=com_content&task=view&id=82&Itemid=62.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2011. Penetapan Sumber Benih Kapas untuk Pengembangan Musim Tanam Tahun 2011 Sebagai Sumber Benih Kapas. Surat Keputusan Direktur Jenderal Perkebunan. 3 hlm.

- Hasnam. 2004. Benih Kapas. Sosialisasi pada Penyuluh dalam Rangka PTT dan Litkaji Sistem Perbenihan Kapas di Sulawesi Selatan. Kumpulan Makalah. 15 hlm.
- Hasnam, E. Sulistyowati, Nurheru, Sudjindro & R.S. Hartati. 2007. Peran teknologi dan kelembagaan dalam pengembangan kapas dan rami. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 40–67.
- Purwodarminto, E. 2010. Sertifikasi dan Pengawasan Mutu Benih. Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBP2TP)-Surabaya. Disampaikan Pada Pelatihan Penangkar Benih Tanaman Perkebunan Binaan Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur. 12 hlm.
- Sadjad, S. 2006. Benih yang Membawa dan Dibawa Perubahan. IPB Press, Bogor. 240 hlm.
- Sulistyowati, E. & S. Sumartini. 2007. Model sistem perbenihan kapas: sebuah pemikiran untuk mendukung pengembangan kapas di Indonesia. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 61–67.
- Suresh, P. & R. Tripp. 2002. India's seed industry reforms: prospect and issues. *Ind. Society. Agric. Econ.* 57(3): 443–458.

MUTU SERAT KAPAS: KLASIFIKASI DAN PENGUJIANNYA

Moch. Machfud, Abdurrahman, dan Emy Sulistyowati^{*)}

PENDAHULUAN

Industri tekstil di dalam negeri berkembang sangat pesat dan membutuhkan bahan baku berupa serat kapas berkisar 500–600 ribu ton sejak tahun 2004 yang diprediksi akan meningkat menjadi 688 ribu ton pada 2010. Akan tetapi sampai saat ini produksi kapas dalam negeri hanya berkisar 16–25 ribu ton atau kurang dari 0,5% kebutuhan nasional, sehingga ketergantungan akan serat kapas impor semakin meningkat berkisar 454–762 ribu ton seiring dengan makin pesatnya pertumbuhan industri tekstil dan produk tekstil (Rachman 2007).

Dalam mengantisipasi kebutuhan dunia industri tekstil, arah perbaikan varietas kapas tidak saja pada peningkatan produksi kapas berbiji melainkan juga untuk meningkatkan mutu serat. Di negara lain, Amerika Serikat dan Australia misalnya, mutu serat juga sangat menentukan harga pembelian kapas berbiji karena berkaitan dengan penalti berupa diskon harga pembelian bila data kehalusan serat (*micronaire*) lebih kecil atau lebih besar dibandingkan standar (yaitu antara 3,5–4,5 mic). Bagi industri, mutu serat sangat menentukan jenis benang yang dihasilkan. Selain pengaruhnya dalam proses pemintalan, serat yang rendah mutunya juga akan terlihat jelas pada produk benang atau kain yang dihasilkan (Bradow dan Davidonis 2000).

Upaya perbaikan potensi produksi kapas nasional juga diikuti dengan perbaikan kandungan serat dan mutu serat (Sulistyowati dan Hasnam 2007). Perbaikan mutu serat yang telah dicapai pada program pengembangan Kanesia 1–Kanesia 15 tidaklah terlalu signifikan. Selain Kanesia 13, semua varietas Kanesia memiliki panjang serat >28 mm yang berarti memenuhi persyaratan industri pemintaan yang menggunakan mesin pemintal jenis rotor atau friksi. Adapun dua varietas yang memiliki panjang serat >30 mm adalah Kanesia 4 dan Kanesia 8 (30,30 mm). Setelah pelepasan Kanesia 10–Kanesia 15, perbaikan mutu serat secara signifikan dicapai yaitu dalam hal kekuatan serat yang mencapai >27 g/tex. Bahkan Kanesia 14 dan Kanesia 15 mampu mencapai kekuatan serat >30 g/tex, sedangkan Kanesia 2–4 merupakan tiga varietas kapas unggul nasional yang memiliki kekuatan serat terendah yaitu sekitar 22 g/tex (Sulistyowati 2010). Varietas-varietas kapas transgenik yang dilepas oleh Deltapine Land Australia tahun 2007–2008 memiliki kisaran panjang serat 29,97–30,0 mm, kekuatan serat 29,4–31,8 g/tex, dan kehalusan serat 4,3–4,6 mic. Dalam dunia perdagangan serat, karakter mutu serat yang di-

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

butuhkan adalah panjang serat 25–28 mm untuk pemintal rotor dan friksi atau >30 mm untuk pemintal air-jet, elastisitas serat >7%, kekuatan serat >28 g/tex pada 3,2 mm gauge, kehalusan serat 3,0–3,8 mic, dan kedewasaan serat >80% (Paroda dan Koranne 1996).

BIOLOGI SERAT KAPAS

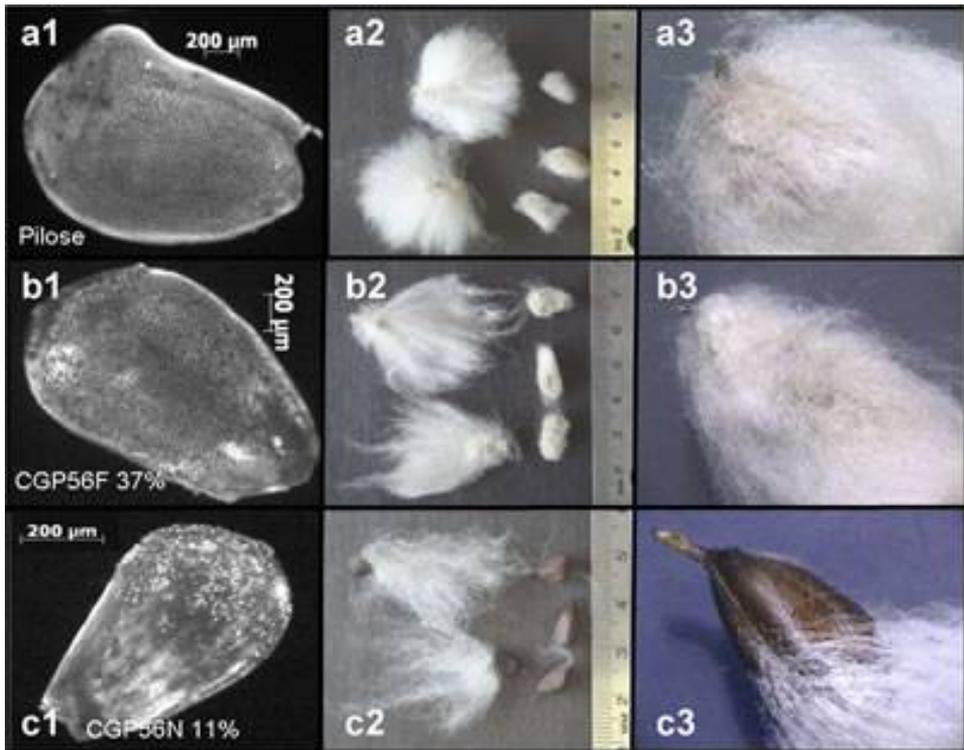
Secara anatomis, serat kapas adalah pemanjangan sel-sel protodermal atau epidermis yang terletak pada lapisan integumen pada bagian luar permukaan biji. Dalam potongan memanjang, bagian serat terdiri atas dasar, badan, dan ujung serat. Sedangkan pada potongan melintang, setiap individu serat terdiri enam bagian yaitu lapisan kutikula, dinding primer, lapisan antara, dinding sekunder, dinding lumen, dan lumen (Hsieh *et al.* 2000). Komposisi kimia serat kapas disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia serat kapas (Ioelovich dan Leykin 2008)

No.	Komponen kimia serat	Kandungan komponen serat (% terhadap berat kering)
1.	Selulosa	94–96
2.	Pektin	0,8–2,2
3.	Protein	1,2–1,4
4.	Pigmen dan lain-lain	0,5–0,7
5.	Abu	1,1–1,7

Perkembangan serat terdiri atas empat tahapan yang saling *overlapping*, yaitu tahap inisiasi serat, pemanjangan serat, deposisi dinding sel sekunder, dan pemasakan serat (Kim dan Triplett 2001). Serat yang tumbuh dari satu biji bervariasi dalam panjang, bentuk, ketebalan dinding sel, dan kemasakan fisiknya (Bradow *et al.* 1997, Gambar 1). Secara fisiologis, mutu serat kapas ditentukan oleh bentuk serat dan kemasakannya. Bentuk serat, terutama panjang dan diameter serat sangat ditentukan oleh faktor genetik, sedangkan kemasakan serat dipengaruhi oleh deposisi fotosintat dalam dinding sel serat yang sangat dipengaruhi oleh lingkungan pertumbuhan.

Dalam perbaikan mutu serat terdapat lebih dari 2.000 lokus gen yang terlibat, sehingga kemajuan genetik yang signifikan sangat sulit dicapai. Plasma nutfah Pee Dee dari program USDA-ARS dan Acala dari New Mexico State University telah menyumbangkan masing-masing 12,5% dan 50% terhadap kemajuan perbaikan mutu serat kapas (Bowman dan Gutierrez 2003). Karakter mutu serat sangat menentukan daya pintal dan mutu benang yang dihasilkan. Karakter mutu serat merupakan potensi genetik suatu varietas yang dicapai pada kondisi pertumbuhan optimal, meliputi pengairan, pemupukan, dan faktor-faktor iklim seperti temperatur harian, dan panjang hari (Bradow dan Davidonis 2000). Pada kapas-kapas *upland* terdapat aksi non-aditif yang relatif kecil antara gen-gen yang berperan dalam panjang, kekuatan, dan kehalusan serat.



Gambar 1. Tiga tipe perkembangan serat pada biji kapas: (a) perkembangan serat dengan keterikatan pangkal serat yang sangat erat pada kulit biji, (b) perkembangan serat dengan keterikatan pangkal serat sedang pada kulit biji, dan (c) perkembangan serat dengan keterikatan pangkal serat yang lemah pada kulit biji (Romano *et al.* 2011)

Panjang serat kapas tidak saja mengkait pada panjang serat itu sendiri, melainkan juga dengan kandungan serat pendek. Panjang serat merupakan sifat yang diturunkan secara genetik, sedangkan kandungan serat pendek dipengaruhi oleh faktor genetik, faktor-faktor pertumbuhan, cara panen, dan cara pemrosesan serat (Bradow dan Davidonis 2000). Lima kelas panjang serat kapas adalah 1) serat pendek, <21 mm, 2) serat sedang, 22–25 mm, 3) serat sedang–panjang, 26–28 mm, 4) serat panjang, 29–34 mm, dan 5) serat sangat panjang, >34 mm (Bradow dan Davidonis 2000).

Khusus untuk kekuatan serat, Green dan Culb (1990) menyatakan bahwa terdapat interaksi yang sangat kuat antara kekuatan serat dan faktor lingkungan sehingga variasi faktor lingkungan dapat menurunkan potensi mutu serat suatu varietas. Hal ini tidak sesuai dengan hasil penelitian May (1999) yang menyebutkan bahwa kekuatan serat lebih dikendalikan oleh gen-gen mayor dibandingkan variasi faktor lingkungan.

Kehalusan serat sangat dipengaruhi oleh posisi buah dan lokasi biji dalam lokus, karena kedua faktor tersebut menentukan sirkularitas serat dan tingkat penebalan dinding sel serat. Dinding sel serat (sekitar 4.1 μm) terdiri atas dinding sel primer dan kutikula yang kedua setebal 0,1 μm atau 2,4% dari total dinding sel serat, dan dinding sel sekunder berbahan selulosa (98%) yang penebalannya berbahan deposisi fotosintat pada saat pemasakan serat. Dengan demikian semua faktor lingkungan yang mengganggu fiksasi karbon fotosintesa dan sintesa selulosa juga secara langsung berpengaruh terhadap kemasakan dan kehalusan serat (Sassenrath-Cole dan Hedin 1996).

PROSES PASCAPANEN SERAT KAPAS

Proses pascapanen serat kapas meliputi penjemuran kapas berbiji sampai dengan pemisahan serat dari biji yang dikenal dengan proses *ginning*. Panen kapas dapat dilakukan secara manual oleh tenaga kerja manusia, maupun secara mekanik menggunakan mesin pemanen (*picker* atau *harvester*). Pemanenan secara manual dilakukan terhadap buah-buah yang telah merekah secara bertahap (Gambar 2), dilanjutkan dengan penjemuran kapas berbiji. Sedangkan penggunaan mesin pemanen dilakukan dengan cara pengisapan kapas berbiji yang masih berada pada tanaman maupun kapas berbiji yang telah terjatuh di tanah.



Gambar 2. Pemanenan kapas secara manual (kiri) dan secara mekanis menggunakan mesin *picker* (kanan)

Pemisahan serat kapas dari bijinya disebut dengan istilah *ginning*. *Ginning* dilakukan menggunakan mesin; terdapat dua jenis mesin *ginning* yaitu *saw gin* dan *roller gin* (Gambar 3). *Saw gin* menggunakan sistem gergaji yang berputar dan memotong serat kapas. Sedangkan *roller gin* menggunakan sistem silinder berputar, dengan perputaran silin-

der berbalut kulit kasar tersebut maka serat kapas akan ditarik dan terpisah dengan biji berkabu-kabu.



Gambar 3. Mesin pengolah serat kapas: *saw gin* (kiri), *roller gin* (tengah), dan pengebal (kanan)

Proses pemisahan serat dari bijinya diikuti dengan pengebalan serat, serat kapas dikumpulkan dan dipadatkan membentuk bungkahan kapas berbentuk kubus yang disebut *bale* dengan berat yang bervariasi antarnegara-negara penghasil kapas antara lain 227 kg di Australia, 233 kg di Kolombia, 220 kg di Mexico, 185 kg di Nigeria, 182 kg di Uganda, 170 kg di India dan Pakistan, 200 kg di Afrika Selatan, 327 kg di Mesir, 191 kg di Sudan, 181 kg di Tanzania, dan 226,5 kg di Amerika Serikat. Di Amerika Serikat, ukuran *bale* kapas selain memenuhi aturan berat, juga harus memenuhi batasan ukuran dimensi panjang 1,37–1,40 m; lebar 0,51–0,53 m; dan tinggi 0,84 m; volume 0,48 m³; dan dengan kepadatan 472 kg/m³.

KLASIFIKASI DAN PENGUJIAN MUTU SERAT KAPAS

Kualitas serat merupakan parameter yang penting, karena kualitas serat berpengaruh terhadap harga jual serat dan produk akhir yang diproduksi dengan menggunakan serat tersebut. Secara internasional, kualitas serat kapas ditentukan oleh tiga faktor penting, yaitu *grade*, panjang *staple*, dan karakter.

Grade Serat Kapas

Grade serat kapas ditentukan oleh faktor warna, kotoran, dan persiapan. Warna serat kapas sebagian besar adalah putih. Tingkat warna putih serat kapas sangat dipengaruhi oleh serangan mikroorganisme, serangga, maupun kotoran lain, sehingga warna putih tersebut dapat berubah menjadi kekuningan ataupun suram.

Tingkat kekuningan warna serat kapas dijadikan dasar dalam pengelompokan warna serat kapas, dan dibedakan menjadi *white*, *light white*, *spotted*, *tinged*, dan *yellow stained*. Dalam kategori warna *white*, terdapat karakter tambahan yang merupakan kom-

binasi antara warna dan kotoran, yang dinyatakan dengan *plus*, *light gray*, dan *gray*. Selain itu tingkat kesuraman atau kegelapan warna serat kapas juga digunakan sebagai dasar pengelompokan warna serat, dimana *grade* yang lebih tinggi warnanya lebih cerah dibandingkan *grade* yang lebih rendah. Untuk derajat kegelapan warna serat kapas dibedakan menjadi *strict good middling*, *good middling*, *strict middling*, *middle strict good middling*, *low middling*, *strict good ordinary*, dan *good ordinary*. Penilaian *grade* kapas membutuhkan kecakapan khusus. Acuan dalam menentukan *grade* kapas dikenal adanya standar universal *grade* kapas. Standar universal *grade* kapas telah dikeluarkan oleh USDA di Amerika Serikat terdiri atas 40 universal standar dengan kode-kode yang disajikan dalam Tabel 2. Dalam dunia perdagangan serat kapas, contoh dari masing-masing *grade* kapas tersedia dalam kotak-kotak sampel.

Tabel 2. Kode universal standar *grade* serat kapas versi USDA, Amerika Serikat (USDA 2005)

<i>Grade</i>	Derajat warna serat kapas							
	Plus	White	Light spotted	Spotted	Tinged	Yellow stained	Light gray	Gray
<i>Strict good middling</i>		SGM						
<i>Good middling</i>		GM	GM Lt Sp	GM Sp	GM Tg	GM Ys	GM Lt gray	GM gray
<i>Strict middling</i>		SM	SM Lt Sp	SM Sp	SM Tg	SM Ys	SM Lt gray	SM gray
<i>Middling plus</i>	M plus							
<i>Middling</i>		M	Mid Lt Sp	Mid Sp	Mid Tg	Mid Ys	Mid Lt gray	Mid gray
<i>Strict low middling plus</i>	LSM plus							
<i>Strict low middling</i>		SLM	SLM Lt Sp	SLM Sp	SLM Tg		SLM Lt gray	SLM gray
<i>Low middling plus</i>	LM Plus							
<i>Low middling</i>		LM	LM Lt Sp	LM Sp	LM Tg			
<i>Strict good ordinary plus</i>	SGO plus							
<i>Strict good ordinary</i>		SGO						
<i>Good ordinary plus</i>	GO plus							
<i>Good ordinary</i>		GO						
<i>Low grade</i>								

Hal lain yang menentukan *grade* kapas adalah kotoran dalam sampel serat kapas dan preparasi. Termasuk dalam kotoran adalah daun, ranting, kulit batang, biji, pecahan biji, rumput, pasir, minyak, dan debu. Sedangkan faktor preparasi serat kapas meliputi tingkat kebaikan hasil pemisahan serat kapas dari bijinya dan banyak kandungan **nep** dan **nap**. **Nep** adalah kelompok serat tidak dapat diuraikan dalam proses pemintalan dan akan menurunkan mutu benang yang dihasilkan. Sedangkan **nap** adalah kelompok serat berbentuk pita atau tali yang masih dapat diuraikan dalam proses pemintalan, sehingga tidak menurunkan mutu benang yang dihasilkan (Boykin 2008). Serat kapas yang melalui proses preparasi yang baik akan menghasilkan benang yang lebih halus dan lebih rata, serta dengan limbah yang kecil.

Tabel 3. Kode panjang *staple* serat kapas (USDA 2005)

No.	Panjang serat	Kode panjang <i>staple</i> serat kapas	No.	Panjang serat	Kode panjang <i>staple</i> serat kapas
1.	26/32" atau 13/16"	26	6.	32/32" atau 1	32
2.	28/32" atau 7/8"	28	7.	33/32" atau 1 1/32	33
3.	29/32"	29	8.	34/32" atau 1 1/16	34
4.	30/32" atau 15/16"	30	9.	35/32" atau 1 3/32"	35
5.	31/32"	31	10.	36/32" atau 1 1/8"	36 dst.

Pengukuran panjang serat kapas dapat juga dilakukan dengan menggunakan *combsorter* atau fibrograf (manual atau digital) yang menggunakan satuan inch. Pengujian menggunakan *combsorter* ataupun fibrograf (Gambar 4) dilakukan di laboratorium pengujian mutu serat yang memiliki kriteria-kriteria antara lain suhu 22–24°C, kelembapan udara dalam ruangan 70%, dan intensitas penyinaran 60 fc. Kriteria panjang serat kapas disajikan dalam Tabel 4.



Gambar 4. Fibrograf digital: alat pengukur panjang serat

Tabel 4. Kriteria mutu serat kapas (USDA 2005)

Kriteria	Panjang .. inci ..	Kekuatan g/tex	Kehalusan .. mic ..	Kerataan .. % ..	Daya mulur .. % ..
Sangat rendah	<0,80	<34	<3,5	<74	<5,3
Rendah	0,81–0,97	34–37	3,5–4,0	74–76	5,4–6,2
Cukup	0,98–1,14	38–41	4,0–4,4	77–79	6,3–7,1
Tinggi	1,15–1,29	42–45	4,5–5,0	80–82	7,2–8,0
Sangat tinggi	>1,30	>45	>5,0	>82	>8,0

Karakter Serat Kapas

Yang dimaksud dengan karakter serat adalah sifat-sifat serat yang tidak termasuk dalam *grade* dan panjang serat. Karakter serat meliputi kekuatan, daya mulur, kehalusan, kedewasaan, dan kerataan serat.

a. Kekuatan dan Daya Mulur Serat

Pengukuran kekuatan serat dilakukan pada seberkas serat kapas yang diatur sejajar, yang pada prinsipnya adalah memutuskan seberkas serat sejajar tersebut. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa benang adalah hasil pemintalan seberkas serat kapas. Pengukuran kekuatan serat dilakukan di laboratorium uji mutu serat dengan menggunakan alat *presley fiber strength tester* atau stelometer (Gambar 5) dengan satuan gram/tex. Pengukuran menggunakan stelometer juga menghasilkan karakter daya mulur serat. Dalam Tabel 4 disajikan kriteria kekuatan dan daya mulur serat.



Gambar 5. Alat uji kekuatan serat: a. *Presley fiber strength tester* dan b. Stelometer

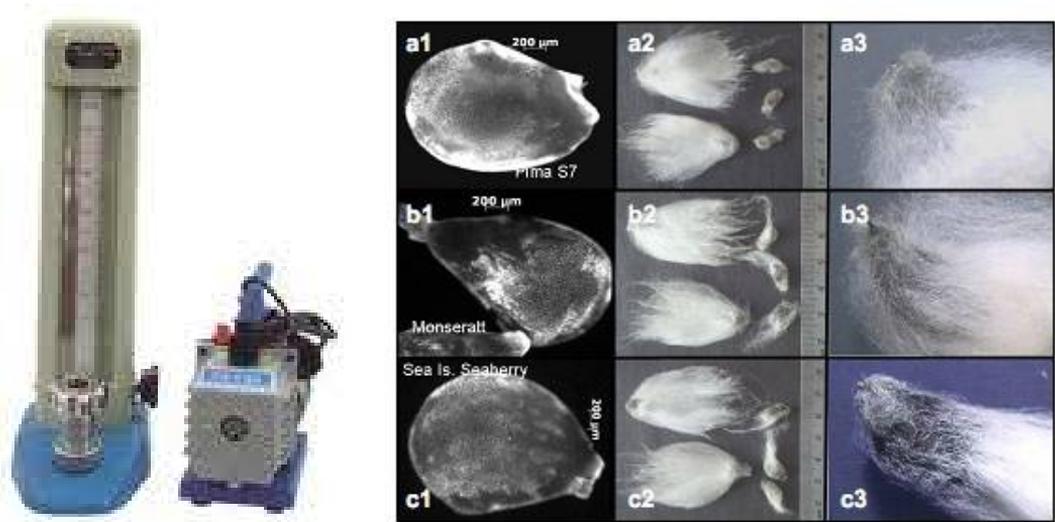
b. Kehalusan dan Kedewasaan Serat

Kehalusan sangat berkaitan dengan kedewasaan serat. Serat kapas yang masih muda dinding selnya tipis, sehingga lebar penampangannya pada saat serat telah kering menjadi

lebih kecil (Montalvo 2005). Dengan demikian, serat yang masih muda memiliki berat yang lebih kecil atau dengan kata lain lebih halus dibandingkan serat yang telah masak. Dalam Tabel 4 disajikan kriteria kehalusan serat.

Parameter kehalusan serat menggambarkan berat rata-rata serat untuk setiap satu *inch* panjang serat. Satuan yang digunakan adalah *gram/inch*. Alat yang digunakan untuk mengukur kehalusan serat adalah micronaire (Gambar 6), sehingga satuan kehalusan serat juga dinyatakan dalam micronaire (mic.). Cara kerja alat ini adalah dengan menghembuskan udara dengan tekanan tertentu ke dalam seberkas serat dengan berat tertentu. Makin halus serat, maka makin rapat seratnya sehingga semakin banyak udara yang tertahan sehingga tekanan udaranya dihembuskan berkurang (Montalvo 2005).

Kedewasaan dapat juga diamati menggunakan alat mikroskop. Contoh serat yang akan diamati diperlakukan dengan NaOH 18%, dan kemudian diamati di bawah mikroskop. Fokus pengamatan adalah dinding serat. Kedewasaan serat dicerminkan dengan ketebalan dinding sel serat. Semakin tebal dinding sel, maka semakin dewasa pula serat tersebut. Selain itu, lebar lumen juga mencerminkan kedewasaan serat. Serat kapas yang kurang dewasa dengan dinding sel yang tipis memiliki ukuran lumen yang lebih besar dibandingkan serat kapas dewasa. Dalam Gambar 6 disajikan perkembangan serat kapas pada permukaan biji mulai awal sampai serat kapas telah memanjang pada *G. barbadense* (Romano *et al.* 2011).



Gambar 6. Alat pengukur kehalusan serat kapas (kiri) dan perkembangan serat kapas (kanan)

c. Kerataan Serat

Jumlah serat yang tumbuh dari permukaan biji kapas berkisar 10.000–20.000 helai, dengan ukuran panjang yang sangat bervariasi. Kerataan serat menyatakan tingkat keseragaman panjang serat. Faktor keseragaman panjang serat sangat penting, karena erat kaitannya dengan penggunaan serat dalam industri pemintalan. Kapas dengan tingkatan kerataan serat tinggi menghasilkan benang yang tidak gampang putus dalam proses pemintalan. Kerataan serat dinyatakan dalam satuan persen (%), dan pengukurannya dilakukan menggunakan *combsorter* yaitu dengan membandingkan nilai tengah panjang serat (*mean length*) terhadap panjang serat tertinggi (*upper half mean length*). Selain itu juga dapat menggunakan fibrograf, yaitu dengan membandingkan 50% *span length* terhadap 2,5% *span length*. Kriteria kerataan serat disajikan dalam Tabel 4.

PENUTUP

Mutu serat sangat menentukan daya pintal dan mutu benang yang dihasilkan. Selain itu, mutu serat kapas berpengaruh terhadap efisiensi industri tekstil dan produk tekstil, mengingat kecepatan mesin pintal sudah ditingkatkan tiga sampai enam kali. Pemahaman terhadap mutu serat perlu mendapat perhatian yang cukup besar, mengingat mutu serat tidak saja dipengaruhi oleh faktor genetik varietas yang ditanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowman, D.T. & O.A. Gutiérrez. 2003. Sources of fiber strength in the U.S. upland cotton crop from 1980 to 2000. *J. Cotton Sci.* 7:164–16.
- Boykin, J.C. 2008. Seed coat fragments, motes, and neps: Cultivar differences. *The Journal of Cotton Science* 12:109–125.
- Bradow, J.M. & G.H. Davidonis. 2000. Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective. *Journal of Cotton Science* 4:34–64.
- Bradow, J.M., P.J. Bauer, O. Hinojosa & Sassenrath-Cole. 1997. Quantitation of cotton fibre-quality variations arising from boll and plant growth environments. *European Journal of Agronomy* 6:191–204.
- Green, C.C. & T.W. Culp. 1990. Simultaneous improvement of yield, fiber quality, and yarn strength in upland cotton. *Crop Sci.* 30(1):66–69.
- Hsieh, Y.L, X.P Hu & A. Wang. 2000. Single fiber strength variations of developing cotton fibers-strength and structure of *G. hirsutum* and *G. barbadense*. *Textile Res. J.* 70:682–690.
- Ioelovic, M. & A. Leykin. 2008. Structural investigation of various cotton fibers and cotton celluloses. *Bio Resources* (3)1:170–177.
- Kim, H.J. & B.A. Triplett. 2001. Cotton fiber growth in planta and in vitro. Models for plant bell elongation and cell wall biogenesis. *Plant Physiology* 127:1361–1366.
- May, O.L. 1999. Genetic variation in fiber quality. p. 183–229. *In* A.S. Basra (ed.) *Cotton Fibers*. Food Product Press, New York.

- Montalvo, J.G. 2005. Relationships between micronaire, fineness, and maturity. Part I. Fundamentals. *The Journal of Cotton Science* 9:81–88.
- Paroda, R.S. & K.D. Koranne. 1996. Cotton research and development scenario in India. *In* H. Harig & S.A. Heap (eds.) 23rd. International Cotton Conference. Bremen March 6–9, 1996. p. 1–21.
- Rachman, A.H. 2007. Strategi revitalisasi pengembangan kapas dan rami. *Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami*. Surabaya, 15 Maret 2006. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 33–39.
- Romano, G.B., E.W. Taliencio, R.B. Turley & J.A. Scheffer. 2011. Fiber initiation in 18 cultivars and experimental lines of three *Gossypium* species. *The Journal of Cotton Science* 15:61–72.
- Sassenrath-Cole, G.F. & P.A. Hedin. 1996. Cotton fiber development: Growth and energy content of developing cotton fruits. *Proc. Beltwide Cotton Conference*. Nashville, 9–12 January 1996. National Cotton Council American. Memphis TN. p. 1247–1249.
- Sulistiyowati, E. 2010. Hasil dan program pemuliaan kapas dalam mengantisipasi fenomena pemanasan global. *Prosiding Simposium VIII PERIPI Komda Jatim: Kontribusi Pemuliaan dalam Antisipasi Masalah Akibat Fenomena Pemanasan Global*. Peripi Indonesia Komda Jatim. 2010. hlm. 39–49.
- Sulistiyowati, E. & Hasnam. 2007. Kemajuan genetik varietas unggul kapas Indonesia yang dilepas tahun 1990–2003. *Perspektif* 6(1):19–28.
- USDA. 2005. *The Classification of Cotton*. USDA-Agricultural Handbook 566. 29 pp.

DIVERSIFIKASI PRODUK TANAMAN KAPAS

Joko-Hartono^{*)}

PENDAHULUAN

Tanaman kapas (*Gossypium* spp.) dibudidayakan dengan tujuan utama untuk menghasilkan serat panjang dari biji yang kegunaannya adalah sebagai bahan baku industri tekstil, baik secara murni atau dicampur dengan serat tanaman lain, serat binatang atau serat sintetik. Di samping untuk bahan tekstil serat kapas juga digunakan untuk benang jahit dan jaring ikan. Selain serat panjang sebagai hasil utamanya, juga diperoleh hasil samping berupa serat pendek, batang (brangkasan), dan biji kapas. Serat pendek dan potongan tekstil dimanfaatkan untuk menghasilkan kertas tulis, kertas gambar dan buku, serta hiasan dinding, kapas kosmetika, kapas kesehatan, bahkan untuk bahan peledak. Batang kapas mengandung selulosa, karena itu dapat dimanfaatkan untuk bahan baku pulp kertas. Biji kapas merupakan dua pertiga dari hasil panen kapas berbiji. Agar dapat dimanfaatkan, biji kapas harus diolah lebih dahulu. Setelah diolah akan dihasilkan serat pendek (*linter*), kulit (*hull*), minyak, dan bungkil. Hasil olahan biji kapas dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misalnya serat pendek untuk bahan pulp, kulit untuk pupuk, minyak untuk minyak makan dan bahan sabun, serta bungkil untuk pakan ternak dan bahan makanan setelah diturunkan atau dihilangkan kandungan gosisolnya.

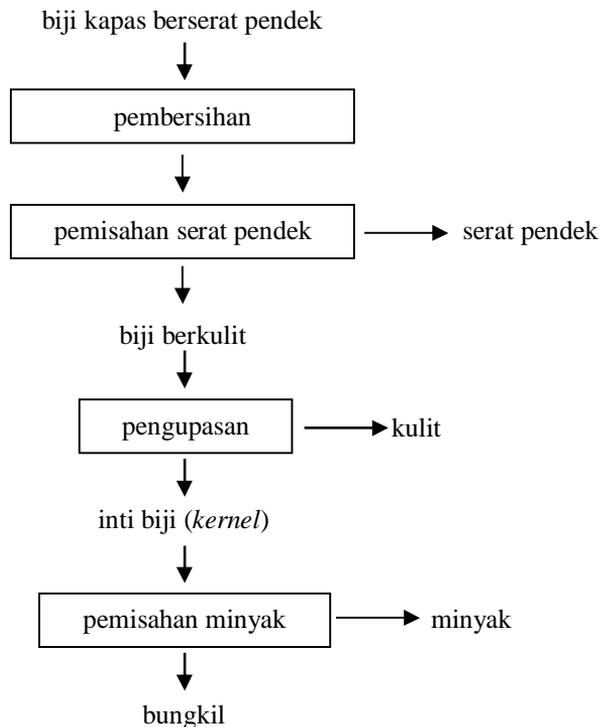
Pemanfaatan hasil samping tanaman kapas dapat meningkatkan nilai ekonominya. Biji kapas yang merupakan dua pertiga bagian kapas berbiji dapat diolah menjadi minyak dan bungkil. Minyak biji kapas dimanfaatkan untuk minyak goreng dan bungkil dimanfaatkan untuk pakan ternak (Isdijoso 1988) serta bahan pupuk organik. Di Zimbabwe minyak biji kapas dapat memenuhi 50 persen kebutuhan minyak goreng, minyak biji kapas dicampur dengan minyak bunga matahari diolah menjadi margarine (Isdijoso dan Sulaiman 1989). Sebagai bahan pakan, bungkil biji kapas dapat dikonsumsi oleh berbagai jenis ternak baik ruminansia maupun bukan ruminansia (Tangenjaya 1987). Di Pakistan, bungkil biji kapas telah digunakan secara intensif untuk bahan penyusun pakan unggas (Ravindran dan Blair 1992). Di Amerika Tengah terdapat kudapan berprotein untuk anak-anak, yang tersusun dari 58% tepung jagung, 20–38% tepung biji kapas, dan 21% tepung kedelai, serta vitamin dan mineral yang disebut Incaparina (FAO 1971; Winarno 1984). USAID juga telah memperkenalkan makanan ringan sejenis Incaparina disebut CSM yang dibuat dari tepung kedelai dan tepung biji kapas, digunakan di India dan Brasilia (FAO 1971). Dengan dimanfaatkannya hasil samping secara optimal, kapas akan mempunyai daya saing terhadap tanaman lain.

^{*)} Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

PENGOLAHAN BIJI KAPAS

Agar dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, biji kapas harus diolah lebih dahulu. Pengolahan biji kapas melalui proses pembersihan, pemisahan serat pendek, pengupasan, serta pemisahan minyak (Gambar 1).

Pembersihan bertujuan membuang kotoran antara lain berupa pasir, potongan daun, potongan batang, dan plastik. Pemisahan serat pendek bertujuan mengambil serat pendek yang masih menempel pada kulit, dilakukan dengan mesin delinting (*delinting machine*). Pengupasan bertujuan mengambil kulit sehingga dihasilkan kulit biji dan inti biji (*kernel*) dilakukan dengan mesin pengupas. Pemisahan minyak bertujuan memisahkan minyak dengan bungkil dapat dilakukan secara kimia atau mekanis.



Gambar 1. Pengolahan biji kapas

Pemisahan minyak biji secara kimia yaitu memisahkan minyak dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut organik, sedangkan secara mekanis dengan cara mengepres biji kapas. Ada beberapa macam alat pres antara lain alat pres sistem hidrolik dan alat pres sistem ulir. Alat pres sistem ulir yang dimiliki oleh pengusaha bahan baku minyak goreng

yang biasanya dipakai untuk mengolah kopra dapat dipakai untuk mengepres biji kapas. Setelah diolah, setiap 1.000 kg biji kapas menghasilkan 80–85 kg serat pendek, 220–230 kg kulit, 160–170 kg minyak, dan 410–420 kg bungkil.

Serat pendek dapat digunakan untuk berbagai keperluan antara lain untuk bahan pulp kertas, kapas kesehatan (*absorbent*), pelapis dinding, karpet, dan lain-lain. Sedangkan kulit dapat digunakan untuk bahan pakan ternak dan pupuk (Gardner *et al.* 1976). Di luar negeri minyak biji kapas sudah dimanfaatkan sebagai minyak makan, sedangkan tepung biji kapas dimanfaatkan untuk bahan makanan campuran guna meningkatkan mutu proteinnya. Incaparina adalah sejenis bahan makanan campuran, dibuat dari 58% tepung jagung, 20–38% tepung biji kapas, dan 21% tepung kedelai, serta vitamin dan mineral (Winarno 1984). Sebagai bahan pakan, bungkil biji kapas dapat diberikan pada berbagai jenis ternak baik ruminansia maupun bukan ruminansia (Tangenjaya 1987). Di Pakistan, bungkil biji kapas telah digunakan secara intensif untuk bahan pakan unggas (Ravindran dan Blair 1992).

PEMANFAATAN MINYAK BIJI KAPAS

Minyak sering disebut trigliserida karena tersusun dari satu molekul gliserol dan tiga molekul asam lemak. Gliserol dan asam lemak dapat dipisahkan dengan cara hidrolisis, selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk keperluan farmasi dan bahan kosmetika.

Kebutuhan minyak goreng setiap tahun meningkat sesuai dengan peningkatan perbaikan gizi masyarakat dan pertambahan jumlah penduduk. Bahan minyak goreng yang dapat disediakan di dalam negeri antara lain minyak kelapa dan minyak inti sawit, yang mengandung asam lemak tidak jenuh rendah. Untuk mengurangi timbulnya gejala penyakit jantung dan pembuluh darah akibat menumpuknya kolesterol dalam darah, dianjurkan untuk mengonsumsi minyak yang kandungan asam lemak tidak jenuhnya tinggi antara lain minyak jagung, minyak kedelai, dan minyak bunga matahari. Ketiga jenis minyak tersebut sampai saat ini masih diimpor.

Mutu lemak sebagai minyak goreng juga ditentukan oleh asam lemak penyusunnya. Asam linoleat adalah salah satu asam lemak tidak jenuh esensial, karena tubuh tidak dapat menyintesisnya dari senyawa lain. Oleh karena itu asam lemak tersebut harus ada dalam makanan yang sempurna. Asam lemak minyak biji kapas umumnya terdiri atas 70% asam lemak tak jenuh termasuk 18% *monounsaturated* (oleat), 52% *polyunsaturated* (stearat). Komposisi asam lemak minyak biji kapas tersebut seperti telah mengalami proses hidrogenasi secara alami. Asam lemak ini membuat minyak goreng yang stabil tanpa perlu proses tambahan atau pembentukan asam lemak trans (Wikipedia 2009).

Minyak yang banyak mengandung asam lemak tidak jenuh (asam linoleat) baik untuk dikonsumsi. Asam lemak tersebut dapat mengikat kelebihan kolesterol dalam darah

sehingga dapat menghambat terjadinya pengerasan pembuluh darah akibat menumpuknya kolesterol (*artherosclerosis*). Secara tidak langsung hal itu dapat mencegah/mengurangi timbulnya gejala penyakit jantung dan pembuluh darah. Minyak yang demikian sering diklankan sebagai minyak nonkolesterol.

Minyak biji kapas merupakan salah satu minyak yang mengandung asam lemak esensial cukup tinggi (asam linoleat 54,16%) sehingga merupakan salah satu bahan olah minyak yang baik sebagai minyak goreng setelah mengalami beberapa proses lanjutan (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi asam lemak dalam beberapa minyak nabati

Asal minyak	Asam lemak jenuh						Asam lemak tidak jenuh		
	Kaprilat	Kaprat	Laurat	Miristat	Palmitat	Stearat	Oleat	Linoleat	Linolenat
Kapas	-	-	-	0,82	26,35	3,09	15,58	54,16	-
Kapuk	-	-	-	-	23,81	4,24	31,30	39,04	1,61
Kelapa	7,90	7,16	48,45	16,69	8,60	2,59	6,51	2,10	-
Bunga matahari	1,18	1,01	6,84	2,39	7,28	1,37	24,76	55,17	-
Kacang	-	-	-	-	14,07	4,05	42,01	38,84	1,04

Sumber: Budi-Saroso (1992).

PEMANFAATAN INTI BIJI KAPAS

Tepung inti biji kapas mengandung protein (36,6%), sedikit lebih tinggi dari pada protein kedelai (34,1%) serta mengandung lemak 32,5% (Tabel 2).

Tabel 2. Komposisi kimia biji kapas, kedelai, dan kacang tanah

Komposisi kimia	Biji kapas ¹⁾	Kedelai ²⁾	Kacang tanah ²⁾
Protein (%)	36,6	34,1	26,0
Lemak (%)	32,5	17,7	47,5
Abu (%)	5,3	4,7	2,3
Air (%)	10,0	10,0	5,6

Sumber : 1) Budi-Saroso dan Damardjati (1988); 2) Okezie dan Martin (1980).

Dengan tingginya kandungan protein tersebut, maka tepung inti biji kapas dapat dipakai sebagai substitusi tepung kedelai dalam pakan ternak sampai pada jumlah tertentu. Penggantian tepung kedelai dengan tepung inti biji kapas akan meningkatkan kandungan lemak dalam pakan. Oleh karena itu biji kapas perlu dikurangi lebih dahulu kandungan minyaknya. Tepung inti biji kapas mengandung protein dan lemak cukup tinggi, karena itu sangat baik dipakai sebagai pelengkap dalam pakan untuk menghasilkan susu atau pengemulsi. Selain itu inti biji kapas juga mengandung mineral yang cukup. Mineral dalam inti

biji kapas terutama adalah kalsium dan fosfor sehingga baik untuk campuran pakan ternak pada tahap pertumbuhan.

Kandungan asam amino dalam protein menentukan mutu protein tersebut. Mutu protein dapat dinyatakan berdasarkan skor asam amino (saa) dan nisbah keefisienan protein (PER). Protein biji-bijian pada umumnya mengandung asam aspartat, asam glutamat, dan arginin dalam jumlah besar, tetapi kekurangan asam amino berbelerang (metionin dan sistin). Protein tepung inti biji kapas selain kekurangan asam amino berbelerang juga kekurangan asam amino aromatis (fenilalanin dan tirosin). Berdasarkan pola FAO (1971), protein tepung biji kapas kekurangan beberapa asam amino esensial antara lain asam amino berbelerang, asam amino aromatis, leusin, dan isoleusin seperti tertera pada Tabel 3 (Budi-Saroso dan Damardjati 1988).

Pada protein tepung inti biji kapas perbandingan asam amino esensial dengan total protein (% aae) berkisar antara 39,3–41,7%, skor asam amino (saa) mencapai 96,5 dan nisbah keefisienan protein (PER) berkisar antara 0,88–1,80. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa mutu protein tepung inti biji kapas cukup baik sebagai bahan pangan. FAO (1971) memberikan batasan perbandingan asam amino esensial dengan total protein 36 persen, skor asam amino 58–74%.

Tabel 3. Kandungan asam amino protein inti biji kapas, kedelai

Jenis asam amino	Biji kapas ¹⁾	Kedelai ²⁾
Lisin	5,31	6,20
Histidin	3,55	2,42
Arginin	13,31	6,80
Asam aspartat	10,82	-
Treonin	3,89	3,95
Serin	5,34	-
Asam glutamat	24,15	-
Prolin	3,74	-
Glisin	5,06	5,16
Alanin	5,06	-
Sistin	-	1,45
Valin	4,84	5,11
Metionin	1,08	1,45
Isoleusin	2,37	5,74
Leusin	4,37	7,86
Tirosin	0,94	3,24
Phenilalanin	0,56	5,03
Triptophan	-	2,42

Sumber: 1) Budi-Saroso dan Damardjati (1988); 2) Stosic dan Kaykay (1981).

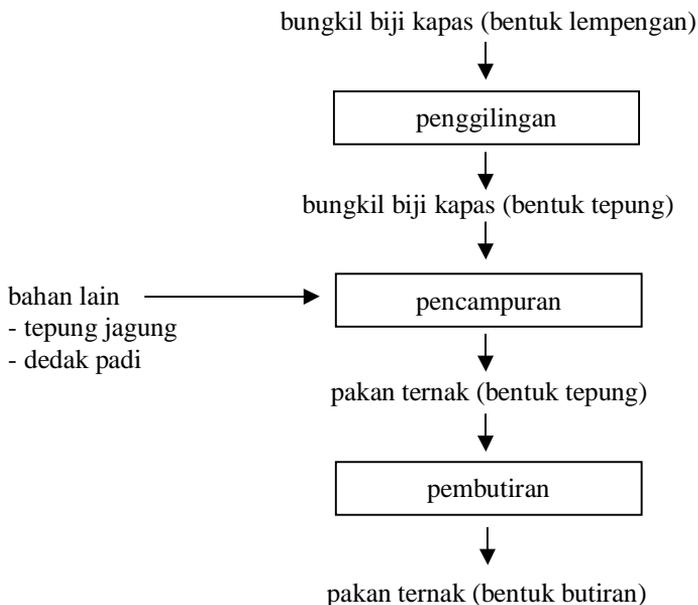
Bila dibandingkan dengan kandungan asam amino protein kedelai ternyata asam amino biji kapas dapat saling melengkapi. Oleh karena itu tepung inti biji kapas baik sebagai pelengkap untuk menyusun ransum bersama tepung kedelai. Beberapa kekurangan

asam amino pada tepung kedelai dapat dilengkapi oleh asam amino dari protein tepung biji kapas.

PENGOLAHAN BUNGKIL BIJI KAPAS UNTUK BAHAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA

Untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, biji kapas sebaiknya diolah lebih dahulu menjadi bungkil. Dengan diolah menjadi bungkil, kandungan protein meningkat dan kandungan lemaknya berkurang sehingga mempunyai mutu lebih baik. Pengolahan biji kapas dapat dilaksanakan secara kimia maupun mekanis. Secara kimia yaitu memisahkan minyak dengan cara ekstraksi menggunakan pelarut sedangkan secara mekanis dengan cara mengepres biji kapas. Ada beberapa macam alat pres antara lain alat pres sistem hidrolik dan alat pres sistem ulir. Alat pres sistem ulir yang dimiliki oleh pengusaha bahan baku minyak goreng yang biasanya dipakai untuk mengolah kopra dapat dipakai untuk mengepres biji kapas

Bungkil biji kapas hasil pengepresan dengan sistem ulir berbentuk lempengan kemudian digiling. Bungkil biji kapas berbentuk tepung dicampur dengan bahan-bahan lain antara lain tepung jagung, dedak padi, dan bahan-bahan sumber mineral kemudian dibentuk menjadi butiran (*pelet*) (Gambar 2).



Gambar 2. Pengolahan bungkil biji kapas untuk pakan ternak

Untuk sapi perah laktasi, bungkil biji kapas dapat digunakan sebagai sumber protein pakan dengan cara dicampur dengan dedak padi. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan pada tahun 1992 di Nangkajajar, Pasuruan, pemberian pakan berupa campuran dedak padi dan bungkil biji kapas sebanyak 10–30% tidak berpengaruh negatif terhadap produksi dan kualitas susu yang dihasilkan setiap hari (Tabel 4). Sapi perah dapat menghasilkan susu secara normal dengan kualitas susu cukup baik. Kadar lemak susu berkisar 3,64–4,31% dengan berat jenis 1,0236–1,0253. Pemberian pakan dilakukan selama enam minggu yaitu pada saat sapi perah telah melewati periode puncak laktasi dan produksi susu mulai menurun.

Tabel 4. Pengaruh pakan terhadap produksi dan kualitas susu

Kelompok	Perlakuan	Produksi	Lemak	Berat jenis
kg/ekor/hari	%			
1	A	10,15 ^{*)}	4,05 ^{*)}	1,0252 ^{*)}
	B	10,59	3,88	1,0253
2	A	8,53	4,17	1,0236
	C	8,93	4,13	1,0240
3	A	13,63	4,25	1,0246
	D	13,30	4,31	1,0242
4	B	11,98	3,88	1,0242
	C	13,94	4,03	1,0244
5	B	8,27	3,92	1,0248
	D	8,55	4,14	1,0250
6	C	12,09	3,64	1,0244
	D	12,83	3,80	1,0241

^{*)} Tidak berbeda nyata

Keterangan:

- A : Pakan setempat produksi KUD Setia Kawan, Nangkajajar
 - B : Dedak padi dengan 10% bungkil biji kapas sebagai sumber protein
 - C : Dedak padi dengan 20% bungkil biji kapas sebagai sumber protein
 - D : Dedak padi dengan 30% bungkil biji kapas sebagai sumber protein
- Sumber: Budi-Saroso *et al.* (1992).

Anggorodi (1984) menyatakan bahwa pemberian pakan bermutu rendah pada sapi perah laktasi dapat mengakibatkan menurunnya kemampuan ternak menghasilkan susu. Sedangkan Yapp dan Nevens (1955) menyatakan bahwa dengan pemberian pakan bermutu baik dalam jumlah yang cukup, ternak mampu berproduksi normal, sapi perah dapat menghasilkan susu sesuai dengan status fisiologisnya.

Penggunaan bungkil biji kapas sebanyak 20–30% sebagai sumber protein pakan sapi perah laktasi dapat menurunkan biaya pakan sebesar Rp40,46–Rp41,49 ($\pm 10\%$) untuk setiap liter susu (Tabel 5). Dalam penelitian ini penggunaan pakan yang mengandung bungkil biji kapas tidak berpengaruh terhadap jumlah dan kualitas susu yang dihasilkan setiap

hari, sehingga juga tidak berpengaruh terhadap harga jual dan hasil penjualan susu. Karena komponen masukan berupa biaya pakan berkurang, sedangkan hasil penjualan tetap, maka pendapatan peternak bertambah.

Tabel 5. Pengaruh perlakuan pakan terhadap biaya pakan

Kelompok	Perlakuan				Penurunan (Rp/l)
	A	B	C	D	
1	95,61 ^a	83,20 ^a	-	-	-
2	127,56 ^a	-	86,10 ^b	-	41,46
3	114,10 ^a	-	-	73,61 ^b	40,49
4	-	76,07 ^a	57,83 ^a	-	-
5	-	90,76 ^a	-	65,97 ^b	24,79
6	-	-	76,87 ^a	74,17 ^a	-

a-b Berbeda nyata

Keterangan:

A: Pakan setempat produksi KUD Setia Kawan, Nangkajajar

B: Dedak padi dengan 10% bungkil biji kapas sebagai sumber protein

C: Dedak padi dengan 20% bungkil biji kapas sebagai sumber protein

D: Dedak padi dengan 30% bungkil biji kapas sebagai sumber protein

Sumber: Budi-Saroso *et al.* (1992).

PEMANFAATAN BUNGKIL BIJI KAPAS UNTUK PAKAN TERNAK UNGGAS

Untuk bahan pakan ayam pedaging, bungkil biji kapas dapat digunakan sebagai bahan pengganti bungkil kedelai. Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan pada tahun 1993 ternyata penggantian sebanyak sepertiga bagian kebutuhan bungkil kedelai dengan bungkil biji kapas tidak berpengaruh terhadap bobot hidup, bobot potong, dan bobot karakas serta kualitas daging (Tabel 6). Dengan perlakuan pemberian pakan tersebut dapat menurunkan biaya pakan sebesar Rp76,79 ($\pm 3\%$) untuk setiap kilogram daging.

Untuk pertumbuhan optimal, diperlukan pakan yang mengandung protein dengan asam amino esensial yang lengkap dan dalam jumlah cukup. Protein inti biji kapas mengandung asam amino cukup lengkap, tetapi beberapa asam amino esensial antara lain asam amino berbelerang, asam amino aromatis, leusin, dan isoleusin jumlahnya kurang (Budi-Saroso dan Damardjati 1988). Meskipun ke dalam pakan sudah ditambahkan metionin yang merupakan salah satu asam amino berbelerang, ternyata kebutuhan asam amino esensial untuk pertumbuhan optimal belum mencukupi sehingga pertumbuhan terhambat. Oleh karena itu pada pemberian pakan yang mengandung bungkil biji kapas lebih banyak (perlakuan B dan C) menghasilkan bobot hidup dan bobot potong lebih rendah.

Dari segi kualitas daging, penggunaan bungkil biji kapas untuk pengganti bungkil kedelai dalam pakan, hanya berpengaruh terhadap keempukan daging. Swatland (1984)

menyatakan bahwa pemberian pakan dengan kandungan asam amino esensial yang kurang lengkap dapat menyebabkan struktur daging menjadi kurang elastis.

Tabel 6. Pengaruh perlakuan pakan terhadap bobot dan kualitas daging ayam

Perlakuan	Bobot hidup	Bobot potong	Bobot karkas	WHC	Kcempukan	Kadar lemak	Biaya pakan	Penurunan
 g/ekor g/ekor g/ekor	mg H ₂ O	mm/g/detik	% Rp/kg daging
A	1 697,28 ^a	1 565,00 ^a	1 223,20 ^a	207,94	0,0793 ^a	13,42	1 104,36 ^a	-
B	1 687,68 ^{ab}	1 555,92 ^{ab}	1 216,92 ^{ab}	208,00	0,0824 ^{ab}	13,38	1 027,57 ^b	76,79
C	1 635,88 ^b	1 507,28 ^b	1 170,24 ^b	208,18	0,0824 ^{ab}	13,37	942,26 ^c	162,10
D	1 640,84 ^b	1 511,64 ^b	1 174,21 ^b	215,91	0,0846 ^b	13,30	941,42 ^c	162,94

a-b Berbeda nyata

Keterangan:

A: Pakan dengan 15% bungkil kedelai

B: Pakan dengan 10% bungkil kedelai dan 5% bungkil biji kapas

C: Pakan dengan 5% bungkil kedelai dan 10% bungkil biji kapas

D: Pakan dengan 15% bungkil biji kapas

WHC = *water holding capacity*

Sumber: Budi-Saroso *et al.* (1993).

PEMANFAATAN TEPUNG BIJI KAPAS UNTUK KUDAPAN

Bahan kudapan yang dapat dibuat dari biji kapas adalah campuran tepung kedelai, tepung biji kapas bebas lemak, dan tepung beras dengan perbandingan 40:40:90. Untuk mendapatkan kudapan dengan kadar gosipol kurang dari 450 ppm, campuran bahan tersebut diekstrusi pada suhu 140–170°C. Kudapan hasil ekstrusi dipakai untuk diet pada tikus putih umur 23 hari dan dipelihara selama 14 hari (Winarto dan Budi-Saroso 1996).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kudapan hasil ekstrusi berpengaruh sama dengan kontrol (kasein) terhadap pertumbuhan tikus putih. Pertumbuhan dan pertambahan bobot badannya normal serta tidak terdapat kerusakan pada hati maupun ginjal. Tikus putih yang diberi diet biji kapas dengan kandungan gosipol 6.900 ppm menyebabkan pertumbuhan dan pertambahan bobot badan tidak normal, pada hari ke-10 mati, dan terjadi kerusakan pada hati serta ginjal. Menurut Berardi dan Goldblatt (1969) serta Heywang *et al.* (1950) ambang batas kandungan gosipol untuk pangan adalah 0,045 persen. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kudapan hasil ekstrusi (kandungan gosipol \leq 450 ppm) aman untuk dikonsumsi.

PEMANFAATAN BATANG KAPAS UNTUK BAHAN PULP

Berdasarkan sifat morfologi, serat batang kapas termasuk kelompok serat pendek dengan bilangan runkel rendah (Tabel 7). Bila diolah, batang kapas dapat menghasilkan

lembaran pulp yang mempunyai kekuatan cukup dengan permukaan yang halus. Pulp dari batang kapas bermutu cukup baik, mempunyai ketahanan lipat 266; faktor sobek 66,17; faktor retak 46,7; dan panjang putus 6,82 km (Soemardi 1982).

Berdasarkan sifat kimia, batang kapas dapat menghasilkan rendemen pulp cukup tinggi. Pengolahan batang kapas dengan proses sulfat menghasilkan pulp dengan bilangan permanganat 19,56–21,65; rendemen total 46,57; dan rendemen tersaring 37,72 (Soemardi 1982). Pulp dari batang kapas dapat digunakan untuk kertas industri yang tidak memerlukan warna terang tetapi memerlukan kekuatan. Pada Tabel 7 ditampilkan perbandingan sifat antara batang kapas, merang, dan bambu.

Tabel 7. Sifat morfologi serat dan kimia batang kapas, merang, dan bambu

Pengujian	Batang kapas ¹⁾	Merang ²⁾	Bambu ³⁾
Sifat morfologi serat:			
Panjang serat (mm)	0,98	1,23	1,98
Diameter serat (μm)	13,18	6,85	13,47
Diameter lumen (μm)	6,98	2,05	4,11
Tebal dinding (μm)	3,10	2,40	4,68
Bilangan runkel	0,88	2,35	2,28
Sifat kimia dan fisika:			
Abu (%)	1,92	13,72	1,36
Lignin (%)	20,31	10,46	24,03
Pentosan (%)	18,64	28,50	18,25
Holosekulosa (%)	60,51	64,08	67,18
Alfa selulosa (%)	45,88	-	36,98
Total selulosa (%)	67,58	65,04	63,66
Kelarutan dalam			
- air dingin (%)	6,16	9,07	6,27
- air panas (%)	11,65	12,01	7,70
- 1% Na OH	28,95	46,17	26,20

Sumber:

1) Soemardi (1982); 2) Sugiharto (1984); 3) Soetrisno (1979).

PEMANFAATAN TANAMAN KAPAS SEBAGAI OBAT

Bagian tanaman yang digunakan sebagai obat adalah biji, akar, daun, dan buah mudanya. Buah, bunga, dan daun mengandung senyawa saponin, flavonoid, polifenol, dan alkaloid. Kulit akar mengandung gosipol (asesquiterpene) 0,56–2,05%, asparagin, campuran resin, dan arginin. Minyak dari biji mengandung sekitar 2% gosipol dan flavonoid, serta kandungan asam oleat (15,58%). Selain itu, terdapat asam lemak jenuh, seperti palmitat, miristat, stearat, dan arakidat. Gosipol berkhasiat menekan produksi sperma dan merangsang kontraksi rahim. Tingginya kadar asam lemak tak jenuh menyebabkan peng-

gunaannya tidak akan meningkatkan kadar kolesterol darah. Bunga mengandung kaempferol, herbacitrin, quercetin, isoquercetin, gossypetin, dan gossypitrin (IPTEKnet 2005).

Menurut Pusat Data dan Informasi, Perhimpunan Rumah Sakit Seluruh Indonesia (2008) akar dan biji kapas secara medis mempunyai sifat dan khasiat sebagai berikut: akar atau kulit akar kapas (*mian hua gen*) rasanya manis, sifatnya hangat, berkhasiat tonik pada lambung, limpa, dan vital energi, antitusif, antiasmatik, merangsang kontraksi rahim, mempercepat kelahiran bayi, abortivum, mengurangi keluarnya darah haid, mempermudah pembekuan darah, dan merangsang keluarnya air susu ibu (ASI). Sedangkan biji kapas (*mian hua zi*) rasanya pedas, sifatnya panas. Tonik untuk hati dan ginjal, menguatkan tulang punggung dan lutut, menghentikan perdarahan (hemostatis), kontraksi rahim, menekan produksi sperma, pereda demam (antiperetik), antiradang, dan pelembut kulit. Selain itu, mempunyai efek antibakteri dan antivirus.

Sedangkan menurut Saputra (2008) biji kapas digunakan untuk mengatasi: disfungsi ereksi (impotent); ngompol (neuresis); berkeringat pada malam hari; wasir, dubur turun (prolaps anus); perdarahan dan keluarnya cairan dari liang sanggama (vagina); disentri; nyeri perut dan ulu hati; demam yang hilang timbul; radang telinga; memperbanyak keluarnya air susu ibu (ASI), dan kontrasepsi pada pria. Akar digunakan untuk: terlambat haid; mengurangi keluarnya darah haid yang banyak; mengurangi nyeri haid akibat endometriosis; mempermudah persalinan; mengatasi gangguan pencernaan; fungsi limpa yang menurun dengan gejala batuk dan sesak akibat lemahnya energi vital, dan menghaluskan tumit yang terasa kasar. Buah muda digunakan untuk pengobatan: diare. Daun digunakan untuk pengobatan: radang usus (*enteritis*); demam; dan batuk berdahak.

Selanjutnya menurut Pusat Data dan Informasi, Perhimpunan Rumah Sakit Seluruh Indonesia (2008) untuk obat yang diminum tidak ada rekomendasi dosis sedangkan untuk pemakaian luar, giling daun segar sampai halus, lalu gunakan untuk menurap panu, luka bakar, dan memar. Biji yang digiling halus digunakan untuk menurap herpes, scabies, luka dan radang buah zakar (orkhitis).

PENUTUP

Hasil samping tanaman kapas berupa biji kapas berserat pendek setelah diolah dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Minyak biji kapas dapat dimanfaatkan untuk keperluan farmasi, bahan kosmetika, serta bahan minyak makan. Komposisi asam amino protein biji kapas cukup lengkap, karena itu bungkil biji kapas dapat dipakai untuk sumber protein pakan ternak.

Untuk dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak, biji kapas harus diolah lebih dahulu menjadi bungkil. Pengolahan biji kapas dapat dilaksanakan dengan alat pres sistem ulir yang biasanya dipakai untuk mengolah kopra.

Bungkil biji kapas dapat digunakan untuk memperbaiki mutu pakan sapi perah laktasi. Penggunaan bungkil biji kapas sebanyak 20–30% sebagai sumber protein pakan sapi perah laktasi tidak berpengaruh terhadap produksi dan kualitas susu, serta dapat menurunkan biaya pakan untuk setiap liter susu sebanyak 10%.

Bungkil biji kapas juga dapat dipakai untuk bahan pengganti bungkil kedelai dalam ransum ayam pedaging. Penggantian sepertiga bagian bungkil kedelai dengan bungkil biji kapas dalam ransum tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kualitas daging, serta dapat menurunkan biaya pakan untuk setiap kilogram daging sebanyak 3%.

Kudapan dapat dibuat dari campuran tepung kedelai, tepung biji kapas bebas lemak, dan tepung beras dengan perbandingan 40:40:90. Untuk mendapatkan kudapan berkadar gosipol 450 ppm dilakukan ekstrusi pada suhu 140–170°C.

Batang kapas dapat dimanfaatkan untuk pulp kertas industri yang kuat (faktor sobek 66,17) dan tidak memerlukan warna terang.

Hampir seluruh bagian tanaman dapat digunakan sebagai obat, yaitu biji, akar, daun, bunga, dan buah mudanya. Buah, bunga, dan daun mengandung senyawa saponin, flavonoid, polifenol, dan alkaloid, sedangkan kulit akar mengandung gosipol (asesquiterpene) 0,56–2,05%, asparagin, campuran resin, dan arginin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggorodi, R. 1984. Ilmu Makanan Ternak Umum. PT Gramedia, Jakarta.
- Budi-Saroso & D.S. Damardjati. 1988. Evaluasi sifat dan mutu protein tepung biji kapas. Media Penel. Sukamandi No. 6:22–30.
- Budi-Saroso. 1992. Identifikasi asam lemak pada beberapa minyak nabati. Buletin Tembakau dan Serat No. 1/12/1992:26–29.
- Budi-Saroso, Darmono, W.B. Wahyunto, A. Musofie & N.K. Wardhani. 1992. Penggunaan bungkil biji kapas untuk sumber protein pakan sapi perah laktasi. PTTS 7(1–2):23–31.
- Budi-Saroso, Darmono, W.B. Wahyunto, A. Musofie & N.K. Wardhani. 1993. Pemanfaatan bungkil biji kapas untuk bahan pengganti bungkil kedelai dalam ransum ayam pedaging. PTTS 8(1):49–57.
- Berardi, L.C. & L.A. Goldblatt. 1969. Gossypol. In I.E. Liener (ed.), Toxic Constituents of Plant Feedstuffs. Academic Press, New York. p. 211–265.
- Food and Agriculture Organization. 1971. Technology for The Production of Protein Foods from Cottonseed Flour. FAO Agricultural Service Bulletin No. 7. Rome.
- Gardner, H.K., R.J. Hron & L.E. Vix. 1976. Removal of pigment glands (gossypol) from cotton seed. Cereal Chemical 53(4):549–560.
- Heywang, B.W., H.R. Bird & A.M. Altshul. 1950. The effect of pure gossypol on egg hatchability and weight. Poultry Sci. 29:916–920.
- IPTEKnet. 2005. Tanaman Obat Indonesia: Kapas (*Gossypium herbaceum* L.). BPPT. http://www.iptek.net.id/ind/pd_tanobat/view.php?id=223. [5 Desember 2011].
- Isdijoso, S.H. 1988. Konsepsi Pengembangan Kapas di Indonesia. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.

- Isdijoso, S.H. & S. Sulaiman. 1989. Hasil Peninjauan Mengenai Pengembangan Kapas di Zimbabwe. Laporan Bulan Mei 1989. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Okezie, B.O. & F.W. Martin. 1980. Chemical composition of dry seeds and fresh leaves of winged bean varieties grown in the US and Puerto Rico. *J. of Food Sci.* 45(4):1045–1051.
- Pusat Data dan Informasi, Perhimpunan Rumah Sakit Seluruh Indonesia. 2008. Obat tradisional: Kapas. <http://www.pdpersi.co.id/?show=detailnews&kode=1054&tbl=alternatif>. [5 Desember 2011].
- Ravindran, V. & R. Blair. 1992. Feed resources for poultry production in Asia and the Pasific. II. Plant protein sources. *World Poultry Science Journal* 48:205–231.
- Saputra, Y.E.A. 2008. Manfaat kapas. <http://artikel-alternatif.blogspot.com/2008/01/manfaat-kapas.html>. [Desember 2011].
- Soemardi, A. 1982. Percobaan pembuatan pulp dari pohon kapas. *Berita Selulosa XVIII*(1):1–6.
- Soetrismo, T.S. 1979. Penelitian terhadap rosela (*Hibiscus sabdariffa*) I. Sebagai bahan baku pulp. *Berita Selulosa XV*(3):66–71.
- Stosic, D.D. & J.M. Kaykay. 1981. Rubber seeds as animal feed in Liberia. *World Animal Review* No. 39.
- Sugiharto, A. 1984. Pengaruh berbagai konsentrasi soda dan antraknon dalam pembuatan pulp dari batang tembakau. *Berita Selulosa XX*(2):41–45.
- Swatland, H.J. 1984. *Structure and Development of Meat Animals*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Tangenjaya, B. 1987. Pengolahan biji kapas untuk makanan ternak. *J. Penel. dan Pengemb. Pertanian* Vol. VI No. 1.
- Winarno, F.G. 1984. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia, Jakarta.
- Winarto B.W. & Budi-Saroso. 1996. Pengaruh ransum yang mengandung gosipol terhadap penambahan bobot dan mortalitas tikus. *Prosiding Seminar Nasional Lustrum VIII Fakultas Biologi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yapp, W.W. & W.B. Nevens. 1955. *Dairy Cattle: Selection, Feeding, and Management*. 4th ed. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Wikipedia. 2009. Cottonseed oil. http://en.wikipedia.org/wiki/Cottonseed_oil. [5 Desember 2011].

KERAGAAN PENGEMBANGAN KAPAS DI INDONESIA

Teger Basuki dan Joko Hartono^{*)}

PENDAHULUAN

Pengembangan suatu komoditas pertanian agar berhasil harus memperhatikan berbagai aspek terutama: teknis, sosial ekonomi, dan lingkungan (Soekartawi *et al.* 1985). Kapas di Indonesia sudah mulai dikembangkan sejak zaman Belanda, zaman Jepang, sampai Indonesia merdeka (Lahiya 1984). Bila kita evaluasi, sampai saat ini belum nampak keberhasilannya karena pemerintah dan pihak-pihak yang terkait kurang, bahkan belum memperhatikan ketiga faktor tersebut di atas (Basuki *et al.* 2007). Salah satu contoh dalam pengembangan kapas hibrida yang mensyaratkan ketersediaan air dan sarana produksi tinggi, tetapi ditanam pada lahan kering tadah hujan tanpa usaha pemberian air yang optimal, sehingga produktivitasnya tidak sesuai dengan harapan (Hasnam *et al.* 2007).

Selama ini pengembangan kapas di Indonesia dilakukan melalui pola perkebunan rakyat di lahan petani yang sebagian besar mempunyai lahan sempit (0,25–0,50 hektar di Jawa dan 0,5–1 hektar di luar Jawa), pada umumnya petani mengutamakan tanaman pangan sehingga pengembangannya dengan pola tumpang sari, tumpang sisip, maupun tumpang gilir. Tumpang sari kapas dengan kedelai di Lamongan memberikan pendapatan kepada petani sebesar Rp3.758.500,00 per hektar (Sahid *dalam* Kadarwati dan Rahmianna 2006). Begitu juga tumpang sisip kapas dengan jagung di Grobogan yang memberikan pendapatan petani sebesar Rp4.043.050,00 per hektar.

Bertambahnya jumlah penduduk akan menambah kebutuhan bahan baku sandang. Selain itu meningkatnya produksi tekstil Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun ekspor akan meningkatkan jumlah impor serat kapas, jumlahnya mencapai lebih dari 99% dari kebutuhan serat kapas nasional rata-rata 554.000 ton setiap tahun (Djamaludin 2007).

Upaya pengadaan kapas di dalam negeri telah dilaksanakan dalam bentuk Proyek Kapas Nusa Tenggara (PKNT) pada era tahun 1960-an dan proyek IKR (intensifikasi kapas rakyat) yang dimulai sejak musim tanam tahun 1978/1979 sampai saat ini. Dalam pelaksanaan proyek IKR, perkembangan areal, produksi, dan produktivitas berfluktuasi yang dikarenakan adanya berbagai kendala di lapangan (Basuki *et al.* 2007).

Tujuan penulisan ini yaitu mengidentifikasi keragaan pengembangan kapas di Indonesia serta mencoba memberikan saran pengembangannya.

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

KERAGAAN USAHA TANI KAPAS DI INDONESIA

Dari pemantauan penulis selama 20 tahun terakhir, ada beberapa hal yang perlu dikemukakan tentang usaha tani kapas di Indonesia, antara lain:

1. Luas areal yang fluktuatif dan cenderung menurun terutama pada lima tahun terakhir, namun tetap “eksis” dibanding pengusahaan kapas secara “*estate*” yang pernah dirintis di Pulau Sumbawa (NTB) dan di Sulawesi Tenggara yang tidak berkelanjutan.
2. Tingkat produktivitas kapas rakyat yang hanya 600 kg/hektar kapas berbiji dan harga yang rendah (dua tahun terakhir sebesar Rp4.200,00 per kg kapas berbiji) masih belum kompetitif dibanding tanaman pangan, sehingga petani masih mengutamakan tanaman pangan. Kapas ditanam di sela-sela tanaman jagung, kedelai, maupun kacang tanah atau kacang hijau, kapas mengalami pertumbuhan normal karena tidak ternaungi setelah tanaman pangan dipanen, pada saat itu sudah mulai musim kemarau. Apabila tidak ada usaha pemberian air atau penyiraman di musim kemarau, maka produktivitas kapas rendah bahkan “puso”. Dengan pemberian air secara tradisional yaitu satu gelas (200 cc) air ditambah pupuk urea \pm 3 gram untuk setiap tanaman kapas setiap kali penyiraman, dan penyiraman dilaksanakan sebanyak 3 kali selama pertumbuhan tanaman kapas, dapat menghasilkan 650 kg s.d. 1.024 kg kapas berbiji per hektar (Nurindah *et al.* 2008; Sulistyowati 2009).
3. Ketergantungan petani terhadap penggunaan pestisida kimiawi masih tinggi, sehingga pendampingan teknologi masih sangat diperlukan agar teknologi tersebut cepat diadopsi oleh petani (Sulistyowati 2009). Teknologi pengendalian hama terpadu (PHT) telah ditemukan oleh Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat (Balittas). Dari hasil penelitian skala luas (3–4 hektar) pada musim tanam tahun 2009 di Desa Jati, Kec. Jati, Kabupaten Blora yang mengikutsertakan petani secara aktif membuktikan bahwa teknologi PHT dapat menghemat biaya produksi sebesar Rp250.000,00 hingga Rp350.000,00 per hektar (Sulistyowati 2009).
4. Harga kapas berbiji di dalam negeri masih rendah Rp4.200,00 per kg, sehingga komoditas ini kurang menarik bagi petani. Harga serat kapas dunia berfluktuasi, contoh pada saat harga serat kapas dunia Rp16.500,00 per kg, harga kapas berbiji di dalam negeri Rp3.000,00 per kg sama dengan harga kapas pada saat harga serat kapas dunia Rp12.500,00 per kg. Keadaan yang demikian ini kemungkinan dipengaruhi oleh bentuk pasar kapas berbiji di dalam negeri yang “oligopsoni” yaitu harga komoditas kapas berbiji ditentukan oleh para pengelola kapas, dan pemerintah tidak banyak berperan dalam penentuan harga tersebut. Hal ini berbeda dengan komoditas pangan yang bentuk pasarnya bebas (bersaing sempurna) yang ditunjukkan dengan jumlah pembeli dan penjual cukup banyak, dan pada umumnya kedua belah pihak saling mengetahui kualitas dan nilai barang yang diperjualbelikan (Teken dan Isnawi 1981).

PERAN LEMBAGA PEMERINTAH DAN NON-PEMERINTAH DALAM PENGEMBANGAN KAPAS DI INDONESIA

Lembaga yang terkait dalam pengembangan kapas di Indonesia adalah: lembaga penelitian (Balittas), pengelola, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP), lembaga penyuluh, lembaga perkreditan (pengelola, KUD, BRI Unit Desa, dsb.), Dinas Perkebunan, serta kelompok tani (Sahid dan Wahyuni 2001).

Lembaga penelitian sebagai penghasil teknologi budi daya tanaman kapas berperan memasok/menyediakan teknologi budi daya tanaman yang dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas serat kapas, serta pendapatan petani kapas.

Pengelola berperan dalam hal penyediaan sarana produksi, penyuluhan, dan pembelian kapas berbiji dari petani dengan harga yang sudah ditetapkan oleh pemerintah (misal Rp4.000,00 per kg kapas berbiji).

BPTP berperan dalam hal pengkajian teknologi yang dihasilkan oleh Balittas sebelum diterapkan di lahan petani dan pengembangan diseminasinya. Kerja sama BPTP dengan Dinas Perkebunan di daerah pengembangan kapas diharapkan dapat mempercepat transfer teknologi budi daya dan pengembangan kapas.

Lembaga penyuluh berperan dalam hal transfer teknologi yang dihasilkan dan direkomendasikan oleh Balittas kepada petani.

Lembaga perkreditan berperan dalam hal pemberian kredit untuk pengadaan sarana produksi pada saat petani membutuhkan untuk diaplikasikan kepada tanaman kapas, misalnya: pupuk, pestisida, upah tenaga kerja, dan sebagainya, namun pada kenyataannya petani sering meminjam saprodi kepada rentenir dengan bunga yang tinggi ($\pm 40\%$) yang dibayar pada saat panen. Untuk ini pemerintah perlu mengkaji agar pemberian kredit kepada petani yang dapat menyaingi peran rentenir di daerah pengembangan kapas.

Dinas Perkebunan bertugas sebagai penyuluh dan pendataan areal tanaman perkebunan termasuk kapas, serta menjembatani antara pengelola dengan petani apabila ada masalah pembelian kapas berbiji dan sebagainya.

Kelompok tani merupakan kumpulan petani kapas yang secara bersama-sama mengusahakan tanaman kapas. Lembaga yang paling erat hubungannya dengan kelompok tani yaitu lembaga penyuluh khususnya individu penyuluh yang sangat berperan dalam transfer teknologi budi daya tanaman kapas dari lembaga penelitian/pengkajian kepada kelompok tani.

MASALAH PENGEMBANGAN KAPAS DI INDONESIA

Sebagian besar kapas di Indonesia dikembangkan di lahan kering tadah hujan, apabila diidentifikasi ditemukan beberapa masalah dalam pengembangan kapas selama ini:

1. Luas areal menurun, sehingga kontribusi kapas dalam negeri semakin kecil.

2. Produktivitas rendah, dikarenakan kapas bukan merupakan tanaman utama, sehingga pemeliharaan kurang intensif.
3. Ketergantungan petani terhadap pestisida kimia, sehingga musuh alami hama ikut mati sewaktu petani mengaplikasikan pestisida tersebut. Akibat lebih lanjut lagi yaitu semakin meningkatnya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) sehingga produktivitas menurun.
4. Harga kapas berbiji yang dihasilkan petani lebih rendah dibanding harga komoditas pangan sehingga petani mengutamakan tanaman pangan.
5. Kelompok tani kapas sudah terbentuk, namun berbagai komoditas yang diusahakan petani di daerah pengembangan kapas, berakibat perhatian petani tidak fokus pada kapas namun berbagi dengan komoditas lainnya. Di samping itu seorang petani bisa mengikuti berbagai kelompok tani komoditas yang diusahakan di daerah pengembangan kapas.
6. Pengadaan benih gundul (*delinted seed*) dilaksanakan oleh pengelola kapas dan petani tinggal membeli dari pengelola dengan harga Rp45.000,00- per kg. Namun yang perlu diperhatikan yaitu pengiriman benih kepada petani kapas kadang-kadang tidak tepat waktu (terlalu dini atau terlambat). Apabila terlalu dini dikhawatirkan cara penyimpanan benih kapas di tingkat petani kurang baik, apabila terlambat maka dikhawatirkan waktu tanam terlambat, sehingga berisiko kekurangan air pada masa pertumbuhan, terutama kapas yang dikembangkan di lahan kering/tadah hujan.

SARAN PENGEMBANGAN KAPAS DI INDONESIA

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, disarankan:

1. Pemerintah agar mempertahankan areal kapas yang ada bahkan meningkatkan areal tersebut dengan cara mendorong perusahaan swasta (BUMN) untuk mengusahakan perkebunan kapas sebagai inti serta dapat mendorong petani sekitar perkebunan sebagai plasma.
2. Penanaman varietas unggul yang disertai dengan “*supporting system*” di bidang pengadaan sarana produksi, kredit produksi, dan penetapan harga kapas yang menguntungkan petani.
3. Penggunaan pestisida kimia harus dikurangi dan pengendalian hama terpadu (PHT) harus diterapkan dengan benar serta meningkatkan penggunaan pestisida nabati.
4. Pengadaan “*ginnery*” mini yang dikelola oleh kelompok tani, sehingga petani bisa menjual serat kapas maupun dimanfaatkan untuk membuat kain tenun serta dapat menjual maupun memanfaatkan biji kapas.
5. Pendampingan teknologi budi daya kapas oleh penyuluh maupun petugas khusus kapas harus lebih intensif, agar transfer teknologi budi daya lebih cepat.

Kapas varietas unggul telah dihasilkan oleh para peneliti Balittas yaitu Kanesia 1 sampai dengan 15. Produktivitasnya berkisar 600 kg s.d. 1.000 kg kapas berbiji per hektar di tingkat petani dan hasil potensial 2,50 ton kapas berbiji per hektar pada tingkat penelitian (Hasnam *et al.* 2007; Sulistyowati 2009). Padahal dengan teknologi pemberian air yang modern yaitu dengan mesin penyiram “*center pivot*” (10 kali pemberian air) dan pemberian pupuk organik (\pm 10 ton per hektar) serta anorganik (6 kuintal per hektar, terdiri atas campuran pupuk tunggal dan pupuk lengkap) yang diusahakan PT Ade Agro Industri (PT AAI) di Kabupaten Sumba Timur, NTT dapat menghasilkan 1,6 ton sampai dengan 6,5 ton atau rata-rata 4,8 ton kapas berbiji per hektar (Deciyanto 2009).

Di samping itu untuk meningkatkan produktivitas kapas dan pendapatan petani telah diupayakan oleh instansi terkait dalam pengembangan kapas, dalam hal ini Dinas Perkebunan dan Kehutanan di daerah pengembangan kapas dan Balittas dalam bentuk pendampingan teknologi budi daya. Hasil pendampingan budi daya tumpang sari kapas + jagung di Kabupaten Blora MTT 2009 menunjukkan bahwa dengan penggunaan pupuk yang lebih hemat (154 kg urea + 173 kg Phonska dengan 8,9 cc greentonic) per hektar dan 2 liter pestisida nabati (Organeem) serta pemberian air sederhana (200 cc air + 3 gram pupuk per tanaman) sebanyak tiga kali. Produksi kapas yang diperoleh sebanyak 1.024 kg kapas berbiji per hektar dan jagung sebesar 914 kg jagung pipil kering per hektar. Pendapatan usaha tani yang diperoleh sebesar Rp2.888.870,00 per hektar (Sulistyowati 2009).

Pendapatan usaha tani tersebut lebih besar dari pada petani pembanding (tumpang sari kapas+jagung dan jagung monokultur) yaitu masing-masing sebesar Rp1.849.309,00 dan Rp1.920.114,50 per hektar. Padahal penggunaan pupuk kedua pola tanam tersebut masing-masing lebih dari 500 kg per hektar (Sulistyowati 2009).

PENUTUP

- Kebutuhan serat kapas sebagai bahan baku sandang di dalam negeri dari tahun ke tahun semakin meningkat, begitu juga ekspor kain dan pakaian jadi. Pengadaan kapas sebagai bahan baku sandang perlu ditingkatkan untuk mengurangi ketergantungan akan serat kapas impor. Tantangan pengembangan kapas di dalam negeri cukup banyak, di antaranya: keterbatasan pemilikan lahan dan modal petani, harga kapas lebih rendah dibanding tanaman pangan, produktivitas rendah, serta ketergantungan akan pestisida kimia.
- Peran serta pemerintah sangat diperlukan untuk mencari solusi yang terbaik guna mengatasi permasalahan/tantangan yang ada agar berdampak positif untuk pengadaan kapas di dalam negeri.

DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, T., M. Sahid & Y.P. Wanita. 2007. Pengembangan kapas di Indonesia dan permasalahannya. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 142–146.
- Deciyanto S. 2009. Laporan Hasil Perjalanan Dinas Kepala Balittas ke PT AAI Waingapu, Kabupaten Sumbawa Timur, NTT. Dipresentasikan pada Rapat Program Serat Buah di Ruang Boechmeria Balittas, Malang, tanggal 19 November 2009.
- Djamaludin, J.C. 2007. Dampak strategis industri TPT nasional menanggapi pencabutan subsidi ekspor kapas negara maju. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 24–32.
- Hasnam, E. Sulistyowati, Nurheru, Sudjindro & R.S. Hartati . 2007. Peran teknologi dan kelembagaan dalam pengembangan kapas dan rami. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Kapas dan Rami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 40–50.
- Kadarwati, F.T. & A.A. Rahmianna. 2006. Kompatibilitas palawija dengan kapas di lahan sawah tadah hujan. *Dalam* Prosiding Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. hlm. 1–14.
- Lahiya, A.A. 1984. Tanaman Kapas (Sejarah Pengembangan dan Pembudidayaannya) di Indonesia. Bandung. 69 hlm.
- Nurindah, E. Sulistyowati, M. Sahid & T. Basuki. 2008. Persiapan Pelepasan Varietas Kapas Tahan *A. biguttula*. Laporan Akhir Rencana Diseminasi Hasil Penelitian Kegiatan ke-4. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. 8 hlm.
- Sahid & S.A. Wahyuni. 2001. Keragaan dan konsep perbaikan pengembangan kapas di Indonesia. *Dalam* Monograf Balittas No. 7: Kapas Buku 1. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang. hlm. 1–10.
- Soekartawi, A. Soeharjo, J.L. Dillon & J.B. Hardaker. 1985. Ilmu Usahatani dan Penelitian untuk Pengembangan Petani Kecil. UI Press, Universitas Indonesia, Jakarta. 83 hlm.
- Sulistyowati, E. 2009. Perakitan Kapas Hibrida dan Varietas Tahan *A. biguttula*, *H. armigera* dan *P. gossypifolia* Berproduktivitas >3 ton. Laporan Akhir Rencana Diseminasi Hasil Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang. hlm. 73–75.
- Teken, I.B. & S. Isnawi. 1981. Teori Ekonomi Mikro. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

PELUANG PENGGUNAAN ALAT DAN MESIN PADA PRODUKSI KAPAS

Gatot S.A. Fatah, Abi D. Hastono, Teger Basuki, dan Soebandi^{*)}

PENDAHULUAN

Tingginya kebutuhan serat kapas untuk industri tekstil, menyebabkan impor kapas di Indonesia mencapai 500 ribu ton/tahun. Sedangkan produksi kapas dalam negeri hanya mencapai 2,5% (Rosalina 2011). Oleh karena itu perlu dilakukan usaha untuk meningkatkan produksi kapas dalam negeri melalui intensifikasi. Pengembangan kapas dilaksanakan di enam provinsi yaitu Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan Bali.

Pertanaman kapas di Indonesia sebagian besar dilakukan petani dengan sistem tradisional. Lahan yang ditanami kapas tidak begitu luas, dan peralatan yang digunakan masih sangat sederhana. Pengolahan tanah masih menggunakan bajak yang ditarik oleh hewan ternak, sedangkan untuk menyiang atau mengendalikan gulma masih menggunakan sabit atau cangkul. Sebagian besar kapas ditanam di lahan kering atau tadah hujan sehingga masalah pengendalian gulma sangatlah penting, karena gulma akan bersaing dengan tanaman kapas dalam memanfaatkan ruang, sinar matahari, air, dan unsur hara.

Tanaman kapas mempunyai perakaran yang dalam, oleh karena itu diperlukan pengolahan tanah yang cukup agar akar dapat berkembang dengan baik. Apabila pengolahan tanah kurang baik, maka sebaran akar tanaman kapas juga kurang masuk ke dalam tanah. Hal ini menyebabkan tanaman kapas rentan terhadap kekeringan. Di samping itu, apabila intensitas hujan yang cukup tinggi dapat menimbulkan genangan, dan menyebabkan keguguran pada kuncup bunga, bunga, dan buah kapas (Hasnam *et al.* 1989). Pada daerah yang tenaga kerjanya terbatas, pada umumnya dilakukan pengolahan tanah minimum (*minimum tillage*) yaitu mengolah tanah hanya pada tempat yang akan ditanami saja. Hal demikian dilakukan agar waktu pengolahan lebih singkat dan biaya menjadi lebih murah.

Penyiangan dilakukan agar tanaman tidak terganggu oleh gulma. Penyiangan secara manual pada tanaman kapas membutuhkan tenaga kerja dan biaya yang tinggi. Akibatnya banyak tanaman yang tidak disiang, sehingga akan berpengaruh terhadap hasil panen tanamannya. Pada saat penyiangan gulma, petanipun hanya menyiang pada daerah sekitar

^{*)} Masing-masing Peneliti pada Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat, Malang

tanaman pada jarak sekitar 30 cm. Penyiangan gulma pada tanaman kapas ada dua cara yaitu, mekanis dan kimia. Untuk penyiangan secara mekanis, petani menggunakan tenaga manusia, hewan, maupun mesin. Sedangkan penyiangan secara kimia petani menggunakan herbisida. Pengendalian gulma dengan herbisida lebih murah dan cepat dibandingkan dengan cara manual maupun mekanis. Oleh karena itu, sebagai alternatif pemecahan permasalahan saat pengolahan tanah dan penyiangan, maka mesin pengolah tanah dan penyiangan dapat memberikan pemecahan masalah tersebut pada petani.

Tulisan ini menyajikan ulasan tentang manfaat alat dan mesin pertanian alternatif untuk budi daya tanaman kapas.

PENGOLAHAN TANAH DENGAN ALAT DAN MESIN PERTANIAN

Pengolahan tanah dilakukan untuk menciptakan kondisi yang paling sesuai untuk pertumbuhan tanaman kapas. Peralatan yang digunakan untuk mengolah tanah antara lain: alat pengolah tanah yang ditarik dengan tenaga hewan dan alat pengolah tanah yang ditarik dengan tenaga mesin atau traktor. Penggunaan tenaga hewan pada saat ini sudah mulai bergeser dengan tenaga mesin atau traktor. Petani memilih menggunakan traktor karena hasil pengolahan tanah lebih dalam, biaya sewa per hektar sama, akan tetapi hasil olah lebih baik dan seragam.

Waktu pengolahan tanah oleh petani biasanya bersamaan, sedangkan mesin pengolahan tanah atau traktor terbatas, oleh karena itu perlu alternatif mesin. Mesin pengolah tanah yang dimaksud adalah Mosittas (mesin pengolah tanah dan penyiangan untuk tanaman tembakau dan serat) sebagaimana disajikan dalam Gambar 1 maupun Gambar 2.



Gambar 1. Pengoperasian mesin pengolah tanah (Fatah dan Tastra 2008)



Gambar 2. Pengoperasian mesin penyiangan (Fatah dan Tastra 2007)

Pada Gambar 1, mesin tersebut terdiri atas tiga komponen utama yaitu (1) Mesin penggerak merek Honda dengan daya 5,5 TK (tenaga kuda), (2) transmisi merek “HRF” berkekuatan 4 TK yang berfungsi sebagai penyalur tenaga dari mesin penggerak menuju roda, serta (3) implemen yang terdiri atas bajak singkal, garu, dan alat penyiang. Mesin pengolahan dan penyiang tersebut dapat diterapkan dengan baik pada jenis tanah bertekstur ringan sampai dengan sedang.

Pada penelitian di Kebun Percobaan Muneng (Gambar 2), dengan tekstur tanah ringan yaitu kandungan liat 22%, debu 36%, dan pasir 42% (Lampiran 1b), diperoleh kapasitas pengolahan mencapai 23,70 jam/ha dengan kedalaman olah 12,33 cm dan lebar kerja 20,33 cm (Fatah *et al.* 2009). Sedangkan hasil penelitian Darmono *et al.* (1995) menggunakan bajak Malang yang ditarik oleh hewan ternak kapasitas pengolahan mencapai 23,39 jam/ha dengan kedalaman 11,50 cm dan lebar kerja 19,00 cm. Keuntungan menggunakan mesin adalah adanya penghematan biaya, bila dengan ternak membutuhkan biaya Rp600.000,00/ha, sedangkan dengan mesin hanya Rp400.000,00/ha.

PENGENDALIAN GULMA DENGAN ALAT DAN MESIN PERTANIAN

Gulma adalah tanaman pengganggu yang tumbuh di sekitar tanaman kapas, apabila tidak dikendalikan maka gulma tersebut dapat menyebabkan penurunan hasil kapas. Gulma juga didefinisikan sebagai tumbuhan yang tumbuh di tempat yang tidak dikehendaki manusia atau tumbuhan yang kegunaannya belum diketahui (Tjitrosoedirdjo *et al.* 1984). Petani akan melakukan pengendalian gulma dengan cara yang paling mudah, murah, dan aman terhadap lingkungan. Oleh karena itu pengendalian secara mekanis masih dilakukan oleh para petani. Namun dengan semakin sulitnya mencari tenaga kerja yang banyak beralih ke sektor non-pertanian (Berd 2011), maka penggunaan mesin penyiang sebagai alternatif pemecahannya.

Pada penanaman sistem tumpang sari kapas dan kedelai di lahan sawah sesudah padi, umumnya dilakukan petani tanpa olah tanah (TOT). Hal demikian menyebabkan gulma yang tumbuh akan berkompetisi dengan tanaman kapas dan kedelai yang dibudidayakan. Petani melakukan penyiangan pada umur tanaman antara dua sampai tiga minggu. Salah satu mesin penyiang yang dapat dipergunakan untuk menyiang tanaman tumpang sari kapas dan kedelai adalah mesin Mosittas, dimana roda dan implemen bajak singkal yang digunakan untuk mengolah tanah diganti dengan roda dan implemen untuk menyiang.

PERHITUNGAN BIAYA PADA USAHA TANI TUMPANG SARI KAPAS DAN KEDELAI DENGAN MESIN DAN SISTEM PETANI

Penggunaan tenaga kerja pada usaha tani kapas yang ditumpangsarikan dengan kedelai meliputi kegiatan pengolahan tanah, tanam, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, penyiangan, panen, dan pengangkutan hasil panen. Kegiatan pengolahan dan meratakan tanah membutuhkan tenaga kerja sebanyak 36 hari orang kerja per hektar (HOK/ha). Sedangkan penyiangan sebanyak 32 HOK/ha dilakukan 2 kali, pada 42 dan 70 hari setelah tanam (hst). Total tenaga kerja yang dibutuhkan untuk usaha tani tumpang sari kapas dan kedelai dari pengolahan tanah, tanam sampai dengan pengangkutan hasil panen adalah sebanyak 189 HOK/ha (Fatah *et al.* 2009).

Kegiatan penyiangan merupakan kegiatan yang terbanyak membutuhkan tenaga kerja, yaitu sebesar 64 HOK/ha (33,9% dari total tenaga kerja). Kegiatan lain yang membutuhkan tenaga kerja cukup banyak adalah kegiatan panen yaitu sebesar 28 HOK (14,8%), upah tenaga kerja adalah Rp20.000,00/HOK. Biaya tenaga kerja yang dikeluarkan petani di lokasi penelitian sebesar Rp3.780.000,00/ha. Biaya tertinggi pada kegiatan penyiangan, disusul kemudian pengolahan tanah, dan pemanenan. Kegiatan penyiangan merupakan urutan pertama yaitu sebesar Rp1.280.000,00/ha (33,9% dari total biaya tenaga kerja), diikuti dengan biaya tenaga kerja untuk kegiatan pengolahan tanah termasuk juga perataan tanah sebesar Rp720.000,00/ha (19,1% dari total biaya tenaga kerja) dan pemanenan (termasuk biaya untuk mengangkut hasil panen) sebesar Rp660.000,00/ha (17,5% dari total biaya tenaga kerja).

Tabel 1. Biaya usaha tani tumpang sari kapas dan kedelai per hektar pada upah Rp20.000,00/HOK

No	Kegiatan	Dengan mesin		Cara petani	
		HOK	Jumlah (Rp)	HOK	Jumlah (Rp)
1	Pengolahan tanah	-	300 000	30	600 000
2	Perataan tanah	-	100 000	6	120 000
3	Penanaman	14	280 000	14	280.000
4	Pemupukan dasar	3	60 000	3	60 000
5	Penyebaran furadan	3	60 000	3	60 000
6	Pendangiran	10	200 000	10	200 000
7	Penyiangan I	-	200 000	32	640 000
8	Penyiangan II	-	200 000	32	640 000
9	Pengguludan	-	100 000	10	200 000
10	Pengendalian hama	16	320 000	16	320 000
11	Pemanenan	28	560 000	28	560 000
12	Pengangkutan hasil panen	5	100 000	5	100 000
Total		79	2 480 000	189	3 780 000

Sumber: Fatah *et al.* 2009.

Tingginya biaya yang dikeluarkan untuk usaha tani tersebut, secara langsung dapat mengurangi pendapatan petani. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan penggunaan tenaga kerja dan biaya yang tinggi pada saat pengolahan tanah termasuk perataan tanah dan penyiangan adalah dengan penggunaan alsintan yang tepat guna, mudah dioperasikan, dan mudah pula dalam perawatannya. Mesin yang dimaksud adalah mesin pengolah tanah dan penyiang, mesin tersebut merupakan salah satu komponen teknologi tepat guna yang mendukung usaha tani kapas yang ditumpangsarikan dengan kedelai di tingkat pedesaan. Diharapkan dengan tersedianya mesin pengolah tanah dan penyiang tersebut dapat mengurangi biaya tenaga kerja pada usaha tani tanaman kapas dan kedelai, sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani.

Analisis Kelayakan Finansial Penggunaan Mesin Pengolah dan Penyiang

Hasil analisis kelayakan finansial menunjukkan bahwa mesin pengolah dan penyiang yang diuji kinerjanya diasumsikan mempunyai jam kerja efektif 540 jam/tahun, dengan biaya sewa mesin Rp900.000,00/ha, upah operator Rp75.000,00/hari dan harga jual mesin (pengolah tanah dan penyiang) adalah Rp7.450.000,00-/unit. Dari hasil perhitungan analisis kelayakan finansial diperoleh bahwa: biaya pokok pengoperasian mesin Rp303.900,00/ha; titik impas 15,26 ha/tahun; waktu pengembalian modal 0,54 tahun; nilai keuntungan sekarang Rp22.934.833,00; dan nisbah keuntungan dengan biaya (B/C) adalah 1,43. Dari perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa mesin cukup layak untuk diterapkan di lokasi penelitian/pedesaan di lahan kering tanah ringan (Lampiran 2a dan 2b). Selanjutnya dapat juga dilihat penggunaan mesin dari beberapa pihak/sisi: 1. Pembuat mesin (bengkel lokal), 2. Penjual jasa (petani atau kelompok tani), dan 3. Pengguna mesin (petani penyewa).

1. Ditinjau dari sisi pembuat mesin (bengkel lokal)

Mesin pengolah dan penyiang harganya Rp7.450.000,00/unit. Upah dan bahan untuk pembuatan mesin mencapai Rp5.950.000,00/unit. Apabila bengkel membuat satu unit mesin, maka akan diperoleh selisih antara upah dan bahan sebesar Rp1.500.000,00 yang merupakan keuntungannya. Asumsi bengkel tersebut berada dalam hamparan tanah pertanian minimal seluas 60 ha, maka ada peluang untuk dapat membuat mesin tersebut sebanyak empat unit, dengan asumsi bahwa satu unit mesin untuk diterapkan pada hamparan seluas 15 ha (dari hasil perhitungan analisis kelayakan finansial diperoleh titik impas pengoperasian adalah 15,26 ha).

2. Ditinjau dari sisi penjual jasa mesin (petani/kelompok tani)

Penjual jasa (dalam hal ini adalah kelompok tani yang memiliki mesin) secara ekonomis masih diuntungkan (Lampiran 2). Umur teknis mesin tersebut diasumsikan mencapai 3 tahun, namun bila dirawat dengan baik dapat berumur sekitar 5 tahun. Dengan asumsi mesin tersebut disewakan kepada petani dengan harga sewa sebesar Rp900.000,00/ha, maka pada tingkat upah operator Rp75.000,00/hari dengan kapasitas sebesar 0,13 ha/hari

diperoleh nilai biaya pokok pengoperasian alat (BP) sebesar Rp303.900,00/ha. Waktu pengembalian modal 0,54 tahun. Nisbah keuntungan dengan biaya (B/C) yang diperoleh sebesar 1,43. Oleh karena nilai $B/C > 1$, maka dari sisi penjualan jasa, mesin tersebut menguntungkan dan layak untuk dioperasikan dalam bentuk penjualan jasa alsintan, atau penjual jasa memperoleh keuntungan $(Rp900.000,00 - Rp303.900,00) = Rp596.110,00$ /hektar.

3. Ditinjau dari sisi petani pengguna (petani penyewa)

Petani pengguna menyewa mesin dengan membayar hanya Rp900.000,00/ha (untuk mengolah, menggaru, dan menyiang). Sedangkan dengan menggunakan cara petani, mereka mengeluarkan biaya untuk mengolah, meratakan tanah, menyiang, dan menggulud sebesar Rp2.200.000,00/ha. Apabila pekerjaan tersebut dilakukan pada waktu yang bersamaan maka kesulitan yang dihadapi petani adalah tidak tersedianya tenaga kerja. Oleh karena itu dengan menggunakan mesin, permasalahan kesulitan tenaga kerja serta mahalnnya ongkos per hektar dapat diatasi, di samping itu keuntungan yang diperoleh petani untuk mengolah dan menyiang adalah ongkos yang lebih rendah atau lebih murah sebesar Rp1.300.000,00/ha.

PELUANG PENGGUNAAN PERALATAN MEKANIS PADA BUDI DAYA KAPAS

Alat penyiang tanaman kapas yang digunakan para petani adalah alat sederhana seperti sabit dan cangkul. Dengan menggunakan alat tersebut maka tenaga kerja yang dibutuhkan cukup banyak, mencapai 74 HOK/ha, atau setara dengan Rp1.480.000,00/ha pada tingkat upah per orang sebesar Rp20.000,00/hari. Alat penyiang pernah dikembangkan di Balittas pada tahun 1995, masih merupakan alat sederhana yang ditarik oleh tenaga hewan. Namun setelah dilakukan modifikasi, peralatan tersebut bisa juga ditarik oleh traktor karena tenaga traktor lebih besar dibanding tenaga ternak. Sepasang hewan ternak mempunyai daya kurang lebih sebesar dua tenaga kuda (TK), sedangkan dengan menggunakan tenaga motor mempunyai daya lebih dari 5 TK. Dengan demikian sebuah motor dapat menarik dua sampai tiga mata bajak sekaligus. Agar penerapan motor atau mesin sederhana tersebut dapat berjalan dengan baik, maka perlu dilakukan pembelajaran kepada petani atau operator yang akan menjalankan mesin tersebut agar pengoperasian peralatan tersebut dapat berjalan lancar. Pengetahuan untuk perbaikan peralatan mutlak diperlukan, agar kerusakan kecil di lapangan dapat segera diatasi. Dengan demikian kegiatan yang berhubungan dengan waktu tanam dan pemeliharaan tanaman tidak terganggu. Selain itu, penggunaan peralatan mekanis yang ditarik motor diharapkan dapat mendorong pertumbuhan bengkel lokal di daerah pedesaan.

PENUTUP

Mosittas berpeluang untuk dapat digunakan mengolah tanah dan menyangi tanaman kapas dengan baik pada lahan bertekstur ringan dengan kapasitas: pengolahan 23,7 jam/ha, penggaruan 7,9 jam/ha, dan penyangian 11,1 jam/ha. Ongkos sewa mesin sebesar Rp900.000,00/ha, biaya pokok pengoperasian mesin sebesar Rp303.900,00/ha; titik impas 15,3 ha; serta nisbah keuntungan dengan biaya (B/C) sebesar 1,43.

Alat dan mesin pertanian yang tepat guna dapat diterapkan di tingkat petani sekaligus dapat mendorong berdirinya bengkel lokal yang bergerak di bidang perawatan, sehingga membuka peluang usaha di pedesaan.

Pengembangan alat dan mesin pertanian tersebut dapat dilakukan oleh Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) bekerja sama dengan Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi (BPTP) serta pengusaha yang bergerak di bidang perbengkelan.

DAFTAR PUSTAKA

- Berd, I. 2011. Minimnya Tenaga Kerja Bidang Pertanian. *Harian Haluan*. http://harianhaluan.com/index.php?option=com_content&view=article&id=318:minimnya-tenaga-kerja-bidang-pertanian&catid=11:opini&Itemid=83. [12 Januari 2012].
- Darmono, A.C. Setiawan, D. Hartinah, Subandi & I. Sofi'i. 1995. Pengujian alat pengolah tanah dan penyangi pada tanaman kapas. *Buletin Tembakau dan Serat* No. 04/01/1995:23–27.
- Fatah, G.S.A. & I.K. Tastra. 2007. Evaluasi Kinerja Mesin Penyangi Kedelai Mendukung Budi Daya Kacang-Kacangan di Lahan Kering. Laporan Tahunan Balitkabi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Fatah, G.S.A. & I.K. Tastra. 2008. Evaluasi Kinerja Mesin Tanam Kedelai Mendukung Budi Daya Kacang-Kacangan di Lahan Kering. Laporan Tahunan Balitkabi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Fatah, G.S.A., Sudaryono & N. Prasetyaswati. 2009. Peluang penerapan mesin olah tanah, tanam, dan siang (Motasi) untuk mendukung budi daya kedelai di lahan kering tanah ringan. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Hasnam, P.D. Rijaya, Machfudz, M. Sahid & Darmono. 1989. Beberapa anjuran agronomi untuk meningkatkan produktivitas kapas rakyat. *Dalam* Prosiding Lokakarya Teknologi Kapas Tepat Guna. Seri Pengembangan No. I-1989. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang. Hlm.
- Noerwijati, K., T.S. Wahyuni & Sunardi. 2003. Laporan Tahunan Balitkabi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Rosalina. 2011. Produksi kapas hanya 2,5% dari kebutuhan nasional. <http://www.tempo.co/read/news/2011/01/02/090303161/Produksi-Kapas-Hanya-25-Persen-dari-Kebutuhan-Nasional>. [21 Februari 2012].
- Tjitrosoedirdjo, S., U. Hidayat & J. Wiroatmodjo. 1984. Pengendalian Gulma di Perkebunan. PT Gramedia, Jakarta.

Lampiran 1a. Karakteristik lahan KP Muneng

Uraian	Keterangan
Lahan sawah (ha)	11,9
Lahan tegal (ha)	6,0
Elevasi (m dpl)	10
Jenis tanah	Alfisol
Tipe iklim (Oldeman)	E1
Curah hujan (mm/tahun)	2 000
Jumlah hari hujan (hari/tahun)	100–138
Suhu udara minimal (°C)	23–25
Suhu udara maksimal (°C)	32–36
Kelembapan udara (%)	74–80

Lampiran 1b. Karakteristik tanah KP Muneng

Uraian	Keterangan
Fraksi liat (%)	22
Fraksi debu (%)	36
Fraksi pasir (%)	42
Klas tekstur	Lempung
pH-H ₂ O	6,6
N-total (5)	0,13
C-org. (%)	0,7–1,46
P-Bray 1 (ppm P)	8,1–30,5
K-dd (me/100 g)	0,65
SO ₄ (ppm SO ₄)	40,0
KTK (me/100 g)	43,4

Sumber: Noerwijati *et al.* 2003.

Lampiran 2a. Analisis BP, BEP, dan PB mesin pengolah dan penyang

Uraian	Tahun			
	0	1	2	3
A. Penghasilan:				
a. Ongkos olah dan siang (Rp)	-	35 100 000,00	35 100 000,00	35 100 000,00
b. Nilai sisa mesin (SV) (Rp)	-	-	-	745 000,00
Keuntungan kotor (Rp)	-	35 100 000,00	35 100 000,00	35 845 000,00
B. Biaya pokok:				
a. Harga mesin(M) (Rp/unit)	7 450 000,00	-	-	-
b. Biaya tidak tetap (BTT):				
1. Upah operator (Rp/th)		6 750 000,00	6 750 000,00	6 750 000,00
2. Bahan bakar (BBM) (Rp/th)		10 692 000,00	10 692 000,00	10 692 000,00
3. Oli (Rp/th)		67 500,00	67 500,00	67 500,00
Total BTT (Rp/th)		17 509 500,00	17 509 500,00	17 509 500,00
c. Biaya tetap (BT)				
1. Penyusutan (Rp/th)	-	2 483 333,00	2 483 333,00	2 483 333,00
2. Bunga modal (Rp/th)		447 000,00	447 000,00	447 000,00
3. Perawatan (Rp/th)		745 000,00	745 000,00	745 000,00
4. Pajak & Asuransi (Rp/th)		149 000,00	149 000,00	149 000,00
Total BT (Rp/th)		3 824 333,00	3 824 333,00	3 824 333,00
Total biaya	7 450 000,00	21 333 833,00	21 333 833,00	21 333 833,00
C. Keuntungan (KU) (Rp/th)	-7 450 000,00	13 766 167,00	13 766 167,00	14 511 167,00

Asumsi:

1. Hari kerja	: 90 hari/th	10. Upah operator	: 75.000,00 Rp/hari
2. Jam kerja harian	: 6 jam/hari	11. Sewa mesin (OM)	: 500.000,00 Rp/ha
3. Total jam kerja (X)	: 540 jam/th	12. Kapasitas (KE)	: 0,13 ha/hari
4. Bunga (i)	: 12%/th	13. Bahan bakar	: 0,80 l/jam/HP
5. Perawatan mesin	: 10%*M	14. Kebutuhan oli	: 1,00 l/200 jam
6. Umur ekonomis (N)	: 3 th	15. Harga oli	: 25 000,00 Rp/liter
7. Pajak/asuransi (c4)	: 2%*M	16. Harga bensin	: 4 500,00 Rp/liter
8. Bunga modal c2 = i*(M + SV)/2		17. Tenaga motor	: 5,50 TK
9. Penyusutan c1 = (M - S)/N			

Perhitungan:

1. Biaya pokok (BP) = (BTT + BT)/(X*KE) = 303.900,00 Rp/ha
2. Titik impas BEP = BT/(OM - BTT/(X*KE)) = 15,26 ha
3. Waktu pengembalian modal PB = M/(KU) = 0,54 tahun

Lampiran 2b. Analisis NPV, dan B/C mesin pengolah dan penyang

Tahun	Hasil kotor (Rp)	Biaya kotor (Rp)	Hasil bersih (Rp)	Df (%) (18%)	Discount hasil (1*4)	Discount biaya (2*4)	Percobaan I		Percobaan II	
							DFP (18%)	NPV (3*7)	DFN (45%)	NPV (3*9)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0,00	0,00	7 450 000,00	-7 450 000,00	1,000	0,00	7 450 000,00	1,000	-7 450 000,00	1,000	-7 450 000,00
1,00	35 100 000,00	21 333 833,00	13 766 166,00	0,847	29 745 762,00	18 079 519,00	0,847	11 666 242,00	0,361	4 971 320,00
2,00	35 100 000,00	21 333 833,00	13 766 166,00	0,718	25 208 273,00	15 321 626,00	0,718	9 886 646,00	0,130	1 795 273,00
3,00	35 845 000,00	21 333 833,00	14 511 166,00	0,609	21 816 373,00	12 984 429,00	0,609	8 831 944,00	0,047	683 405,00
Total					76 770 409,00	53 835 576,00		22 934 833,00		-0,06
					(B)	(C)		(PVP)		(PVN)

1. NPV = (PVP) = Rp22.934.833,00

2. B/C = (B)/(C) = 1,43

Df = discount factor

DFP = discount factor positif

NPV = net present value

DFN = discount factor negatif

PVP = present value positif

PVN = present value negatif

SCIENCE . INNOVATION . NETWORK

www.litbang.deptan.go.id



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

ISBN: 978-602-1520-07-9