

Ubikayu

**Inovasi Teknologi dan
Kebijakan Pengembangan**



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
2009

Ubikayu

Inovasi Teknologi dan Kebijakan Pengembangan

MILIK PERPUSTAKAAN

Penyunting

J. Wargiono

Hermanto

Sunihardi

PERPUSTAKAAN MALITKABI - MALANG	
No. Induk	:
Tanggal	:
Call Number	:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
2009

Pengantar

Hingga saat ini produksi nasional ubikayu belum mampu memenuhi semua kebutuhan dalam negeri sehingga kekurangannya masih harus diimpor. Oleh karena itu, komoditas ini perlu terus diupayakan peningkatan produksinya untuk menyediakan bahan pangan, pakan, dan bahan baku industri-agro. Pemerintah senantiasa berupaya meningkatkan produksi ubikayu melalui berbagai kebijakan dan program, baik intensifikasi maupun ekstensifikasi. Penelitian terhadap komoditas ini terus pula dilakukan untuk menghasilkan inovasi teknologi yang mampu memberikan kontribusi bagi upaya peningkatan produksi dan nilai tambah.

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, Puslitbang Tanaman Pangan menerbitkan buku ubikayu yang lebih komprehensif. Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian dalam beberapa tahun terakhir dan telaah pustaka, yang diharapkan dapat menjadi "pegangan utama" bagi para peneliti, akademisi, penyuluh pertanian, dan pihak lain yang berminat mendalami dan mengembangkan ubikayu. Buku setebal hampir 400 halaman ini membahas inovasi teknologi dan kebijakan pengembangan ubikayu termasuk aspek sosial-ekonomi.

Akhir kata, saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para penulis, penyunting, dan pihak lain yang telah berkontribusi dalam penerbitan buku ubikayu ini.

Bogor, Desember 2009

Kepala Pusat,

Prof. Dr. Suyamto

Daftar Isi

Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Bab 1. Kebijakan dan Prospek Pengembangan	1
Kebijakan Pengembangan Agribisnis Ubikayu	3
<i>Suyanto dan J. Wargiono</i>	
Prospek Produk Olahan Ubikayu di Pasar Internasional	26
<i>Heriyanto, R. Krisdiana, dan R. Anindita</i>	
Bab 2. Fisiologi, Morfologi, dan Pemuliaan	43
Fisiologi dan Sejarah Penyebaran	45
<i>J. Wargiono, Solihin, T. Sundari, dan Kartika</i>	
Morfologi Tanaman	68
<i>T. Sundari dan J. Wargiono</i>	
Pemuliaan Tanaman	93
<i>T. Sundari</i>	
Bab 3. Teknologi Prapanen	111
Areal Pertanaman dan Sistem Produksi	113
<i>J. Wargiono, Kartika, dan Solihin</i>	
Dinamika Budi Daya Ubikayu	138
<i>J. Wargiono, B. Santosa, dan Kartika</i>	
Pengendalian Hama dan Penyakit Utama	168
<i>N. Saleh, S.W. Indiaty, dan M. Rahayu</i>	
Pengendalian Gulma	190
<i>H. Pame, B. Santoso, dan Kartika</i>	
Bab 4. Penanganan Pascapanen	203
Penanganan Pascapanen	205
<i>Erliana Ginting</i>	
Alat dan Mesin Penepung Skala Pedesaan	229
<i>Sutrisno dan J. Wargiono</i>	
Teknologi Proses Tepung Kasava Modifikasi	243
<i>Suismono dan J. Wargiono</i>	
Standar Mutu Produk Olahan Primer	259
<i>Suismono dan J. Wargiono</i>	
Teknologi Produksi Sirup Glukosa	272
<i>N. Richana, A. Budiyo, dan R.W. Arief</i>	

Teknologi Produksi Bioetanol	286
<i>N. Richana, E.R. Widjaja, dan Widjaja</i>	
Bab 5. Diversifikasi Pangan dan Gizi	309
Diversifikasi Pangan Berbasis Ubikayu	311
<i>Joni S. Munarso dan Miskiyah</i>	
Nilai Gizi dan dan Sifat Fungsional Ubikayu	320
<i>Sri Widowati dan J. Wargiono</i>	
Bab 6. Sosial-Ekonomi	347
Ubikayu sebagai Komoditas Ekonomi	349
<i>Fachrur Rozi dan Heriyanto</i>	
Kelayakan Usahatani Skala Keluarga Petani	365
<i>S.M. Pasaribu, B. Savaka, dan J. Hestiona</i>	

Kebijakan Pengembangan Agribisnis Ubikayu

Suyanto dan J. Wargiono

PERAN DAN STATUS

Peran Ubikayu

Peranan ubikayu cukup besar dalam memenuhi kebutuhan pangan maupun mengatasi ketimpangan ekonomi dan pengembangan industri. Pada kondisi rawan pangan, ubikayu merupakan penyangga pangan yang andal, sehingga masalah kelaparan dapat diatasi. Dalam sistem ketahanan pangan, ubikayu tidak hanya berperan sebagai penyangga pangan tetapi juga sebagai sumber pendapatan rumah tangga petani. Sebanyak 2,5 milyar penduduk di Asia, Afrika, dan Amerika Latin menggunakan ubikayu sebagai bahan pangan, pakan, industri, dan sumber pendapatan, terutama yang berpendapatan rendah (CGIAR 2000).

Ubikayu mempunyai kadar gizi makro dan mikro yang tinggi, berimbang, dan berdasarkan kesetaraan kalori sesuai dengan angka kecukupan gizi (AKG). seperti terlihat pada Tabel 1. Ubikayu termasuk penghasil pati kelompok RS-2 (*resistant starch-2*). Keunggulan RS-2 adalah dapat menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas bakteri yang menguntungkan dan menekan pertumbuhan bakteri patogen dalam usus, sehingga kondisi saluran pencernaan akan makin sehat. Dengan kondisi kesehatan organ pencernaan yang makin baik kemungkinan timbulnya kanker usus akan menjadi kecil. Di samping itu, RS-2 respon glikemiknya, 11,5% lebih rendah dibandingkan dengan beras. Dengan demikian ubikayu merupakan sumber kalori yang sesuai untuk penderita diabetes dan konsumen yang dalam proses penurunan bobot badan (Munarso 2004). Kadar serat pangan dan amilosa ubikayu juga tinggi yang dapat mencegah timbulnya gangguan organ pencernaan. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa peluang pengembangan ubikayu sebagai pangan cukup besar.

Di Indonesia, penggunaan ubikayu untuk pangan selama 10 tahun terakhir meningkat dengan laju 2,22%/tahun (BPS 1995-2006), sedangkan elastisitas penggunaannya negatif terhadap masyarakat berpendapatan rendah dan menengah. Hal ini dapat dipakai sebagai indikator bahwa jumlah penduduk berpendapatan rendah dan menengah juga meningkat. Implikasinya, produksi ubikayu perlu ditingkatkan untuk mendukung

Tabel 1. Kadar gizi ubikayu dan tanaman pangan pokok lainnya dari 100 g bahan edibel berdasarkan kesetaraan kalori.

Aneka sumber karbohidrat	Kuantitas (g)	Protein (g)	Vit. A (Si)	Vit C (mg)	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Besi (mg)
Beras	326	22	0	0	20	456	2.59
Ubikayu (tepung)	374	6	2.881	225	247	299	5.2
Ubijalar (tepung)	439	8	2.947	341	577	419	10.2
AKG harian	1.269 kkal	36	356	53	474	356	7.71

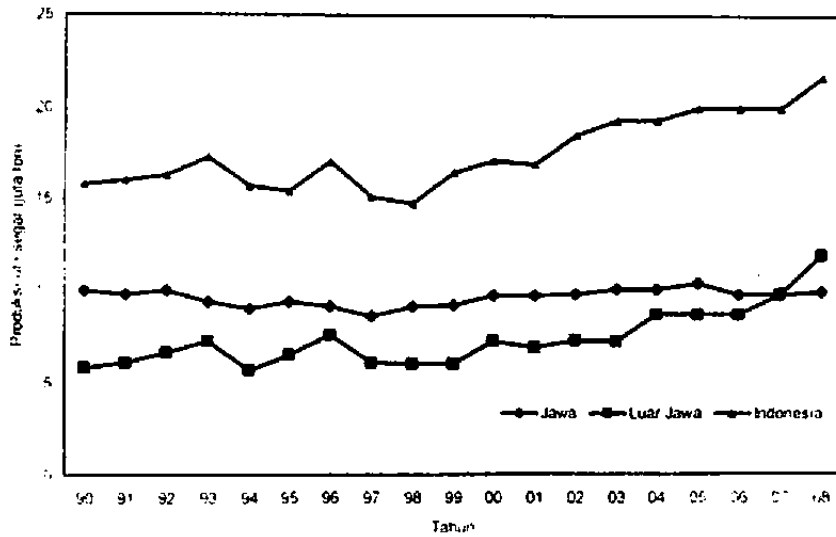
Sumber: Ditgizi (2006)

program diversifikasi pangan.

Penggunaan ubi segar sebagai bahan baku industri pengolahan hasil primer seperti gaplek, tepung kasava dan tapioka dari tahun 1990 sampai 2005 terus menurun, yaitu dari 4,3 juta ton pada tahun 1990 dan 1,7 juta ton pada tahun 1995 menjadi 0,4 juta ton pada tahun 2005, sedangkan permintaan domestik dan internasional tetap tinggi (BPS 1995-2006). Implikasinya, defisit pasokan domestik untuk tepung kasava dan tapioka harus dipenuhi dari produk impor, sehingga status Indonesia berubah dari negara eksportir menjadi net importir produk olahan tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan domestik dan mengembalikan status Indonesia sebagai eksportir gaplek, tepung kasava, dan tapioka seperti pada tahun 1990-an perlu tambahan produksi untuk memenuhi permintaan ubi segar sebagai bahan baku industri. Penurunan penggunaan ubi segar sebagai bahan baku industri merupakan konsekuensi dari penggunaan untuk pangan sekitar 70% dari total produksi nasional dan terus meningkat dengan laju 2.22%/tahun, sedangkan produksi hanya meningkat dengan laju 1.52%/tahun pada periode yang sama (BPS 1995-2005). Dengan tidak selarasnya antara permintaan dengan ketersediaan ubikayu maka perlu upaya peningkatan produksi untuk memenuhi kebutuhan pangan dan industri secara proporsional.

Status Produksi Ubikayu

Pada tahun 2006, permintaan ubi segar untuk pangan sebesar 14.1 juta ton, pakan 0,4 juta ton, industri pangan dan non-pangan 2-3 juta ton, serta industri bioetanol 5.4 juta ton (Pres. RI 2006, SI). Dengan demikian diperlukan peningkatan produksi sekitar 6,9 juta ton ubi segar atau sekitar 36% dari produksi nasional pada tahun yang sama.



Gambar 1. Sebaran dan pertumbuhan produksi ubikayu nasional selama dua dasawarsa (BPS 1984-2003)

Produksi ubikayu selama dua dasawarsa terakhir meningkat dengan laju 1,52%/tahun (Gambar 1), sedangkan luas panen menurun dengan laju 0,52%/tahun. Fenomena tersebut memberikan gambaran bahwa untuk memenuhi permintaan pangan dan bahan baku industri perlu adanya program peningkatan produksi yang terarah dan terukur. Luas panen yang terus menurun dapat ditingkatkan dengan laju pertumbuhan 10-20%/tahun melalui pemanfaatan lahan tidur di Sumatera dan Kalimantan. Produktivitas yang laju pertumbuhannya 3,01%/tahun dapat pula ditingkatkan menjadi 5%/tahun dengan memanfaatkan teknologi yang telah tersedia.

ARAH DAN SASARAN

Produksi ubikayu nasional selama dua dasawarsa terakhir meningkat dengan laju 1,52%/tahun, sedangkan permintaan meningkat dengan laju 2,75%/tahun. Neraca produksi dan permintaan yang tidak berimbang ini menyebabkan kinerja industri pangan menurun dengan laju 0,85%/tahun, defisit pasokan domestik untuk tepung kasava, tapioka, dan aneka gula serta penurunan secara drastis ekspor gaplek, tepung kasava dan tapioka (FAO 2005). Fenomena tersebut mengindikasikan perlunya program pengembangan agribisnis ubikayu berbasis pengolahan ubi segar dan produk turunannya dengan arah dan sasaran yang terukur.

Arah Pengembangan

Pengembangan agribisnis ubikayu diarahkan kepada pencapaian target untuk tiap sistem, yaitu sistem produksi, pengolahan hasil, dan pemasaran produk. Implementasi pengembangannya bersinergi antarsistem, yaitu pengembangan industri hulu dan hilir berbasis daya dukung lingkungan (*environmentally sound*).

Sistem Produksi

Arah pengembangan sistem produksi adalah peningkatan produksi secara intensifikasi dengan laju 3-5%/tahun dan secara ekstensifikasi dengan pertumbuhan 10-20%/tahun. Melalui cara tersebut diharapkan target produksi dapat tercapai secara berkelanjutan berdasarkan pertimbangan (1) teknologi yang tersedia dengan pendekatan PTT pada tanah Insepisol dan Ultisol yang produktivitasnya 25-30 t/ha, (2) usahatani layak dikembangkan berdasarkan B/C rasio lebih besar dari satu (Ditkabi 2007, Wargiono 2006), (3) tersedia lahan tidur berupa padang alang-alang potensial sekitar 9 juta ha di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan NTT (Adimihardja 2004, Survei Pertanian 2005).

Pengembangan ubikayu diprioritaskan pada kabupaten sentra produksi, yaitu kabupaten dengan produksi antara 25-50.000 ton ubi segar per tahun dan tersedia lahan tidur minimal 10-20 ribu ha. Dasar pertimbangan penentuan kabupaten sentra produksi dengan kriteria tersebut adalah terpenuhinya: (1) sistem produksi yang didukung oleh sekitar 4.000 rumah tangga petani dengan luas garapan 4000-5000 ha, (2) sistem pengolahan hasil berupa industri hulu berpotensi dibangun dengan tersedianya bahan baku sekitar 15.000 ton ubi segar tanpa mengganggu sistem ketersediaan pangan sekitar 70% dari produksi regional sesuai dengan NBM (1990-2003), (3) sistem pemasaran hasil juga terbentuk karena industri yang dibangun di wilayah tersebut merupakan pasar lokal, dan (4) permintaan domestik terhadap produk olahan tinggi merupakan kekuatan eksternal dalam pengembangan agribisnis tersebut.

Untuk industri yang kapasitasnya lebih besar perlu pendekatan PIR dan dukungan lahan untuk kebun penyangga yang dikelola oleh pihak industri. Target pengembangan sistem produksi adalah ketersediaan untuk pangan meningkat dengan laju 1,5-2,0%/tahun dan bahan baku industri meningkat dengan laju 10-15%/tahun.

Sistem Pengolahan Hasil

Target pengembangan sistem pengolahan hasil adalah tersedianya bahan baku yang sesuai dengan permintaan domestik dan ekspor diproyeksikan

meningkat dengan pertumbuhan 15%, 10%, 10%, 9%, dan 7% per tahun masing-masing untuk gapek, tepung kasava, tapioka, aneka gula, dan bioetanol. Dengan demikian, target yang diharapkan pada tahun 2025 untuk gapek, tepung kasava, tapioka, aneka gula, dan ethanol (EGF) masing-masing 2,2 juta ton, 1,1 juta ton, 2,0 juta ton, 0,9 juta l, dan 4,9 juta kl. Pengembangan industri pengolahan hasil diprioritaskan pada daerah beriklim basah di Sumatera dan Kalimantan dan sebagian wilayah Sulawesi agar ketersediaan bahan baku terjamin secara berkelanjutan.

Sistem Pemasaran Produk

Target pengembangan sistem pemasaran adalah terciptanya pasar lokal dalam bentuk kawasan industri hulu-hilir di setiap sentra produksi. Terciptanya pasar diarahkan kepada model *suplementer* integratif berbasis ketersediaan bahan baku, yaitu: (1) Industri berbahan baku ubi segar dengan produk sawut/chips/gapek, tepung kasava, tapioka, dan bioetanol dibangun di setiap kabupaten sentra produksi, diikuti oleh pengembangan industri pengolahan sekunder berbahan baku tapioka dan tepung kasava serta produk turunannya. Dengan berkembangnya model tersebut maka rantai pemasaran tiap bahan baku industri menjadi lebih pendek dan biaya transportasi murah, sehingga dapat dihasilkan produk yang berdaya saing. Dampak dari terciptanya pasar lokal tersebut diharapkan dapat mendorong terjaminnya kepastian harga ubi segar *on-farm* yang layak, stabil, dan menguntungkan bagi petani maupun pengolah hasil/industri.

Sasaran Pengembangan

Sasaran pengembangan agribisnis ubikayu di Indonesia adalah untuk memenuhi kebutuhan pangan dan bahan baku industri melalui sistem produksi, pengolahan hasil dan pemasaran produk yang bersinergi. Sasaran tersebut dapat dikelompokkan menjadi sasaran jangka menengah (5 tahun ke depan) dan jangka panjang (hingga tahun 2025).

Dalam jangka menengah (tahun 2015), sasaran pemenuhan permintaan ubikayu berdasarkan proyeksi peningkatan produksi dengan pertumbuhan tahunan 5-6% adalah 15,9 juta ton untuk pangan, 0,4 juta ton untuk pakan, 3,3 juta ton untuk industri pangan, dan 13,3 juta ton ubi segar untuk industri bioetanol dan nonpangan lainnya. Untuk jangka panjang, sasaran pemenuhan permintaan untuk pangan, pakan, industri pangan, dan nonpangan masing-masing adalah 19,1 juta ton, 0,4 juta ton, 6,0 juta ton, dan 27,6 juta ton ubi sebar.

Pencapaian sasaran tersebut diupayakan dengan peningkatan produksi melalui intensifikasi dengan pertumbuhan sekitar 5% per tahun dan melalui

ekstensifikasi dengan pertumbuhan 10-20% per tahun. Indikator tercapainya sasaran adalah (1) produktivitas meningkat dengan pertumbuhan 5,48%/tahun selama lima tahun terakhir (BPS 2006), (2) produktivitas 25-30 t/ha dapat dicapai melalui penggunaan teknologi dalam usahatani komersial pada tanah Inseptisol dan Ultisol (Ditkabi 2008, Wargiono *et al.* 2006), dan (3) tersedianya lahan tidur berupa padang alang-alang yang potensial untuk usahatani ubikayu sekitar 9 juta ha di sentra produksi ubikayu di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan NTT.

Sasaran pemenuhan kebutuhan pangan adalah ketahanan pangan rumah tangga dan nasional melalui diversifikasi pangan. Ketersediaan pangan yang diproyeksikan terus meningkat dengan pertumbuhan 1,8% per tahun merupakan langkah antisipatif terhadap masalah pelandaian produksi padi selama dasawarsa terakhir (BPS 1996-2006). Untuk memenuhi kebutuhan pangan secara berkelanjutan sekitar 70% dari produksi nasional perlu dibarengi dengan pemenuhan kebutuhan bahan baku industri pangan dan nonpangan sekitar 40% dari produksi nasional.

Sasaran utama pemenuhan kebutuhan bahan baku industri adalah swasembada produk olahan seperti gaplek, tepung kasava, tapioka, aneka gula (fruktosa, dekstrosa, maltosa, sorbitol), dan bioetanol (EGF) serta mengembalikan status Indonesia sebagai negara eksportir produk-produk tersebut. Dengan tercapainya sasaran pemenuhan bahan baku maka produk industri hulu dan hilir diharapkan dapat meningkat dengan pertumbuhan 1,2-15,0% per tahun (Tabel 2). Dengan tercapainya sasaran

Tabel 2. Proyeksi sasaran pemenuhan kebutuhan pangan dan bahan baku industri pengolahan hasil.

Industri/pangan/pakan	Tahun/ketersediaan/proyeksi pemenuhan permintaan ('000 t setara ubi segar)			
	2000	2015	2025	Pertumbuhan (%/th)
Industri hulu				
Gaplek	399	1.886	6.124	15,0
Tepung kasava	21	553	1.433	10,0
Tapioka	193	3.015	7.969	10,3
Industri pangan				
Aneka gula	1.164	1.871	4.462	9,2
Lainnya	1.348	1.403	1.551	1,2
Industri nonpangan				
Bioetanol (EGF)	0	10.395	22.769	7,1
Lainnya	1.798	2.929	4.771	4,9
Pangan	12.490	15.883	19.084	1,8
Pakan	341	348	355	0,2

Sumber: BPS (1994).

tersebut akan terjadi penurunan proporsi permintaan untuk pangan terhadap total produksi, yaitu dari 71% pada tahun 2005 menjadi 45% pada tahun 2015 dan 31% pada tahun 2025, sedangkan proporsi permintaan untuk bahan baku industri sebaliknya.

Dalam porsi penggunaan ubikayu untuk pangan, porsi petani komersial yang menggunakan hasil panen sebagai pangan kurang dari 40% sedang petani subsisten lebih dari 60% (Ditkabi 2008). Dengan demikian proporsi penggunaan produksi yang turun menjadi sekitar 31% pada tahun 2025 merefleksikan adanya pergeseran usahatani subsisten menjadi komersial. Berkembangnya usahatani komersial juga mengindikasikan adanya harapan keberhasilan peningkatan produksi dengan target produktivitas 25-35 t/ha ubi segar.

POTENSI, HAMBATAN, DAN PELUANG

Potensi

Potensi atau kekuatan internal yang mendukung pengembangan agribisnis ubikayu dipilah berdasarkan aspek sistem produksi, pengolahan hasil, dan pemasaran produk.

Sistem Produksi

Kekuatan internal yang potensial untuk memacu kinerja sistem produksi dalam pengembangan agribisnis ubikayu adalah (1) lahan potensial untuk pengembangan cukup luas, (2) keunggulan sifat agronomis, dan (3) teknologi produksi tersedia.

Ketersediaan lahan. Tanah Ultisol, Inseptisol dan Alfisol mendominasi sentra produksi ubikayu. Lahan yang sementara belum digunakan (lahan tidur) berupa padang alang-alang dari jenis tanah tersebut tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Nusa Tenggara Timur masing-masing seluas 3,1 juta ha, 6,2 juta ha, 0,8 juta ha, dan 1,2 juta ha (Survei Pertanian 2005).

Sumatera, Kalimantan, dan sebagian Sulawesi beriklim basah (Oldeman and Darwis 1979, Oldeman *et al.* 1980), sehingga potensial untuk peningkatan produksi secara ekstensifikasi dalam upaya penyediaan bahan baku industri harian sepanjang tahun, karena pada daerah beriklim basah ubikayu dapat ditanam harian pada bulan Oktober sampai April dan siap dipanen harian sepanjang tahun pada umur 7-11 bulan bila tiap hamparan digunakan varietas berumur pendek, sedang, dan dalam (Wargiono *et al.* 2006). Dengan

tersedianya lahan untuk perluasan areal tanam yang dapat menjamin distribusi produksi harian sepanjang tahun sesuai dengan kebutuhan bahan baku industri pengolahan hasil tersebut maka sasaran pengembangan agribisnis untuk jangka menengah dan jangka panjang diharapkan dapat terealisasi.

Salah satu faktor penentu keberhasilan pengembangan agribisnis ubikayu adalah kontribusinya terhadap perekonomian rumah tangga petani dan daerah yang terefleksi dalam *location quotient* (LQ) yang dihitung berdasarkan nilai produksi. Wilayah dengan LQ sedang sampai tinggi menggambarkan jumlah petani komersial atau petani yang responsif terhadap perubahan lingkungan yang berkaitan dengan peningkatan keuntungan usahatani lebih dominan. Berdasarkan kriteria LQ, iklim basah, dan ketersediaan lahan tidur terdapat 17 provinsi yang potensial sebagai wilayah pengembangan agribisnis ubikayu (Tabel 3).

Tabel 3. Sebaran luas jenis tanah dan lahan tidur di provinsi pengembangan ubikayu.

Provinsi	Status LQ	Jenis tanah/luas (000 ha)			Lahan tidur (000 ha)	Tipe iklim (%) ^a	
		Inseptisol	Alfisol	Ultisol		Basah	Kering
Sumatera Utara	R	2517	36	655	244(-)	100	0
Sumatera Barat	R	1700	14	1472	321(19)	100	0
Riau	S	1676	0	2230	273(192)	100	0
Jambi	S	1209	0	973	349(67)	100	0
Bengkulu	S	894	0	609	165(64)	100	0
Sumatera Selatan	S	1635	0	1602	1022(44)	100	0
Lampung	T	967	0	467	97(76)	100	0
Total Sumatera		8638	50	6678	2383		
Jawa Barat	R	1666	252	844	14(8)	60	40
Jawa Tengah	S	1172	365	368	0(0)	36	64
DI Yogyakarta	T	54	-	12	0(0)	14	86
Jawa Timur	S	1339	436	26	0(0)	19	81
Total Jawa		4231	1305	1250	14		
NT Timur	T	1963	296	56	785(43)	6	94
Kalimantan Barat	S	3271	0	5744	1729(179)	100	0
Kalimantan Tengah	S	1932	0	4829	1172(25)	100	0
Kalimantan Timur	S	5821	0	9827	1787(55)	100	0
Total Kalimantan		11024	732	20400	4689		
Sulawesi Selatan	R	2361	583	1558	996(-)	63	37
Sulawesi Tenggara	T	1479	197	722	282(95)	62	38
Total Sulawesi		3840	780	2280	1278		

R = rendah, S = sedang, T = tinggi.

(-): pada lahan alang-alang.

Sumber: Adimihardja dan Mappauna (2005); BPS (2004) (diolah).

Selain ketersediaan lahan untuk peningkatan produksi melalui perluasan areal tanam juga tersedia lahan yang telah ditanami ubikayu, yang didominasi oleh tanah Inseptisol, Alfisol dan Ultisol di provinsi tersebut sekitar 1,1 juta ha. Hal ini merupakan kekuatan internal yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi secara intensif melalui pemanfaatan teknologi yang tersedia.

Keunggulan agronomis. Keunggulan agronomis ubikayu yang merupakan kekuatan internal dan dapat dimanfaatkan dalam pengembangan agribisnis ubikayu adalah (1) potensi hasil tinggi, (2) kadar pati tinggi, (3) toleran terhadap kemasaman tanah dan kekeringan, (4) umur panen fleksibel, dan (5) fleksibel dalam usahatani (Wargiono *et al.* 2006).

Keunggulan agronomis dan teknologi yang tersedia dalam pengelolaan tanaman terpadu (PTT) telah dimanfaatkan oleh petani komersial pada tanah Inseptisol dan Ultisol dengan hasil 25-30 t/ha secara berkelanjutan (Ditkabi 2008, Fauzan dan Puspitorini 2001). Dengan biaya produksi Rp 3.500.000/ha dan harga ubi segar *on-farm* antara Rp 300- 350/kg, usahatani dengan tingkat hasil 25-30 t/ha layak dikembangkan berdasarkan indikator B/C rasio lebih besar dari satu (Howeler 2001, Wargiono *et al.* 2006). Tersedianya varietas dengan potensi hasil 30-40 t/ha dan berkadar pati tinggi, usahatani ubikayu juga layak dikembangkan sebagai bahan baku industri (Ditkabi 2008, Richana 2007).

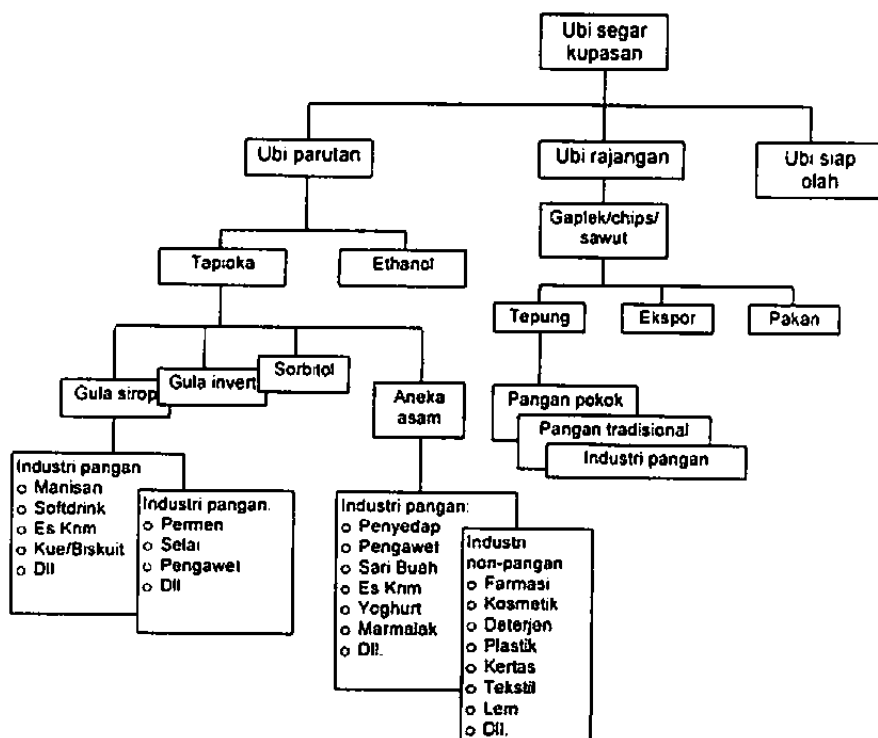
Ketersediaan teknologi adaptif. Teknologi inovatif yang merupakan kekuatan internal dalam pengelolaan tanaman secara terpadu dan paling bersinergi adalah (1) ketersediaan bibit, (2) penggunaan pupuk organik, (3) penggunaan pupuk anorganik NPK setiap musim tanam berdasarkan status hara tanah (tidak dianjurkan memupuk ubikayu dengan N atau NP saja secara terus-menerus karena akan menguras K dalam tanah), (4) waktu tanam berdasarkan ketersediaan air, (5) jarak tanam optimal, dan (6) umur panen. Teknologi suplemen meliputi (1) penyiapan lahan hingga siap tanam, (2) pengendalian erosi, (3) cara tanam, dan (4) pengendalian OPT.

Perbedaan produktivitas antara petani subsisten dengan petani komersial pemasok bahan baku industri tapioka dengan deviasi 30-130% (Ditkabi 2008) mengindikasikan bahwa penerapan teknologi memiliki efektivitas yang tinggi. Faktor eksternal yang dapat mendorong pergeseran usahatani subsisten ke komersial adalah pengembangan industri pengolahan hasil primer yang sekaligus berfungsi sebagai pasar lokal yang dapat menjamin harga ubi segar *on-farm* yang layak dan stabil.

Sistem Pengolahan Hasil

Dalam sistem pengolahan hasil, kekuatan internal yang dapat dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kinerja sistem pengolahan adalah (1) produk olahan beragam, (2) industri dengan aneka produk telah dikembangkan di beberapa sentra produksi, dan (3) teknologi dan aslin tersedia.

Pengolahan ubi segar dengan produk yang beragam diperoleh melalui proses dehidrasi, hidrolisis dan fermentasi. Produk yang dihasilkan melalui proses dehidrasi adalah tapioka dan gaplek/sawul/chips/tepung. Produk tersebut merupakan produk antara bahan baku industri dengan proses hidrolisis, fermentasi dan proses lain seperti industri pangan, non-pangan serta produk siap olah dan siap ekspor (Gambar 2). Produk dari industri dengan proses hidrolisis antara lain adalah aneka gula, bioetanol dan produk dari industri dengan proses fermentasi berupa berbagai jenis asam sebagai bahan baku aneka industri yang lebih hilir, baik industri pangan maupun nonpangan dan produk siap saji.



Gambar 2. Keterkaitan bahan baku antara industri hulu dan industri hilir ubikayu.

Dengan adanya keterkaitan antara industri hulu–hilir yang lebih baik (Gambar 2), maka pengembangan model industri sistem otorita atau satu kawasan merupakan suatu cara dalam pemanfaatan kekuatan internal secara optimal. Dengan berkembangnya model tersebut maka biaya transportasi bahan baku lebih murah dan ketersediaan bahan baku terjamin, sehingga dapat dihasilkan aneka produk yang berdaya saing.

Sistem Pemasaran

Kekuatan internal yang berpotensi dapat dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kinerja sistem pemasaran adalah (1) dukungan pemerintah yang kuat, (2) produk yang dipasarkan beragam, dan (3) sifat fisiko-kimia ubikayu yang spesifik.

Dukungan pemerintah. Kebijakan pemerintah yang tertuang dalam Perpres No.5/2006 dan UU Energi No. 30/2007 tentang pemanfaatan bahan bakar nabati merupakan salah satu kekuatan internal (potensi) yang dapat memacu sistem pemasaran produk, terutama bioetanol. Produk olahan yang beragam dapat menjadi kekuatan internal bila kompetitif di pasar. Salah satu kriteria untuk produk yang kompetitif adalah kualitas. Adanya SNI bagi setiap produk merupakan dukungan pemerintah yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk berkualitas ekspor. Standar ekspor produk dapat memacu beragam jenis industri untuk dikembangkan di beberapa sentra produksi, sesuai dengan ketersediaan bahan baku dan permintaan produk.

Sifat fisiko-kimia. Produk yang mempunyai sifat spesifik dan merupakan kekuatan internal dalam pemasaran produk adalah pati, serat pangan, dan gula fruktosa. Secara fungsi (*functional food*), pati ubikayu termasuk RS-2 dan kadar serat yang tinggi bila dikonsumsi akan berperan sebagai probiotik yang merupakan bahan bakar dalam usus untuk merangsang bakteri pencernaan dan menekan bakteri patogen. Penggunaan ubikayu sebagai sumber kalori yang dapat meningkatkan kesehatan organ pencernaan dan berpotensi menekan terjadinya kanker usus merupakan kekuatan internal. Kekuatan tersebut dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja sistem pemasaran. Gula fruktosa memiliki tingkat kemanisan 1,5-2,5% lebih tinggi dari gula tebu dan bila dikonsumsi langsung menjadi energi tanpa bantuan insulin. Indeks glikemik rendah dalam darah (Richana 2007). Dalam hal ini fruktosa diperlukan untuk menurunkan kadar gula darah, terutama bagi penderita diabetes. Sifat spesifik produk tersebut juga merupakan kekuatan internal yang perlu disosialisasikan dan dipromosikan untuk meningkatkan kinerja pemasaran.

Hambatan

Hambatan meliputi masalah dan kendala, baik untuk sistem produksi, pengolahan hasil, maupun pemasaran produk. Masalah dalam pengembangan agribisnis berkaitan dengan aspek biotik, sehingga dapat diprediksi dan diantisipasi. Kendala yang berkaitan dengan aspek abiotik umumnya sulit diprediksi. Hambatan tersebut berupa kelemahan untuk faktor internal dan ancaman untuk faktor eksternal.

Sistem Produksi

Hambatan utama yang ditemukan di sentra produksi yang merupakan kelemahan internal terdiri atas (a) waktu tanam dan panen serempak yang dominan di daerah beriklim kering, (b) siklus pertanaman 7-12 bulan, (c) produktivitas masih rendah, dan (d) luas lahan garapan di sentra produksi sempit. Ancaman eksternal terdiri atas (a) degradasi lahan terus meningkat, (b) impor produk olahan meningkat, dan (c) sentra produksi didominasi oleh iklim kering (Ditkabi 2008).

Ketersediaan bahan baku industri yang cukup, terdistribusi merata sepanjang tahun, dan berkelanjutan sulit terjamin bila kelemahan internal dan ancaman eksternal tidak diatasi. Hambatan tersebut dapat diatasi dengan memfokuskan pengembangan agribisnis ubikayu ke daerah beriklim basah di Sumatera dan Kalimantan yang didukung oleh ketersediaan lahan tidur berupa padang alang-alang dan memanfaatkan teknologi yang tersedia, termasuk varietas unggul yang umurnya beragam dan pengelolaan dengan pendekatan PTT.

Sistem Pengolahan Hasil

Kelemahan internal yang menghambat sistem pengolahan hasil adalah (1) ubi segar mudah rusak, (2) daya saing lemah, dan (3) sebaran produksi harian tidak sesuai dengan permintaan. Ancaman eksternal yang perlu diprioritaskan untuk dicegah dalam sistem pengolahan hasil adalah (1) negara pesaing kuat, (2) biaya transportasi mahal, dan (3) ketersediaan bahan baku tidak terjamin.

Kelemahan dan ancaman tersebut dapat diatasi dengan cara (1) mempercepat pengolahan ubi segar melalui pengembangan industri hulu di sentra produksi, mulai dari skala rumah tangga, pedesaan/kecil, dan medium sampai skala besar dan pengembangan industri hilir yang bahan bakunya berupa produk dari industri hulu dalam satu kawasan, seperti industri tepung dan pakan dalam satu kawasan dengan industri gaplek, dan industri gula cair, sorbitol, MSG dan aneka asam (cuka, aseton, sitrat, dll.) dengan industri tapioka; (2) meningkatkan produktivitas menjadi 25-

35 t/ha melalui sistem integrasi ubikayu-ternak-industri, limbah panen dan industri digunakan untuk pakan dan penggunaan pupuk kandang untuk ubikayu; (3) pengembangan sistem PIR dalam penyediaan bahan baku industri. Dengan terealisasinya cara tersebut maka ubi dapat cepat diolah, berdaya saing karena biaya transportasi murah, bahan baku tersedia merata sepanjang tahun, dan impor produk olahan menurun karena defisit pasokan domestik dapat dipenuhi oleh industri tersebut.

Sistem Pemasaran Produk

Kelemahan internal utama yang menghambat kinerja sistem pemasaran produk dalam pengembangan agribisnis ubikayu adalah (1) harga ubi segar *on-farm* berfluktuasi, (2) biaya transportasi mahal, dan (3) infrastruktur pedesaan lemah. Ancaman eksternal yang prioritasnya tinggi untuk diatasi agar sistem pemasaran tidak terhambat adalah (1) impor produk olahan terus meningkat, (2) penerapan Perpres/PP lambat, dan (3) penerapan SNI belum efektif.

Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui (1) pengembangan pasar lokal untuk ubi segar melalui pengembangan industri hulu di sentra produksi agar biaya transportasi murah dan harganya stabil; (2) pengembangan industri hilir yang bahan bakunya berupa produk dari industri hulu dalam satu kawasan agar mampu bersaing karena biaya transportasi murah dan ketersediaan bahan bakunya terjamin, (3) kapasitas industri terpasang diupayakan berbasis daya dukung wilayah menyediakan bahan baku sesuai dengan permintaan, dan (4) mutu produknya berdasarkan SNI.

Peluang

Sistem Produksi

Faktor eksternal yang mendukung sistem produksi dalam pengembangan agribisnis ubikayu adalah (1) sebagai bahan pangan pokok, (2) sebagai bahan baku multi-industri, dan (3) minat investor untuk mengembangkan industri tinggi.

Sebagai pangan pokok. Permintaan ubikayu untuk pangan sekitar 70% dari produksi nasional dan selama tiga dasawarsa terakhir meningkat dengan laju 1,81% per tahun. Permintaan ubikayu sebagai pangan pokok untuk penganekaragaman pangan memiliki elastisitas negatif untuk kelompok masyarakat berpendapatan rendah dan menengah. Jumlah masyarakat berpendapatan rendah dan pertambahan penduduk akan memacu pertumbuhan permintaan ubikayu sebagai pangan pokok.

Fenomena tersebut merupakan kekuatan eksternal untuk meningkatkan kinerja sistem produksi.

Sebagai bahan baku multi-Industri. Permintaan ubikayu sebagai bahan baku industri selama tiga dasawarsa terakhir meningkat dengan laju 27% per tahun, namun terjadi defisit pasokan tepung kasava, tapioka, dan aneka gula cair masing-masing 471.000 ton, 38.000 ton, dan 227.000 ton setara ubi segar (FAO 2005). Adanya program pengembangan industri bioetanol (Pres. RI No.5/2006) dengan kebutuhan bahan baku sekitar 8 juta ton ubi segar dan meningkat dengan laju 7% per tahun, ekspor gaplek dan tepung kasava yang selama 10 tahun terakhir terus menurun dengan pertumbuhan 21,6% per tahun (FAO 2005) merupakan kekuatan eksternal yang dapat mendorong kinerja sistem produksi dalam pengembangan agribisnis ubikayu. Peningkatan produksi untuk mengatasi defisit pasokan domestik dan penurunan ekspor porsinya sekitar 36% dari produksi nasional pada tahun 2005. Senjang produksi dengan permintaan tersebut merupakan peluang yang dapat meningkatkan kinerja sistem produksi dalam pengembangan agribisnis ubikayu.

Minat investor tinggi. Hingga tahun 2008 terdapat 15 investor yang berminat mengembangkan industri bioetanol (Dit. ESDM 2008). Sementara untuk industri etanol dan industri lain yang masih memproduksi adalah 45 tapioka, 8 aneka gula, 8 *chips*, 11 keripik/kerupuk, 25 asam sitrat, 1 pakan dan tepung (Hafzah 2003, Prayitno 2008). Kebutuhan ubikayu di pasar domestik dan pasar internasional pada tahun 2025 diproyeksikan 45,2 juta ton. Permintaan yang tinggi tersebut merupakan peluang untuk meningkatkan produksi.

Sistem Pengolahan Hasil

Faktor eksternal yang menjadi pendorong kinerja sistem pengolahan hasil adalah (1) tingginya permintaan aneka produk olahan primer maupun sekunder, (2) diversifikasi pangan, dan (3) penggunaan bahan bakar terbarukan dari ubikayu.

Permintaan produk industri tinggi. Permintaan aneka produk dari industri pangan berkisar antara 1,0-4,0 juta ton setara ubi segar, dan untuk aneka produk dari industri nonpangan 1,7-2,1 juta ton setara ubi segar (BPS 1994-2003). Ketersediaan ubikayu untuk pangan dengan rata-rata 70% dari produksi nasional dan meningkat dengan laju 3,63% per tahun, dan ketersediaan untuk bahan baku industri selalu lebih rendah dari permintaan, sedangkan produksi hanya meningkat dengan laju 1,61%. Oleh karena itu, industri pangan dan nonpangan cenderung menurun dengan laju 3,24%/tahun. Penurunan ketersediaan bahan baku aneka industri tersebut menyebabkan defisit pasokan domestik dan dipenuhi oleh produk impor

yang jumlahnya terus meningkat dengan laju 1,70% per tahun untuk tapioka, 33,6% per tahun untuk tepung kasava. Defisit pasokan domestik yang terus meningkat tersebut merupakan peluang yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja sistem pengolahan hasil dalam pengembangan agribisnis ubikayu.

Peluang yang cukup besar untuk mengolah ubi segar menjadi aneka produk melalui proses dehidrasi, hidrolisis dan fermentasi didukung oleh kelayakan pengembangannya secara finansial. Pada tingkat harga bahan baku industri Rp 350/kg ubi segar untuk industri dengan proses dehidrasi dan fermentasi, dan Rp 3000/kg tapioka untuk industri, dan Rp 4500/l untuk EGF dengan proses hidrolisis dan fermentasi mengindikasikan industri tersebut layak dikembangkan secara finansial berdasarkan indikator NPV positif, R/C lebih besar dari satu, dan IRR lebih besar dari bunga bank komersial (Ditkabi 2008). Oleh karena aneka industri tersebut layak dikembangkan maka peluang berkembangnya menjadi multi-industri juga cukup besar.

Diversifikasi pangan. Permintaan ubikayu untuk pangan berkisar antara 62-78% dari produksi nasional dan terus meningkat dengan laju 3,63% per tahun. Tingkat konsumsi dipengaruhi oleh tingkat pendapatan rumah tangga. Tingkat pendapatan rumah tangga petani terefleksi dari besarnya kontribusi usahatani ubikayu terhadap pendapatan rumah tangga yang cenderung berkorelasi negatif (Ditkabi 2008).

Berkembangnya aneka industri diharapkan memacu peningkatan pendapatan petani yang pada akhirnya memacu pergeseran usahatani subsisten ke komersial. Berkembangnya usahatani komersial akan meningkatkan pendapatan *on-farm* rumah tangga petani yang pada akhirnya akan menggeser porsi permintaan untuk pangan dari sekitar 70% menjadi 40% pada tahun 2025 walaupun permintaan untuk pangan terus meningkat dengan laju 1,81% per tahun. Permintaan produk pangan siap olah seperti tiwul instan, mie instan, dan tepung kasava juga meningkat, dengan demikian peluang pengolahan hasil juga cukup besar.

Tabel 4. Perkembangan permintaan untuk pangan dan bahan baku aneka industri.

Pangan/industri	Permintaan (juta t, 2005)	Pertumbuhan (%/th)
Pangan	14,41	1,81
Industri: Pangan	2,78	13,92
Non-pangan*)	2,78	-19,87
Pakan	0,39	0,19

Sumber: BPS 1994-2003 (diolah)

*) belum termasuk EGF

Ethanol grade fuel. Permintaan ubikayu untuk bahan bakar nabati atau *ethanol grade fuel* (EGF) sebagai campuran premium 10% (E10) sekitar 1,37 juta kl atau setara dengan 8 juta ton ubi segar. Permintaan premium meningkat dengan laju 7,07% per tahun dan proporsi campurannya juga dapat ditingkatkan menjadi 20% (E20) tanpa perubahan suku cadang mesin kendaraan bermotor berbahan bakar premium. Dengan demikian, peluang pengembangan industri bioetanol cukup besar.

Sistem Pemasaran Produk

Dalam sistem pemasaran produk, faktor eksternal yang menjadi pendorong adalah (1) defisit pasokan domestik untuk multi produk, (2) kuota ekspor multiproduk tidak terpenuhi, dan (3) permintaan bahan baku industri kompetitor meningkat. Untuk mengetahui peluang pemasaran tersebut digunakan pendekatan perkembangan ekspor aneka produk olahan ubi segar dan defisit pasokan aneka produk olahan tersebut.

Defisit pasokan tepung kasava, tapioka, dan aneka gula (fruktosa, maltosa, dekstrosa, dan sarbitol) yang terus meningkat dengan laju 8-22%, merupakan indikator bahwa pemasaran aneka produk olahan tersebut cukup prospektif. Defisit pasokan tepung kasava dan tapioka yang terus meningkat dengan laju 22,5% dan 87,3% per tahun, serta penurunan ekspor gaplek dan tepung kasava dengan pertumbuhan masing-masing 21,5% dan 7,6% per tahun (FAO 2005) juga merupakan indikator prospek pemasaran domestik dan internasional untuk aneka produk tersebut.

Kebutuhan EGF sekitar 1,4 juta kl bersumber dari ubikayu (Perpres No.5/2006) dan pada waktu yang bersamaan RRC juga mengembangkan industri EGF yang bahan bakunya berupa tepung impor dari Indonesia. Hal ini mengindikasikan bahwa pemasaran produk tersebut cukup prospektif. Oleh karena ubi segar dan pati sebagai bahan baku industri dengan aneka produk tersebut lebih murah dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya dan tebu (Howeler 2006, Ditkabi 2007), maka pemasaran ubi segar dan produk turunannya cukup prospektif.

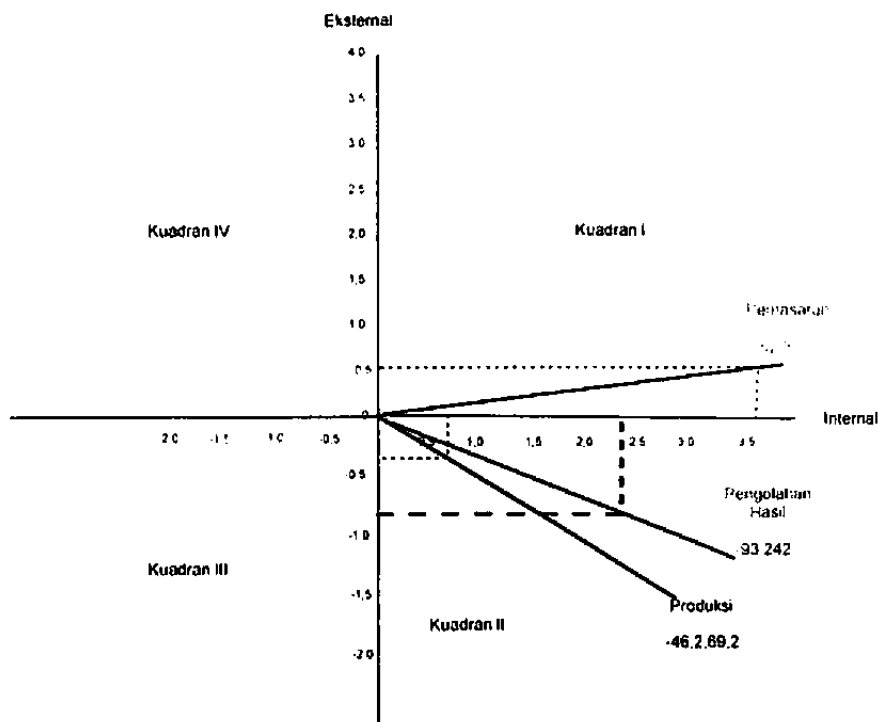
Peluang penggunaan ubi segar sebagai bahan baku industri EGF cukup tinggi berdasarkan indikator (1) biaya produksi lebih murah dibandingkan dengan jagung dan tebu, (2) bahan baku domestik tersedia, dan (3) industri model PIR berpotensi dikembangkan (Richana 2007, Howeler 2007).

Pengolahan aneka produk untuk penganekaragaman pangan memiliki peluang cukup besar karena ubikayu mempunyai keunggulan dibandingkan dengan padi, yaitu (1) gizi mikronya lebih tinggi dan proporsional, (2) biaya produksi tiap kalori lebih murah, (3) produksi lebih tinggi dari permintaan, dan (4) termasuk bahan pangan pokok (Ditgizi 2006, Wargiono *et al.* 2001).

Berkembangnya industri pengolahan hasil di setiap sentra produksi untuk memenuhi kebutuhan aneka produk, baik domestik maupun ekspor, dapat mendorong terciptanya pasar regional untuk ubi segar dan produk antara, yang berarti pemasarannya juga prospektif. Terciptanya pasar lokal tersebut dapat mendorong usahatani ubikayu subsisten menjadi komersial, sehingga pendapatan petani diharapkan meningkat.

KINERJA PENGEMBANGAN AGRIBISNIS

Potensi, hambatan, dan peluang pengembangan agribisnis ubikayu dapat dipilih berdasarkan faktor internal (kekuatan dan kelemahan) dan faktor eksternal (peluang dan ancaman) untuk aspek sistem produksi, pengolahan hasil, dan pemasaran hasil/produk olahan. Semua faktor dari setiap aspek dinilai berdasarkan bobot dan skor untuk mendapatkan resultante dari faktor internal dan eksternal (Sianipar dan Entang 2001).



Gambar 3. Kinerja pengembangan agribisnis ubikayu.

Resultan sistem produksi adalah -46,18 untuk faktor internal dan 69,21 untuk faktor eksternal mengindikasikan bahwa pengembangan agribisnis ubikayu dalam aspek sistem produksi prospektif karena adanya peluang yang besar tetapi terhambat oleh keterbatasan modal usahatani, produktivitas yang masih rendah, dan belum berkembangnya varietas unggul berumur genjah.

Resultan sistem pengolahan hasil adalah -93,14 untuk faktor internal dan 242,10 untuk faktor eksternal. Dengan demikian pengembangan agribisnis ubikayu dalam aspek pengolahan hasil juga prospektif karena peluangnya besar, namun terhambat oleh daya saing yang lemah dan keberlanjutan ketersediaan bahan baku belum terjamin.

Resultan untuk aspek pemasaran adalah 52,08 untuk faktor internal dan 350,49 untuk faktor eksternal. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa pengembangan agribisnis ubikayu berdasarkan aspek pemasaran cukup prospektif, karena kekuatan lebih dominan dari kelemahan, dan peluang lebih dominan dari ancaman.

KEBIJAKAN TEKNIS

Skenario Pengembangan Agribisnis

Skenario pengembangan agribisnis ubikayu untuk sistem produksi menggunakan pendekatan peningkatan produksi melalui ekstensifikasi dan intensifikasi. Secara nasional, peningkatan produksi melalui ekstensifikasi diproyeksikan tumbuh dengan laju 15% per tahun sampai tahun 2025, sedangkan peningkatan produksi secara intensifikasi diproyeksikan tumbuh 3,5%, 4,5%, dan 4,0% per tahun masing-masing untuk periode 2007-2015, 2016-2020, dan 2021-2025.

Implementasi pengembangan agribisnis diprioritaskan di sentra produksi dengan fokus wilayah beriklim basah. Kriteria sentra produksi berbasis kabupaten dengan produksi tahunan, minimal 5.000 ton ubi segar dengan pertimbangan sekitar 40% dari produksi tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku industri dengan kapasitas terpasang 60 ton ubi segar per hari. Dengan terbangunnya industri tersebut, pengembangan agribisnis yang terdiri atas subsistem produksi, pengolahan hasil, dan pemasaran produk dapat terpenuhi.

Keberhasilan pengembangan agribisnis dipengaruhi oleh besarnya kontribusi ubikayu terhadap perekonomian daerah yang terefleksi dari *location quotient* (LQ) yang dihitung berdasarkan nilai produksi dengan formula:

$$LQP = \frac{NUP}{\sum_{i=1}^n NTP} : \frac{NUI}{\sum_{j=1}^N NTI}$$

di mana:

P = provinsi

NUP = nilai produksi ubikayu provinsi

NTP = nilai produksi tanaman pangan provinsi

NUI = nilai produksi ubikayu nasional

NTI = nilai produksi tanaman pangan nasional

Wilayah dengan LQ rendah dicirikan oleh dominasi petani yang kurang responsif terhadap perubahan lingkungan dan harga hasil, atau lebih dikenal dengan usahatani subsisten. Wilayah dengan LQ sedang dan tinggi dicirikan oleh dominasi petani yang responsif terhadap perubahan lingkungan dan harga hasil, atau lebih dikenal dengan usahatani semi-komersial dan komersial. Berdasarkan kriteria tersebut, implementasi pengembangan agribisnis ubikayu diprioritas pada wilayah dengan LQ sedang dan tinggi, sementara pada lahan tidur berupa padang alang-alang yang potensial untuk pengembangan ubikayu. Berdasarkan kriteria tersebut peningkatan produksi di Jawa dapat diupayakan secara intensif, sedangkan di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan NTT secara intensif dan ekstensif.

Ketersediaan bahan baku melalui peningkatan produksi dapat mendukung pengembangan industri *chips/gaplek*, tepung kasava, tapioka, aneka gula, dan bioetanol. Pengembangan industri tersebut diharapkan masing-masing produknya meningkat dengan laju 13%, 10%, 10%, dan 27% per tahun (Tabel 5).

Tabel 5. Proyeksi produksi dan produk aneka industri secara nasional.

Pengguna	Ketersediaan*)			Pertumbuhan (%/th)		
	2015	2020	2025	2015	2020	2025
Pangan	15.883	17.373	19.084	1.81	1.81	1.8
Pakan	348	351	355	0.2	0.25	0.2
Industri						
<i>Chips</i>	1.886	3.793	6.109	15.0	15.0	10.0
Tepung kasava	553	890	1.433	10.0	10.0	10.0
Tapioka	3.015	4.922	7.969	10.0	10.0	10.0
Etanol	10.395	13.460	23.359	64.0	10.0	5.0
Lainnya	4.332	5.213	6.321	2.9	2.9	2.9

Sumber: BPS 1994-2003 (diolah)

*) Ubi segar (000 t)

Kebijakan Teknis

Perumusan kebijakan teknis pengembangan agribisnis ubikayu disusun dengan pendekatan SWOT yang meliputi beberapa tahapan, antara lain inventarisasi, pengelompokan, klasifikasi/skoring, dan penapisan faktor-faktor internal dan eksternal untuk sistem produksi, pengolahan hasil, dan pemasaran produk.

Faktor internal dan eksternal yang teridentifikasi untuk sistem produksi, pengolahan hasil, dan pemasaran produk disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Faktor internal dan eksternal pengembangan agribisnis ubikayu.

Faktor internal		Faktor eksternal	
Potensi (P)	Hambatan (W)	Peluang (O)	Ancaman (T)
1.Sistem produksi - Keunggulan sifat agronomis - Lahan untuk pengembangan tersedia - Teknologi tersedia	- Periode panen pendek - Siklus pertanaman 7-12 bulan - Produktivitas masih rendah	- Sebagai bahan pangan pokok - Sebagai bahan baku multi industri - Minat investor terhadap agribisnis ubikayu tinggi	- Degradasi lahan meningkat - Iklim kering mendominasi wilayah sentra produksi - Impor aneka produk meningkat
2.Sistem pengolahan hasil - Produk olahan beragam - Industri-industri hulu dan hilir berkembang - Teknologi dan alsin tersedia	- Ubi segar cepat rusak - Daya saing produk lemah - Sebaran produksi bulanan di daerah sentra produksi utama tidak merata	- Defisit pasokan domestik dan internasional meningkat - Teknologi dan alsin tersedia - Aneka produk permintaannya meningkat	- Negara pesaing kuat - Biaya transportasi mahal - Ketersediaan bahan baku secara kontinyu belum terjamin
2.Sistem pemasaran produk - Dukungan pemerintah sedang-tinggi - Produk yang dipasarkan jenisnya banyak - Sifat fisiko kimia spesifik	- Harga ubi on-farm berfluktuasi - Sifat ubi segar "bulky" - Infra struktur pedesaan lemah	- Aneka produk olahan sebagai unggulan di beberapa sentra produksi - SN telah tersedia - Industri pangan dan non-pangan berbahan baku pati ubikayu jumlahnya cukup banyak	- Disentralisasi industri sebagai pasar regional belum berkembang - Penerapan/UU/PP belum efektif - Penerapan SNI belum efektif

Perumusan kebijakan teknis untuk tiap sistem berdasarkan kepada strategi agresif (SO), diversifikasi (WO), konsolidatif (ST), dan defensif (ST) dengan prinsip pemanfaatan potensi dan peluang secara optimal untuk meminimalkan kelemahan dan mengatasi ancaman, yaitu:

Sistem Produksi

Peningkatan produksi secara intensif dengan laju tumbuh 3-5% per tahun dilakukan melalui: (1) penggunaan multivarietas dalam setiap hamparan, yaitu yang berumur genjah (Adira-1, CMM99008-3, CMM99009-4), sedang (Adira-4, UJ-3) dan dalam (Malang-4, Malang-6, UJ-5); (2) penggunaan pupuk organik; (3) penggunaan pupuk NPK berdasarkan status hara tanah; dan (4) populasi optimal dan jarak tanam sistem barisan berbasis tingkat kesuburan tanah, tipe varietas, dan pola tanam (10-15 ribu tanaman/ha) yang dikelola dengan pendekatan PTT dan konservasi.

Peningkatan produksi secara ekstensif dengan laju pertumbuhan 10-15% per tahun untuk mendukung minat investor pengembang agribisnis melalui pemanfaatan lahan tidur berupa padang alang-alang yang potensial untuk usahatani ubikayu pada wilayah beriklim basah di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi yang luasnya sekitar 10,1 juta ha.

Sistem Pengolahan Hasil

Pengembangan aneka industri berbasis agroekologi dan jenis produk untuk mengatasi defisit pasokan domestik dan penurunan ekspor, yaitu industri *chips*, tepung kasava, tapioka, aneka gula, dan bioetanol masing-masing dengan laju pertumbuhan 10-15%, 5-10%, 7-10%, dan 15-30% per tahun.

Pengembangan industri berskala kecil dan medium berbasis kabupaten dengan LQ sedang dan tinggi untuk menciptakan pasar lokal yang dapat menjamin harga yang layak dan stabil serta berkelanjutan dan mendorong pergeseran usahatani subsisten ke komersial.

Pengembangan industri *chips* dan tepung kasava diprioritaskan pada daerah beriklim kering di Jawa, Nusa Tenggara, dan Sulawesi. Untuk industri tapioka, aneka gula dan bioetanol (EGF) diprioritaskan pada daerah beriklim basah di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.

Sistem Pemasaran Produk

Mengkondisikan industri pengolahan hasil primer (*chips*, tepung kasava dan tapioka) dan EGF sebagai pasar lokal untuk ubi segar agar dapat menjamin stabilitas harga Rp300-350/kg, sehingga usahatani ubikayu dan industri yang menggunakan ubi segar sebagai bahan baku layak dikembangkan secara teknis dan finansial.

Penataan industri hulu dan hilir dalam satu kawasan untuk meminimalisasi biaya transportasi bahan baku dan menjamin ketersediaan bahan baku secara berkelanjutan dan dengan produk yang kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, A. 2005. Rangkuman bahasan lahan kering di Indonesia. Teknologi pengelolaan lahan kering menuju pertanian produktif dan ramah lingkungan. Puslitbang Tanak. Bogor.
- BPS. 1994-2003. Neraca bahan makanan penduduk Indonesia. BPS. Jakarta.
- BPS. 1995-2006. Produksi dan permintaan ubikayu di Indonesia. BPS. Jakarta.
- BPS. 1984-2004. Produksi ubikayu di Indonesia. BPS. Jakarta.
- BPS. 2004. Produksi padi dan palawija nasional. BPS. Jakarta.
- CGIAR. 2000. Root and tubers in the global food system. A vision statement to the year 2020.
- Ditkabi. 2008. Studi pengembangan untuk produk baru pertanian. Ditjen Tanaman Pangan. Jakarta.
- Ditgizi. 2006. Komposisi gizi bahan makanan. Puslitbang Gizi. Bogor.
- FAO. 2005. Harvested area, productivity and production as well as export and import of cassava during last 10 years. FAO Stat.
- Fauzan dan P. Puspitorini. 2001. Effect of date planting and rainfall distribution on the yield of five cassava varieties in Lampung. Indonesia. Cassava potential in Asian the 21st century: Present situation and future research and development needs. Proc. of the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh City. p.345-382.
- Hafzah, M.J. 2003. Bisnis ubikayu. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Howeler, R.H. 2001. Improving the sustainability of cassava based cropping systems in Asia. Cassava's potential in Asia in the 21st century: present situation and future research and development needs. Proc. Reg. Workshop. Ho Chi Minh.
- Howeler, R.H. 2007. Trends in production and utilization of cassava in Asia. Lokakarya Peningkatan Produksi dan Pemanfaatan Aneka Ubi. Unlam, Banjarmasin.
- Munarso, J.S. 2004. Pati resisten dan peluang perbaikan mutu pangan tradisional. semnas. Seminar Nasional Peningkatan Daya Saing Pangan Tradisional. BB Pascapanen Pertanian. Bogor. p.229-234.

- Oldeman, L.R., I. Las, and Muladi. 1980. The agroclimate maps of Kalimantan, Maluku, Irian, Bali and West Nusa Tenggara. Contributions No. 60.
- Oldeman, L.R. and S.N. Darwis. 1979. An agroclimatic map of Sumatra. Contr. No. 52.
- Prayitno, S. 2008. Peluang pembiayaan perbankan untuk industri bioetanol. Workshop Bisnis Bioetanol Singkong. Bogor.
- Presiden R.I. 2006. Peraturan Presiden Republik Indonesia No.5 tentang Kebijakan Energi Nasional.
- Richana, N. 2007. Pengembangan industri biethanol skala pedesaan. Seminar Puslitbangtan. Bogor.
- Sianipar, JPG. dan H.M. Entang. 2001. Teknik-teknik analisis manajemen. LAN-RI. Jakarta.
- Survei Pertanian. 2003. Luas lahan menurut penggunaannya. BPS. Jakarta.
- Wargiono, J., A. Hasanuddin, dan Suyamto. 2006. Teknologi produksi ubikayu mendukung industri bioetanol. Puslitbangtan. Bogor.
- Wargiono, J., Y. Widodo, and W.H. Utomo. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Indonesia. Proc. Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minch City, Vietnam. p. 259-269.

Bab 1

Kebijakan dan Prospek Pengembangan

Permintaan ubikayu untuk pangan meningkat dengan laju 2,22% per tahun, sedangkan untuk industri turun dengan laju 7-15% per tahun. Kondisi ini menggambarkan cukup besarnya peluang pengembangan agribisnis ubikayu. Pengembangan agribisnis ubikayu dapat diupayakan melalui peningkatan produksi dengan mengimplementasikan program intensifikasi dan ekstensifikasi, peningkatan kapasitas produk olahan berupa chips, tepung kasava (mokal), tapioka, aneka gula, dan bioetanol, serta pengembangan pasar lokal untuk ubi segar dan produk industri hulu dan hilir di sentra produksi.

Kebijakan teknis untuk mendukung program intensifikasi ubikayu meliputi perakitan dan pengembangan varietas unggul berkadar pati dan gula tinggi, multi-umur dengan pendekatan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT), dan secara ekstensifikasi melalui pemanfaatan lahan tidur potensial di daerah beriklim basah dengan prioritas utama Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Pengembangan sistem pengolahan hasil berbasis daya dukung agroekologi diprioritaskan di Jawa, Sulawesi, dan Nusa Tenggara untuk produk chips dan tepung kasava, sedangkan untuk produk tapioka, aneka gula, dan bioetanol diprioritaskan di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi.

Fluktuasi harga ubi segar di Indonesia lebih tajam dibandingkan dengan Thailand. Hal ini merupakan salah satu penyebab terjadinya fluktuasi produksi nasional antar-waktu, sehingga ketersediaan ubi sebagai bahan baku industri tidak terjamin. Dampaknya adalah menurunnya ekspor produk olahan

dan pasokan domestik mengalami defisit. Produk olahan yang prospektif di pasar internasional adalah gaplek/chips, tepung kasava, tapioka, dan pati modifikasi. Pengembangan industri dengan produk olahan akan mengubah usahatani ubikayu dari subsisten ke komersial yang diharapkan dapat meningkatkan pendapatan petani.

Prospek Produk Olahan Ubikayu di Pasar Internasional

Heriyanto, R. Krisdiana, dan R. Anindita

PEMASARAN DAN HARGA

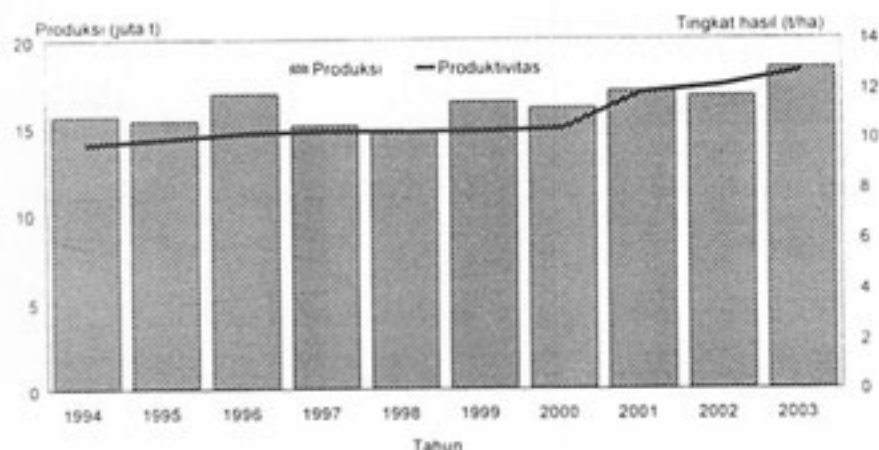
Permintaan pasar internasional beberapa produk olahan ubikayu pada tahun 2000 diperkirakan 5,7 juta ton (setara 14,5 juta ton ubi segar). Dari jumlah tersebut, 4,7 juta ton di antaranya diperdagangkan dalam bentuk chip dan pelet, sedangkan sisanya (1 juta ton) dalam bentuk tepung, tapioka, dan pati modifikasi (*modified starch*) untuk bahan baku industri pangan dan industri lainnya (FAO 2000). Impor produk olahan dari negara-negara di Eropa dalam tahun 2000 turun sekitar 300.000 ton (turun 7% dibandingkan dengan tahun 1999). Kondisi ini disebabkan oleh (1) turunnya harga domestik biji-bijian di Eropa, (2) lemahnya nilai tukar Euro terhadap dolar AS, dan (3) tingginya biaya transportasi. Semua itu menjadikan produk olahan (tepung dan tapioka) kurang kompetitif di Eropa. Sebaliknya, impor chip dan pelet oleh negara-negara non-Eropa justru naik sekitar 20%. Dalam periode bulan Januari-September 2000 Thailand mengeksport sekitar 3 juta ton chip dan pelet serta > 0,7 juta ton tapioka. Sebanyak 2,8 juta ton chip dan pelet diekspor ke beberapa negara di Eropa (Belanda, Belgia, Jerman, Itali, Portugal, dan Spanyol). Ekspor produk olahan primer Indonesia mengalami stagnasi pada tingkat 0,34 juta ton dan Cina mengalami penurunan sampai 0,1 juta ton, sebagai cerminan dari tingginya kebutuhan domestik di kedua negara tersebut.

Di Asia, Indonesia merupakan salah satu produsen ubi terbesar setelah Thailand. Produk olahan primer dan sekunder selain untuk kebutuhan domestik, juga diekspor dalam bentuk produk antara dan setengah jadi. Impor produk olahan primer maupun sekunder seperti tepung kasava, tapioka, dan aneka gula (dekstrosa, fruktosa, dan sorbitol) mengindikasikan adanya defisit pasokan domestik untuk produk-produk tersebut. Dampaknya ekspor galek, tepung kasava, dan tapioka turun drastis dari masing-masing 1.271.101 ton, 92.276 ton, dan 12.922 ton pada tahun 1990 menjadi 21.999 ton, 4.484 ton, dan 5.828 ton pada tahun 2003 (FAO 2005). Oleh karena itu, salah satu isu penting adalah bagaimana upaya meningkatkan kinerja atau posisi produk olahan tersebut dalam perdagangan internasional. Faktor yang mempengaruhi kinerja produk olahan adalah harga ubi segar di tingkat *on-farm*.

PRODUKTIVITAS NASIONAL

Produktivitas ubikayu nasional pada tahun 2006 rata-rata 16,3 t/ha dengan laju pertumbuhan pada periode 1997-2001 1,42% per tahun dan dalam periode 2002-2006 5,68% per tahun (SI 2002 dan 2007). Hal ini menggambarkan bahwa kenaikan produksi lebih bertumpu kepada kenaikan produktivitas (Gambar 1). Makna yang dapat ditarik dari kondisi ini adalah tingkat produktivitas ubikayu di Indonesia dalam kurun waktu lima tahun (2002-2006) mengalami kenaikan yang cukup tinggi. Bila dikaji dari aspek produktivitas maka tercermin senjang yang cukup besar, baik antarwilayah (10,8-17,8 t/ha) maupun antara rata-rata nasional (16,3 t/ha) dan potensi genetik beberapa varietas unggul (Suhartina 2005), seperti Adira-4 (35 t/ha), Malang-1 (36,5 t/ha) dan Malang-2 (31,5 t/ha), UJ-3 (20-35 t/ha), UJ-5 (25-40 t/ha), dan Malang-4 (39,7 t/ha). Implikasinya, masih ada peluang meningkatkan produksi ubikayu melalui menggunakan varietas unggul yang dapat dikaitkan dengan penggunaan selanjutnya untuk mendukung ketahanan pangan maupun penyediaan bahan baku industri.

Produksi nasional ubikayu dalam kurun waktu 10 tahun (1997-2006), meningkat dengan pertumbuhan 3,20% per tahun. Kenyataannya, perkembangan produksi cenderung berfluktuasi dari tahun ke tahun (Gambar 1). Meningkatnya produktivitas dengan laju pertumbuhan per tahun 5,48% berdampak terhadap peningkatan produksi dengan laju pertumbuhan 4,42% walaupun terjadi penurunan luas areal tanam ubikayu dengan laju 1,13%/tahun. Implikasi dari kondisi tersebut adalah mencegah penurunan luas tanam dan meningkatkan produktivitas melalui



Gambar 1. Perkembangan produksi dan produktivitas ubikayu Indonesia, 1997-2006. (Data diolah dari BPS 2002-2007).

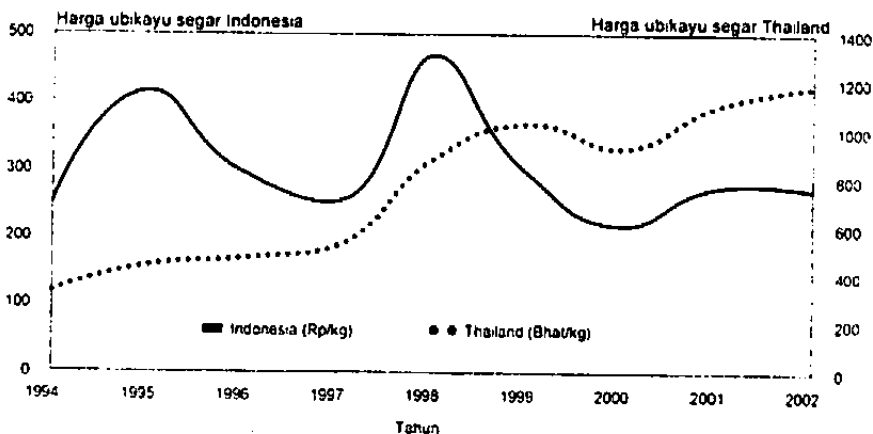
pemanfaatan potensi genetik varietas unggul. Hal ini diharapkan dapat mendukung pengembangan industri dan menjaga agar tercapai keseimbangan antara permintaan pasar dengan ketersediaan produk olahan.

Fluktuasi harga ubi segar di tingkat petani berkorelasi positif dengan produksi regional antarwaktu. Harga ubi segar di tingkat petani dipengaruhi oleh harga produk olahan di pasar internasional. Dalam kurun 1994-2004, harga ubi segar di Indonesia cenderung naik dari tahun ke tahun. Sejak 1994, harga ubi segar terus naik sampai sekitar 400% pada 2004. Berbeda dengan di Thailand, harga ubi segar cenderung berfluktuasi dari tahun ke tahun. Fluktuasi harga terjadi dalam masa tiga tahunan (Gambar 2).

Di Thailand seluruh produksi ubi segar diolah menjadi tapioka dan chips/pellet sebagai komoditas ekspor, sedangkan di Indonesia hanya sekitar 30% produksi yang digunakan untuk itu (FAO 2005). Di pasar internasional harga tapioka dan chips/pellet berfluktuasi, sehingga pengaruh faktor eksternal tersebut lebih tajam di Thailand dibandingkan dengan Indonesia. Implikasinya, Indonesia harus memanfaatkan pasar domestik sebagai kekuatan internal guna mendorong harga ubi segar untuk layak dan stabil agar kontribusinya terhadap pendapatan petani dan daerah meningkat.

Nilai LQ (*location quotient*) adalah sumbangan ekonomi suatu komoditas secara regional terhadap ekonomi nasional. Nilai LQ tersebut dapat dikategorikan menjadi tinggi (2-3), sedang (1-2), dan rendah (<1).

Lampung, Yogyakarta, Maluku, Sulawesi Tenggara, Bangka-Belitung, dan Papua termasuk daerah yang memiliki nilai LQ tinggi. Artinya, ubikayu di daerah-daerah tersebut mempunyai peran ekonomi yang tinggi.



Gambar 2. Harga ubi segar di Indonesia dan Thailand dalam kurun waktu 1994-2002. (Diolah dari <http://www.fao/faostat/cassava/cassava.htm>, 2004).

Produktivitas yang dicapai relatif masih rendah (14,8 t/ha) bila dikaitkan dengan potensi hasil varietas unggul (20-39,7 t/ha), sehingga senjang hasil cukup lebar. Areal tanam terluas pada kategori ini adalah Lampung (279.107 ha) dan diikuti oleh Yogyakarta (58.375 ha). Lampung dengan produktivitas dan pertumbuhan paling tinggi disebabkan oleh sebagian besar produksi ubi segar digunakan sebagai bahan baku industri tapioka dan pellet/chips. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa penciptaan pasar lokal berupa industri merupakan kekuatan eksternal yang dapat mendorong peningkatan produktivitas dan pertumbuhan.

Provinsi dengan kriteria nilai LQ sedang adalah Jawa Timur, Jawa Tengah, Nusa Tenggara Timur, dan Kalimantan Timur. Di daerah-daerah tersebut peran ubikayu relatif masih tinggi. Bila dikaji lebih lanjut ternyata kesenjangan hasil juga masih lebar (hasil aktual 10,4-16,2 t/ha). Areal tanam terluas terdapat di Jawa Timur (268.218 ha) dan terluas kedua di Jawa Tengah (228.377 ha). Karakteristik daerah dengan LQ sedang tersebut tidak berbeda dengan daerah dengan LQ tinggi, yaitu produktivitas tinggi dan pertumbuhannya juga tinggi karena adanya industri tapioka dan chips/gaplek. Dengan demikian pengembangan industri dengan bahan baku ubi segar seperti tapioka, chips/gaplek, sawut, dan tepung kasava merupakan terobosan dalam meningkatkan LQ. Oleh karena itu, program pengembangan industri di wilayah dengan LQ rendah, terutama di daerah dengan produktivitas dan pertumbuhan yang tinggi, merupakan kekuatan eksternal dalam pengembangan agroindustri ubikayu untuk memenuhi permintaan pasar untuk produk olahan primer ubi segar. Dengan terealisasinya program pengembangan industri tersebut defisit pasokan domestik dapat diatasi dan ekspor produk-produk tersebut juga dapat ditingkatkan.

Untuk menjamin ketersediaan bahan baku perlu peningkatan produksi ubi segar. Di daerah dengan LQ tinggi dan sedang, upaya peningkatan produksi dapat dilakukan dengan penggunaan varietas unggul yang disesuaikan dengan selera pengguna (untuk keperluan pangan atau bahan baku industri), khususnya di daerah-daerah yang memiliki areal tanam yang luas (Lampung, Yogyakarta, Jawa Timur, dan Jawa Tengah). Oleh karena itu promosi varietas unggul yang sesuai dengan permintaan pengguna di daerah-daerah memegang peranan penting.

Di daerah dengan nilai LQ rendah, kesenjangan hasil juga masih lebar dan peran ekonomi komoditas ubikayu masih rendah. Oleh karena itu, peningkatan produksi ubikayu dapat diupayakan dengan menggunakan varietas unggul yang sesuai dengan permintaan pasar, tetapi lebih difokuskan pada daerah-daerah yang areal tanamnya cukup luas seperti di Jawa Barat, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, dan Sumatera Selatan (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai LQ dan sumbangan regional ubikayu terhadap produksi nasional untuk masing-masing propinsi di Indonesia.

Propinsi	Nilai LQ*	Kategori nilai LQ	Produktivitas*		Luas areal* (ha)
			Ubi segar 2003 (t/ha)	Pertumbuhan (%/th)	
Maluku	2.94	Tinggi	12,1	1,76	22.723
DI Yogyakarta	2.71	Tinggi	14,0	2,92	58.375
Kep. Bangka Belitung	2.68	Tinggi	11,5	0,0	1.979
Lampung	2.45	Tinggi	17,5	12,69	279.107
Sulawesi Tenggara	2.28	Tinggi	15,4	8,22	16.529
Papua	2.06	Tinggi	11,2	1,24	4.593
Nusa Tenggara Timur	1.94	Sedang	10,4	1,50	79.31
Jawa Tengah	1.22	Sedang	16,2	4,83	228.377
Kalimantan Timur	1.20	Sedang	13,8	1,50	7.95
Jawa Timur	1.18	Sedang	16,1	3,02	248.618
Bengkulu	0.91	Rendah	11,7	1,55	7.492
Riau	0.90	Rendah	10,7	0,52	5.918
Bali	0.89	Rendah	11,7	0,78	13.217
Kalimantan Barat	0.84	Rendah	14,5	6,02	14.424
Sulawesi Selatan	0.80	Rendah	16,5	11,05	43.606
Kalimantan Tengah	0.77	Rendah	11,6	1,45	8.959
Jawa Barat	0.66	Rendah	17,1	7,05	128.072
Jambi	0.65	Rendah	12,5	5,72	5.205
Sumatera Utara	0.57	Rendah	12,0	1,25	38.09
Sumatera Selatan	0.56	Rendah	11,7	2,50	27.616
DKI. Jakarta	0.52	Rendah	12,6	0,0	-
Sulawesi Tengah	0.39	Rendah	10,64	7,92	4.017
Banten	0.37	Rendah	13. 7	1,29	11.819
Kalimantan Selatan	0.36	Rendah	13,0	0,81	8.888
Nusa Tenggara Barat	0.35	Rendah	11,5	0,44	8.464
Sulawesi Utara	0.35	Rendah	10,2	-0,24	2.861
Sumatera Barat	0.32	Rendah	14,1	3,91	8.08
Nanggroe Aceh	0.26	Rendah	12,3	0,00	4.89
Gorontalo	0.12	Rendah	11,5	3,97	955

* Rata-rata 1999-2003; kecuali Maluku, Bangka-Belitung, Papua, Gorontalo, Banten, Jakarta, dan Nusa Tenggara Timur, yang karena keterbatasan data, dihitung berdasarkan tahun 2003.

**Data diolah dari BPS (1999-2003).

EKSPOR DAN IMPOR PRODUK OLAHAN

Perkembangan Ekspor

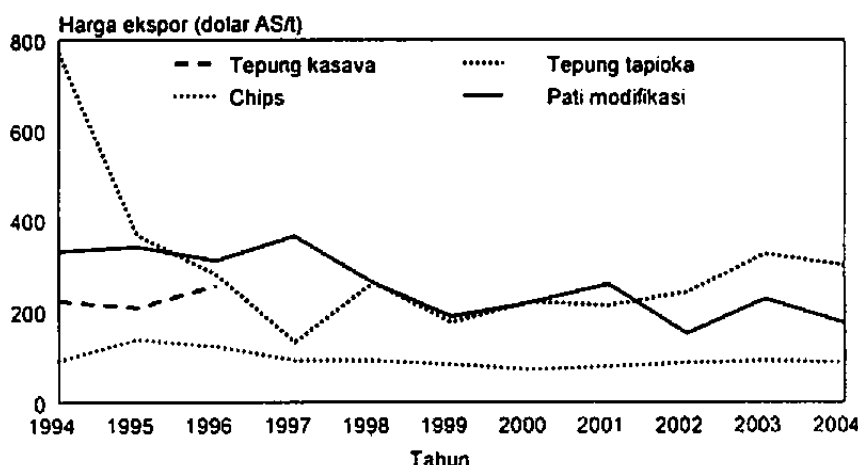
Produk industri pengolahan primer ubi segar yang diekspor oleh Indonesia adalah gaplek/chips, tepung kasava, dan tapioka. Harga ekspor produk-produk tersebut berkaitan dengan aspek penerimaan dari aktivitas ekspor dalam perdagangan internasional. Dalam kurun 1994-2004, aktivitas ekspor

produk olahan Indonesia terdiri atas tepung kasava, tapioka, dan gapek/chips. Harga ekspor tepung kasava pada 1994 sekitar 222,59 dolar AS/ton, turun menjadi 208,53 dolar/ton pada 1995. Pada 1996 harga ekspor tepung kasava naik menjadi 255,66 dolar/ton.

Harga ekspor tapioka tertinggi terjadi pada tahun 1994, yaitu 772,73 dolar/ton, dan turun menjadi 366,89 dolar/ton (52,52%). Setelah tahun 1995, harga ekspor cenderung berfluktuasi sampai dengan tahun 2004. Sebagai contoh: harga ekspor pada tahun 1996 turun menjadi 281,24 dolar/ton, turun lagi menjadi 132,54 dolar/ton pada tahun 1997 dan naik menjadi 281,24 dolar/ton pada tahun 1998. Demikian seterusnya, pada tahun 2003 mencapai 324,98 dolar/ton dan turun menjadi 299,94 dolar/ton pada tahun 2004.

Harga tertinggi ekspor gapek/chips dalam kurun waktu 1994-2004 sebesar 138,17 dolar/ton terjadi pada tahun 1995 dan terendah 71,38 dolar/ton pada tahun 2000. Dalam kurun waktu tersebut harga ekspor produk gapek/chips juga berfluktuasi. Sebagai contoh pada tahun 1996, harga ekspor gapek/chips 122,53 dolar/ton, turun menjadi 92,02 dolar/ton pada tahun 1997 dan cenderung turun sampai tahun 2000. Setelah tahun tersebut naik lagi sampai menjadi 91,05 dolar/ton, dan pada tahun 2004 turun menjadi 87,12 dolar/ton.

Harga ekspor tapioka cenderung berfluktuasi dalam kurun waktu 1994-2004, tertinggi 363,72 dolar/ton terjadi pada tahun 1997 dan terendah 150,78 dolar/ton pada tahun 2002. Pada tahun 2003 harga ekspor pati naik menjadi 225,91 dolar/ton dan pada tahun 2004 turun kembali mencapai 173,71 dolar/ton (Gambar 3).



Gambar 3. Perkembangan harga ekspor tepung kasava, tapioka, gapek/chips, dan pati modifikasi, 1994-2004. (Diolah dari <http://www.fao/laostat/cassava/cassava.htm>, 2004).

Tabel 2. Urutan lima besar negara pengekspor tapioka, gaplek/chips, dan tepung kasava di dunia, tahun 2003.

Gaplek/chips		Tepung kasava		Tapioka	
Negara	Volume (ton)	Negara	Volume (ton)	Negara	Volume (ton)
Thailand	3.677.118	Thailand	23.881	Thailand	1.023.073
Vietnam	632.006	China	7.881	Paraguay	21.271
Belgia	282.783	Indonesia	5.828	Brazil	15.741
Costa Rica	75.182	Brasil	1.186	Indonesia	4.484
Belanda	38.078	India	792	Belanda	3.756
Indonesia	21.999	Malaysia	503	Amerika Serikat	1.722

Sumber: <http://www.lao.org/es/ess/toptrade/trade.asp>, 2004.

Ekspor produk olahan dari ubi segar dalam bentuk gaplek/chips mencapai 1,3 juta ton pada tahun 1990, disusul oleh tepung kasava sebesar 92 ribu ton pada tahun 1993, kemudian tapioka sebesar 48 ribu ton pada tahun 1999. Ketiga produk tersebut mampu bersaing di pasar internasional, namun tidak didukung oleh ketersediaan bahan baku berupa ubi segar. Dengan demikian volume ekspor produk tersebut terus menurun dengan laju pertumbuhan masing-masing 21,64%, 7,57%, dan 22,19% (FAO 2005). Penurunan volume dan nilai ekspor produk 10,8% dan 10,9%/tahun. Oleh karena itu upaya pemenuhan bahan baku dan peningkatan daya saing produk mutlak diperlukan.

Dalam perdagangan internasional produk olahan ubi segar (chips, tepung kasava, dan tapioka), Thailand menduduki urutan pertama sebagai negara pengekspor, sedangkan Indonesia menduduki urutan kelima untuk chips, urutan ketiga untuk tepung kasava, dan urutan keempat untuk tapioka (Tabel 2). Kondisi ini menunjukkan pentingnya upaya peningkatan volume ekspor produk-produk tersebut di pasar dunia.

Perkembangan Impor

Dalam perdagangan internasional produk olahan selama tahun 1990-2005, ternyata Indonesia juga sebagai negara pengimpor. Impor tepung kasava dalam kurun waktu tersebut meningkat dengan laju pertumbuhan 33,6% per tahun.

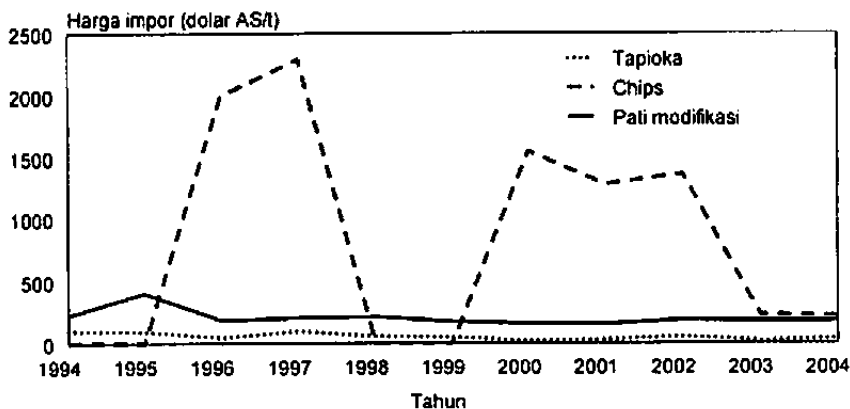
Impor tapioka dalam kurun tahun 1990-2005 berfluktuasi antara 4-29 ribu ton, dengan harga terendah 16,48 dolar/ton pada tahun 2000 dan tertinggi 102,63 dolar/ton pada tahun 1994. Dalam kurun tersebut harga impor tapioka juga berfluktuasi dan cenderung menurun. Setelah tahun 1994, harga impor turun dan pada tahun 1996 mencapai 45,95 dolar/ton

dan pada tahun 1997 naik kembali menjadi 100 dolar/ton. Pada tahun 2000 turun lagi hingga 16,48 dolar/ton dan naik ke angka 49,78 dolar/ton pada tahun 2002. Pada tahun 2004, harga impor tapioka naik 97,5% dibandingkan dengan tahun sebelumnya.

Harga impor gaplek/chips pada tahun 1996 sekitar 2000 dolar/ton, atau naik 14,3%. Sama dengan produk impor lainnya, harga impor juga berfluktuasi. Pada tahun 2000, harga impor gaplek/chips sekitar 1.542,86 dolar/ton, turun sampai 1.361,29 dolar/ton pada tahun 2001, dan di tahun 2004 turun menjadi 219,65 dolar/ton. Harga impor tapioka tertinggi 399,54 dolar/ton pada tahun 1995 dan terendah 150,26 dolar/ton pada tahun 2000. Dalam kurun waktu 1990-2005, harga itu berfluktuasi. Setelah mencapai angka tertinggi pada tahun 1995, harga impor tahun berikutnya turun menjadi 197,13 dolar/ton, tahun selanjutnya naik kembali mencapai 212,11 dolar/ton. Pada tahun 2003, harga impor 175,49 dolar/ton dan pada tahun 2004 menjadi 177 dolar/ton (Gambar 4).

Perkembangan impor produk olahan Indonesia dalam kurun tahun 1990-2005 memberikan gambaran bahwa volume produk impor tertinggi adalah tepung kasava dan pati modifikasi. Demikian juga untuk tapioka meskipun volumenya relatif kecil. Dengan kata lain, impor pati modifikasi dan tepung kasava masih diperlukan untuk memenuhi kebutuhan industri domestik yang menggunakan bahan baku kedua produk tersebut (Tabel 3).

Sebagai negara pengimpor, Indonesia berada pada urutan ketiga untuk tapioka dengan volume impor 6.124 ton, di bawah Cina dan Bangladesh. Untuk impor pati modifikasi, Indonesia menduduki urutan kedua dengan



Gambar 4. Perkembangan harga impor tapioka, gaplek/chips, dan pati modifikasi dalam kurun waktu 1994-2004. (Diolah dari <http://www.fao/faostat/casaava/cassava.htm>, 2004).

Tabel 3. Perkembangan impor produk ubikayu, tahun 1994-2004.

Tahun	Tepung kasava (ton)	Tapioka (ton)	Gaplek/chips (ton)	Pati modifikasi (ton)
1994	126.386	38	0	126.386
1995	172.472	21	0	172.472
1996	1.523	37	1	1.523
1997	105.087	4	7	105.807
1998	81.554	51	0	81.554
1999	8.3	43	0	8.3
2000	205.989	1.858	35	205.989
2001	66.344	249	65	66.344
2002	25.754	223	155	25.754
2003	183.923	6.124	2.136	183.923
2004	142.54	6.02	1.812	55.807

Sumber: <http://www.fao/faostat/cassava/cassava.htm>, 2004.

Tabel 4. Negara pengimpor tepung kasava, tapioka, gaplek/chips, dan pati modifikasi, 2003.

Gaplek/chips		Tapioka		Pati modifikasi	
Negara	Volume (ton)	Negara	Volume (ton)	Negara	Volume (ton)
Cina	2.386.260	Amerika Serikat	8.409	Cina	539.866
Belgia	856.419	Bangladesh	6.574	Indonesia	183.923
Spanyol	745.122	Indonesia	6.124	Jepang	111.19
Belanda	425.146	Inggris	2.646	Malaysia	73.305
Republik Korea	247.484	Malaysia	2.295	Singapura	44.073

Sumber: <http://www.fao.org/es/ess/toptrade/trade.asp>, 2004.

volume impor 183.923 ton, di bawah Cina (Tabel 4). Total volume impor produk-produk olahan dalam bentuk tepung kasava, tapioka dan gaplek/chips dalam periode 1990-2005 menurun dengan laju 12,55%/tahun, namun nilainya meningkat dengan laju 8,71%/tahun (Tabel 5). Ini tantangan untuk menekan impor tepung kasava, tapioka, dan pati modifikasi dengan pertimbangan bahwa Indonesia juga merupakan penghasil dan pengeksport kedua produk tersebut.

Neraca Perdagangan Internasional

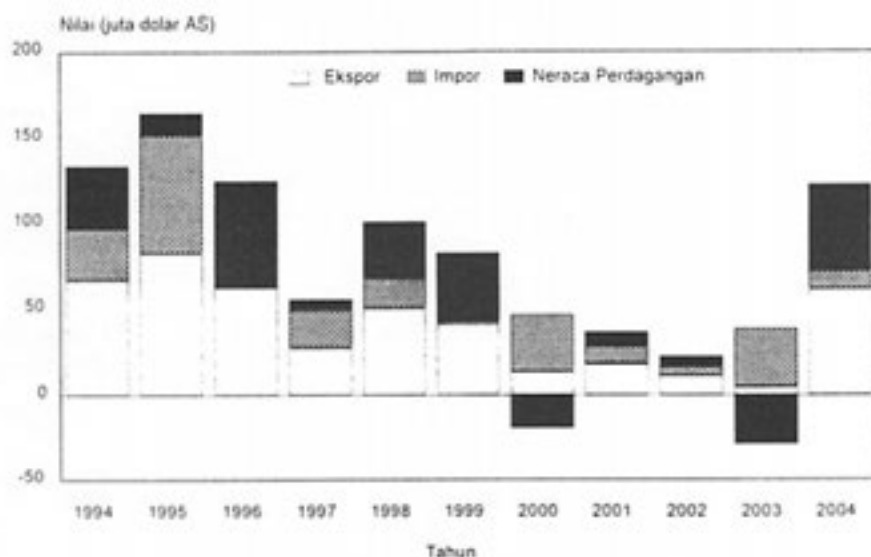
Dalam kurun waktu 1994-2004, perdagangan produk olahan Indonesia di pasar internasional masih pada posisi surplus. Kondisi surplus tertinggi pada tahun 1996 menghasilkan devisa sebesar 62,2 juta dolar. Pada tahun 2004

Tabel 5. Perkembangan ekspor Indonesia untuk tepung kasava, tapioka, gaplek/chips, dan pati modifikasi, 1994-2004.

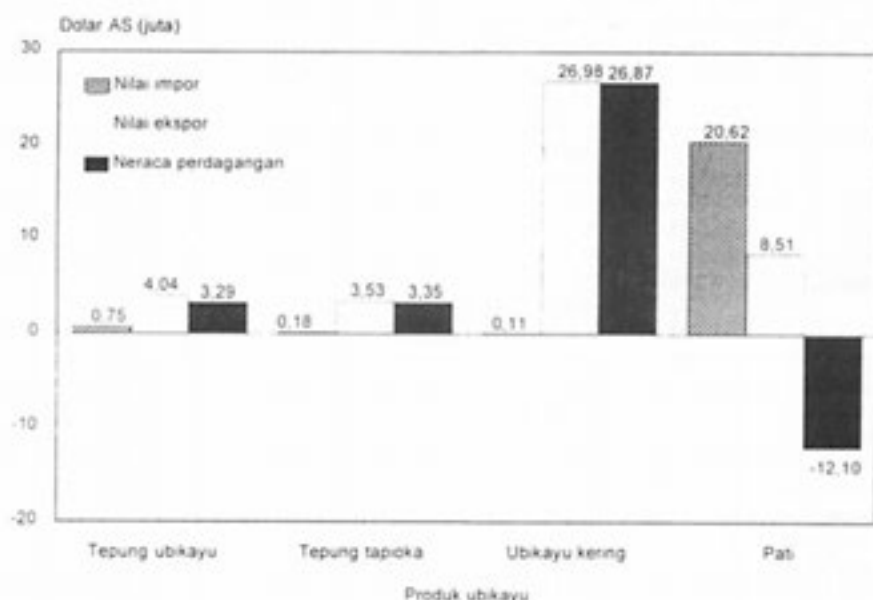
Tahun	Ekspor		Impor		Neraca	
	Nilai (juta dolar AS)	Volume (ton)	Nilai (juta dolar AS)	Volume (ton)	Nilai (juta dolar AS)	Volume (ton)
1990	143,69	1.278.525	0,02	9	143,68	1.278.516
1995	631,07	509.344	68,94	150.925	562,13	358.419
1997	27,90	264.032	21,46	91.96	6,43	172.072
1998	50,41	311.641	17,33	71.388	33,08	240.253
2000	10,81	151.439	0,05	35	10,75	151.404
2001	13,69	177.075	0,08	65	13,60	177.01
2002	6,07	70.429	0,21	155	5,86	70.273
2003	2,00	21.999	0,48	2.136	1,52	19.863
2004	20,40	234.169	0,40	1.812	20,00	232.357
2005	25,44	229.789	0,07	53	25,37	229.736
Pertumb. (%)						
1990-1998	-12,27	-16,18	132,93	207,20	-16,77	-18,86
1998-2005	-9,31	-4,26	-54,50	-64,28	-3,72	-0,64
1990-2005	-10,90	-10,81	8,71	-12,55	-10,92	-10,81

Sumber: FAO (1990-1998)

Volume: setara gaplek.



Gambar 5. Perkembangan neraca perdagangan internasional produk olahan ubi Indonesia dalam kurun tahun 1994-2004. (Diolah dari <http://www.fao.org/faostat/cassava/cassava.htm>, 2004).



Gambar 6. Neraca perdagangan internasional beberapa produk olahan ubikayu Indonesia dalam kurun waktu 1994-2004. (Diolah dari <http://www.fao/faostat/cassava/cassava.htm>, 2004).

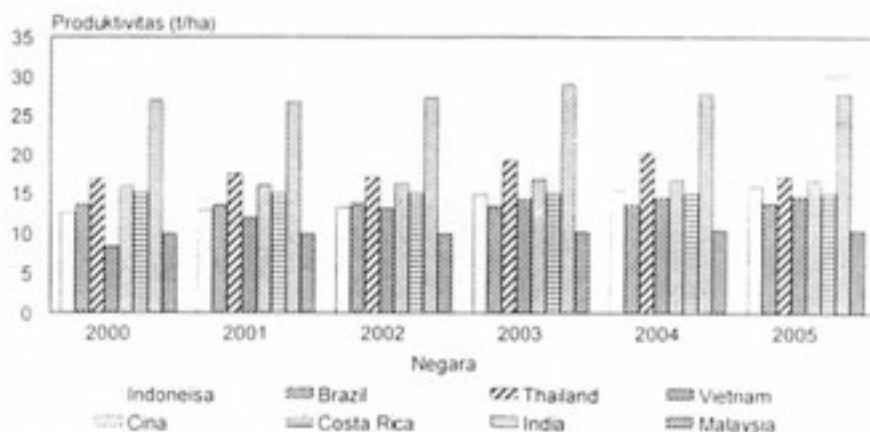
komoditas ini masih mampu menghasilkan devisa sebesar 51 juta dolar. Defisit neraca terjadi pada tahun 2000 sebesar 19,2 juta dolar dan 28,9 juta dolar pada tahun 2003 (Gambar 5 dan Tabel 5).

Neraca perdagangan tepung kasava, tapioka, dan gablek/chips mengalami surplus yang berfluktuasi dalam periode 1994-2004, rata-rata 3,3 juta dolar untuk tepung kasava, 3,3 juta dolar untuk tapioka, dan 26,9 juta dolar untuk gablek/chips. Surplus neraca perdagangan internasional untuk pati modifikasi hanya terjadi pada 1996, 1998-1999, dan 2003 (Gambar 6).

Neraca perdagangan gablek/chips, tapioka dan tepung kasava dalam periode 1990-2005 menurun dengan laju 10,92%/tahun untuk nilai dan 10,81%/tahun untuk volume.

DAYA SAING PRODUK OLAHAN INDONESIA DALAM PERDAGANGAN INTERNASIONAL

Salah satu kebijakan yang mempengaruhi perdagangan internasional ubikayu adalah ikutnya Indonesia sebagai anggota WTO (organisasi



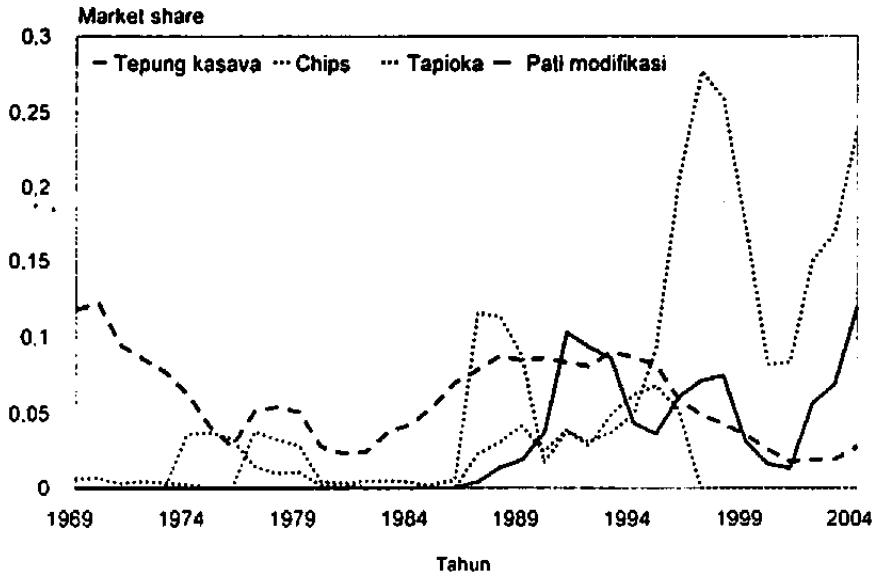
Gambar 7. Perkembangan produktivitas ubikayu di beberapa negara, 2000-2005.

perdagangan dunia) dan melakukan liberalisasi perdagangan sejak 1980-an (Fane 1996). Hal ini ditunjukkan pula oleh pengurangan pajak ekspor pertanian dari 10% menjadi 5% pada tahun 1979 (Anindita 2005). Pada tahun yang sama, pemerintah juga menurunkan subsidi pupuk dan pestisida, pada saat itu impor pestisida dikenai pajak sebesar 6%, bahkan sebagian lebih tinggi karena memperhitungkan PPN sebesar 10% hingga 50%, sehingga harga pestisida naik menjadi dua kali lipat.

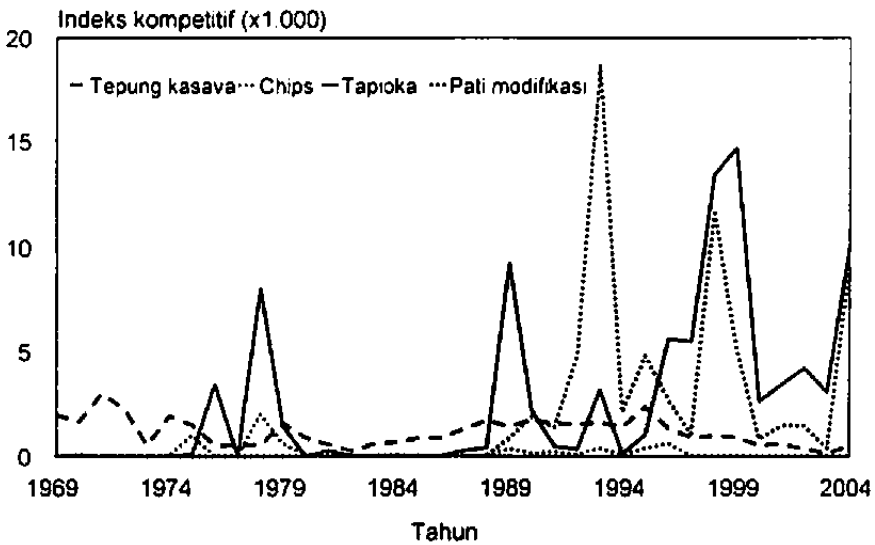
Produktivitas ubikayu di Indonesia pada tahun 2005 lebih rendah dibandingkan dengan India, Thailand, dan Cina (Gambar 7). Tingkat produktivitas ubikayu di India, Thailand, dan Cina masing-masing telah mencapai 27,9 t, 17,2 t, dan 16,8 t/ha, sedangkan di Indonesia baru 15,9 t/ha walaupun lebih tinggi dibandingkan dengan Costa Rica, Brazil, Vietnam, dan Malaysia.

Ekspor Indonesia tidak nyata berubah, yang ditunjukkan oleh perkembangan *market share* produk olahan ubi dalam total nilai ekspor dunia. Dalam periode 1975-1983 *market share* ekspor untuk semua jenis produk olahan ubi menurun dan meningkat dalam periode tahun 1987-1995, tetapi kemudian terus menurun hingga tahun 2004. Kecenderungan kenaikan *market share* terjadi pada produk jenis tapioka walaupun pada periode tertentu (1981-1985) terjadi penurunan.

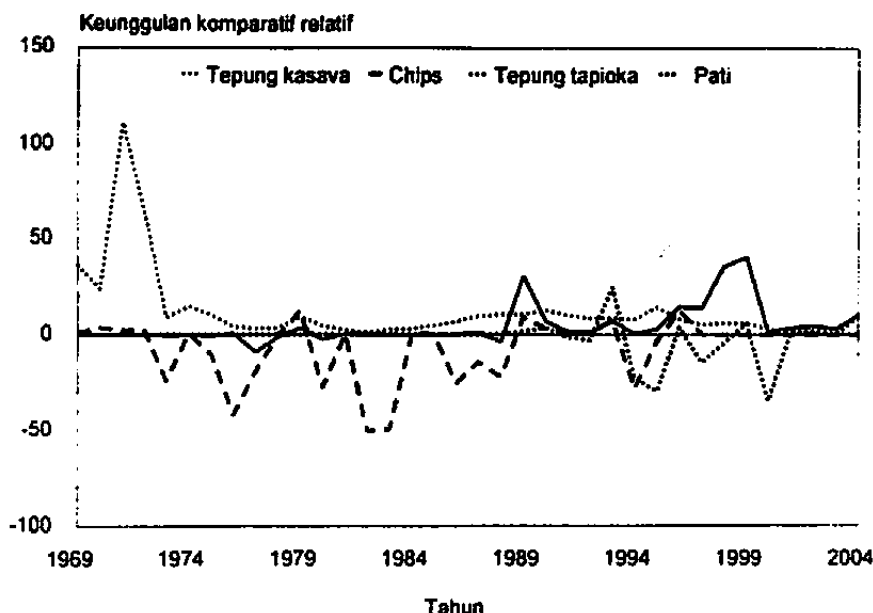
Fluktuasi *market share* diikuti oleh fluktuasi *index of competitiveness* (CM). Gambar 9 menunjukkan bahwa kebijakan domestik Indonesia belum mampu mengelola persaingan produk olahan ubikayu di pasar internasional. Kebijakan domestik dapat berkaitan dengan kebijakan makro



Gambar 8. Perkembangan *market share* ekspor beberapa jenis produk olahan ubi Indonesia terhadap total ekspor dunia, 1969-2004.



Gambar 9. Perkembangan CM (*index of competitiveness*) beberapa jenis produk olahan ubikayu Indonesia, 1969-2004.



Gambar 10. Perkembangan *revealed comparative advantage* (RCA) beberapa jenis produk olahan ubikayu Indonesia, tahun 1969-2000.

pemerintah, seperti kebijakan nilai tukar kurs maupun kebijakan mikro yang menyangkut peningkatan produksi, pemasaran, pendapatan petani ubikayu, dan lain-lain seperti yang dijelaskan sebelumnya. Hal ini dijelaskan pula oleh Athukorala (1998) bahwa CM mencerminkan kebijakan domestik yang kurang menguntungkan sehingga tingkat kompetitif suatu produk sulit dikendalikan.

Keberhasilan Indonesia dalam meningkatkan ekspor produk olahan ubi berkaitan dengan diversifikasi. Nilai CM tapioka dan pati modifikasi menunjukkan peningkatan setelah tahun 1987 walaupun fluktuatif.

Perkembangan *revealed comparative advantage* (RCA) merupakan model keunggulan komparatif yang diusulkan oleh Ballassa (1965). Nilai RCA produk olahan ubikayu Indonesia pada awal tahun 1969 cenderung menurun tetapi kemudian relatif stabil sejak 1975 hingga 2004 (Gambar 10).

Tepung kasava dan tapioka dalam negeri tidak mempunyai keunggulan komparatif, seperti ditunjukkan oleh nilai RCA yang berada di bawah nol. Kebijakan liberalisasi perdagangan sejak 1980an tidak mempengaruhi ekspor produk olahan ubi sekali pun berpengaruh positif terhadap ekspor komoditas perkebunan (Anindita 2005). Hal ini menunjukkan masih kurang seriusnya upaya peningkatan ekspor produk olahan ubi.

KONDISI PRODUK OLAHAN DAN IMPLIKASINYA

Dalam kurun waktu 1990-2005, produk olahan ubi Indonesia dalam perdagangan internasional masih pada posisi surplus meskipun relatif fluktuatif. Kondisi defisit neraca perdagangan internasional hanya terjadi pada tahun 2000 sebesar 19.192 ribu dolar dan pada tahun 2003 mencapai 28.887 ribu dolar, karena secara agregat nilai impor pati modifikasi lebih tinggi daripada eksportnya.

Dalam pasar global, tingkat hasil ubikayu Indonesia di bawah India, Thailand, dan Cina, tetapi, relatif tinggi dibandingkan dengan Costa Rica, Brazil, Vietnam, dan Malaysia. Oleh karena itu, jika Indonesia akan menjadi pemain utama dalam ekspor ubikayu maka peningkatan produktivitas perlu mendapat perhatian serius.

Perkembangan pangsa pasar (*market share*) dan indeks kompetisi (*index of competitiveness*) produk olahan ubi Indonesia dalam perdagangan internasional cenderung berfluktuasi, khususnya untuk pati. Kondisi ini menunjukkan kebijakan domestik kurang menguntungkan, sehingga tingkat kompetitif produk sulit dikendalikan.

Daya saing ekspor produk olahan ubi dalam negeri sangat fluktuatif, sedangkan keunggulan komparatif ekspor menurun dengan laju 10,9%/tahun. Hal ini disebabkan oleh kebijakan perdagangan yang mendorong ekspor ubikayu belum berjalan secara optimal dan perhatian terhadap komoditas ini relatif masih rendah dibandingkan dengan komoditas lain.

Harga per unit ekspor produk dari ubi dalam negeri 22% lebih tinggi dari Thailand sehingga negara pengimpor akan lebih memilih produk dari Thailand.

Implikasi kebijakan berdasarkan kondisi tersebut adalah:

- Meningkatkan produksi chips/gaplek, tepung kasava, dan tapioka untuk memenuhi permintaan pasar global dan domestik dengan pertumbuhan 10-15%/tahun.
- Menurunkan harga produk tiap unit ekspor melalui (1) penggunaan varietas berkadar pati dan berdaya hasil tinggi, (2) peningkatan produktivitas, (3) perbaikan infrastruktur dan sarana transportasi di kawasan industri, (4) fasilitasi dermaga sistem curah di pelabuhan ekspor produk, dan (5) mendorong investor melalui KADIN Pusat dan Daerah.
- Pengembangan industri berbasis daya dukung wilayah, yaitu (1) tapioka di daerah beriklim basah dengan LQ sedang sampai tinggi dan LQ rendah dengan pertumbuhan produktivitas 35%/tahun serta tersedia lahan tidur

potensial untuk usahatani ubikayu, (2) tepung kasava dan gaplek/chips di sentra produksi beriklim kering dengan LQ sedang-tinggi.

- Mendorong investor untuk mengembangkan industri produk ubikayu melalui Kadin Pusat dan Daerah.
- Memposisikan ubikayu sebagai komoditas unggulan, baik di sentra produksi dengan LQ sedang sampai tinggi maupun daerah potensial berdasarkan indikator pertumbuhan produktivitas tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anindita, R. 2005. Enhancing agricultural development through trade liberalization: the case of coconut industries in Indonesia. Paper presented in the International Seminar on Agricultural and Rural Development in Asia: Ideas, Paradigms, and Policies Three Decades After. SEAMEO Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture. Mandarin Oriental Hotel, Makati City, Philippines, 10-11 November 2005.
- Athukoralla, PM. 1998. Trade policy issues in Asian development. Routledge. New York. p 183-189.
- Ballasa, B. 1965. Trade liberalization and revealed comparative advantage. The Manchester School of economics and Social Studies. Vol 33(2): 99-123.
- BPS. 1993-2005. Luas panen, produktivitas, dan produksi ubikayu di Indonesia. BPS. Jakarta.
- BPS. 1994-2004. Harga ubi segar tingkat produsen. BPS. Jakarta.
- BPS. 20002-2007. Produksi, produktivitas dan luas panen ubikayu. BPS. Jakarta.
- BPS. 1999-2003. Produksi nasional padi dan palawija serta harganya pada tingkat produsen. BPS. Jakarta.
- Fane, G. 1996. The trade policy review in Indonesia in W. Arndt and C. Milner (eds) the world economy global trade policy. Blackwell Publishers, Oxford.
- FAO. 2000. Cassava production up in 2000. <http://www.fao.org/docrep/004/x8782e/x8782e12.htm>, 26 Juli 2006.
- FAO. 2005. FAOSTAT Database results. <http://www.fao.org/faostat/Cassava/Cassava.htm>. 15 Februari 2006.

FAO. 2004. Statistics of food and agriculture external trade. [Http: www.fao.org/es/ess/toptrade/trade.asp](http://www.fao.org/es/ess/toptrade/trade.asp), 15 Februari 2006..

Suhartina. 2005. Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.

Bab 2

Fisiologi, Morfologi, dan Pemuliaan

Secara fisiologis, fase pertumbuhan ubikayu terdiri atas fase awal (1-2 minggu setelah tanam, MST), fase pertumbuhan batang dan daun (12-24 MST), fase translokasi fotosintat ke ubi (24-40 MST), fase dormansi (40-42 MST), dan fase bertahan terhadap cekaman lingkungan. Tiap fase dicirikan oleh perubahan indeks luas daun yang permukaan helaianya bergerak mengikuti posisi matahari, batang dengan pertumbuhan cabang reproduktif dan lateral, akar yang terdiri atas feberous root dan tuberous root, serta ubi dan perkembangan kadar pati. Pertumbuhan organ tanaman dipengaruhi oleh suhu, panjang hari, radiasi sinar matahari, dan air.

Ubikayu modern atau *Manihot esculenta* Crantz memiliki morfologi organ yang relatif sederhana, yang terdiri atas daun, bunga, buah, batang, akar, dan ubi. Daun yang terdiri dari tangkai dan helaian tumbuh dari meristem aksilari pada batang. Daun berbentuk telapak tangan dengan jumlah 1-9 helai setiap tiap tangkai sejak mulai tumbuh sampai siap dipanen dan luas maksimum helaian daun dicapai pada umur 5-6 bulan. Bentuk helaian daun berbeda antarvarietas, yaitu sempit-panjang dengan tepi rata, sempit-panjang dengan tepi tidak rata, lebar-panjang, lebar-lonjong, dan lebar membulat di bagian ujung.

Bunga ubikayu berumah dua yang tumbuh di tiap ketiak cabang reproduktif. Bunga betina tersusun dari lima kelopak bunga yang dapat membuka sampai dasar bunga, kepala putik terdiri atas tiga lekukan yang dihubungkan oleh tangkai putik ke ovari. Bunga jantan lebih kecil dari bunga betina yang tersusun

dari lima kelopak yang tidak dapat membuka sampai dasar bunga, 10 benang sari dan tepungsari masak 10 hari lebih lambat dari putik (bunga betina). Buah ubikayu berbentuk bulat telur dengan empat sayap dan tiga kotak yang berisi biji dan pecah pada saat telah tua dan kering. Biji berbentuk bulat-lonjong-pipih yang tersusun dari testa, endodermis, embrio, dan kotiledon. Batang tersusun dari ruas dan buku dengan bakal tunas pada setiap ruas yang tersusun dari epidermis, korteks, legnin dan gabus. Tinggi batang berkisar antara 2-5 m, bercabang reproduktif dan lateral. Akar terdiri atas akar serat yang berfungsi sebagai penyerap hara dan air serta akar ubi yang berfungsi sebagai penyimpan fotosintat. Bentuk ubi berbeda antarvarietas dan tersusun dari peridermis, korteks, phloem, pembuluh kayu, daging ubi, dan inti sumbu serat.

Pemuliaan ubikayu bertujuan untuk mengatasi masalah yang berkaitan dengan ekologi, kegunaan, toleransi terhadap lingkungan biotik dan abiotik, umur, pola tanam, dan preferensi konsumen melalui penggabungan gen.

Fisiologi dan Sejarah Penyebaran

J. Wargiono, Solihin, T. Sundari, dan Kartika

TAKSONOMI DAN SEJARAH

Taksonomi

Secara taksonomis ubikayu termasuk kelas *Dicotyledoneae*, sub-kelas *Archichlamydeae*, ordo *Euphorbiales*, famili *Euphorbiaceae*, suku *Manihoteae*, genus *Manihot*, dan spesies *Manihot esculenta* Crantz (Carlos 1983).

Kelas *Dicotyledoneae* dicirikan oleh biji dengan dua kotiledon, dan sub-kelas *Archichlamydeae* dicirikan oleh kelopak bunga yang kecil. *Euphorbiaceae* termasuk famili yang paling besar, meliputi 7.200 spesies. Ciri utama dari famili *Euphorbiaceae* adalah perkembangan pembuluh lateks (*laticiferous vessels*) yang tersusun dari sel-sel yang mengeluarkan lateks yang dikenal dengan *galactocytes*.

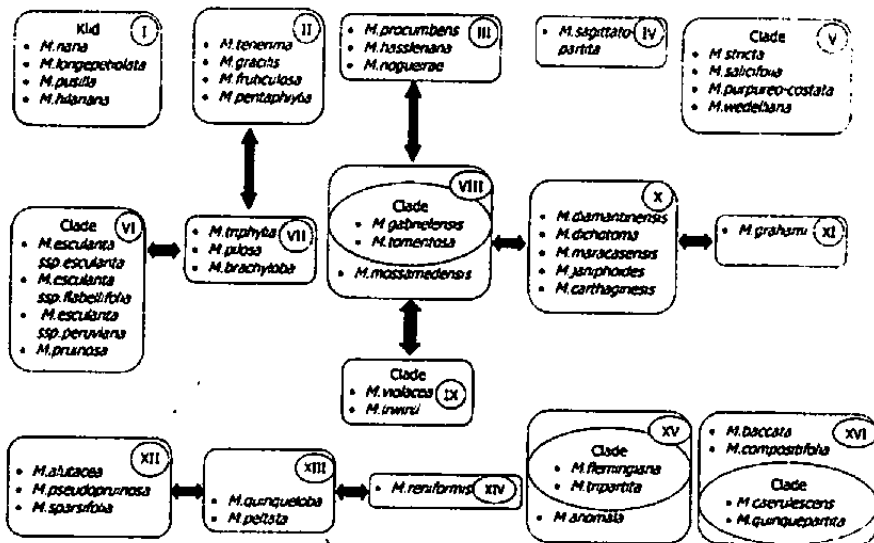
Famili *Euphorbiaceae* terdiri atas tanaman yang kebiasaan tumbuhnya beragam, berupa pohon, belukar, atau rumput yang hasilnya bernilai ekonomi tinggi dalam bentuk (1) lateks (*Hevea brasiliensis*), (2) minyak (*Ricinus communis*), (3) ubi yang dapat dimakan atau *edible* (*Manihot* spp.), di samping sebagai gulma (*Euphorbia* spp), ornamen, dan obat-obatan. Dari kelompok tanaman yang bervariasi tersebut ditemukan beberapa tipe kedudukan buah atau tangkai buah, yaitu (1) buah tunggal yang menempel/ tertanam pada batang/ketiak daun, (2) buah yang tangkainya tertanam pada rangkaian buah, dan (3) buah yang tangkainya tertanam pada buah palsu. Bunganya berumah dua (kepala putik dan kepala tepungsari tumbuh pada tangkai bunga yang berbeda) dan buahnya berkotak tiga (tiga biji tiap buah).

Salah satu suku yang paling penting dari famili *Euphorbiaceae* adalah *Manihotae*. Genus *Manihot* dalam suku *Manihotae* dapat berbentuk pohon/kayu, semak, dan gulma yang tinggi. Dari sekitar 100 spesies *Manihot* yang telah teridentifikasi hanya satu yang telah dibudidayakan secara komersial yaitu *Manihot esculata* Crantz yang secara taksonomis dengan sinonim *Manihot utilissima*, dan secara regional dengan sinonim *manioc*, *tapioca*, *mhogo*, *omowgo*, ubikayu, singkong, kaspé, bodin, sampeu, ketela, kahoi, kamoteng, dan sampalang (CGIAR 2000, Wargiono *et al.* 2006).

Asal Ubikayu secara Botanis

Dari studi taksonomi genus *Manihot* di Brasil diperoleh informasi yang relevan dengan asal dan fitogeni ubikayu. Berdasarkan hasil studi yang diturunkan dari pengalaman empiris di lapangan diperoleh suatu model klasifikasi yang menggambarkan tingkat hubungan keturunan antarspesies yang terdiri atas 6 grup, tujuh grup di antaranya mempunyai kesamaan genetik dan ekogeografis (klid), 11 grup mempunyai kesamaan genetik yang kuat (Gambar 1).

Sejarah munculnya ubikayu dimulai dari ditemukannya suatu populasi liar yang dibudidayakan penduduk Brasil Tengah (Golas) yang secara morfologis sulit dibedakan (Allem 2002). Dalam perkembangan selanjutnya ditemukan lima spesies yang diyakini dekat dengan ubikayu berdasarkan kesamaan morfologi, ekologi, dan geografi (Tabel 1). Berbagai studi menunjukkan bahwa *M. aesculifolia* secara morfologis dekat dengan *M. esculenta* liar; *M. aesculifolia* secara genetik dekat dengan *M. carthaginensis* dan diduga sebagai nenek moyang ubikayu; *M. flabellifolia* sebagai pembawa gen ubikayu komersial (modern) maupun lokal. Berdasarkan pengujian molekuler maupun biokimia, spesies tersebut dipastikan sebagai nenek moyang ubikayu, karena 80% dari hasil pengujian menyatakan sangat dekat kesamaannya. Namun terdapat perbedaan 10% antara dua spesies yang sangat dekat dengan nenek moyang ubikayu (*M. esculenta* ssp. *flabellifolia*), yaitu *M. esculenta* ssp. *peruviana* terdapat perbedaan 10%.



Gambar 1. Hubungan genetik spesies *Manihot* (Allem 2002).

Tabel 1. Spesies manihot yang dekat dengan nenek moyang ubikayu berdasarkan kesamaan kld.

Species	Sebaran geografis
<i>M. carthaginensis</i>	Seluruh negara yang berbatasan dengan Karebia
<i>M. aesculifolia</i>	Meksiko dan negara-negara Amerika Tengah
<i>M. graham</i>	Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina
<i>M. flabellifolia</i>	Brasil, Paraguay, Uruguay, Argentina
<i>M. sexicola</i>	Gulana, Suriname, Venezuela

Sumber: Allem (2002).

Asal Ubikayu secara Geografis

Geografi yang digunakan dalam konteks ini adalah filogeni, misalnya wilayah dimana evolusi dan pemencaran nenek moyang ubikayu terjadi dan ketepatan hubungan filogenetik dengan spesies lain. Berbagai pendapat mengemukakan bahwa *M. pruinosa* dan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* berasal dari suatu sumber (stok) yang sama pada dahulu kala. Namun dipertanyakan perkembangannya di Brasil, apakah leluhur kedua spesies tersebut berkembang di padang savana Cerado, atau sebaliknya berkembang di Amazon, kemudian menyebar ke padang savana Cerado, dan akhirnya berpecah *M. pruinosa* dan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* saja yang tersisa, dan kemudian kembali ke Amazon. Baik Cerado maupun Amazon merupakan hutan dengan vegetasi yang cukup tua. Amazon mengalami bencana alam besar lebih dari 100.000 tahun yang lalu dan menyebabkan kepunahan berulang. Jawaban atas pertanyaan benarkah Cerado lebih tua dari Amazon dapat memberikan wawasan mengenai evolusi dari nenek moyang ubikayu. Bila vegetasi Cerado terbentuk lebih dulu daripada hutan Amazon, maka nenek moyang ubikayu telah terjawab.

Negara bagian Golas, terutama yang terbentuk dari vegetasi Cerado, merupakan pusat keragaman spesies Manihot di Brasil. *M. pruinosa* muncul secara eksklusif di Golas dan Mato Grosso State, dan tumbuh subur di hutan terbuka Cerado serta saling menutup (*overlapping*) dengan *M. esculenta* spp. *flabellifolia*. Karena itu asal stok yang melahirkan *M. pruinosa* dan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* mungkin muncul di hutan tanaman lateks di padang rumput Brasil Tengah, kemudian berubah menjadi dua spesies yang menguasai Amazon. Penemuan *M. pruinosa* dan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* mempunyai relevansi dengan filogeni dari ubikayu. Spesies tersebut hidup dalam suatu geografi, ekologi, morfologi, dan bentuk hidup yang sama, tetapi tidak seorang pun yang mempersoalkan peringkat taksonominya selama lebih dari 150 tahun sejak deskripsi asli dibuat oleh botanis Austria JBE. Phol. pada tahun 1827.

Hubungan kuat secara morfologis antara *M. pruinosa* dan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* tidak disangsikan lagi. Pengujian biosistematis akan mendeterminasi tingkat fertilitas antara dua spesies tersebut maupun dengan ubikayu. Pengujian terencana akan mengungkap apakah *M. pruinosa* sebagai bagian dari genpool (GP-1) ubikayu, dan dengan demikian merupakan gabungan antara *M. flabellifolia* dengan *M. peruviana*. Bila *M. flabellifolia* merupakan bagian dari gen pool ubikayu, maka *M. peruviana* adalah spesies liar yang paling dekat dengan ubikayu. Spesies Manihot yang termasuk genpool-1 (GP-1) adalah (1) *M. esculenta* spp. (sudah dibudi dayakan), (2) *M. esculenta* spp. *flabellifolia* dan *M. esculenta* ssp. *peruviana* (progenitor liar), (3) *M. pruinosa* (relatif liar dan sangat dekat hubungannya dengan ubikayu). Spesies yang termasuk GP-2 adalah *M. triphylla*, *M. pilosa*, *M. brachyloba*, *M. anomala*, *M. pruinosa*, *M. gracilis*, *M. tripartita*, *M. leptophylla*, *M. pohlii*, *M. glaziorii*, *M. dicotoma*, *M. aesculifolia*, dan *M. chlorosticta*. Kepastian *M. esculenta* spp. *flabellifolia* bagian dari GP ubikayu dan *M. pruinosa* merupakan spesies liar yang berhubungan dekat dengan ubikayu yang didukung oleh penelitian molekuler. Fakta *M. pruinosa* dan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* berasal dari satu stok yang sama mempunyai implikasi bahwa keduanya merupakan awal evolusi ubikayu dan asal pertaniannya. Areal kedua spesies tersebut mungkin berkembang atau menyempit, sehingga layak dipilih sebagai dasar pertimbangan asal pembudidayaan ubikayu. Dengan demikian asal ubikayu secara geografis adalah Brasil Tengah.

Asal Pertanian Ubikayu

Ubikayu merupakan spesies tanaman purba yang diperkirakan mulai dibudidayakan pada 5.000-7.000 tahun sebelum Masehi berdasarkan temuan arkeologis di Amazon (Lathrap 1970). Pada saat orang Eropa pertama menemukan dunia baru (Amerika) ubikayu telah dibudidayakan di seluruh wilayah tropis Amerika. Keunikan budi daya ubikayu tersebut didukung oleh dua faktor utama yang saling berhubungan, yaitu (1) ubikayu diperbanyak secara vegetatif dan cara tersebut diasumsikan lebih kuno dibanding cara generatif, (2) ubikayu sangat penting bagi penduduk asli peladang di Amerika akibat kombinasi faktor-faktor ekologis yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman dan faktor budaya. Faktor budaya dalam bentuk tradisi (kepatuhan terhadap kelestarian lingkungan biotik dan abiotik) memegang peranan penting dalam pelestarian usahatani ubikayu dan kemudian menyebar di antara komunitas Indian Amerika.

Walaupun Pohl tahun 1872 telah mengisyaratkan bahwa Brasil adalah tempat asal ubikayu, namun para penyelidik lebih dari 100 tahun membahas isu tersebut tanpa pencapaian suatu ketetapan dan kesepakatan.

Sebenarnya sudah diketahui bahwa budi daya ubikayu relatif sederhana, yaitu dengan memotong batang yang sudah tua sebagai bibit, menanam, dan setelah beberapa bulan kemudian sudah menghasilkan. Namun untuk menyeleksi leluhur ubikayu liar yang dapat menghasilkan ubi bila dibudidayakan sangat kompleks mengingat banyaknya spesies *Manihot* liar (40-70) yang tumbuh di Brasil.

Untuk menetapkan leluhur ubikayu digunakan pendekatan hasil penelusuran terhadap keberadaan leluhur ubikayu liar dan sejarah budidayanya dari Brasil Utara (11°28'LS, 61°21'BB) sampai Brasil Selatan (09°58'LS, 51°00'BB):

- Proginetor ubikayu liar dan ubikayu hutan tumbuh sebagai gulma agresif di sepanjang sisi jalan dan kebun tanaman pangan. Ubinya dilaporkan beracun dan daun segarnya dapat membunuh babi. Ubi harus diproses menjadi tepung bila akan dikonsumsi, sedangkan daunnya tidak digunakan sebagai pakan karena dapat meracuni ternak.
- Kebiasaan penduduk asli Brasil dalam membudidayakan ubikayu adalah membabat hutan mumi (primer) dan lahan tersebut akan segera ditanami ubikayu liar dan pada tahun pertama masih bersifat gulma agresif. Stek dari ubikayu liar tersebut selanjutnya ditanam dan dapat menghasilkan ubi yang cukup besar untuk diproses menjadi tepung sebagai bahan pangan.
- *M. esculenta* spp. *flabellifolia* liar tumbuh subur di pinggir hutan sebagai gambaran cara budi daya ubikayu penduduk asli lokal. Petani biasanya memangkas daun ubikayu tersebut sebagai pakan ternak, sedangkan untuk budi daya, agar dapat menghasilkan ubi untuk diproses menjadi tepung, digunakan stek generasi ke-2 karena stek dari generasi pertama hasilnya sangat rendah.
- *M. melonobasis* liar dapat menghasilkan ubi yang besar bila dibiarkan tumbuh beberapa tahun, sedangkan *M. glaziovii* dapat dipanen optimal setelah berumur tujuh tahun.

Berdasarkan hasil penelusuran tersebut penentuan asal pembudidayaan ubikayu menggunakan pendekatan areal penutupan (*covering area*) leluhur ubikayu liar tersebut pada suatu wilayah. Dengan demikian negara asal pembudidayaan ubikayu berdasarkan hasil penelitian adalah Brazil (58%), Meksiko dan Peru (13%), Venezuela (8%), dan tersebar di lima negara (masing-masing 4%) seperti dapat dilihat pada Tabel 2. Namun mata rantai spesies liar nenek moyang ubikayu dengan ubikayu modern masih perlu diteliti.

Tabel 2. Wilayah yang diyakini sebagai asal pembudidayaan ubikayu.

Negara	Jumlah penelitian pendukung (%)
Brasil	58
Meksiko	12,8
Peru	12,5
Venesuela	8
Amerika Selatan	4
Amerika Tengah	4
Amerika Utara	4
Guatemala	4
Honduras	4

Sumber: Allern (2002).

Transisi Mata Rantai Ubikayu

Transisi mata rantai antara dua spesies liar nenek moyang ubikayu dengan ubikayu modern (*domesticated cassava*) dapat memberikan gambaran asal pembudidayaan dan evolusi ubikayu pada zaman pra-Columbian. Gambaran mata rantai tersebut pertama ditemukannya satu varietas lokal yang disebut *manipeba* yang tumbuh merambat dengan umur panen enam tahun untuk mendapatkan ubi berkadar pati tinggi. Selain tipe tersebut, ditemukan pula *manipeba preta* di Mari dan *manipeba-granda* di Paraiba yang sudah merupakan ubikayu modern sebagai tanaman pangan dari genus *Manihot*. Ditemukan pula *manipeba* yang hampir selalu mengarah ke varietas primitif yang sesuai dengan tradisi sosial masyarakat pedesaan pada beberapa rumah tangga di Paraiba. *Manipeba* tersebut hanya pada areal terbatas ditanam karena secara ekonomi tidak menguntungkan. Beberapa *manipeba* lainnya ditanam berdasarkan sosial budaya. Oleh karena itu, jumlah tanaman di tiap pekarangan penduduk relatif terbatas, 1-6 pohon. Terdapat kecenderungan bahwa tanaman tersebut berperan sebagai cadangan pangan untuk mengatasi bencana kelaparan yang disebabkan oleh kemarau panjang. Bila diyakini kemarau panjang akan datang, maka pemuka adat memerintahkan warganya menanam *manipeba*. Walaupun budi daya *manipeba* merupakan pertimbangan jangka pendek, namun mereka bangga memiliki *manipeba* yang berproduksi tinggi dan pada gilirannya mengusulkan seleksi masa secara optimal yang merupakan keputusan adat. Keputusan adat tersebut kurang efektif karena jumlah tanaman *manipeba* yang relatif banyak hanya ditanam di dua lokasi, yaitu Rio Grande do Norte (100 tanaman) dan Paraiba (50 tanaman).

Secara botanis, *manipeba* dekat dengan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* liar, yang ditandai oleh adanya persamaan dasar dalam tipe bunga dan morfologi daun. Berdasarkan penutupan wilayah oleh tanaman di sepanjang

jalan menuju wilayah pembudidayaan, yaitu wilayah pertama kali ditemukan sifat-sifat ubikayu kuno (*undomesticated*), diyakini bahwa sifat agronomis lebih dulu dibedakan sebelum sifat botanis. Sebagai contoh, pada ubikayu modern terlihat bekas tangkai daun pada batang yang menonjol dan jaraknya saling berdekatan, sedangkan pada *manipeba* dan ubikayu liar ciri tersebut cenderung tidak jelas.

Habitus *manipeba* berubah-ubah, yaitu dari bentuk semak rendah, bercabang banyak, selalu tumbuh dari semi horizontal dan sering merayap di permukaan tanah. Secara agronomis, ubikayu lokal *manipeba* berkonotasi dengan kadar HCN tinggi (pahit) dan hanya digunakan untuk membuat tepung agar aman dikonsumsi. Kualitas dan hasil ubi yang tinggi diperoleh dari tanaman berumur 4-5 tahun, sehingga pembudidayaannya secara regional sangat terbatas. Kondisi tersebut juga menggambarkan sifat primitif tanaman. *Manipeba* tumbuh baik pada wilayah marginal, sedangkan varietas ubikayu lainnya tidak dapat hidup. Keberadaan *manipeba* menjembatani senjang bangun (*architectural*) dan senjang agronomis antara bentuk ubikayu liar dan modern. Keberadaan *manipeba* juga mengisyaratkan bagaimana pembudidayaannya telah berlangsung pada zaman dahulu dan menggambarkan bahwa bagian substansial dan keragaman yang melekat pada ubikayu bisa merupakan akibat seleksi alamiah. *Manipeba* merupakan bentuk asli yang sempurna dari varietas Manihot yang sangat primitif. Sebagai suatu varietas lokal purba, kepentingan etnobotaninya dalam menjelaskan kemungkinan jalur hingga pembudidayaan layak dimasukkan ke dalam koleksi internasional.

Teori yang mendukung bahwa *manipeba* sebagai transisi mata rantai ubikayu adalah (1) ubikayu diperbanyak melalui stek yang stoknya kemungkinan berasal dari nenek moyang ubikayu seperti *M. esculenta* spp. *flabellifolia*, *M. aesculifolia*, *M. carthaginensis*, dan *M. esculenta* spp. *peruviana*, yang keberadaannya bersama-sama dengan berbagai kultivar lokal; (2) populasi strain liar yang padat tersebut merupakan stok yang berada secara terpencar di halaman keluarga Indian yang merupakan daya tarik dalam menjinakkan/membudidayakan ubikayu liar; (3) adanya persamaan genom antara *M. esculenta* spp. *flabellifolia* dengan ubikayu modern *M. esculenta* spp. *esculenta*; (4) pembudidayaan ubikayu sejalan dengan kegiatan suku Arawak di Brasil Utara dan pola migrasi suku Indian Amerika Latin pada zaman pra-Colombian.

FISIOLOGI TANAMAN

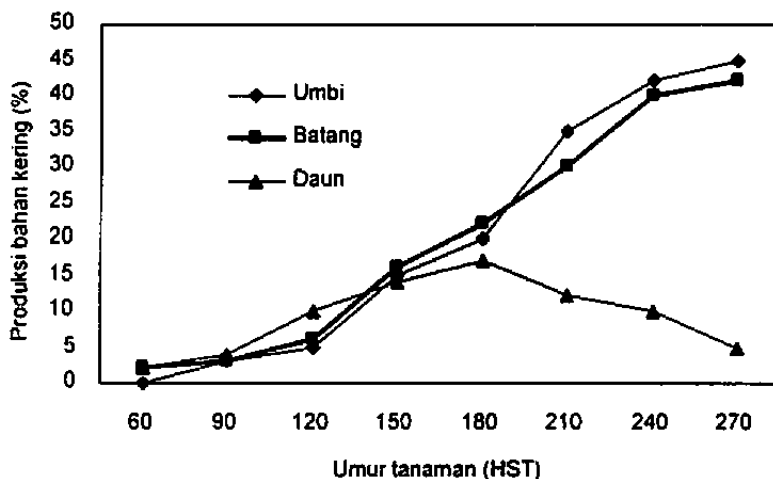
Fase-fase Pertumbuhan Tanaman

Ubikayu termasuk tanaman semak tahunan yang dalam satu siklus pertumbuhannya terdapat empat fase yaitu, (1) pertumbuhan vegetatif, (2) penyimpanan karbohidrat di dalam ubi, (3) periode datar dan kondisi yang umumnya dormansi, dan (4) adaptasi terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik. Selama periode pertumbuhannya terdapat fase-fase yang cukup jelas. Kejadian dan keberadaan tiap fase pertumbuhan bergantung pada berbagai faktor seperti varietas, kondisi lingkungan, dan teknologi budi daya. Untuk mengetahui fase-fase pertumbuhan tersebut digunakan pendekatan akumulasi bahan kering tiap organ tanaman secara periodik (Gambar 2).

Secara garis besar fase pertumbuhan ubikayu adalah sebagai berikut:

Fase pertumbuhan awal (1-2 MST)

- Sekitar hari ke-4 setelah ditanam akar mulai tumbuh dari kalus stek bagian pangkal atau dari ruas di bawah mata tunas yang tertanam (berada) di tanah.
- Sekitar lima hari berikutnya mulai tumbuh tunas baru dari mata tunas stek di atas permukaan tanah, dan biasanya dimulai dari mata tunas yang sehat dan paling atas.



Gambar 2. Pertumbuhan organ tanaman ubikayu (Alves 1998).

Fase awal pertumbuhan daun dan formasi sistem perakaran (2-12 MST)

- Selama empat minggu pertama kecepatan pertumbuhan tunas dan akar bergantung pada persediaan hara yang ada di dalam stek yang ditanam.
- Mulai awal minggu ke-5 daun mulai berkembang dan melakukan fotosintesis, dan mendistribusikan fotosintat untuk pertumbuhan tanaman.
- Akar serat (*fibrous roots*) yang baru mulai menembus tanah di lapisan olah dan berfungsi sebagai penyerap hara dan air dari dalam tanah.
- Sebagian fotosintat yang tidak digunakan untuk pertumbuhan disimpan dan akar ubi (*tuberous roots*) yang menyimpan fotosintat dari daun. Varietas-varietas genjah seperti Adira-1 mampu mengakumulasi fotosintat dalam bentuk ubi segar sekitar 2 t/ha pada minggu ke-11 atau sekitar 14% dari total bahan kering. Pada varietas berumur dalam, fotosintat yang diakumulasi dalam bentuk ubi sekitar 5% lebih rendah.

Fase pertumbuhan batang dan daun (12-24 MST)

- Laju pertumbuhan maksimum daun dan batang dicapai pada umur 12-24 minggu, pada fase tersebut muncul sifat percabangan dan bentuk tanaman secara genetik.
- Mulai saat tanaman berumur 17-21 minggu, daun sudah dapat menangkap sebagian besar cahaya matahari yang masuk ke kanopi.
- Diameter kanopi mencapai maksimum dan partisi (*partition*) bahan kering ke daun dan batang juga maksimum.
- Ubi terus berkembang.
- Pertumbuhan vegetatif yang paling aktif terjadi selama periode ini.

Fase translokasi karbohidrat ke ubi tinggi (24-40 MST)

- Partisi fotoasimilat dari daun ke ubi yang dipercepat menyebabkan perkembangan ubi lebih cepat.
- Laju akumulasi bahan kering tertinggi pada ubi terjadi dalam periode ini.
- Penuaan daun mempercepat laju gugur daun.
- Batang menjadi berlignin.

Fase dormansi (40-42 MST)

- Laju pertumbuhan produksi (CGR) daun menurun.
- Sebagian besar daun gugur dan pertumbuhan tanaman di atas tanah terhenti.

- Hanya translokasi pati ke ubi dapat bertahan dan partisi bahan kering berlangsung maksimum ke ubi.
- Fase ini terutama terjadi di daerah dengan variasi curah hujan dan suhu kuat yang jelas.
- Siklus tanaman secara lengkap terjadi pada 6-12 bulan setelah tanam (bergantung pada varietas), bila pada fase tersebut ubi tidak dipanen diikuti oleh periode baru berupa pertumbuhan vegetatif, yaitu akumulasi bahan kering di dalam ubi dan terjadi lagi dormansi.

Fase bertahan terhadap cekaman lingkungan

- Pada suhu lebih rendah atau lebih tinggi, tanaman menghentikan atau memperlambat pertumbuhan vegetatif.
- Pada kondisi ternaungi, tanaman mempercepat pertumbuhan batang (etiolasi) sampai pada ketinggian intersepsi cahaya normal.
- Pada kondisi kekurangan air, akar tumbuh cepat ke lapisan tanah yang lebih dalam untuk mendapatkan air, dan mempercepat pengguguran daun untuk menekan kehilangan air melalui daun serta menutup stomata pada daun yang belum gugur.

Perkembangan Organ Tanaman

Daun

Analisis pertumbuhan tanaman dan hasil biasanya menggunakan parameter indeks luas daun (*leaf area index/LAI*) dan laju asimilasi bersih (*net assimilation rate/NAR*). Indeks luas daun (LAI) adalah luas daun tiap unit luas lahan, dan NAR adalah laju/pertumbuhan produksi daun berbasis bahan kering tiap unit luas daun. Pada ubikayu, durasi luas daun dan hasil ubi berkorelasi positif. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa LAI penting dalam menentukan laju pertumbuhan tanaman (CGR) dan laju pembesaran ubi.

Luas daun tiap tanaman bergantung pada (1) jumlah tunas dan cabang produktif, (2) jumlah daun yang tumbuh/terbentuk tiap batang muda, (3) luas daun, (4) durasi daur daun hidup, dan (5) perilaku helaian daun.

Jumlah tunas produktif. Jumlah tunas produktif yang tumbuh dipengaruhi oleh diameter stek yang ditanam, untuk stek yang panjangnya sama (sekitar 20 cm), yaitu 2 tunas, 3 tunas, dan 4 tunas masing-masing untuk diameter stek 1,5-2,0 cm, 2,5-3,5 cm, dan lebih dari 3,5 cm, dan tunas tersebut tumbuh pada 2-4 MST (Wargiono dan Sumarjono 1981). Indeks luas daun optimal (3,5 m²/m² lahan) diperoleh pada ubikayu dengan dua

tunas/tanaman. Tumbuhnya daun baru tiap tunas berkorelasi negatif dengan jumlah tunas/tanaman, sedangkan jumlah daun tua yang gugur berkorelasi positif dengan jumlah tunas (Wargiono dan Sumarjono 1981).

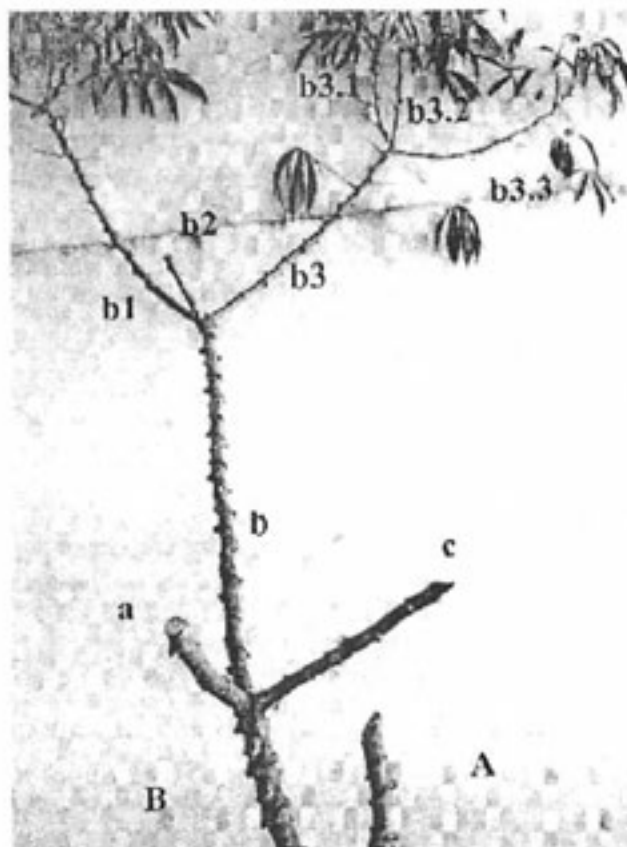
Jumlah daun. Jumlah daun efektif yang berkaitan dengan kinerja fotosintensis dipengaruhi oleh jumlah daun baru/muda yang tumbuh, daun tua yang gugur, dan jumlah helaian daun tiap tangkai daun.

Jumlah lembaran helaian daun tiap tangkai umumnya bervariasi antara 5-11 lembar, panjang tiap lembar daun berkisar antara 4-25 cm dengan lebar 1-5 cm. Tiap helaian daun berupaya menangkap sinar matahari dan saling menutup namun pengaruh saling menaungi relatif kecil, sebab tiap daun mengatur diri melalui gerakan inklinasi dan sub-inklinasi. Sudut inklinasi bervariasi antara 0-90°, di mana terdapat korelasi negatif antara sudut inklinasi dengan tingkat sinar matahari yang diterima oleh helaian daun. Semakin baik sifat intersepsi sinar matahari dari helaian daun semakin efektif kontribusinya terhadap fotosintesis, dan dengan demikian secara tidak langsung berpengaruh terhadap proses produksi ubi (Hozyo *et al.* 1984).

Luas helaian daun. Luas helaian daun setiap varietas dipengaruhi oleh umur dan pengelolaan tanaman serta jumlah helaian daun tiap tangkai. Luas helaian daun meningkat dari sekitar 20 cm² pada saat tanaman berumur 2-4 minggu menjadi sekitar 600 cm² pada saat tanaman berumur 12-24 minggu, selanjutnya helaian daun semakin luas dan akhirnya dorman (Alves 1998).

Jumlah dan luas helaian daun tiap tangkai daun dipengaruhi oleh umur tanaman dan varietas. Pada awal pertumbuhan (satu bulan pertama), helaian daun tiap tangkai bervariasi antara 3-5 helai dengan lebar daun bagian tengah 1,5-2,5 cm (a). Pada bulan ke-2 hingga ke-6, jumlah daun bervariasi antara 5-11 helai tiap tangkai dengan lebar daun bagian tengah 3,5-5,5 cm (b). Pada bulan ke-7 sampai ke-10 jumlah helaian daun menurun menjadi lima helai/tangkai untuk tipe varietas yang tidak bercabang dan menjadi 3 sampai 1 helai/tangkai pada ranting terakhir dari varietas tipe bercabang, dan lebar daun bagian tengah menyempit menjadi 1,5-2 cm.

Durasi daur hidup daun. Kuncup (tangkai + daun muda) tumbuh tiap 1-3 hari dengan jumlah tiap satuan waktu terus meningkat dengan laju 1,7%/bulan sampai tanaman berumur 24 minggu. Mulai umur 28 minggu sampai fase dorman pertumbuhan daun yang baru jumlahnya semakin menurun dengan laju 10,2%/bulan (Wargiono dan Sumarjono 1981). Perkembangan daun dari kuncup sampai tumbuh sempurna (*fully expanded*) memerlukan waktu 10-12 hari, dan daun yang telah tumbuh sempurna tersebut akan menjadi tua dan gugur setelah 36-100 hari (Allern

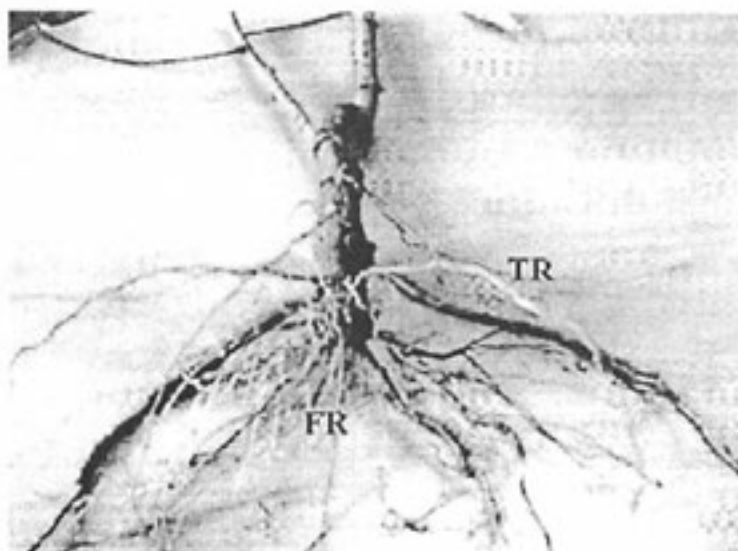


Gambar 3. Model percabangan reproduktif 3-3-3-3.

Berdasarkan struktur anatomis batangnya, maka ubikayu termasuk tipe tanaman dikotil, tersusun dari jaringan epidermis pada lapisan paling luar, diikuti oleh korteks, lapisan kambium lapisan berlignin atau kayu dan gabus di bagian tengah yang terdiri atas sel-sel parenkhimatis. Dengan meningkatnya diameter batang, sejumlah silim terakumulasi menjadi batang berkayu secara konsisten atau menjadi tua.

Akar

Akar ubikayu mempunyai dua fungsi yaitu (1) sebagai penyerap hara dan air, dan (2) penyimpan fotosintat. Akar yang berfungsi menyerap hara dan air dari dalam tanah disebut akar rambut/akar-serat (*fibrous roots*), dan akar yang berfungsi menyimpan fotosintat disebut akar-ubi (*tuberous roots*) (Gambar 4).



Gambar 4. Fase awal pertumbuhan ubi.

FR: Akar dan akar rambut

TR: Akar ubi dan akar rambut pada bagian ujung

Akar serat yang berfungsi sebagai penyerap hara dan air, tingkat efisiensinya dipengaruhi oleh volume atau kepadatan akar di dalam tanah. Kepadatan akar pada lapisan olah (40 cm) dan lapisan di bawahnya (60 cm) relatif rendah, masing-masing 25.000 mm dan 15.000 mm/mm³. Namun sekitar 500-1.000 mm/mm³ dari akar tersebut dapat menembus sampai kedalaman lebih dari 2,5 m, sehingga ubikayu mampu bertahan hidup pada kondisi kering atau toleran terhadap kekeringan. Salah satu cara untuk meningkatkan kepadatan akar ubikayu adalah dengan cara tumpangsari dengan tanaman berumur pendek seperti padi gogo dan aneka kacang.

Distribusi akar dipengaruhi oleh cara tanam dan pemotongan stek. Stek yang dipotong rata dan runcing pada bagian pangkal bila ditanam dengan posisi vertikal akarnya terdistribusi merata ke seluruh jurusan. Bila stek ditanam dengan posisi miring maka akar tidak terdistribusi secara merata. Stek yang ditanam dengan posisi mendatar, akarnya tumbuh pada bagian ujung. Pada pangkal stek dan ruas stek tumbuh tunas. Walaupun cara tanam dengan posisi mendatar menghasilkan kepadatan akar yang tinggi, namun kepadatan daun juga tinggi sehingga terjadi saling menutup antar-helaian daun. Hal ini mengakibatkan fotosintat yang dihasilkan tidak optimal dan ubi tidak dapat berkembang secara sempurna. Stek yang dipotong miring pada bagian pangkal, akarnya tidak terdistribusi secara merata, baik stek yang ditanam secara vertikal maupun miring (Wargiono 2006).

Ubi

Perubahan fungsi akar-serat (*fibrous roots*) menjadi akar-ubi (*tuberous roots*) mulai tampak jelas pada umur sekitar 3 MST. Pada Gambar 8 terlihat perbedaan antara *fibrous roots* yang tersebar merata dengan ukuran yang relatif tidak berbeda dari pangkal hingga ujung, sedangkan *tuberous root* yang jumlahnya relatif lebih sedikit membesar pada bagian tengah.

Perkembangan dan fungsi akar ubi adalah bagian pangkal menjadi tangkai ubi, bagian tengah menjadi ubi, dan pada bagian ujung tumbuh akar rambut, sehingga tetap berfungsi menyerap hara dan air dari dalam tanah. Akar ubi berjumlah 5-10/tanaman dan terus berkembang sejalan dengan bertambahnya umur tanaman.

Ubi merupakan organ utama penyimpan fotosintat. Dengan demikian, perkembangan ubi sejalan dengan peningkatan jumlah fotosintat yang dihasilkan oleh daun. Tingkat asimilasi bersih (NAR) maksimum untuk varietas Adira-1 cukup tinggi, 55 g/m²/minggu (Hozyo 1984). Laju pertumbuhan ubi berbeda dengan organ lainnya, yaitu cepat pada umur 5-8 bulan dan lambat pada umur selanjutnya, sedangkan organ lainnya cepat pada umur antara 3-6 bulan dan lambat pada umur selanjutnya. Oleh karena itu akumulasi bahan kering tiap minggunya semakin besar untuk ubi dan sebaliknya untuk organ lainnya.

Fotosintesis

Fotosintesis ubikayu mengikuti jalur atau tipe tanaman C₃, dengan laju maksimum 20-35 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{det}$ pada kondisi lapang. Di daerah tropis seperti Indonesia, laju fotosintesis bersih (NAR) maksimum 55 g CO₂/m²/minggu. Berdasarkan asumsi bahwa helaian daun dengan aktivitas fotosintesis 20 mg CO₂/dm²/jam dan berfungsi aktif selama 10 jam/hari, maka sekitar 86 g bahan kering akan disintesis selama satu minggu. Laju respirasi ubikayu biasanya 30%, dengan demikian bahan yang disintesis seharusnya 60 g/m²/minggu. Dengan NAR maksimum 55 g/m²/minggu maka laju respirasi ubikayu yang ditanam di dataran rendah Indonesia lebih besar dari 30%. Ubikayu sebagai tanaman tropis memerlukan suhu dan radiasi matahari relatif tinggi untuk perkembangan daun dan ekspresi potensi fotosintesis. Terdapat korelasi positif antara hasil ubi dengan jumlah biomas dengan laju fotosintesis, sehingga kriteria tersebut perlu dijadikan dasar pertimbangan dalam usahatani ubikayu agar kompetitif.

Laju fotosintesis maksimum atau laju penyerapan CO₂ untuk biosintesis fotosintat maksimum untuk varietas Adira-1 sebesar 77,5 g/m²/minggu diperoleh pada umur 21-26 MST dengan rata-rata 34,9 g/m²/minggu (Hozyo *et al.* 1984).

Pada umur 8-10 MST bahan kering lebih banyak terakumulasi di daun, kemudian menurun. Akumulasi bahan kering di dalam ubi mulai terjadi pada umur 10 MST dan setelah 12 MST meningkat dengan cepat dan mencapai lebih dari 70% dari total bahan kering tanaman pada saat panen. Kondisi tersebut kontras dengan organ tanaman lainnya seperti daun, tangkai daun, dan batang.

Periode laju akumulasi bahan kering bergantung pada genotipe dan kondisi lingkungan tumbuh. Periode laju akumulasi bahan kering maksimum untuk ubikayu di dataran tinggi antara 5-7 bulan, sedangkan di dataran rendah tropis 3-5 bulan setelah tanam.

Pengukuran laju akumulasi bahan kering secara ekonomis menggunakan parameter indeks panen (IP). IP ubikayu juga mempresentasikan efisiensi suatu varietas atau pengelolaan tanaman dalam memproduksi ubi. IP biasanya ditentukan oleh rasio bobot ubi dengan total bobot seluruh organ ubikayu. Oleh karena itu, sering pula digunakan sebagai dasar pemilihan klon dalam proses seleksi calon varietas unggul baru.

Walaupun pendistribusian bahan kering konstan, namun akumulasinya bergantung pada ketersediaan fotosintat dalam sumber (*source*) dan kapasitas limbung (*sink*). Kapasitas *sink* ditentukan oleh komponen hasil seperti jumlah ubi, bobot/ubi, kehilangan hasil, dan struktur tanah. Laju fotosintesis berkorelasi positif dengan hasil ubi dan total biomas. Demikian pula korelasi antara LAI dengan intersepsi sinar matahari dan hasil biomas, yang mengindikasikan bahwa permintaan untuk fotosintat oleh ubi meningkatkan aktivitas fotosintesis.

Secara morfologis daun ubikayu mempunyai sifat yang berkaitan dengan produktivitas tinggi dan toleran kekeringan dan konsekuensinya berhubungan erat dengan proses fotosintesis. Helai daun bagian bawah ditempati oleh sel-sel epidermis tipe-papila, sedangkan di bagian atas benar-benar rata dengan stomata dan trikorn yang menyebar. Papila menonjol menambah tebal daun sekitar 15% dan memperpanjang alur difusi dari stomata yang terbuka ke udara, mungkin 2-3 lipat. Daun ubikayu mempunyai sel-sel jaringan ikat berwarna hijau terang dengan sel yang kecil dan berdinding tipis tersebar renggang di bawah sel-sel pagar. Dalam fotosintesis berdasarkan tipe C3, sel-sel ini mungkin berfungsi dalam pengangkutan fotosintat di dalam daun. Pada tanaman tipe C4, jaringan ikat dikelilingi oleh sel yang seluruhnya berhubungan langsung dengan sel-sel mesofil yang banyak.

Pengaruh Faktor Lingkungan

Ubikayu tumbuh pada kondisi edafik iklim yang sangat variatif, berkisar antara 30° LS dan 30° LU, pada ketinggian yang berkisar antara 0-2.300 m dpl., kondisi marginal seperti tanah dengan tingkat kesuburan rendah, daerah tropis semi kering/curah hujan kurang dari 600 mm/th hingga daerah tropis semi basah sampai basah dengan curah hujan lebih dari 1.500 mm/th. Secara fisiologis, variasi faktor lingkungan tersebut cukup besar pengaruhnya terhadap laju pertumbuhan tanaman. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan ubikayu di antaranya adalah suhu, panjang hari, radiasi sinar matahari, dan defisit air.

Suhu

Suhu berpengaruh terhadap pertunasan, ukuran daun, formasi daun, formasi ubi, dan konsekuensinya terhadap pertumbuhan tanaman secara umum. Pertumbuhan ubikayu paling baik pada suhu tahunan 25°C-29°C, tetapi masih toleran terhadap suhu lebih rendah dari 25°C dan lebih tinggi dari 29°C. Ubikayu memperlihatkan pertumbuhan yang masih baik pada suhu 16°C-38° (Tabel 3).

Pada suhu 16°C tunas stek lambat tumbuh, laju pertumbuhan daun dan ubi menurun, sehingga produksi bahan kering ubi dan produksi total juga menurun. Pertunasan cepat bila suhu naik sampai 30°C tetapi terhenti bila suhu terus naik hingga 37°C. Bila suhu turun, perkembangan luas daun melambat yang disebabkan oleh ukuran luas tidak mencapai maksimum, yaitu ukuran tiap daun menjadi lebih sempit, dan daun yang dihasilkan tiap pucuk berkurang walaupun lama hidup bertambah panjang. Pada suhu 15°C-24°C umur daun mencapai 200 hari, sedangkan pada suhu 30°C berkisar

Tabel 3. Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan ubikayu.

Suhu udara (°C)	Pengaruh fisiologis
< 17 atau > 37	Pertumbuhan tunas lambat
28-30	Pertumbuhan cepat (optimum)
< 15	Pertumbuhan tanaman berhenti
16-38	Ubikayu tidak mati tetapi tidak berkembang
25-29	Ubikayu tumbuh optimal
< 17	Pertumbuhan produksi daun dan ubi menurun
20-24	Ukuran luas dan produksi daun meningkat, tetapi umur daun pendek
28	Produksi daun meningkat tetapi jumlah cabang menurun
25-30	Fotosintesis maksimum di rumah kaca
30-40	Fotosintesis maksimum di lapangan
16-30	Laju transpirasi meningkat secara linier, selanjutnya menurun

Sumber: Alves (1998).

antara 60-120 hari. Terdapat interaksi antara genotipe dengan variasi suhu, karena itu terdapat peluang untuk memilih varietas yang sesuai untuk tiap wilayah berdasarkan suhu di kawasan setempat.

Panjang Hari

Panjang hari berpengaruh terhadap proses fisiologi tanaman. Di daerah tropis perbedaan panjang hari relatif kecil, sekitar dua jam (10-12 jam/hari sepanjang tahun. Dengan demikian fotoperiode (*photoperiod*) tidak menjadi faktor pembatas dalam memproduksi ubi.

Hasil penelitian panjang hari secara artifisial menunjukkan bahwa pada hari panjang terjadi peningkatan bahan kering batang dan daun (*shoots*), tetapi jumlah bahan kering ubi menurun. Peningkatan bahan kering batang daun disebabkan oleh penambahan tinggi tanaman yang signifikan, luas daun/tanaman, jumlah tunas/tanaman, dan jumlah daun yang hidup/tunas tiap tanaman. Pengaruh panjang hari tersebut berbeda untuk tiap varietas, sehingga terdapat peluang untuk memilih varietas yang toleran terhadap perbedaan panjang hari.

Radiasi Sinar Matahari

Pola tanam ubikayu yang paling umum selain monokultur adalah tumpangsari dengan tanaman lain yang umurnya lebih pendek, baik di Amerika Latin, maupun Afrika dan Asia termasuk Indonesia. Sering ditemukan tumpangsari ubikayu dengan tanaman tahunan seperti dalam peremajaan tanaman perkebunan, hutan industri atau dengan kelapa yang sudah berumur puluhan tahun.

Sistem tumpangsari ubikayu dengan tanaman pangan lainnya yang waktu tanamnya bersamaan ternyata ubikayu selalu mendapatkan pengaruh naungan yang tingkatnya bervariasi dengan intensitas intersepsi cahaya yang rendah pada fase awal pertumbuhan. Ubikayu memerlukan radiasi surya yang tinggi untuk fotosintesis yang efisien, sehingga informasi tentang pengaruh naungan terhadap ubikayu sangat diperlukan.

Dalam kondisi ternaungi, pembentukan ubi tiga minggu lebih lambat, terjadi penurunan jumlah ubi/tanaman dan laju akumulasi neto (NAR) sehingga menurunkan hasil sebesar 43%, 56%, 59%, 69% dan 80% masing-masing untuk tingkat naungan 20%, 40%, 50%, 60% dan 70% dari fase awal pertumbuhan sampai panen (Okoli dan Wilson 1988).

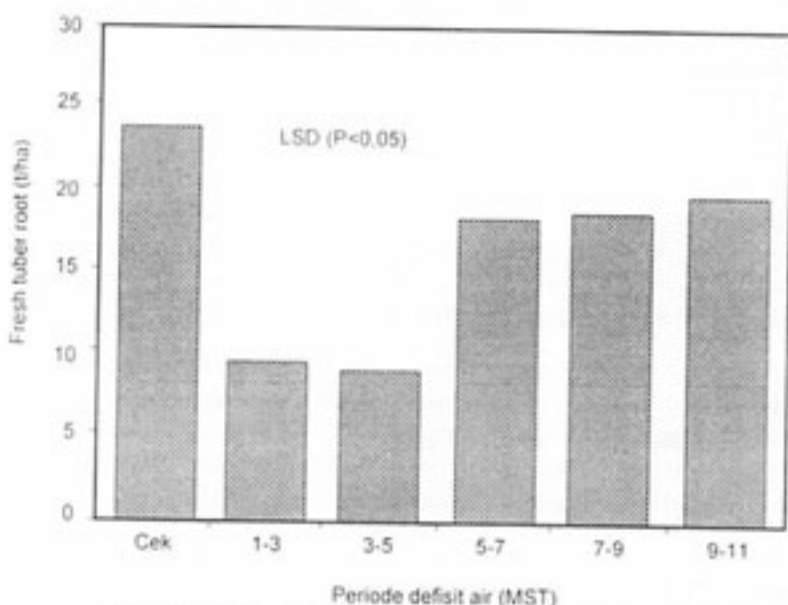
Naungan meningkatkan tinggi tanaman dan daun cenderung beradaptasi terhadap kondisi cahaya yang rendah dengan cara meningkatkan luas daun tiap satuan bobot. Luas daun yang meningkat tersebut

menyebabkan LAI lebih besar dari 3,5, sehingga intersepsi cahaya yang dapat ditangkap oleh setiap helaian daun menurun. Selain penurunan intersepsi cahaya surya yang menyebabkan fotosintesis terbatas, sebagian besar fotosintat digunakan oleh bagian tanaman di atas tanah untuk tumbuh. Kondisi tersebut terlihat dari pertumbuhan tanaman di bagian atas tanah tumbuh subur, tetapi hasil ubi turun secara signifikan. Hal ini menunjukkan tanaman di bagian atas tanah merupakan lumbung (*sink*) yang lebih kuat daripada ubi.

Defisit Air

Sebagian besar sentra produksi ubikayu terdapat di daerah beriklim kering dengan 4-6 bulan kering. Oleh karena itu, ubikayu dikenal sebagai tanaman yang toleran terhadap kekeringan. Namun hasil ubi akan rendah bila terjadi kekurangan air dalam waktu yang lama.

Sejalan dengan pertumbuhan daun maksimum antara 4-5 bulan setelah tanam dan pertumbuhan ubi cepat mulai umur 5 bulan (setelah tanam), maka fase kritis ubikayu terhadap kekeringan adalah sejak tanam sampai berumur 5 bulan. Kekurangan air selama dua bulan atau lebih dalam periode ini dapat menyebabkan penurunan hasil ubi hingga 60%, sedangkan penurunan hasil akibat kekurangan air setelah fase kritis tersebut sekitar 30% (Gambar 5) (Alves 1998, Howeler 2001).



Gambar 5. Ilustrasi hubungan defisit air dengan hasil ubi.

Tanggap Tanaman terhadap Kekeringan

Tanggap tanaman terhadap defisit air dapat diukur secara morfologis, fisiologis, seluler, dan metabolis melalui pengaturan penutupan stomata dan pertumbuhan daun, akumulasi asam absisik, dan pengaturan osmotik.

Pengaturan Tertutupnya Stomata

Pada kondisi kekeringan, respon pertama yang diperlihatkan oleh daun adalah menutupnya stomata dengan menurunkan fotosintesis dalam proses asimilasi CO_2 dan pertumbuhan. Stomata mempunyai kapasitas tinggi untuk merespon perubahan status air pada tanaman dan atmosfer. Stomata menutup bila air potensial dalam daun turun dan defisit tekanan uap antardaun, suhu atmosfer meningkat, dan kelembaban udara menurun. Oleh karena stomata merupakan tempat masuknya CO_2 ke dalam daun, maka penutupan stomata menyebabkan terbatasnya difusi CO_2 ke dalam daun, sehingga aktivitas fotosintesis menurun. Penutupan stomata yang cepat akibat penurunan transpirasi mengurangi potensial air daun dan menipisnya air tanah, dengan demikian melindungi jaringan daun sehingga tidak mengering (Cook *et al.* 1985). Tanggap tanaman terhadap kekurangan air pada fase awal pertumbuhan dari pengurangan air tanah telah digambarkan sebagai isohidrik pada kacang tunggak dan jagung. Selain melalui pengaturan penutupan stomata, tanaman juga merespon defisit air melalui penurunan luas daun melalui pengguguran daun walaupun akan segera tumbuh normal kembali bila air telah tersedia.

Daya hantar stomata daun terhadap penguapan air telah dievaluasi sebagai indikator dari kapasitas beberapa genotipe ubikayu untuk mencegah kehilangan air pada saat terjadi kemarau panjang. Variasi yang cukup besar dari perilaku daun dapat digunakan sebagai metode untuk seleksi awal plasma nutfah yang adaptif terhadap kekeringan.

Akumulasi Asam Absisik

Tanggap tanaman yang substansial terhadap kekeringan dapat dimanipulasi dengan pemberian asam absisik (ABA) secara eksternal ke tanaman yang ketersediaan airnya cukup. Perlakuan tersebut membantu melancarkan perkembangan sifat-sifat yang berubah yang dapat membantu tanaman mengatasi kondisi kekurangan air, termasuk menurunnya daya hantar stomata, pembatasan pertumbuhan akar, pembatasan luas helaian daun, dan perangsangan panjang akar. Hubungan antara kadar ABA dengan kekurangan air tergambar dari hasil analisis kadar ABA pada daun muda yang telah berkembang sempurna, semakin lama tanaman mengalami defisit semakin tinggi air kadar ABA, dan turun secara drastis seperti tanaman

yang tidak mengalami defisit air setelah tanaman diairi kembali selama tiga hari (Alves dan Setter 2000).

Peningkatan Osmotik

Suatu cara untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan adalah dengan akumulasi larutan aktif secara osmosis, sehingga turgor dan ketergantungan proses turgor dapat dipertahankan selama terjadi kekurangan air. Pengaturan osmotik (OA) didasarkan pada perbedaan dalam potensial osmotik antara tanaman dengan cekaman air dan tanpa cekaman air yang memungkinkan bagi perkembangan sel dan pertumbuhan tanaman, stomata terbuka sebagian dan asimilasi CO₂ terus berlangsung pada potensial air rendah. Peningkatan terbesar dalam bahan terlarut disebabkan oleh kekurangan air terjadi pada daun yang belum mekar dan pengaturan OA terus meningkat secara progresif dari daun tua ke daun yang belum mekar (Alves dan Setter 2000).

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, A.C. 2002. The origins and taxonomy of cassava. Resources genetics biotecnologia, EMBRAPA, Brazil.
- Alves, A.A.C. 1998. Physiological and developmental changes in cassava under water deficit. Cornell Univ. Ithaca, USA.
- Alves, A.C.C. and T.L. Setter. 2000. Response of cassava to water deficit: leaf area growth and abscisic acid. Crop Sci. 40.
- Carlos, E.D. 1984. Morphology of the cassava plant. Study guide, CIAT, Cali, Colombia.
- Cock, J.H., M.C.M. Porto, and M.A. Charkawy. 1985. Water use efficiency of cassava influence of air humidity and water stress on gas exchange of field grown cassava. Crop Sci. 25.
- Howeler, R.H. 2001. Cassava agronomy research in Asia. Has it benefitted cassava farmers. Proc. the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh.
- Hozyo, Y., M. Megawati, and J. Wargiono. 1984. Plant production and potential productivity of cassava. Contr. Cent. Res. Inst. for Food Crops. Bogor. No. 73.
- Lathrap, D.W. 1970. The upper Amazon. Thames and Hudson, London.
- Lorenzi, J.O. 1978. Absorcao de macronutrientes I acumulacao de materia seca para duas cultivares de mandioca MSc. Thesis. Univ. De Sao

- Paolo, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiros Piracicoba. Brazil.
- Okoli, P.S.O. and C.F. Wilson. 1986. Respons of cassava to shade under field condition. Field Crops Research. 14.
- Wargiono, J. dan Sumaryono: 1981. Pengaruh jumlah tunas terhadap pertumbuhan dan hasil ubikayu. Lap. Kern. Penel. Agronomi No. 11. Puslitbangtan. Bogor.
- Wargiono, J., A. Hasanuddin, dan Suyamto. 2006. Teknologi produksi ubikayu mendukung industri bioetanol. Puslitbangtan. Bogor.

Morfologi Tanaman

T. Sundari dan J. Wargiono

TAKSONOMI DAN MORFOLOGI

Taksonomi

Ubikayu yang secara regional atau lokal sering disebut sebagai tapioka, maniok, mandioka, kohoi, kamoteng, bodin, sampeu, kase, singkong dan yuca, merupakan spesies *Manihot esculenta* Crantz, termasuk dalam famili Euphorbiaceae. Ubikayu merupakan tanaman asli dari Brasil, yaitu daerah Amazon. Genus *Manihot* yang telah teridentifikasi adalah 98 spesies, mayoritas dijumpai di Brasil (80 spesies) dan sisanya (18 spesies) di Meksiko dan negara Amerika Latin lainnya. Genus *Manihot* yang dibudidayakan hanya ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz), disebut juga dengan *Manihot utilissima*, *Manihot edulis*, dan *Manihot aipi* (Sreekumari *et al.* 2000).

Taksonomi tanaman ubikayu adalah: kelas Dicotyledoneae, subkelas Archichlamydeae, ordo Euphorbiales, famili Euphorbiaceae, suku Manihoteae, genus *Manihot*, dan spesies *Manihot esculenta* Cranz (Rajendran *et al.* 2000).

Meskipun merupakan tanaman tahunan, namun ubikayu dipanen pada umur 6-12 bulan setelah tanam, dan diperbanyak secara vegetatif dengan menggunakan stek batang. Ubikayu termasuk tanaman monoecious, batang tidak bercabang dan bercabang, dengan tinggi bervariasi antara 1-5 m, (bergantung pada varietas dan kondisi lingkungan). Karakteristik botani *Manihot esculenta* cukup beragam, yang terekspresi pada tingkat persilangan dalam spesies yang tinggi. Untuk membedakan varietas hasil persilangan dalam spesies berdasarkan sifat-sifat morfologinya adalah: (1) tinggi tanaman; (2) ukuran, bentuk dan warna batang; (3) bentuk dan ukuran daun; serta (4) warna kulit, daging, dan bentuk ubi (Carlos 1984).

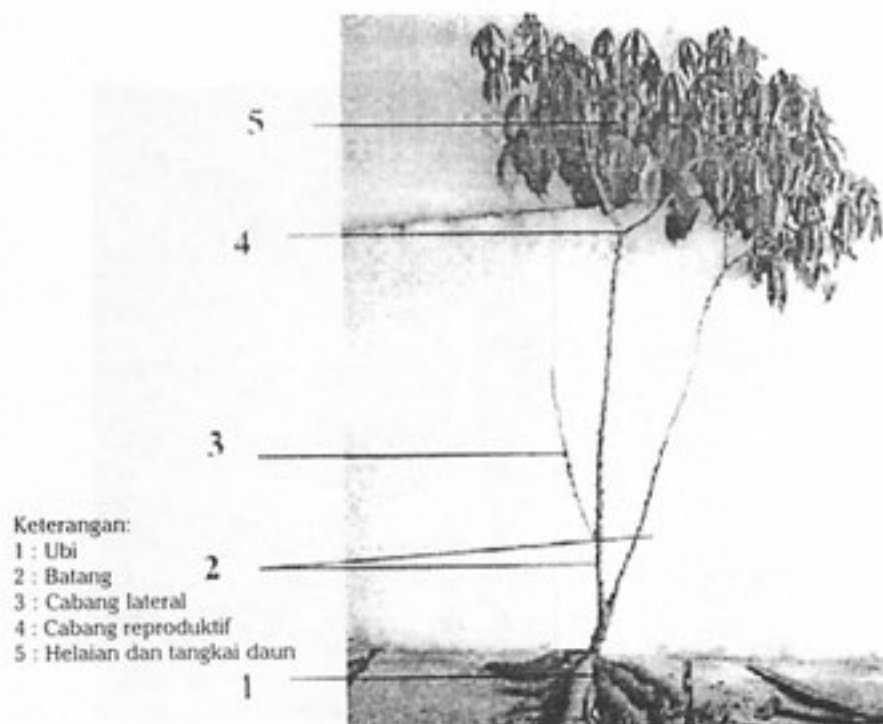
Morfologi

Karakter morfologi ubikayu yang sangat variatif mengindikasikan tingkat hibridisasi intraspesifik yang tinggi. Hal ini juga tergambar pada jumlah varietas/klon di Bank Plasma Nutfah yang cukup besar, sekitar 4.700 aksesori di CIAT dan 1.700 aksesori di EMBRAPA yang dikoleksi dari berbagai agroekosistem, yaitu (1) semiarid tropis dataran rendah dan tinggi, (2)

dataran rendah subtropis beriklim basah, (3) dataran rendah tropis subhumid, (4) dataran tropis basah, dan (5) dataran rendah savana panas. Karakter morfologis tersebut dapat dikelompokkan sebagai karakter tetap dan tidak tetap. Karakter tetap menggambarkan taksonomi spesies atau varietas. Karakter tidak tetap dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan dapat dikatakan sebagai interaksi genotipe dengan lingkungan. Karakter morfologis ubikayu relatif tidak mudah dideskripsikan, karena sebagian besar morfologi tanaman dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe dengan lingkungan.

Karakter tetap tiap organ tanaman yang dapat digunakan sebagai parameter minimal untuk mengidentifikasi varietas/klon adalah sbb.:

- Daun : (1) warna pupus/daun pucuk, (2) warna daun tua bagian bawah, (3) bentuk helaian daun bagian tengah, (4) warna tangkai daun.
- Batang : (1) warna kulit batang, (2) warna batang bagian dalam (kayu + gabus), (3) jarak antar mata tunas, (4) percabangan reproduktif dan lateral, (5) tinggi batang.



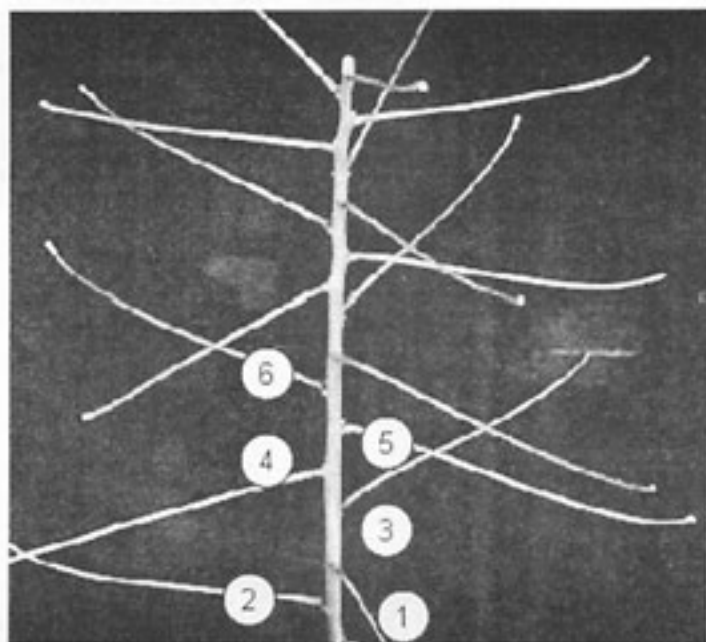
Gambar 1. Morfologi tanaman ubikayu.

- Bunga : (1) dapat berbunga pada berbagai elevasi, (2) mempunyai bunga vertil jantan maupun betina, (3) hanya bunga betina yang vertil.
- Ubi : (1) panjang tangkai ubi, (2) warna kulit luar ubi, (3) warna kulit dalam ubi, (4) warna daging ubi, (5) bentuk ubi.

Daun

Seperti pada tanaman lain, daun ubikayu merupakan organ yang berperan dalam transfer energi-cahaya matahari menjadi energi-kimia melalui proses fotosintesis. Hasil daun, umur mencapai luas maksimal, dan laju pertumbuhan (CGR) merupakan karakter tidak tetap yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

Pembentukan daun dan tangkai daun berawal dari maristem axillary yang terdapat pada setiap ketiak tangkai daun pada batang, letak daun berselang-seling dengan indeks spiral (filotatik) $2/5$. Indeks tersebut menunjukkan posisi daun pertama dan keenam identik, mengelilingi batang (Gambar 2). Indeks filotatik berubah bila tunas/tanaman tumbuh tidak normal karena terserang hama/penyakit dan adanya kompetisi dalam memperoleh cahaya matahari dan hara.



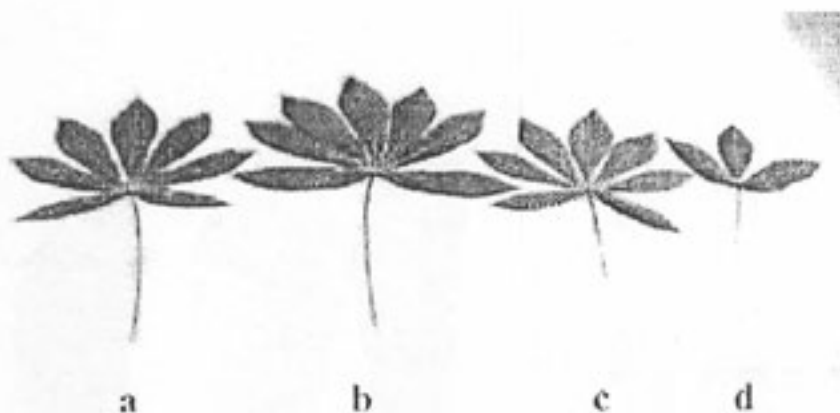
Gambar 2. Susunan daun ubikayu pada batang dengan indeks spiral $2/5$.

Daun terdiri atas helaian daun dan tangkai daun. Helaian daun berbentuk telapak tangan dan berbagi menjari. Warna helaian daun bagian bawah berbeda untuk tiap varietas, dengan warna tulang daun yang sama dengan tangkai daun, yaitu ungu (merah lembayung), hijau gelap, dan hijau terang.

Secara umum jumlah jari daun berkisar antara 1-9, tetapi karakternya berbeda, bergantung pada umur tanaman dan varietas. Jumlah helaian daun pada fase awal berkisar antara 3-5 helai tiap tangkai, pada umur 5-7 bulan 7-9 helai tiap tangkai, sedangkan pada umur selanjutnya cenderung tetap untuk tipe yang tidak bercabang dan 1-5 untuk tipe yang bercabang reproduktif.

Luas helaian daun mencapai optimal pada umur sekitar lima bulan dan mulai menyempit pada umur 6-7 bulan, bahkan terjadi penurunan yang drastis, baik luas maupun jumlah helaian daun untuk varietas yang bercabang reproduktif (Gambar 3).

Panjang jari daun (helaian daun) berkisar antara 4-20 cm dan lebar 1-6 cm. Jari daun yang ada di tengah lebih luas dan lebih panjang dibandingkan dengan yang di samping. Kuncup daun (daun + tangkai muda pada pucuk tanaman) tumbuh tiap satu setengah sampai tiga hari dan dipengaruhi oleh umur dan jumlah tunas yang tumbuh tiap tanaman. Jumlah kuncup yang tumbuh meningkat sampai umur enam bulan dan terus menurun sejalan



Gambar 3. Ilustrasi perkembangan helaian daun.

Daun dari tanaman umur:

a. 4-5 bulan

b. 6-7 bulan

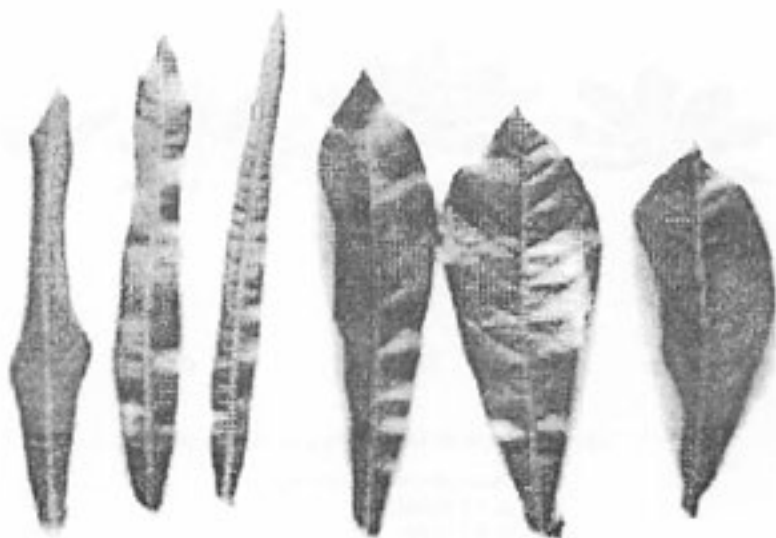
c. 8 bulan atau lebih

d. Daun pucuk pada cabang reproduktif terakhir

dengan bertambahnya umur tanaman. Jumlah kuncup yang tumbuh berkorelasi negatif dengan jumlah tunas per tanaman (Wargiono 1979).

Pengelompokan bentuk helaian daun adalah lurus (*straight* atau *linier*), melengkung (*arched*) dan pandurate. Ada juga yang mengelompokkan daun ke dalam bentuk elip, lancip menyerupai mata tombak (*lanceolate*), dan bulat lonjong dengan ujung lancip menyerupai mata tombak gemuk (*above lanceolate*). Bentuk helaian daun dari varietas ubikayu yang telah terkoleksi di Balitkabi dan BB Biogen teridentifikasi enam kelompok, yaitu (1) helaian sempit memanjang dengan 2-3 sudut tajam pada setiap sisi helaian daun, (2) helaian sempit memanjang dengan 2-3 sudut tumpul (bergelombang) pada setiap sisi helaian daun, (3) helaian sempit memanjang dengan tepi helaian daun rata, (4) helaian lebar memanjang, (5) helaian lebar lonjong, dan (6) helaian lebar membulat pada bagian ujung (Gambar 4).

Warna helaian daun bagian atas dari varietas yang sudah terkoleksi dapat dibedakan menjadi (1) hijau gelap, (2) hijau muda, (3) ungu hijau, dan (4) belang-belang kuning. Warna tersebut sering dipengaruhi oleh elevasi dan suhu serta status hara, yaitu menjadi semakin gelap dengan semakin tingginya tempat dan kadar hara N di tanah. Walaupun warna helaian daun berkorelasi positif dengan kadar N tanah, namun tidak berkorelasi positif dengan kadar HCN ubi. Warna tulang daun bervariasi dari hijau ke ungu. Warna tulang daun bisa sama atau berbeda pada helaian daun.



Gambar 4. Karakter tetap bentuk helaian daun ubikayu.

Tangkai daun yang panjangnya bervariasi antara 10-20 cm berwarna merah, ungu, hijau, kuning dan kombinasi dari empat warna tersebut, baik seluruh tangkai, maupun ujung dan pangkal, atau bagian atas dan bawah. Warna tangkai daun juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.

Tangkai daun tumbuh di antara dua stipula dan bakal tunas. Tangkai daun berperan sebagai (1) pengatur posisi helaian daun mengikuti posisi matahari agar energi surya yang dapat diubah menjadi energi kimia melalui kegiatan fotosintesis maksimal, yaitu dengan mengubah sudut deklinasi dan inklinasi (Hozyo *et al.* 1984), dan (2) pelindung bakal tunas. Tangkai daun yang telah mati dan gugur meninggalkan benjolan pada batang dan di seliap titik tumbuh terdapat bakal tunas, sehingga benjolan tersebut berperan sebagai pelindung titik tumbuh bila batang digunakan sebagai bibit.

Bunga

Ubikayu termasuk tanaman monosious, bunga jantan dan betinanya terletak pada tangkai bunga yang berbeda dalam satu batang untuk tiap tanaman. Varietas ubikayu berdasarkan kemampuan berbunganya dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) hanya dapat berbunga di dataran tinggi (lebih dari 800 m dpl.), dan (2) dapat berbunga di dataran tinggi maupun di dataran rendah. Jenis bunga yang dihasilkan juga dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) dapat menghasilkan bunga jantan dan betina yang vertil, (2) menghasilkan bunga betina vertil dan bunga jantan steril. Ubikayu termasuk tanaman berumah dua, yaitu bunga jantan dan betina tidak dalam bunga yang sama. Bunga ubikayu tumbuh pada setiap titik tengah percabangan reproduktif. Batang produktif bercabang 2-3, dan dari tiap cabang tersebut bercabang lagi, sehingga tersusun percabangan reproduktif ganda ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, dan seterusnya. Bunga tumbuh

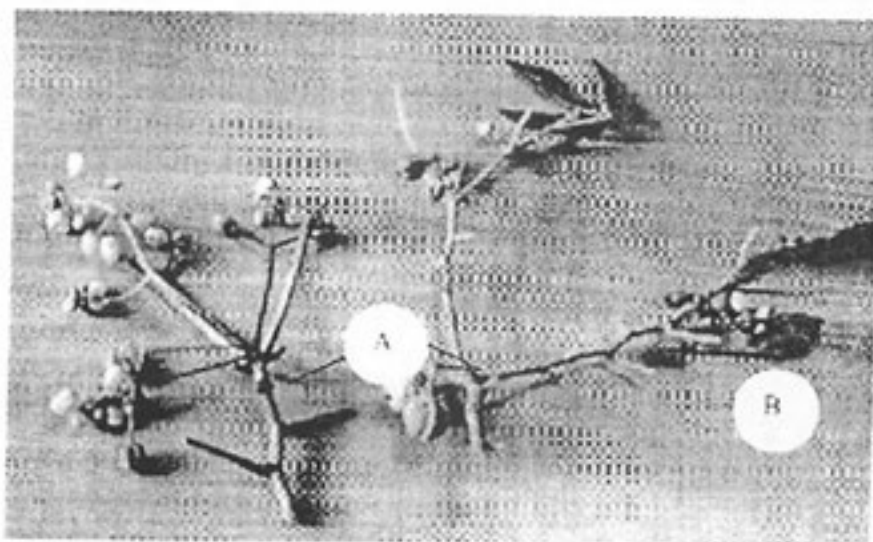


Gambar 5. Bagian batang tempat terbentuknya tandan bunga majemuk (Carlos 1984).

pada ketiak daun ujung ranting bila percabangan reproduktif tidak lagi terbentuk (Gambar 5). Pada titik percabangan tumbuh beberapa bunga betina dan jantan yang umur masak untuk melakukan penyerbukan berbeda sekitar 10 hari (Gambar 5). Bunga betina dan jantan mekar (kelopak bunganya membuka sempurna) antara pukul 08.00-10.00 pagi, dan pada waktu yang sama serangga mulai aktif mengumpulkan tepungsari untuk madu (Wargiono 1979). Percabangan reproduktif berganda ke-1, ke-2, ke-3 dan seterusnya dalam satu tanaman terbentuk setiap 4-8 minggu, sedangkan masaknya tepungsari dan putik berbeda antara 1-2 minggu.

Susunan bunga ubikayu sangat beragam. Bentuk dasar susunan bunga adalah *raceme* (rangkain bunga yang berbentuk sederhana), panicle (bentuk rangkain bunga majemuk dengan induk tangkai bunga bercabang membentuk struktur piramida) (Tjitrosoepomo 1988), atau kombinasi keduanya yang menghasilkan beberapa bentuk, yaitu (a) kelompok tandan bunga berbentuk sederhana, (b) kelompok tandan bunga sederhana mengelilingi induk tangkai bunga, (c) kelompok bunga majemuk mengelilingi induk tangkai bunga, dan (d) kelompok tandan bunga sederhana dan bunga majemuk mengelilingi induk tangkai bunga (Gambar 6).

Tandan bunga tumbuh di antara cabang reproduktif yaitu (a) percabangan ke-1, ke-2, ke-3, dan ke-4 (Gambar 7A, B), dan (b) pada pangkal daun di bagian pucuk tanaman (Gambar 6B dan 7C). Bunga betina terletak pada bagian bawah tandan bunga majemuk (A), sedangkan bunga jantan

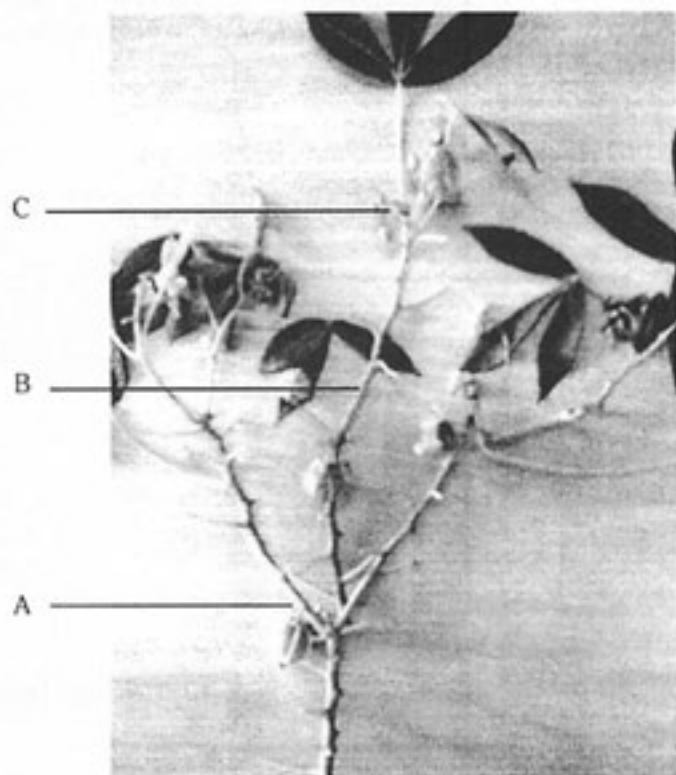


Gambar 6. (A) Bunga terbentuk di antara cabang produktif, dan (B) bunga terbentuk pada pangkal daun di bagian atas tanaman.

berkelompok pada tandan bunga bagian atas (B). Pada beberapa kasus, tandan utama bunga majemuk hanya mengandung bunga jantan.

Bagian-bagian bunga pada rangkaian bunga sederhana (*raceme*) dan majemuk (*panicle*) hanya dibedakan berdasarkan struktur berikut:

- Bunga sederhana: (1) tangkai tandan bunga, (2) kelopak bunga primer/stipula, (3) kelopak bunga, (4) tangkai bunga, (5) bunga betina, (6) bunga jantan, dan (7) tangkai bunga sekunder.
- Bunga majemuk: (1) tangkai pokok tandan bunga, (2) kelopak bunga/stipula utama, (3) kelopak bunga/stipula sekunder, (4) kelopak bunga, (5) tangkai bunga sekunder anak tandan, (6) bunga betina, (7) bunga jantan, dan (8) tangkai tandan.

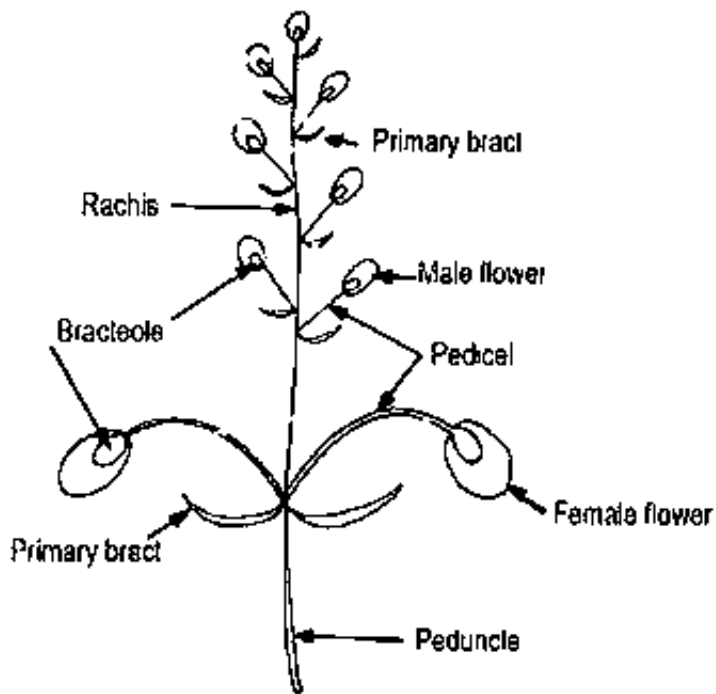


Gambar 7. Percabangan reproduktif dan tempat tumbuhnya tandan bunga.

- A: Tandan bunga yang telah menjadi buah pada cabang reproduktif ke-3
B: Tandan bunga pada cabang reproduktif ke-4
C: Tandan bunga tumbuh pada ketiak daun pucuk

Pada Gambar 8 dapat dilihat struktur dan morfologi bunga sederhana dan majemuk dengan uraian sebagai berikut:

- Bunga betina: tersusun berlawanan antara yang satu dengan lainnya, jumlahnya bervariasi antara 1-3.
- Bunga jantan: lebih kecil dan jumlahnya lebih banyak dibandingkan bunga betina, tersusun secara berselang-seling.
- Peduncle (tangkai bunga majemuk): berbentuk silinder, terdapat pada bagian poros tandan bunga.
- Floral rachis: poros tandan bunga setelah sisipan bunga pertama, langsung diikuti oleh peduncle.
- Pedicel: tangkai anak bunga yang terdapat pada bunga majemuk
- Setiap bunga jantan atau betina mempunyai cabang primer dan braktoela (primordia bunga), organ foliaceous yang terdapat pada tandan bunga.

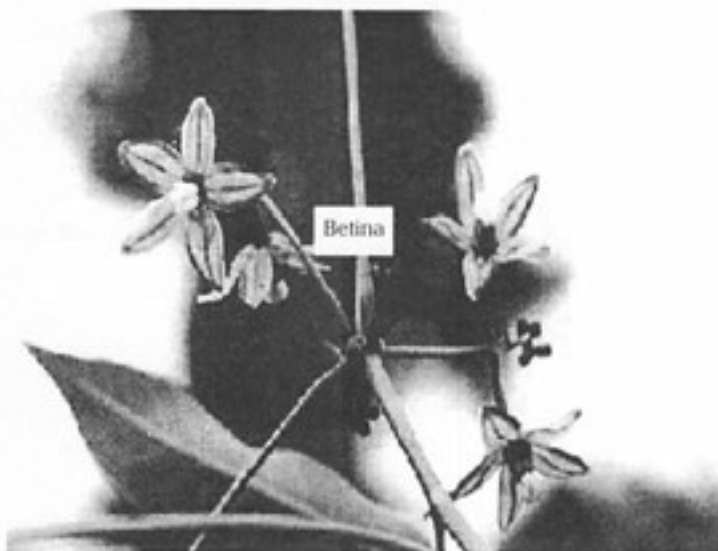


Gambar 8. Struktur rangkaian bunga sederhana (*raceme*) dan majemuk (*panicle*).
(Sumber: Carlos 1984).

Struktur bunga ubikayu termasuk dalam golongan perigonium, di mana kelopak bunga dan mahkota bunga yang terbentuk tidak dapat dibedakan antara yang satu dengan lainnya. Kelopak bunga dan mahkota bunga umumnya tersusun melingkar, terdiri atas lima tepal (daun tenda bunga) dengan warna kuning, kemerah-merahan, atau ungu (Gambar 9).

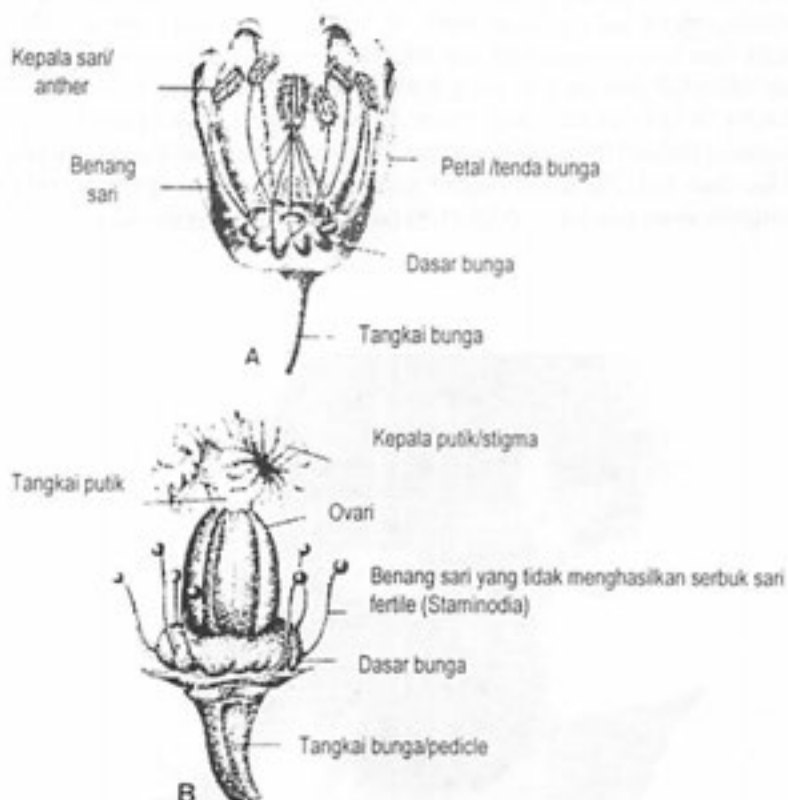
Ukuran bunga jantan separuh bunga betina, mempunyai tangkai yang sangat pendek, bulat kecil dan lurus, sedangkan tangkai bunga betina bulat besar, panjang, dan melengkung.

Bunga betina tersusun dari lima tenda bunga yang dapat membuka sampai pangkal bunga, bakal buah (ovari) dikelilingi oleh lekukan penebalan dasar bunga yang berwarna kuning, berbentuk cincin, tangkai putik bersatu, sangat pendek yang terletak pada ujung ovari, kepala putik melebar yang terdiri atas tiga lekukan dengan bagian tepi tidak beraturan dan berdaging berasal dari tangkai putik, berwarna kuning yang masing-masing dihubungkan oleh tangkai putik ke bakal buah (van Steenis 1988). Pada beberapa varietas terdapat staminodia (menyerupai benang sari tetapi tidak membentuk serbuk sari yang fertile, biasanya terletak di antara mahkota bunga dengan putik) yang muncul dari lekukan pada dasar bunga. Ovari superior terbagi menjadi tiga lokus, masing-masing mengandung satu ovule (Gambar 10). Bunga tersebut akan tumbuh menjadi buah bila terjadi penyerbukan dan akan gugur bila tidak terjadi penyerbukan.



Gambar 9. Bunga betina ubikayu.

Ciri utama bunga jantan adalah (1) lebih kecil dari bunga betina (sekitar 50%), (2) tidak mempunyai mahkota tetapi memiliki lima kelopak yang dan hanya dapat membuka sampai bagian tengah bunga bila tepungsarinya telah masak (siap menyerbuki), sekitar 10 hari setelah bunga betina masak, (3) tandan bunga jantan tegak dan posisinya lebih tinggi dari bunga betina, (4) tangkai bunga jantan pendek dan lemah, (5) bunga jantan mempunyai 10 benangsari, lima di antaranya lebih pendek dengan kotak sari bergabung dan lima lainnya lebih tinggi yang terdistribusi pada setiap kelopak bunga, dan (6) kelopak bunga mulai membuka sekitar pukul 08.00 pagi dan tepungsarinya siap menyerbuki putik, baik atas bantuan angin maupun serangga, kemudian menutup menjelang sore hari, selanjutnya layu dan rontok, namun tepungsari masih efektif sampai enam hari bila disimpan dengan baik (Wargiono 1979).



Gambar 10. Struktur bagian dalam bunga ubikayu: (A) jantan dan (B) betina (Sumber: Carlos 1984).

Buah

Setelah bunga betina diserbuki, kelopak bunga menutup, layu dan rontok/gugur. Ovari berkembang membentuk buah. Buah dipanen setelah tua dan masak fisiologis, berkisar antara 100-135 hari setelah peyerbukan. Buah ubikayu berbentuk bulat telur dengan empat sayap pada kulit bagian luar, kulit buah mengering dan keras serta merekah sepanjang garis tertentu pada saat buah masak (tipe *dehiscent*), terdiri dari atas kapsul yang berbentuk bulat, dengan diameter 1-1,5 cm, mempunyai enam garis lurus yang membujur dan menonjol di bagian punggung (Gambar 11).

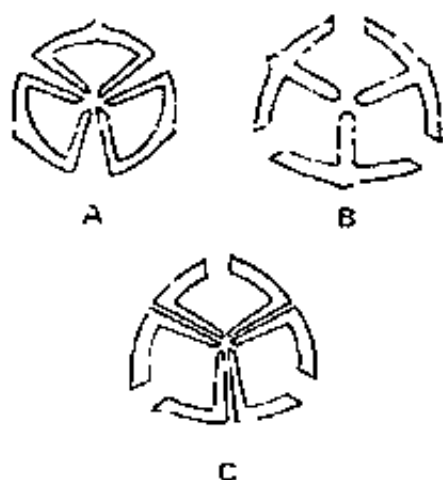
Apabila buah dipotong secara melintang dapat dilihat jaringan yang berbeda, yaitu epicarp, mesocarp, dan endocarp (Gambar 12). Endocarp berkayu, membuka dengan tiba-tiba pada saat buah masak dan kering yang mengakibatkan biji terlepas. Epicarp dan mesocarp layu setelah biji masak.



Gambar 11. Buah ubikayu.



Gambar 12. Struktur bagian dalam buah ubikayu.

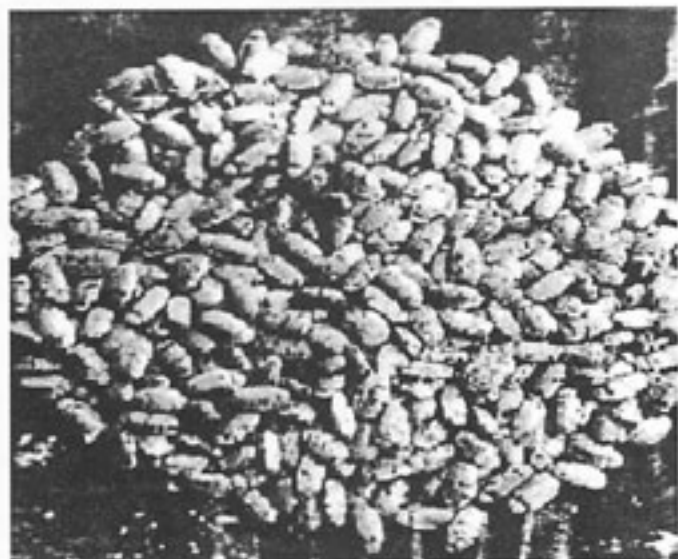


Gambar 13. Tipe buah: (A) seplisidal, (B) longitudinal, dan (C) kombinasi keduanya (Sumber: Carlos 1984).

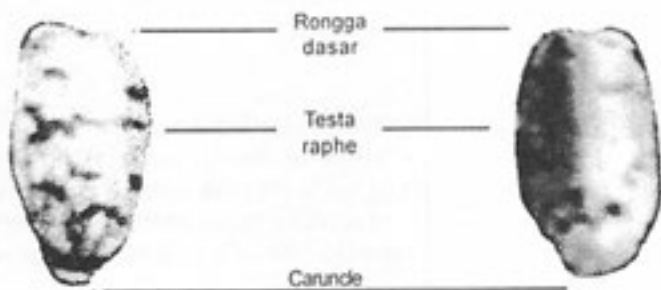
Tipe buah dehiscen pada ubikayu dibedakan menjadi dua, yaitu seplisidal dan lokulsidal. Dengan kombinasi kedua tipe tersebut, buah membuka menjadi enam katup (Gambar 13).

Biji

Biji merupakan organ reproduksi tanaman. Biji ubikayu berbentuk elip dengan panjang sekitar 10 mm, lebar 6 mm, dan tebal 4 mm. Permukaan biji halus dan berwarna kombinasi antara coklat, kelabu dan ungu, baik dasar maupun coraknya (Gambar 14). Pada bagian atas biji dijumpai karunkel (sumbat lembaga yang terdapat di dekat mikrofil). Struktur tersebut hilang setelah biji jatuh ke tanah. Bagian dasar biji berlekuk membentuk rongga kecil, berada pada ujung yang berlawanan dengan karunkel (Gambar 15).

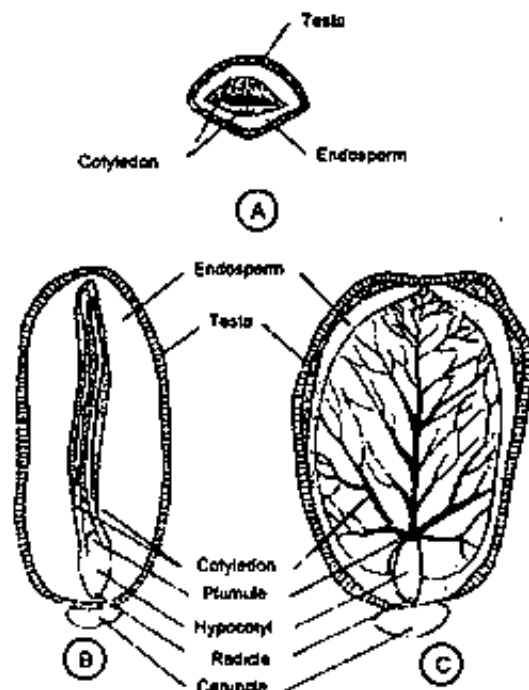


Gambar 14. Biji ubikayu.



Gambar 15. Struktur luar biji ubikayu.

Struktur bagian dalam biji berdasarkan potongan membujur dan melintang dapat dilihat pada Gambar 16. Bagian luar biji disebut testa, di bawah testa dijumpai endosperma yang tersusun dari sel parenkim polyhedral, berfungsi melindungi embrio dan persediaan cadangan makanan. Kotiledon berwarna putih, berbentuk elip, dan berdaging. Bagian dalam kotiledon terdapat bakal daun.

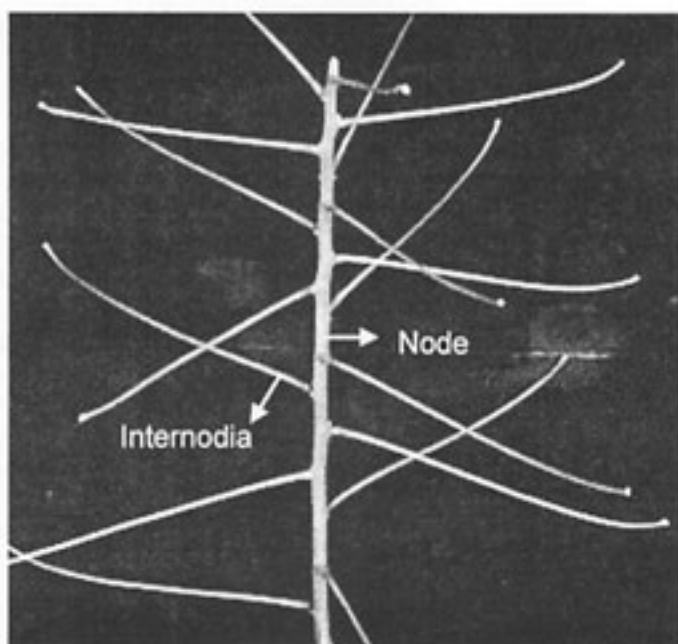


Gambar 16. Struktur bagian dalam biji (Sumber: Carlos 1984).

Batang

Batang merupakan organ perbanyakan asexual atau sumber bibit utama pada sistem penangkaran/perbanyakan nongeneralif dalam usahatani ubikayu secara komersial. Batang tua berbentuk silindris dengan diameter bervariasi antara 2-6 cm, tebal, dan warna kulit batang bervariasi, bergantung pada umur tanaman dan varietas. Batang tua berwarna abu-abu, kemerahan, dan coklat.

Pada batang yang tua terdapat benjolan bekas tangkai daun tua yang mati dan gugur. Benjolan tersebut biasanya disebut ruas dan antar-ruas disebut buku, namun antar-buku tidak terdapat balas yang jelas seperti pada bambu. Panjang buku dapat digunakan sebagai indikator pengenalan terhadap tingkat produktivitas, semakin pendek buku semakin rapat tangkai daunnya atau semakin banyak daun yang berfotosintesis, dan semakin banyak pula fotosintat yang terakumulasi di dalam ubi, yang berarti semakin tinggi hasilnya. Panjang buku dipengaruhi oleh varietas dan etiolasi yang disebabkan oleh (1) populasi tanaman tinggi, (2) teraungi oleh tanaman lain, dan (3) berkompetisi dengan tanaman lain dalam sistem lumpangsari atau dengan gulma yang tidak dikendalikan.



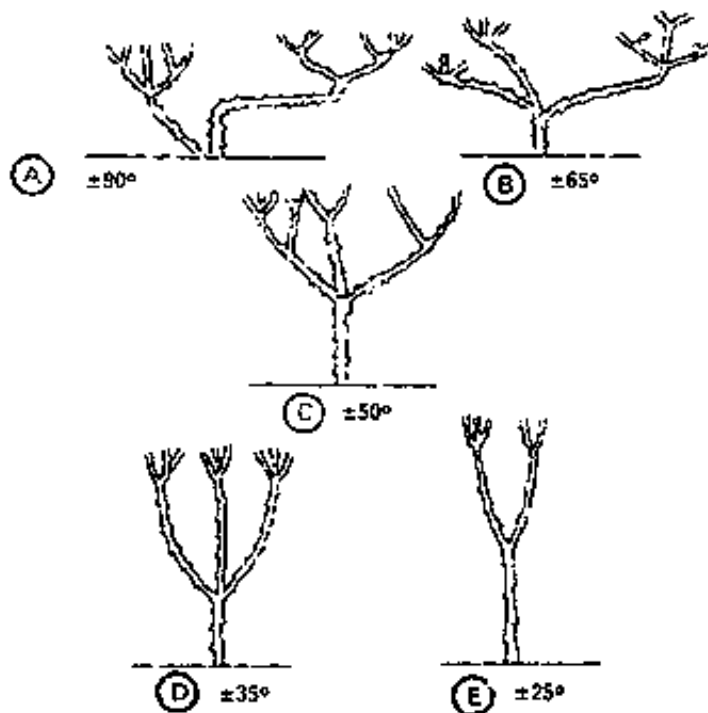
Gambar 17. Internodia dan node (buku) pada batang ubikayu.

Batang dibentuk oleh node atau benjolan bekas tangkai daun yang gugur yang tersusun secara berselang-seling dan internodia. Buku merupakan titik yang menghubungkan daun dengan batang dan internodia merupakan bagian dari batang yang terletak di antara dua tangkai daun berturut-turut. Pada setiap ketiak tangkai daun tumbuh kuncup axillary, dilindungi oleh sisik dan dua stipula (Gambar 17) yang dapat menjadi tunas baru bila batang (stek) ditanam. Implikasinya, (1) batang yang mata tunasnya rusak tidak dapat digunakan sebagai bibit, (2) stek dengan 1-2 mata tunas produktif dan sehat dapat ditanam sebagai bibit, (3) batang yang bukunya panjang tidak baik untuk bibit (peluang tumbuh tunas terbatas), dan (4) batang dengan ruas pendek sebagai sumber bibit yang baik (peluang tumbuhnya tunas tinggi). Batang ubikayu mempunyai cabang reproduktif dan lateral.

Cabang reproduktif. Ubikayu merupakan tanaman dengan cabang simpodial (batang yang tidak akan tumbuh lurus ke atas apabila sudah muncul cabang). Batang utama dibedakan menjadi: (a) dua bagian (*dichotomous*), (b) tiga bagian (*trichotomous*), dan (c) empat bagian (*tetrachotomous*), sehingga dapat menghasilkan cabang sekunder. Cabang sekunder menghasilkan cabang lain dengan bunga di setiap titik percabangan, dan oleh karena itu disebut cabang reproduktif (Gambar 18).

Bentuk percabangan ubikayu bervariasi, bergantung pada varietas dan elevasi. Pada elevasi kurang dari 800 m dpl hanya varietas terlentu yang dapat bercabang reproduktif. Pada ketinggian ≥ 1000 m dpl., semua varietas dapat bercabang reproduktif. Terdapat dua kelompok varietas yaitu yang bercabang setelah berumur lebih dari enam bulan dan mulai bercabang pada umur 4-5 bulan. Setiap batang utama yang telah berkembang akan menghasilkan 2-3 cabang secara bersamaan. Untuk varietas yang percabangannya terjadi setelah umur enam bulan, setiap cabang tidak bercabang lagi. Untuk varietas yang percabangannya mulai umur 4-5 bulan, setiap cabang akan menghasilkan 2-3 cabang lagi, demikian seterusnya. Pada varietas lain bentuk percabangan tidak tetap. Pada elevasi lebih dari 800 m dpl semua varietas akan bercabang pada umur kurang dari enam bulan, sehingga setiap cabang akan terus bercabang.

Tinggi cabang awal dan sudut antara cabang pertama dan batang utama juga merupakan karakter penting. Karakter tersebut menentukan tipe percabangan, yang bervariasi dari horisontal ($\pm 90^\circ$) hingga tegak (25°) (Gambar 18).

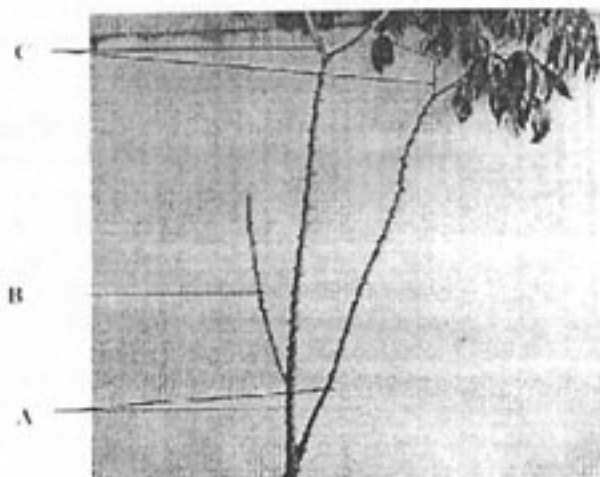


Gambar 18. Bentuk sudut percabangan ubikayu (Sumber: CATIE 1980 dalam Carlos 1984).

Varietas yang bercabang reproduktif sejak umur 3-5 bulan, atau pada saat tinggi tanaman sekitar 50 cm, tidak sesuai untuk usahatani subsisten maupun komersial karena memerlukan tenaga ekstra dalam pemeliharaan dan panen. Varietas yang sesuai untuk usahatani adalah yang tidak bercabang reproduktif setelah tanaman berumur tujuh bulan (Gambar 19).

Cabang lateral. Cabang lateral biasanya jarang terbentuk dan kalau pun ada bergantung pada populasi tanaman, kondisi iklim, dan varietas yang ditanam. Cabang lateral merupakan cabang yang muncul dari kuncup axillary dari batang utama. Pada umumnya cabang lebih kurus dari batang utama, dengan internodia lebih panjang yang disebabkan oleh adanya kompetisi dalam memperoleh cahaya matahari dengan batang utama. Secara genetis terdapat beberapa varietas yang bercabang lateral dan periodik, walaupun pada kondisi lingkungan normal (misalnya varietas Muara). Pada kondisi terjadi gangguan lingkungan biotik dan abiotik semua varietas memiliki cabang lateral (Gambar 19).

Struktur batang ubikayu merupakan tipikal tanaman dikotil. Lapisan pertama adalah epidermis, di bawahnya korteks yang diikuti oleh lapisan lignin atau kayu, dan bagian tengah batang merupakan inti yang tersusun dari sel parenkim. Diameter batang bertambah dengan meningkatnya



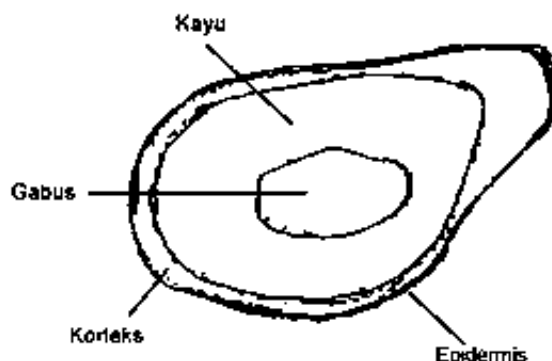
Gambar 19. Keragaan batang utama tunas, cabang lateral dan produktif.

Keterangan:

A: Tunas/batang utama

B: Cabang lateral

C: Cabang reproduktif



Gambar 20 Struktur bagian dalam batang ubikayu.

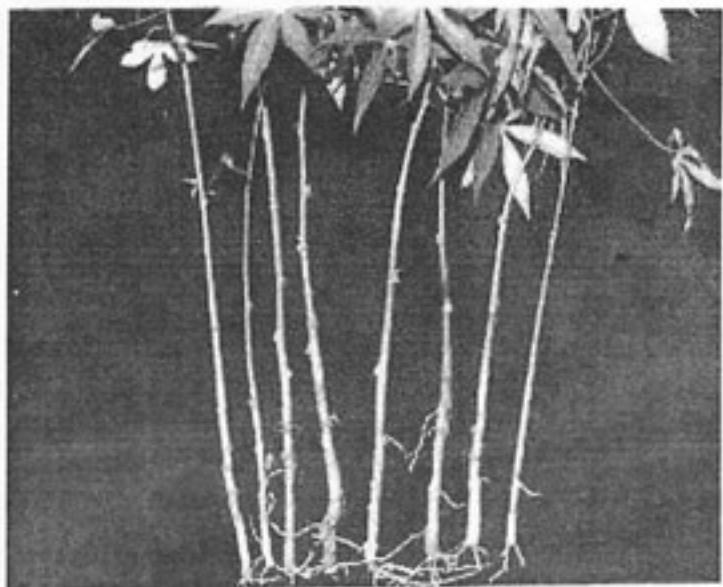
akumulasi xilim, yang akan menjadi kayu setelah batang mengalami penuaan (Gambar 20).

Akar

Akar ubikayu mempunyai dua fungsi, yaitu (1) sebagai penyerap hara dan air, dan (2) penyimpan fotosintat. Akar yang berfungsi menyerap hara dan air dari dalam tanah disebut akar serat (*fibrous roots*) dan akar yang berfungsi menyimpan fotosintat disebut akar ubi (*tuberous roots*). Oleh karena itu akar ubi mempunyai nilai ekonomi tinggi.

Tanaman yang diperbanyak secara vegetatif (dengan stek), akar serabut tumbuh dari kalus (pangkal stek) yang selanjutnya berkembang menjadi akar serat dan akar ubi. Tanaman yang diperbanyak secara generatif (dengan biji), akar serabut tumbuh pada akar tunggang (Gambar 21). Pada kondisi dan pengelolaan optimal, akar serabut tumbuh cepat dan berperan sebagai akar serat dan akar ubi, sedangkan akar tunggang rudimenter. Pada kondisi tidak optimal, akar tunggang juga berfungsi sebagai akar ubi dan akar serat.

Akar serat yang berubah fungsi sebagai akar ubi jumlahnya relatif sedikit, berkisar antara 5-10 akar ubi tiap tanaman. Perubahan fungsi tersebut dimulai pada saat tanaman berumur sekitar tiga minggu (Wargiono 1979). Kepadatan akar di dalam tanah pada lapisan olah dan lapisan yang lebih dalam (40 cm dan 60 cm) relatif rendah, masing-masing 25.000 dan 15.000 mm³/mm³. Namun sekitar 500-1000 mm³/mm³ dari akar tersebut dapat berpenetrasi ke strata yang basah untuk mendapatkan air sampai kedalaman lebih dari 2,5 m. Oleh karena ubikayu mampu mendapatkan air sampai kedalaman lebih dari 2,5 m, maka ubikayu mampu bertahan hidup pada kondisi kering atau toleran terhadap kekeringan.



Gambar 21. Sistem perakaran ubikayu yang benih atau bibitnya berasal dari stek.

Agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal maka akar serat harus mampu menyerap hara dari dalam tanah secara optimal dan efisien. Salah satu faktor yang menentukan tingkat efisiensi penyerapan hara adalah tingkat kepadatan akar di tanah lapisan olah. Tingkat kepadatan akar ubikayu dapat ditingkatkan melalui pemupukan dan tumpangsari dengan tanaman berumur pendek seperti padi gogo dan aneka kacang. Sistem tumpangsari juga besar kontribusinya terhadap upaya perbaikan fisik dan kimia tanah, sehingga dapat memacu pertumbuhan akar rambut.

Distribusi akar dipengaruhi olah cara tanam dan pemotongan stek. Stek yang dipotong rata dan runcing pada bagian pangkalnya bila ditanam dengan posisi vertikal, akarnya terdistribusi merata ke seluruh jurusan. Stek yang ditanam dengan posisi miring, akarnya tidak terdistribusi secara merata. Stek yang ditanam dengan posisi mendatar, akarnya tumbuh pada bagian ujung dan pangkal stek dan ruas stek yang tunasnya tumbuh. Dengan cara ini kepadatan akar seratnya lebih tinggi namun akar ubinya tidak dapat berkembang secara sempurna, karena ubi yang terbentuk banyak dan daun dari batang banyak sehingga indeks luas daun tidak optimal. Stek yang dipotong miring pada bagian pangkal batang, akarnya juga tidak terdistribusi secara merata, baik yang ditanam secara vertikal maupun miring (Wargiono 1979).

Akar ubi (*tuberous roots*) mempunyai morfologi dan anatomi yang identik dengan akar serabut (*fibrous-roots*). Perbedaan utamanya adalah akar ubi langsung berubah pertumbuhannya, yaitu dari longitudinal menjadi radikal pada saat akumulasi pati dimulai.

Ubi

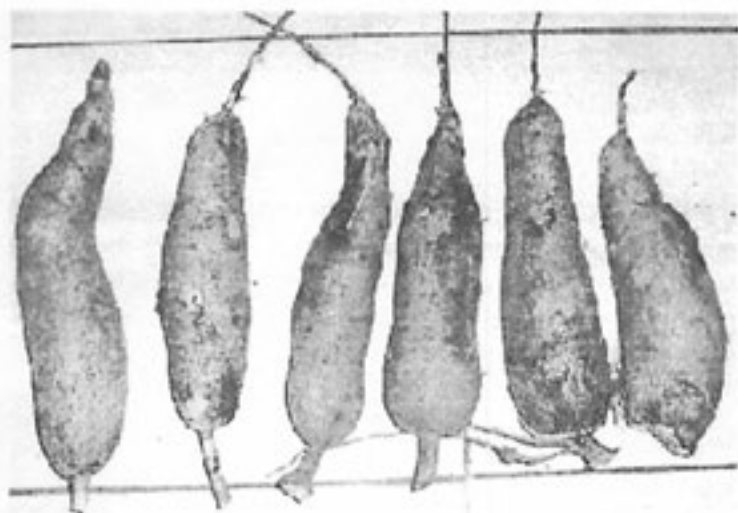
Ubi (*roots*) berbeda dengan umbi (*tuber*). Secara anatomis ubi (*ubikayu*) tidak berbeda dengan akar. Baik pada ubi maupun akar tidak terdapat mata tunas pada lapisan epidermis yang berfungsi sebagai organ reproduktif secara vegetatif. Oleh karena itu, ubikayu tidak dapat diperbanyak melalui ubi atau akar. Pada ubijalar dan aneka umbi (*Dioscorea*, *Cana*, *Marantha*, *Calocasia*, *Alocasia* dll.) terdapat mata tunas pada lapisan epidermis, baik pada umbi maupun akar. Oleh karena itu, umbi dan akar merupakan organ reproduktif secara vegetatif.

Berdasarkan perbedaan anatomis antara ubi dan umbi tersebut maka salah satu kesepakatan yang dihasilkan dalam *International Symposium on Root and Tuber Crops* di Louisiana, Amerika Serikat pada tahun 1991 adalah pembakuan istilah, yaitu *roots* untuk ubi dari ubikayu dan *tuber* untuk umbi dari ubijalar dan aneka umbi lainnya. Pembakuan juga dilakukan terhadap penulisan, *sweetpotato/ubijalar* (bukan *sweet potato/ubi jalar*) karena kentang yang manis bukan ubijalar. Demikian juga untuk ubikayu/*cassava* (bukan ubi kayu), karena tidak dikehendaki oleh produsen dan konsumen ubi yang mengayu/berkayu.

Sifat-sifat dan anatomi ubi. Secara umum perkembangan dan sifat ubi berbeda dengan aneka umbi. Secara eksternal, bagian dari ubi adalah tangkai (*neck*) pada bagian pangkal, ubi dan ekor atau serat pada bagian ujung. Tangkai ubi sangat bervariasi, mulai dari tidak bertangkai (kurang dari 1 cm) sampai yang memiliki tangkai yang panjang (lebih dari 6 cm). Ubi terdiri atas kulit luar, kulit dalam, daging dan empulur (Gambar 22).

Kulit luar terbentuk dari peridermis dan korteks. Peridermis terbangun dari sel-sel gabus mati yang membungkus seluruh kulit ubi. Dengan bertambah besarnya ubi, peridermis akan membentuk retakan-retakan longitudinal. Retakan tersebut merupakan ciri khas kulit ubi.

Warna dasar peridermis berbeda antar-varietas, yaitu putih, abu-abu, coklat cerah, dan coklat gelap. Permukaan kulit ubi umumnya rata, berlekuk, dan benjol-benjol. Di bawah peridermis terdapat lapisan korteks dengan ketebalan 1-2 mm yang warnanya berbeda antar-varietas, yaitu putih, kuning, krem, jingga, dan kemerahan hingga ungu. Lapisan korteks terbangun dari sklerenkim, parenkim, dan pembuluh *floem*. Di dalam kulit terdapat *cyanogenic glucoside* yang terformulasikan dalam asam hidrosianik (HCN)



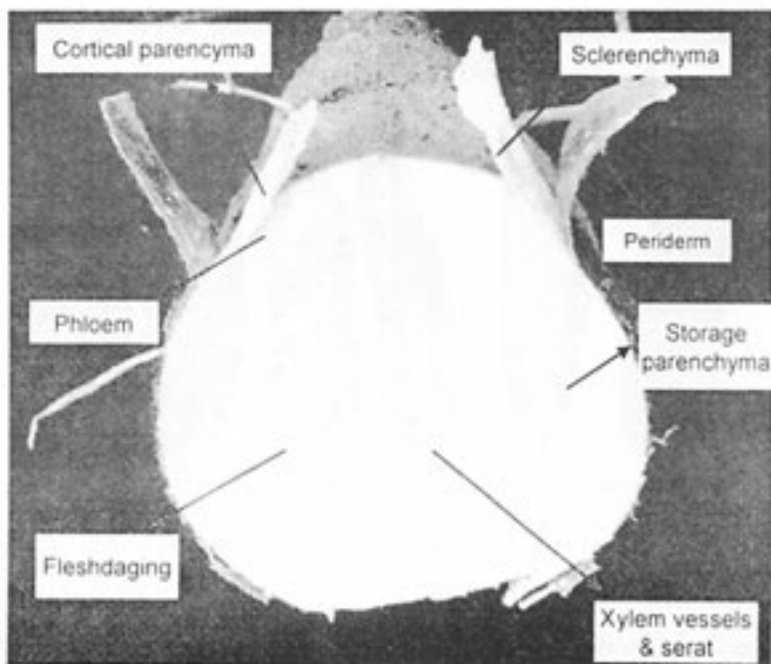
Gambar 22. Anatomi dan bentuk ubi.

dan pada ubi muda terdapat pembuluh lateks. Di bawah phloem terdapat lapisan kambium.

Daging ubi merupakan masa yang solid yang tersusun dari jaringan xilem sekunder yang berasal dari kambium sekeliling daging ubi (Gambar 22). Daging ubi mengandung pati yang berlimpah dalam bentuk granula bulat. Bagian tengah ubi merupakan barisan dari pembuluh parenkhim xilem yang keras dalam bentuk inti yang berserat. Ukuran inti berbeda antar-varietas dan dipengaruhi oleh iklim dan proses pertumbuhannya. Bentuk dan ukuran ubi sangat bervariasi, di mana kondisi lingkungan saat ubikayu tumbuh merupakan faktor utama yang mempengaruhi bentuk dan ukuran ubi. Bentuk dasar dan ukuran ubi adalah panjang/silindris, gemuk, pendek, sedang, dan kombinasinya.

Sebaran ubi pada tanaman dipengaruhi oleh cara atau posisi penanaman stek. Ubi yang berasal dari stek yang ditanam dengan posisi vertikal tersebar merata mengelilingi daerah perakaran. Ubi yang berasal dari stek yang ditanam dengan posisi miring 60° hanya terkonsentrasi di daerah perakaran pada sudut 60° . Stek yang ditanam dengan posisi horizontal, ubinya tidak teratur, yaitu di bagian pangkal, tengah (setiap mata tunas), dan ujung stek (Gambar 23).

Penggunaan daging ubi sebagai sumber kalori cukup prospektif karena mempunyai banyak kelebihan. Ubi mengandung gizi makro yang tinggi (kecuali protein), sementara gizi mikronya lebih tinggi dibandingkan dengan



Gambar 23. Struktur bagian dalam umbi ubikayu.

beras (padi), sesuai dengan angka kecukupan gizi berdasarkan kesetaraan kalori (Ditgizi 2006). Pati ubi termasuk kelompok granula resisten alami, dan bila dikonsumsi berperan sebagai probiotik yang berfungsi sebagai (1) sumber energi saluran pencernaan, (2) menstimulasi pertumbuhan bakteri yang menguntungkan, dan (3) menurunkan kadar gula darah (Munarso 2004). Pati juga dapat diproses menjadi gula fruktosa yang bila dikonsumsi dapat menghasilkan energi tanpa bantuan insulin, sehingga sesuai untuk penderita diabetes. Dengan demikian daging ubi merupakan sumber pangan bergizi tinggi yang dapat membugarkan tubuh konsumen.

Perkembangan ubi. Perubahan fungsi akar serat (*fibrous roots*) menjadi akar ubi (*tuberous roots*) mulai tampak jelas pada saat tanaman berumur sekitar tiga minggu. Akar bagian pangkal menjadi tangkai ubi, bagian tengah menjadi ubi dan bagian ujung tetap berfungsi menyerap hara dan air dari dalam tanah. Jumlah akar ubi berkisar antara 5-10/tanaman. Untuk tanaman yang berasal dari biji, akar tunggang otomatis menjadi akar ubi dan disusul oleh 2-3 akar ubi lainnya.

Secara morfologis dan anatomis tidak terdapat perbedaan antara akar serabut/serat dan akar ubi. Perbedaan yang esensial adalah arah

pertumbuhan, akar ubi berubah dari longitudinal menjadi radikal bila akumulasi pati sudah mulai dan pertumbuhan longitudinalnya terhenti. Supaya dapat tumbuh secara sempurna maka akar ubi harus berada di dalam tanah berstruktur remah (gembur) agar dapat mendukung proses pertumbuhan radikal.

Fotosintat dalam bentuk pati di dalam ubi terus meningkat sejalan dengan bertambahnya umur tanaman hingga mencapai kadar tertinggi dan berbeda untuk tiap varietas. Berdasarkan kadar pati tertinggi dapat dilakukan pengelompokan varietas berdasarkan umur panen, yaitu (1) genjal (7-8 bulan), (2) sedang (9-10 bulan), dan (3) dalam (lebih dari 10 bulan). Pada kondisi normal, kadar pati tidak menurun walaupun panennya ditunda, sedangkan bobot ubinya meningkat. Oleh karena itu, penundaan umur panen dapat meningkatkan hasil, baik berupa pati dan gaplek maupun ubi segar, sehingga ubikayu memiliki umur panen yang fleksibel.

Pada saat panen, bobot/ukuran ubi suatu varietas beragam bila fisik tanah tidak seragam, namun terdapat kesamaan bentuk ubi karena kesamaan sifat genetis. Secara genetis, bentuk ubi dapat dibedakan menjadi enam kelompok, yaitu (a) gemuk pendek dengan leher (angkai ubi) pendek atau fusiform, (b) gemuk panjang dengan tangkai ubi sedang, (c) panjang agak kurus dengan tangkai ubi sedang atau cylindrical-conical, (d) panjang agak kurus dengan tangkai ubi sedang sampai panjang, (e) kurus panjang dengan tangkai ubi sedang atau conical, dan (f) kurus panjang dengan tangkai ubi panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlos, E.D. 1984. Morphology of the cassava plant. Study Guide. CIAT. Cali, Colombia.
- Direktorat Gizi. 2006. Komposisi gizi bahan pangan. Puslitbang Gizi, Bogor.
- Huzyo, Y., M. Megawati, and J. Wargiono. 1984. Plant production and potential productivity of cassava. Contr. Cent. Res. Inst. for Food Crops, Bogor.
- Jennings, D.L. 1963. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava and the effect of interspecific crossing on fertility. Euphytica 12:69-76.
- Kawano, K., A. Amaya, P. Daza, and M. Rios. 1978. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. Crop Sci. 17:373-376.
- Mangoon, M.L., R. Krishnan, and K.V. Bai. 1969. Morphology of pachytene chromosomes and meiosis in *Manihot esculenta* Crantz. Cytologia 34:612-625.

- Munarso, S.J. 2004. Pati resisten dan peluang perbaikan mutu pangan tradisional. Pros. Semnas Peningkatan Daya Saing Pangan Tradisional. BB Litbang Pascapanen Pertanian. Bogor. p. 229-234.
- Rajendran, P.G., C.S. Ravindran, S.G. Nair, and T.V.R. Nayar. 2000. True cassava seeds (TCS) for rapid spread of the crop in non-traditional areas. Central Tuber Crops Research Institute. Kerala. India.
- Sreekumari, M.T., K. Abraham, and S.G. Nair. 2000. Triploidy breeding in cassava. Central Tuber Crops Research Institute. Kerala. India.
- Tjitrosoepomo, G. 1988. Morfologi tumbuhan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- van Steenis, C.G.G.J. 1988. Flora. Dalam: M. Sorjowinoto *et al.* (Penerjemah). Cetakan ke-5. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Wargiono, J. 1979. Ubikayu dan cara bercocok tanamnya. LP3. Bogor.

Pemuliaan Tanaman

T. Sundari

INTERAKSI GENOTIPE DENGAN LINGKUNGAN

Salah satu tujuan pemuliaan tanaman adalah mendapatkan varietas unggul adaptif spesifik agroekologi. Potensi genetik varietas unggul dapat terekspresi bila penanamannya pada lingkungan optimal. Lingkungan tumbuh optimal, baik secara alamiah maupun rekayasa agronomis, tidak selalu dapat terwujud, sedangkan tanggap varietas terhadap kondisi lingkungan yang tidak optimal cukup variatif. Lingkungan tumbuh di sentra produksi ubikayu tidak optimal, sehingga rekayasa genetik dalam perakitan varietas unggul yang adaptif terhadap lingkungan tumbuh yang kurang optimal menjadi penting dalam upaya peningkatan produksi. Di lain pihak, perakitan varietas unggul untuk kondisi lingkungan tumbuh optimal juga penting dalam upaya mendorong usahatani dan komersialisasi secara berkelanjutan melalui pendekatan pengelolaan tanaman terpadu (PTT).

Aspek Lingkungan

Cekaman lingkungan, baik abiotik maupun biotik, merupakan faktor yang paling mempengaruhi kesenjangan hasil antara potensi genetik dengan hasil aktual (Blum 1982). Cekaman lingkungan abiotik di antaranya kekeringan, keracunan dan kahat hara, dan tingkat kesuburan tanah yang rendah. Cekaman biotik adalah gangguan hama, penyakit, dan gulma. Lingkungan optimal didefinisikan sebagai lingkungan tumbuh tanpa cekaman biotik dan abiotik. Sebaliknya, lingkungan bermasalah didefinisikan sebagai lingkungan tumbuh dengan satu atau lebih hambatan, baik biotik, maupun abiotik yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman hingga tidak dapat berproduksi optimal.

Setiap organisme memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap lingkungan untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Oleh karena itu, pemuliaan tanaman bertujuan untuk merakit varietas unggul yang adaptif terhadap lingkungan bermasalah dengan memanfaatkan mekanisme tanaman untuk mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan tumbuh.

Respon Varietas terhadap Lingkungan

Ubikayu merupakan salah satu tanaman pangan yang dapat diperbanyak secara vegetatif (stek) dan generatif (biji). Perbanyakan vegetatif menghasilkan individu yang serupa dengan induknya, sehingga lebih mudah dan lebih ekonomis dibandingkan dengan perbanyakan secara generatif (Abelardo Castro 1980). Perbanyakan secara generatif, proses produksi biji membutuhkan waktu cukup lama, dan biji yang dihasilkan tiap tanaman mempunyai sifat yang heterosigositasnya tinggi, sehingga populasi tanaman heterogen dan berbeda dengan induknya. Namun perbanyakan dengan biji dari hasil persilangan buatan (*hand polination*) dan persilangan bebas (*open polination*) dalam kegiatan pemuliaan tanaman tetap diperlukan untuk mendapatkan populasi dasar (F1) sebagai bahan seleksi dalam upaya mendapatkan varietas unggul dengan karakter yang diinginkan. Perbanyakan varietas unggul tersebut harus secara vegetatif agar karakter yang diinginkan seperti (1) berpotensi hasil tinggi, (2) adaptif terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik, dan (3) konsistensi penampilannya pada berbagai lingkungan dapat dipertahankan.

MASALAH DAN MEKANISME

Masalah dan Potensi

Tujuan program pemuliaan tanaman antara lain adalah memecahkan masalah yang berkaitan dengan ekologi, kegunaan, ketahanan/toleransi, umur panen, pola tanam, dan referensi petani/konsumen, yang selanjutnya diarahkan untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas.

Ubikayu umumnya dibudidayakan pada lahan suboptimal, yang dicirikan oleh dominasi iklim yang kering, kadar hara makro dan organik rendah, pH rendah (masam) dan pH tinggi (alkalin) serta kadar Al tinggi. Oleh karena itu, pemuliaan ubikayu diarahkan kepada perbaikan genetik untuk meningkatkan potensi hasil, kadar pati, dan mengembangkan genotipe yang konsisten penampilannya di berbagai lingkungan, baik lingkungan normal maupun bermasalah seperti pada lahan suboptimal beriklim kering.

Sifat gen unggul yang akan dimasukkan ke dalam varietas unggul yang stabil dan adaptif terhadap lingkungan normal dan bermasalah melalui persilangan tersebut adalah:

1. Umur genjah, merupakan pendekatan untuk memanfaatkan ketersediaan air terbatas di lingkungan dengan periode basah (musim hujan) yang pendek, dan meningkatkan intensitas panen. Varietas tersebut dapat ditanam dua kali per tahun (MH dan MK) di daerah

beriklim basah karena dapat dipanen pada umur enam bulan dengan kadar pati yang sudah optimal.

2. Tahan terhadap gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT), terutama hama dan penyakit utama yang merupakan komponen penting dalam pengelolaan tanaman terpadu, sehingga berpotensi diadopsi petani karena tidak memerlukan tambahan biaya dan mudah dilakukan.
3. Efisien dan responsif terhadap pemupukan, sehingga dapat meningkatkan keuntungan karena hasilnya tinggi, sementara biaya produksinya relatif murah.
4. Toleran kekeringan atau efisien dalam memanfaatkan air, sehingga potensial dikembangkan di wilayah beriklim kering, atau tanam dapat dilakukan mulai awal sampai akhir musim hujan di wilayah beriklim basah agar panen dapat berlangsung sepanjang tahun.
5. Pertumbuhan cepat pada fase awal (umur 2-10 minggu) agar mampu berkompetisi dengan tanaman sela dalam pola tumpangsari.
6. Tidak bercabang reproduktif atau bercabang setelah tanaman berumur tujuh bulan untuk menekan biaya pemeliharaan dan panen serta potensial dikembangkan dalam pola tumpangsari.
7. Kadar bahan kering, pati, dan gula reduksi tinggi agar secara teknis layak digunakan sebagai bahan baku industri tepung, tapioka, etanol, aneka gula, dan industri yang lebih hilir.

Keberhasilan memasukkan gen-gen unggul tersebut dipengaruhi oleh jumlah varietas dari tetua yang tersedia di bank plasma. Oleh karena itu, plasma nutfah yang memiliki gen unggul perlu dimanfaatkan dalam perakitan varietas unggul.

Peranan Plasma Nutfah

Koleksi plasma nutfah ubikayu merupakan sumber genetik yang penting artinya dalam program pemuliaan. Koleksi plasma nutfah terdiri atas varietas liar, varietas unggul, varietas lokal, varietas introduksi, dan populasi/galur yang terawat dan teridentifikasi dengan baik. Di samping sebagai sumber gen unggul, koleksi plasma nutfah juga dapat berfungsi sebagai varietas cadangan yang memiliki arti strategis dan setiap saat dapat digunakan apabila terjadi kerapuhan ketahanan suatu genotipe terhadap gangguan lingkungan biotik maupun abiotik, pada saat varietas baru yang sesuai belum terbentuk. Pemeliharaan plasma nutfah meliputi inventarisasi dan dokumentasi, peremajaan, penyimpanan bibit jangka panjang dalam bentuk kultur jaringan di ruang dingin, dan pemantauan daya tumbuh bibit di ruang simpan. Bibit ubikayu dalam bentuk stek akan mati bila penyimpanannya di ruang dingin. Oleh karena itu, koleksi plasma nutfah ubikayu perlu

dilestarikan dengan cara menanamnya di lapangan. Dengan demikian koleksi plasma nutfah selalu tersedia untuk dimanfaatkan.

Dasar Genetik

Spesies *Manihot* mempunyai jumlah kromosom $2n = 36$. Berdasarkan hasil studi miosis disimpulkan bahwa spesies ini merupakan Allopolyploid (Jennings 1963), termasuk segmental allopolyploid (Mangoon *et al.* 1969).

Heterosigositas tanaman ini sangat tinggi, sehingga dalam program hibridisasi mudah diperoleh biji-biji yang susunan genetiknya sangat beragam. Dari hibridisasi juga mudah memperoleh biji yang jumlahnya banyak dan genotipnya superior (Kawano *et al.* 1978).

Terdapat beberapa sifat tanaman ubikayu yang diketahui dikendalikan oleh gen sederhana dan dapat dibedakan sifat resesif dan dominannya (Hershey dan Ocampo 1989). Sifat-sifat tersebut di antaranya adalah warna daun normal (dominan), warna daun albino (resesif), batang lurus (dominan), batang zig-zag (resesif), warna daging ubi kuning (dominan) dan putih (resesif), bentuk tepi helaian daun berlekuk (dominan) dan lurus (resesif).

Prosedur Pembentukan Varietas Unggul

Prinsip perbaikan sifat-sifat varietas ubikayu secara sederhana adalah memunculkan keragaman genetik terhadap karakter-karakter yang akan diperbaiki dan mencari sumber gen yang diperlukan.



Gambar 1. Prosedur pemuliaan tanaman ubikayu.

Pembentukan Populasi Dasar (F1)

Dalam pembentukan populasi dasar perlu memperhatikan keragaman genetik yang luas untuk karakter-karakter yang diperbaiki. Keragaman populasi dasar dapat dihasilkan melalui pemanfaatan koleksi varietas liar, lokal, introduksi, dan hasil persilangan dengan keragaman genetik yang luas.

Pembentukan populasi F1 dilakukan melalui cara konvensional yang meliputi penyilangan buatan atau *hand polination* (tetua jantan dan betina dipilih) dan penyilangan terbuka atau *open polination* (tetua betina dipilih tetapi tetua jantannya bebas), dan nonkonvensional (poliploidi, mutasi, dan kultur jaringan).

Persilangan

Meskipun penyilangan buatan dan terbuka dianggap sebagai cara yang konvensional, tetapi sebagian besar varietas unggul ubikayu berasal dari hasil persilangan konvensional. Tujuan persilangan adalah untuk mendapatkan gabungan gen-gen terbaik dari tetuanya, sehingga diperoleh varietas unggul adaptif, baik spesifik agroekologi maupun agroekologi yang berbeda (nasional).

Pembentukan populasi F1 melalui penyilangan dapat dikelompokkan ke dalam dua tahap, yaitu: (1) perencanaan, dan (2) pelaksanaan penyilangan.

Perencanaan. Tahap perencanaan meliputi pemilihan tetua dan perumusan tujuan persilangan, yang jelas perlu ditunjang oleh (1) sumber gen yang memadai, (2) cara persilangan (terkendali dan bebas), dan (3) cara seleksi. Sumber genetik dapat dibedakan ke dalam dua kelompok, yaitu sumber genetik yang sudah diketahui ciri dan latar belakang genetiknya, dan sumber genetik yang belum diketahui ciri dan latar belakang genetiknya. Untuk sumber genetik yang sudah diketahui ciri dan latar belakang genetiknya dapat digunakan dalam persilangan terkendali (*hand polination*), sedangkan untuk yang belum diketahui ciri dan latar belakang genetiknya digunakan dalam persilangan terbuka (*open polination*).

Sebelum penyilangan terlebih dahulu dilakukan seleksi tetua sesuai dengan tujuan program pemuliaan. Apabila tetua sudah didapatkan, persilangan dapat difasilitasi dengan menentukan genotipe yang akan digunakan sebagai tetua betina atau jantan secara hati-hati.

Untuk menentukan dan memilih sumber genetik perlu dilakukan identifikasi dan evaluasi (Cock 1985, Hersey 1985) untuk selanjutnya

diberdayakan melalui persilangan (Kawano 1985 dan Bueno 1985), seleksi, uji daya hasil, dan uji daya adaptasi (Hersey 1988).

Pemilihan tetua berdasarkan ciri dan latar belakang genetik hasil identifikasi dan seleksi terhadap plasma nutfah ubikayu yang telah dilakukan di Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) adalah:

1. Sumber genetik tahan hama tungau merah (*Tetranychus bimaculatus*): MLG 10075, DHL 12 dan MLG 10077 (Wahyuni 1999).
2. Sumber genetik potensial untuk tanah masam: CMM 95014-13 (Sundari *et al.* 2000).
3. Sumber genetik potensial lahan suboptimal: MLG 10027, MLG 10032, MLG 10033, MLG 10067, MLG 10089, MLG 10095, MLG 10112, MLG 10197, MLG 10231, Faroka dan CMM 95014-13 (Sundari *et al.* 1999 dan 2000).
4. Sumber genetik potensi hasil tinggi: MLG 10033, MLG 10055, MLG 10032, MLG 10004, MLG 10212, MLG 10153 dan MLG 10012 (Sundari *et al.* 2000).
5. Sumber genetik rasa enak: Valenca, MLG 10128, MLG 10007, MLG 10021, MLG 10018 dan MLG 10020 (Ginting 1997).
6. Sumber genetik kadar pati dan gula reduksi tinggi, umur genjah adalah CMM 99008-3, CMM 99008-4, UJ-5, Adira-1, Adira-4, Malang 0331, dan lokal Bali.

Klon-klon tersebut digunakan sebagai sumber gen dalam persilangan yang bertujuan untuk merakit varietas unggul ubikayu dengan potensi hasil tinggi, rendemen tapioka dan ethanol tinggi, umur genjah, sedang atau dalam, dengan penampilan yang konsisten di berbagai lingkungan, baik lingkungan normal maupun bermasalah.

Pelaksanaan. Persilangan merupakan upaya penggabungan gen-gen penentu karakter-karakter yang diinginkan ke dalam genotipe atau varietas yang sudah ada untuk membentuk populasi dasar dengan variabilitas genetik tinggi, sebagai bahan seleksi untuk merakit varietas unggul baru.

Cara penyilangan. Tanaman ubikayu merupakan tanaman menyerbuk silang. Penyilangan dapat dilakukan dengan cara (a) buatan (*hand polination*) dan (b) terbuka (*open polination*).

Persilangan buatan. Persilangan buatan adalah yang proses penyerbukan tanaman berlangsung atas bantuan manusia. Persilangan buatan pada tanaman ubikayu dapat dengan mudah menghasilkan biji yang susunan genetiknya amat beragam, karena tanaman ini mempunyai heterosis yang tinggi. Populasi F1 hasil persilangan ubikayu memiliki tingkat keragaman yang tinggi karena berasal dari tetua heterosis (Kawano *et al.* 1978).

Persilangan buatan pada tanaman ubikayu relatif mudah, karena bunga jantan dan betina terpisah secara jelas dalam satu malai dan membuka pada waktu tidak bersamaan (Bueno 1985, Wargiono 1979). Karakteristik bunga yang perlu dicermati (Wargiono 1979) dalam pelaksanaan persilangan adalah:

- Malai bunga tumbuh di setiap ketiak (pangkal) percabangan reproduktif yang tumbuh setiap 3-4 minggu,
- Bunga betina tumbuh lebih dulu dan masak (siap diserbuki) setelah berumur 3-4 minggu,
- Bunga betina mulai mekar sempurna sekitar pukul 08.00, akan layu bila selama 24 jam tidak terjadi penyerbukan dan gugur 10 hari kemudian,
- Penyerbukan yang menghasilkan buah akan masak fisiologis sekitar 135 hari kemudian,
- Bunga jantan dalam satu tangkai atau berbeda tangkai bunga dari setiap pohon, tumbuh dan masak 3-4 minggu lebih lambat dari bunga betina,
- Bunga jantan mulai membuka sekitar pukul 08.00 dan tepungsarinya dapat bertahan hingga 6-7 hari untuk penyerbukan secara normal,
- Bunga jantan atau bunga betina beberapa varietas ubikayu sering tidak normal.

Persiapan persilangan berdasarkan karakteristik bunga tersebut harus dimulai sekitar pukul 07.00 pagi hari pada saat bunga jantan dan bunga betina belum membuka sempurna.

Tahap-tahap pelaksanaan persilangan buatan pada tanaman ubikayu (Wargiono 1979) adalah sebagai berikut:

- Memilih bunga dari tetua betina yang diperkirakan akan membuka pada saat penyilangan. Bunga betina terpilih selanjutnya dibungkus dengan kantung kertas guna menghindari terjadinya persarian bebas (Hershey dan Amaya 1980 *dalam* Bueno 1985). Penutupan bunga betina sebaiknya dimulai pukul 15.00 sehari sebelumnya agar tersedia cukup waktu bila jumlah bunga betina yang ditutup cukup banyak. Pemilihan bunga jantan dan penyilangan dilaksanakan antara pukul 08.00–14.00, karena pada periode tersebut bunga betina membuka sempurna.
- Pengumpulan serbuk sari bunga jantan dilakukan pada pukul 09.00, karena pada saat itu bunga jantan membuka sempurna. Serbuk sari dari setiap tetua jantan dikumpulkan dalam wadah yang berbeda dan masing-masing wadah diberi label dengan identitas tetua jantan yang bersangkutan. Serbuk sari yang sudah terkumpul disimpan pada tempat yang aman dan masih efektif selama enam hari.

- Penyerbukan dilaksanakan pada saat bunga betina membuka sempurna. Pada saat bunga betina yang terpilih membuka sempurna, penyerbukan dilakukan dengan cara menempelkan serbuk sari bunga jantan yang telah dikumpulkan ke kepala putik secara perlahan-lahan.
- Bunga betina yang sudah diserbuki ditutup dengan kantung kertas dan diberi label yang mencatat tanggal penyilangan, tetua betina, tetua jantan, dan jumlah bunga betina yang diserbuki.
- Buah dari hasil persilangan yang sudah tua dan masak, tanaman berumur sekitar 135 sejak hari dilakukannya persilangan (Wargiono 1979, Byrne 1984,). Untuk menghindari hilangnya biji maka, buah dibungkus dengan kantung kertas tahan air. Biji hasil panen selanjutnya diproses, yang kemudian digunakan sebagai materi untuk ditanam dalam seleksi tanaman tunggal.

Keberhasilan persilangan buatan sangat beragam, berkisar antara 15-90% (Sholihin 1996). Tingkat keberhasilan persilangan buatan ditentukan oleh kondisi bunga jantan yang digunakan dalam persilangan. Bunga jantan yang digunakan sebaiknya yang baru membuka (Kawano 1980).

Penyilangan terbuka. Penyilangan terbuka (*open polination*) adalah persilangan yang penyerbukannya terjadi secara alami baik oleh agensia biotik maupun abiotik. Penyilangan terbuka dibedakan menjadi dua, yaitu: persilangan terbuka yang terjadi secara alami dan penyilangan terbuka yang dikendalikan.

Keturunan dari penyilangan terbuka yang terjadi secara alami dari dua kultivar sebagian besar merupakan hasil persilangan sendiri dan rata-rata hasilnya rendah (Kawano *et al.* 1978). Oleh karena itu, tetuanya harus banyak agar diperoleh keturunan yang hasilnya tinggi.

Penyilangan terbuka terkendali, dapat dilakukan di antara tetua terseleksi dan ditempatkan pada lokasi terisolir untuk meningkatkan laju persilangan secara alami dan mengurangi terjadinya penyilangan sendiri yaitu tetua betina dan jantan ditanam dalam barisan yang berselang-seling (Hahn *et al.* 1979, Wargiono 1979).

Individu tanaman yang diperoleh dari penyilangan buatan dapat diketahui kedua induknya, sedangkan individu dari penyilangan terbuka hanya diketahui tetua betinanya saja.

Poliploid

Manipulasi ploidi memberikan peluang besar pada pemulia untuk memindahkan gen di antara ploidi dan dari spesies liar ke ubikayu. Poliploid buatan telah digunakan sebagai tahapan dalam proses transfer karakter

penting seperti ketahanan terhadap cekaman lingkungan biotik dan abiotik dari satu spesies ke spesies lain. Poliploidi juga memungkinkan bagi pemulia untuk memproduksi tipe baru dengan karakter baru.

Ubikayu mempunyai hampir semua ciri-ciri penting yang dibutuhkan untuk menunjang keberhasilan pemuliaan melalui poliploidi, karena perbanyakan ubikayu secara vegetatif, sehingga fertilitas bukan merupakan faktor penentu (Sreekumari *et al.* 2000). Peluang penggunaan poliploidi dalam pemuliaan ubikayu cukup besar.

Poliploidi pada tanaman ubikayu dapat dicapai dengan menggunakan Cholchicine yang diaplikasikan pada maristem apikal. Cara ini berhasil mengembangkan tanaman dari diploid ($2n=36$) menjadi tetraploid ($4n=72$). Keturunan tetraploid mengalami penurunan fertilitas dan set biji secara nyata dibandingkan keturunan diploid. Sterilitas pollen pada tetraploid mencapai 62-78% (Sreekumari *et al.* 2000). Namun, tanaman tetraploid mempunyai kelebihan yaitu lebih tahan terhadap CMD (*cassava mosaic disease*) dan kandungan proteinnya lebih tinggi dibandingkan tanaman diploid (Byrne, 1984). Kondisi tersebut memberikan gambaran bahwa upaya mendapatkan varietas berkadar protein tinggi dan tahan terhadap bakteri (CBB) dapat dilakukan melalui poliploidi.

Triploid ($3n=54$) dapat diproduksi melalui penyilangan antara betina tetraploid dengan jantan diploid (Bueno 1985). Tingkat keberhasilan triploid berkisar antara 6,4-57,1% (Sreekumari *et al.* 2000). Sterilitas pollen pada tanaman triploid mencapai 95,8%. Triploidi juga dapat dimanfaatkan dalam pemuliaan setelah teridentifikasi keunggulannya.

Mutasi

Mutasi dapat dilakukan terhadap stek, biji, dan pollen ubikayu untuk meningkatkan variabilitas genetik. Secara umum radiasi meningkatkan laju mutasi dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman mutan (Bueno 1985). Dengan demikian mutasi ke arah positif juga dapat dimanfaatkan dalam pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas unggul.

Kultur Jaringan

Kultur embrio merupakan salah satu teknik untuk perbanyakan spesies yang sulit berkecambah. Kultur embrio telah dicoba pada beberapa spesies *Manihot* dan berhasil. Pada kultur pollen dan kultur anther, yang diamati adalah kalus dan regenerasi akar. Variasi somaklonal dan fusi sel masih memerlukan sistem regenerasi protoplas dan seleksi fusi sel hybrid. Penggunaan kultur jaringan dalam pemuliaan tanaman untuk mendapatkan

varietas unggul belum diprioritaskan, karena pengombinasian gen-gen unggul masih dapat dilakukan secara konvensional.

SELEKSI

Seleksi merupakan pekerjaan yang relatif sulit. Keberhasilan dan kegagalan program pemuliaan tanaman bergantung pada kemampuan pemulia tanaman dalam memisahkan genotipe-genotipe unggul dalam kegiatan seleksi (Musa 1976). Daya hasil tinggi dan penampilan tanaman yang ideal termasuk salah satu kriteria utama dalam seleksi tanaman hasil persilangan. Karena kriteria tersebut lebih bersifat fenotipe, maka potensi terjadinya kekeliruan cukup besar. Untuk memperkecil kekeliruan dalam seleksi berdasarkan penampilan fenotipe tanaman perlu diperhatikan: (a) korelasi genotipe dan fenotipe antarkarakter, (b) lingkungan yang sesuai untuk seleksi karakter yang diinginkan, (c) ciri genetik karakter yang diseleksi, (d) cara seleksi (langsung atau tidak langsung), dan (e) keragaman genetiknya (Falconer 1950, Frey 1964, Cardenas dan Frey 1972).

Tahapan seleksi dalam pemuliaan ubikayu, adalah seleksi tanaman tunggal (*single plant*) dan seleksi baris tunggal (*single row*). Pada setiap generasi seleksi dilakukan evaluasi. Semakin lanjut generasinya semakin bertambah banyak jumlah karakter yang dievaluasi. Karakter tersebut di antaranya adalah (1) perkecambahan, (2) pertumbuhan awal, (3) ketahanan terhadap hama dan penyakit, (4) ketahanan terhadap cekaman lingkungan abiotik, (5) tinggi tanaman, (6) jarak antar tangkai daun, (7) pembungaan, (8) bentuk daun, (9) warna tangkai daun, (10) warna pucuk, (11) warna batang, (12) percabangan, (13) bentuk ubi, (14) hasil ubi, (15) tangkai ubi, (16) warna kulit dan daging ubi, (17) indeks panen, (18) kadar pati, (19) kadar gula reduksi, (20) kadar HCN, (21) umur kadar pati optimum, (22) daya adaptasi, dan (23) responsif terhadap input.

Seleksi Tanaman Tunggal

Seleksi tanaman tunggal pada ubikayu merupakan seleksi tahun pertama, dengan materi biji F1 hasil persilangan. Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap karakter-karakter yang menjadi tujuan pemuliaan, yaitu perkecambahan, pertumbuhan awal, ketahanan terhadap hama dan penyakit, percabangan, bentuk ubi, dan hasil ubi.

Perkecambahan

Biji ubikayu tidak mudah dikecambahkan karena mempunyai masa dormansi yang relatif panjang dan kulit biji yang keras. Teknik yang dapat

digunakan untuk meningkatkan keberhasilan pengecambahan biji ubikayu di antaranya adalah mengatur suhu dan lama penyimpanan untuk mendapatkan daya kecambah 60-95%, yaitu (1) 30-35°C dalam penyimpanan selama masa dormansi (Hahn *et al.* 1979, Kawano 1978 dan CIAT, 1981), (2) 60°C selama dua minggu (CIAT 1981), (3) 30°C selama 8 jam, (4) 38°C selama 16 jam masing-masing dalam kurun waktu 21 hari dan (5) 30°C selama 35 hari (Ellis *et al.* 1982, Sundari dan Hartojo 2003). Tingkat perkecambahan mencapai lebih dari 50% juga dapat dicapai dengan perlakuan gelap, yaitu biji ditutup dengan kain berwarna gelap selama dua minggu (Rajendran *et al.* 2000).

Penyemaian atau pengecambahan biji ubikayu dapat dilakukan di laboratorium dan lapangan. Penyemaian di lapangan adalah dengan cara biji ditanam cukup dalam di bawah permukaan tanah atau biji disebar merata di atas permukaan tanah, kemudian ditutup dengan tanah. Tingkat perkecambahan di pesemaian pertama mencapai 53,7% dan setelah dipindahkan dari pembibitan pertama meningkat menjadi 90% (Rajendran *et al.* 2000). Pesemaian di laboratorium atau rumah kaca dilakukan pada bak pesemaian dengan media tanah dan pasir yang dicampur dengan pupuk organik dengan perbandingan 1:1:1. Kecambah biji ubikayu yang telah berdaun 3-4 tangkai dipindahkan ke pot-pot plastik berisi media tanah, pasir, dan pupuk organik dengan perbandingan 1:1:1. Selanjutnya pot-pot tersebut diatur berjajar pada tempat yang aman. Setelah ketinggian mencapai sekitar 20 cm, bibit dipindahkan ke lapangan. Penanaman di lapangan dengan jarak tanam 1 m antarbaris dan 0,8 m dalam baris.

Evaluasi karakter

Evaluasi dilakukan terhadap karakter (1) tinggi tanaman, (2) percabangan, (3) pertumbuhan, dan (4) ketahanan terhadap hama dan penyakit utama dilakukan terhadap tanaman tunggal sejak tanaman dipindahkan dari pesemaian ke lapangan sampai menjelang panen. Tanaman ideal yang terpilih memiliki sifat-sifat (1) pertumbuhan cepat sejak umur satu bulan, (2) daun tidak cepat gugur dengan jarak antartangkai daun rapat, (3) tidak bercabang atau bercabang setelah tanaman berumur enam bulan, dan (4) cenderung tahan terhadap hama dan penyakit utama.

Evaluasi terhadap hasil berdasarkan karakter bentuk ubi dan hasil ubi dilakukan pada saat panen umur 9 bulan. Tanaman yang hasilnya minimal 1 kg, bentuk ubi gemuk, panjang antara 25-35 cm, dan tangkai ubi pendek-sedang dipilih untuk dievaluasi lebih lanjut.

Tanaman terpilih berdasarkan hasil evaluasi terhadap pertumbuhan dan hasil ditanam lagi masing-masing satu baris dengan jumlah tanaman

tiap baris 10 tanaman, jarak tanam 100 cm x 100 cm atau 100 cm x 80 cm untuk evaluasi lanjutan.

Seleksi Barisan Tunggal

Seleksi barisan tunggal dilakukan tanpa ulangan. Oleh karena itu, keseragaman tingkat kesuburan tanah merupakan faktor kunci agar perbedaan antarpopulasi tidak disebabkan oleh faktor nongenetik.

Seleksi barisan tunggal lebih objektif dibandingkan dengan tanaman tunggal, karena merupakan rata-rata dari satu baris atau 10 tanaman. Karakter yang dievaluasi tidak berbeda dengan seleksi tanaman tunggal. Pemilihan populasi dari seleksi barisan tunggal berdasarkan nilai rata-rata dari seluruh populasi untuk tiap karakter yang dievaluasi. Populasi yang nilainya lebih tinggi dari populasi rata-rata dipilih sebagai bahan evaluasi lanjutan yang difokuskan kepada potensi hasil secara genetis dan interaksinya dengan lingkungan abiotik dan biotik. Panen dilakukan pada umur 9-10 bulan setelah tanam. Klon-klon terpilih selanjutnya digunakan sebagai materi dalam pengujian daya hasil.

Pada seleksi baris tunggal, setiap klon (galur) terpilih diuji responsivitasnya terhadap variasi lingkungan. Dalam pengujian ini, bibitnya telah tersedia secara cukup, sehingga hasilnya lebih akurat karena metodenya sesuai dengan kaidah-kaidah statistik yang dilakukan pada agroekologi yang berbeda selama dua musim tanam untuk mendapatkan varietas unggul baru spesifik lokasi/agroekologi.

Pengujian

Pengujian dimaksudkan untuk mendapatkan informasi tentang produktivitas klon harapan hasil seleksi pada lingkungan yang berbeda. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dikelompokkan menjadi faktor fisik (iklim dan tanah), biologis (hama, penyakit dan gulma), dan fisiologis (proses perkembangan tanaman). Melalui pengujian tersebut diketahui daya adaptasinya terhadap iklim, tanah, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit penting di sentra produksi pada agroekologi yang berbeda.

Pengujian dilakukan pada berbagai lokasi/agroekologi spesifik sesuai dengan tujuan pemuliaan. Apabila tujuan pemuliaan untuk mendapatkan klon tahan/adaptif terhadap suatu cekaman, maka pengujian harus dilakukan pada kondisi lingkungan tercekam. Dari hasil pengujian dapat dievaluasi daya adaptasi klon dan stabilitasnya. Daya adaptasi berkaitan

dengan kemampuan klon dalam menunjukkan potensi maksimalnya apabila persyaratan tumbuhnya optimal. Stabilitas berkaitan erat dengan kemampuan tanaman untuk menunjukkan kestabilan hasilnya pada berbagai macam lingkungan. Stabilitas terhadap perbedaan zona agroklimat mempunyai arti penting bagi pemulia (Cock 1987). Oleh karena itu, pemilihan lokasi untuk pengujian harus kuat/nyata perbedaan agroekologinya agar diperoleh informasi yang nyata pula.

Dalam penilaian genotipe perlu memperhatikan besar interaksi genotipe dan lingkungan untuk menghindari hilangnya genotipe-genotipe unggul dalam kegiatan seleksi (Baihaki *et al.* 1976). Penilaian tersebut dapat dipilah menjadi dua, yaitu spesifik agroekologi untuk mendapatkan varietas unggul spesifik agroekologi dan rata-rata dari berbagai agroekologi untuk mendapatkan varietas unggul yang daya adaptasinya luas. Seleksi untuk stabilitas dapat dilakukan pada tahap ini (Eberhart dan Russell 1966). Kegiatan ini diulangi hingga diperoleh genotipe calon varietas dengan karakter-karakter yang diinginkan. Untuk mencapai tujuan tersebut, pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu uji daya hasil pendahuluan, lanjutan, dan adaptasi.

Daya Hasil Pendahuluan

Uji daya hasil pendahuluan (UDHP) dilakukan terhadap populasi yang terpilih pada seleksi barisan tunggal. Populasi yang diuji relatif masih banyak dan agroekologi pengujiannya dipilih pada agroekologi yang sangat berbeda masing-masing dua lokasi untuk tiap tipe agroekologi untuk mendapatkan tingkat interaksi genotip dengan lingkungan mantap.

Populasi yang diuji dalam UDHP jumlahnya masih banyak (50-100 klon) dan bibit yang tersedia dari evaluasi baris tunggal cukup untuk 2-3 lokasi masing-masing dua ulangan dengan model statistik "lattice-square". Oleh karena metoda penelitian telah mengikuti kaidah-kaidah statistik, maka akurasi dari pengujian ini cukup tinggi. Populasi yang terpilih dalam UDHP ini lebih sedikit (20-30 klon) dan digunakan sebagai bahan pengujian lanjutan.

Daya Hasil Lanjutan

Uji daya hasil lanjutan (UDHL) dilakukan terhadap populasi yang terpilih dalam UDHP yang populasinya relatif lebih sedikit, tetapi variasi agroekologinya semakin spesifik. Populasi yang diuji berkisar antara 10-20 klon. Untuk mendapatkan klon harapan spesifik lokasi, pengujian dilakukan pada 2-3 agroekologi yang berbeda dan sama masing-masing di 2-3 lokasi. Dari 4-6 lokasi pengujian UDHL tersebut juga dapat diperoleh informasi stabilitas klon harapan. Populasi yang terpilih, baik sebagai klon harapan

yang tingkat adaptasi cukup luas dan hasilnya stabil maupun sebagai klon harapan spesifik agroekologi, diuji lagi daya adaptasinya di beberapa lokasi sesuai dengan kaidah-kaidah statistik agar akurasi dapat dipertanggungjawabkan. Populasi yang terseleksi dalam UDHL merupakan klon harapan atau calon varietas unggul setelah teruji daya adaptasinya, baik pada berbagai agroekologi maupun spesifik agroekologi.

Multi Lokasi

Informasi tingkat adaptasi dan stabilitas hasil dapat diperoleh melalui uji multilokasi pada berbagai tipe agroekologi di beberapa sentra produksi. Informasi yang ideal untuk calon varietas unggul yang akan dilepas diperoleh dari 10-20 lokasi yang tipe agroekologinya sama untuk varietas unggul spesifik lokasi dan berbeda untuk varietas unggul yang daya adaptasinya luas. Calon varietas unggul yang telah teruji akan dilepas menjadi varietas unggul baru, baik yang daya adaptasinya luas dan hasilnya stabil maupun spesifik agroekologi. Oleh karena itu, calon varietas yang dipilih didasarkan pada tipe agroekologi karena ubikayu mempunyai sifat spesifik dan adaptif pada berbagai tipe agroekologi

Pelepasan Varietas

Pelepasan varietas unggul baru melalui kegiatan pemuliaan dengan tahapan seleksi tersebut merupakan upaya untuk menyediakan varietas unggul adaptif. Beberapa klon harapan telah terseleksi melalui tahapan seleksi sampai tahun 2008 dan yang siap dilepas di antaranya adalah CMM 99008-3, CMM 99008-4, CMM 2361-66-255, dan CMM 990-23-12. Varietas unggul baru tersebut akan berkembang bila didukung oleh ketersediaan bibit. Oleh karena itu, tahapan terakhir dari kegiatan pemuliaan sebelum pelepasan varietas unggul baru adalah penyediaan bibit dasar dari calon varietas unggul yang akan dilepas.

Varietas unggul ubikayu yang telah dilepas sejak tahun 1978-2001 disajikan pada Tabel 1. Varietas-varietas tersebut berasal dari hasil pemuliaan dan introduksi. Usaha untuk mendapatkan varietas unggul adaptif terhadap kondisi kekeringan, lahan suboptimal, dan kekahatan/keracunan unsur hara masih terus dilakukan.

Tabel 1. Varietas unggul ubikayu yang telah dilepas di Indonesia.

Varietas	Asal usul	Tahun dilepas	Umur (bln)	Hasil (t/ha)	Keunggulan
Adira 1	Mangi/ Ambon	1978	7-10	22	- Agak tahan tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Tahan terhadap bakteri hawar daun, <i>Pseudomonas solanacearum</i>, dan <i>Xanthomonas manihotis</i>
Adira 2	Mangi/Ambon	1978	8-12	22	- Cukup tahan tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Tahan terhadap <i>Pseudomonas solanacearum</i>
Adira 4	Silang bebas dari induk betina Muara	1978	10	35	- Cukup tahan tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Tahan terhadap <i>Pseudomonas solanacearum</i> dan <i>Xanthomonas manihotis</i>
Malang 1	CM1015-19/ CM849-1	1992	9-10	36.5	- Toleran tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Toleran bercak daun (<i>Cercospora sp.</i>) - Adaptasi cukup luas
Malang 2	CM922-2/ CM507-37	1992	8-10	31,5	- Agak peka tungau merah (<i>Tetranychus bimaculatus</i>) - Toleran bercak daun (<i>Cercospora sp.</i>)
UJ-3	Thailand	2000	8-10	20-35	- Agak tahan CBB (<i>Cassava Bacterial Blight</i>)
UJ-5	Thailand	2000	9-10	25-38	- Agak tahan CBB (<i>Cassava Bacterial Blight</i>)
Malang 4	Silang bebas dari induk betina Adira 4	2001	9	39,7	- Agak tahan tungau merah (<i>Tetranychus sp.</i>) - Adaptif terhadap hara sub-optimal
Malang 6	MLG10071/ MLG 10032	2001	9	36.4	- Agak tahan tungau merah (<i>Tetranychus sp.</i>) - Adaptif terhadap hara sub-optimal

Sumber: Suhartina (2005).

DAFTAR PUSTAKA

- Abelardo Castro, M. 1980. Cassava planting material: management practices for production. p.29-32. *In*: E.J. Weber, J.C. Toro M., and M. Graham (eds.). Cassava Cultural Practices. Proc. of a Workshop held in Salvador, Bahia, Brazil, 18-21 March 1980. EMBRAPA, CIAT, IDRC.
- Baihaki, A., R.E. Stucker, and J.W. Lambert. 1976. Association of genotype x environment interaction with performance level of soybean lines in preliminary yield test. *Crop Sci.* 16:718-721.
- Blum, A. 1982. Evidence for genetic variability in drought resistance and its applications in plant breeding. pp. 56-68. *In*: IRRI. Drought Resistance in Crops With Emphasis on Rice.
- Bueno, A. 1985. Hybridization and breeding methodologies appropriate to cassava. Cassava Breeding Workshop. PRCRTC. Philippines. 13 pp.
- Byrne, D.H. 1984. Breeding cassava. p. 73-134. *In*: J. Janick (ed.). Plant Breeding Review (2). USA.
- Cardenas, M. V. and K.J. Frey. 1972. Optimum environment for maximizing heritability and genetic gain from selection. *Iowa State Journal of Science.* 46(3):341-349.
- Centro International de Agricultura Tropical. 1981. Cassava program. *In*: Annual report for 1980. Cali. Colombia. p. 35-56.
- Cock, J.H. 1985. Cassava new potential for a negegted crop. *Iads Development-Oriented Literature Series.* p.79-83.
- Cock, J.H. 1987. Stability of performance of cassava genotypes. p. 177-206. *In*: Cassava Breeding: A. Multidisiplinary Review. CIAT.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Ellis, R.H., T.D. Hong, and E.H. Roberts. 1982. An investigation of the influence of constant and alternating temperature on the germination of cassava seed using a two dimaltional temperature gradient plate. *Ann. Bo.* 49:241-246.
- Falconer, D.S. 1952. The problem of environment and selection. *Amer. Naturalist* LXXXVI (830):293-298.
- Frey, K.J. 1964. Adaptation reaction of oat strains selected under stress and non-stress environmental conditions. *Crop Sci.* 4:55-58.
- Ginting, E. 1997. Pengujian mutu klon ubikayu. Lap. Penel. Baliakabil. Malang. 11 Hal.

- Hahn, S.K., E.R. Terry, K. Leuchner, I.O. Akobunou, and R. Lal. 1979. Cassava improvement in Africa. *Field Crops. Res.* 2:193-226.
- Hershey, C.H. 1985. Cassava germplasm resources. p.65-86. *In: Cassava Research, Production and Utilization.* UNDP. CIAT.
- Hershey, C.H. 1988. Cassava breeding. CIAT headquarters. p. 99-115. *In: Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia. Proc. of Workshop held in Thailand.*
- Jennings, D.L. 1963. Variation in pollen and ovule fertility in varieties of cassava and the effect of interspecific crossing on fertility. *Euphytica.* 12:69-76.
- Kawano, K. 1978. Genetic improvement of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) for productivity. *Trop. Agri. Res. Series 11.* Tropical Agriculture Research Centre. Min. Agr. and Forestry. Yakbe. Tsukaba. Ibaraki. Japan.
- Kawano, K. 1980. Cassava. p.225-233. *In: Hybridization of crop plants.* Amer. Soc. Agron, and Crop Sci. Soc. Amer. Medison. Wisc.
- Kawano, K., A. Amaya, P. Daza, and M. Rios. 1985. Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. *Crop Sci.* 17:373-376.
- Mangoon, M.L., R. Krishnan, and K.V. Bai. 1969. Morphology of pachytene chromosomes and meiosis in *Manihot esculenta* Crantz. *Cytologia.* 34:612-625.
- Musa, S. 1976. Suatu saran penggunaan statistika untuk program pemuliaan kedelai. Institut Pertanian Bogor.
- Rajendran, P.G., C.S. Ravindran, S.G. Nair, and T.V.R. Nayar. 2000. True cassava seeds (TCS) for rapid spread of the crop in non-traditional areas. CTCRI. Kerala. India. 22 pp.
- Sreekumari, M.T., K. Abrahamn, and S.G. Nair. 2000. Triploidy breeding in cassava. CTCRI. Kerala. India. 34 pp.
- Sri Wahyuni Indiaty. 1999. Ketahanan beberapa klon ubikayu terhadap tungau merah *Tetranychus urticae*. *Dalam: K.H. Hendroatmojo, T. Sundari, dan Sholihin (eds.). Pembentukan Klon Unggul Ubikayu Tahan terhadap Cekaman Biotik dan Abiotik.* Lap. Penel. Balitkabi. Malang.
- Sholihin, K.H. Hendroatmojo, dan St.A. Rahayuningsih. 1996. Hibridisasi dan seleksi tanaman ubikayu. Lap. Penel. Balitkabi. Malang.
- Suhartina. 2005. Deskripsi varietas unggul kacang-kacang dan umbi-umbian. Balitkabi. Malang. 154 hal.

- Sundari, T., Sholihin, dan K. Hartojo. 1999. Identifikasi klon ubikayu sebagai sumber gen untuk pembentukan varietas yang toleran terhadap hara sub-optimal. Hal. 35-42. *Dalam*: K.H. Hendroatmojo, T. Sundari, dan Sholihin (eds.). *Pembentukan Varietas Unggul Ubikayu*. Lap. Penel. Balitkabil, Malang.
- Sundari, T., K. Hartojo, dan Sholihin. 2000. Evaluasi daya adaptasi klon-klon ubikayu terhadap hara sub-optimal. Hal. 338-344. *Dalam*: *Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Hayati Pada Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang, 8-9 Maret 2000. Pusat Penelitian Tanaman Pangan.
- Sundari, T. dan K. Hartojo. 2003. Keragaan hasil umbi tanaman ubikayu asal biji pada seleksi individu. Hal. 173-179. *Dalam*: *Pemberdayaan Agribisnis Ubikayu Mendukung Ketahanan Pangan*. Lokakarya Pemberdayaan Agribisnis Ubikayu. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Wargiono, J. 1979. *Ubikayu dan cara bercocok tanamnya*. LP3. Bogor.

Bab 3

Teknologi Prapanen

Luas areal pertanaman ubikayu cenderung menurun, dari 1,4 juta ha pada tahun 1989 menjadi 1,2 juta ha pada tahun 2008, dengan penyebaran yang tidak merata antarwilayah. Penyebab penurunan luas areal pertanaman ubikayu adalah konversi lahan, rendahnya keunggulan komparatif, fluktuasi harga, dan diversifikasi usahatani. Namun terdapat potensi peningkatan luas areal pertanaman berdasarkan dukungan faktor internal yang meliputi sumber daya lahan, iklim, tanaman, kontribusi terhadap perekonomian daerah dan petani serta faktor eksternal yang meliputi tingginya permintaan dan minat investor.

Sistem produksi ubikayu yang berkembang hingga saat ini adalah monokultur dalam usahatani subsisten maupun komersial, tumpangsari pada lahan garapan yang sempit, dan rotasi tanaman di daerah beriklim basah, terutama pada lahan kering dan sawah tadah hujan.

Secara geografis budi daya ubikayu dimulai dari Brasil. Secara antropologis, ubikayu dibudidayakan sebagai sumber kalori penduduk primitif pada zaman pra-Colombian, sekitar 7000 tahun sebelum Masehi. Evolusi budi daya ubikayu sejalan dengan kebutuhan, yang semula sebagai sumber kalori oleh masyarakat primitif menjadi sebagai sumber energi (bahan bakar nabati) di zaman modern. Masyarakat primitif membudidayakan ubikayu strain liar berupa *manipeba* dalam areal terbatas, sedangkan masyarakat modern menggunakan varietas unggul dari spesies *M. esculenta* Crantz yang dibudidayakan dalam bentuk pertanaman keluarga dan perkebunan.

Hama utama ubikayu adalah tungau merah, kepinding tepung, kutu perisai, kutu kebul dan ulat tanduk, sedangkan penyakit utamanya adalah bercak daun, antraknose, busuk akar, CBB, bakteri layu, dan virus. Pengendalian secara terpadu (PHT) dapat menekan populasi hama dan penyakit pada tingkat yang rendah.

Pertumbuhan ubikayu relatif lambat selama tiga bulan pertama, sehingga gulma tumbuh lebih cepat. Dengan demikian diperlukan pengendalian gulma secara intensif, baik untuk kelompok rumput-rumputan dan teki maupun berdaun lebar. Pengendalian gulma secara tidak langsung dapat melalui pengolahan tanah, penggunaan varietas unggul yang kompetitif terhadap gulma dengan populasi optimal, penggunaan mulsa, dan tumpangsari. Pengendalian gulma secara langsung dapat dilakukan secara manual, mekanis, dan kimia. Pengendalian secara kimia berbeda untuk spesies gulma.

Areal Pertanaman dan Sistem Produksi

J. Wargiono, Kartika, dan Solihin

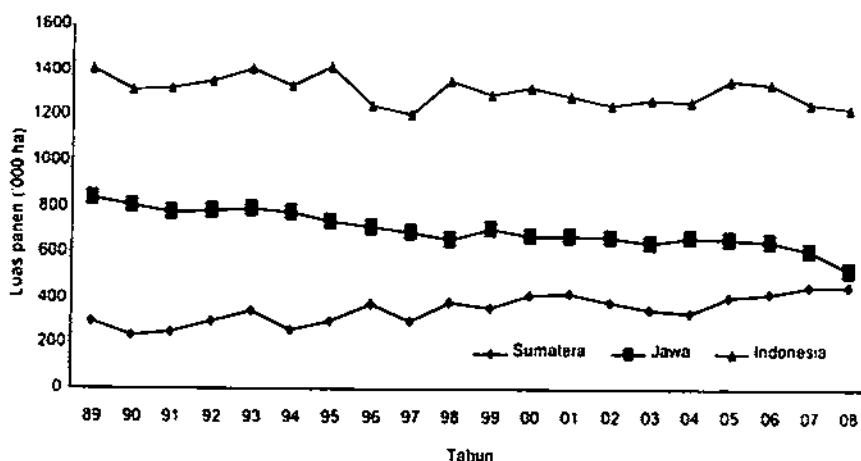
STATUS AREAL PERTANAMAN

Secara nasional areal pertanaman ubikayu selama empat dasawarsa terakhir berfluktuasi antarwaktu, dan menunjukkan tren menurun dengan laju 0,81%, 0,75%, 1,13% per tahun masing-masing dalam periode 1966-1975, 1976-1985, 1996-2005 dan sedikit meningkat dengan laju pertumbuhan 0,42%/tahun dalam periode 1986-1995 (BPS 1976-2006).

Dalam kurun yang sama produksi ubikayu nasional juga berfluktuasi dengan kecenderungan melandai atau meningkat dengan pertumbuhan tahunan relatif rendah, yaitu 2,46%, 0,60%, 1,64%, dan 1,95% masing-masing dalam periode 1966-1975, 1976-1985, 1986-1995, dan 1996-2005 (BPS 1966-2006). Luas panen merupakan fungsi dari produksi, sehingga luas panen yang berfluktuasi dan cenderung menurun merupakan faktor penghambat peningkatan produksi bila tidak ada upaya untuk mengatasinya. Dampak langsung dari pelandaian produksi tersebut adalah ketidak-mampuan Indonesia memenuhi permintaan domestik untuk pangan dan bahan baku industri yang terus meningkat dengan laju 2,75%/th.

Permintaan ubikayu untuk pangan sekitar 70% dari produksi nasional dan terus meningkat 3,63%/th selama sepuluh tahun terakhir. Akibatnya ketersediaan ubi segar untuk bahan baku industri semakin berkurang dengan laju 3,81%/th (BPS 1993-2003). Dampak langsung dari penurunan ketersediaan bahan baku industri primer tersebut adalah menurunnya ekspor produk olahan seperti gaplek, tepung, dan tapioka serta meningkatnya defisit pasokan domestik untuk tepung, tapioka, dekstrosa, maltosa, fruktosa, sorbitol, dan lain-lain. Untuk menjamin ketersediaan bahan baku industri dengan produk-produk tersebut, peningkatan produksi perlu tumbuh secara berkelanjutan 5-7%/th. Hal ini dapat dicapai melalui perluasan areal tanam 10-20%/th dan peningkatan produktivitas 3-5%/th (Wargiono 2007). Persyaratan daerah yang sesuai untuk pengembangan areal pertanaman ubikayu yang dapat mendukung ketersediaan bahan baku industri secara berkelanjutan adalah (1) tersedianya lahan tidur/alang-alang yang sesuai untuk ubikayu, (2) beriklim basah, dan (3) jenis tanah yang sesuai (Inseptisol/Alfisol/Ultisol).

Areal pertanaman ubikayu di Jawa yang terus menurun dengan laju 4,01%/th (Gambar 1) dan tidak tersedianya lahan tidur untuk perluasan



Gambar 1. Perkembangan luas panen ubikayu regional selama dua dasawarsa, 1986-2008. Sumber: BPS (1986-2006).

areal tanam, mengindikasikan bahwa perluasan areal tanam di Jawa hanya dapat dilakukan melalui sistem tumpangsari, pergiliran dengan padi, palawija lain, dan tanaman hutan industri/perkebunan muda. Di Sumatera areal pertanaman terus meningkat dengan laju 6,88%/th, namun secara nasional areal pertanaman ubikayu turun dengan laju 0,89%/th. Dengan tersedianya lahan tidur berupa padang alang-alang dan dominasi iklim basah (Oldeman *et al.* 1979, 1980), perluasan areal tanam (ekstensifikasi) sebesar 10-20%/tahun diharapkan dapat terealisasi.

Peningkatan produktivitas (intensifikasi) sebesar 3-5%/th juga dapat direalisasikan berdasarkan indikator produktivitas antarwilayah yang tumbuh 0,01%-11,62%/th; sedangkan secara nasional pertumbuhan itu rata-rata 4,86%/th (BPS 1986-2006). Produktivitas usahatani komersial berdasarkan hasil survei di daerah sentra produksi pada tanah Inseptisol dan Ultisol berkisar antara 25-30 t/ha (Ditkabi 2008). Jenis tanah tersebut mendominasi sentra produksi. Peningkatan produksi melalui intensifikasi merupakan opsi bagi wilayah yang sulit dicapai dengan ekstensifikasi.

Salah satu ciri utama petani komersial adalah tanggap terhadap teknologi maju untuk peningkatan produktivitas. Perbedaan produktivitas antarprovinsi selama lima tahun dapat mencerminkan sistem usahatani, yaitu subsisten untuk wilayah dengan produktivitas <15 t/ha dan semikomersial dan komersial untuk wilayah dengan produktivitas ≥ 15 t/ha. Produktivitas ubikayu dalam sistem usahatani subsisten dan komersial yang teridentifikasi di beberapa sentra produksi di Jawa dan Sumatera

Tabel 1. Deviasi hasil ubikayu dalam usahatani subsisten dibandingkan komersial.

Wilayah	Subsisten (t/ha)		Komersial (t/ha)		Deviasi komersial (%)	
	Rata-rata	2006	Rata-rata	2006	Rata-rata	2006
Sumatera	10,7	11,6	16,9	19,4	58	67
Jawa	13,7	14,0	16,5	18,0	20	29
Bali & NT	10,6	10,5	12,3	12,8	17	4
Kalimantan	11,5	11,6	14,1	15,5	23	34
Sulawesi	11,4	11,7	14,1	17,3	40	52
Indonesia	13,4	10,8	15	17,9	18	66

Deviasi dihitung dari BPS (2002-2007).

masing-masing 10-15 t/ha dan 20-30 t/ha (Ditkabi 2008, Wargiono 2007). Kondisi tersebut memberikan gambaran bahwa salah satu cara untuk meningkatkan produksi di wilayah tanpa lahan tidur adalah mengembangkan sistem usahatani komersial.

Peningkatan produktivitas dengan penerapan teknologi adaptif melalui pengembangan usahatani komersial berdasarkan pendekatan deviasi terhadap hasil bervariasi antara 4-67% (Tabel 1). Dari perbedaan deviasi yang cukup besar antarwilayah dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi adaptif di Kalimantan dapat meningkatkan produktivitas 16-19 t/ha seperti di Sumatera, sedangkan di Bali dan Nusatenggara antara 16-18 t/ha seperti di Jawa.

SEBARAN AREAL PERTANAMAN

Ubikayu telah dibudi dayakan petani di seluruh wilayah Indonesia dengan luas areal pertanaman yang berkisar antara 2-250 ribu ha tiap provinsi. Usahatani ubikayu yang telah membudaya tersebut merupakan kekuatan internal yang dapat dimanfaatkan dalam program peningkatan produksi melalui ekstensifikasi. Untuk merealisasikan program tersebut perlu didukung oleh ketersediaan lahan, air, petani, dan teknologi yang sesuai.

Berdasarkan keragaman luas pertanaman antarprovinsi, areal tanam dapat dikelompokkan menjadi lima wilayah, yaitu (1) kurang dari 10 ribu ha (14 provinsi), (2) 10-50 ribu ha (6 provinsi), (3) 51-100 ribu ha (1 provinsi), (4) 101-200 ribu ha (1 provinsi), dan (5) lebih dari 200 ribu ha (4 provinsi). Sebaran areal tanam tersebut merupakan kekuatan internal dalam program perluasan areal tanam sepanjang didukung oleh ketersediaan lahan dan iklim yang sesuai.

Lahan yang tersedia untuk penambahan areal tanam adalah lahan tidur berupa padang alang-alang yang potensial untuk budi daya ubikayu. Lahan tersebut tersebar di Sumatera, Kalimantan, Nusatenggara dan Sulawesi dengan luasan sekitar 0,9 juta ha, di samping lahan tidur nonpadang alang-alang sekitar 7 juta ha (Sensus Pertanian 2005, Adimihardja 2005). Lahan tersebut merupakan kekuatan internal yang dapat dimanfaatkan untuk perluasan areal tanam ubikayu.

Tipologi lahan untuk usahatani ubikayu adalah lahan kering yang ketersediaan airnya bergantung pada hujan. Untuk menjamin ketersediaan ubi segar sebagai bahan pangan, pakan, dan bahan baku industri secara berkelanjutan, ubikayu perlu siap dipanen per harian sepanjang tahun yang berarti perlu ditanam per harian, minimal selama enam bulan tiap tahun. Untuk menjamin hasil optimal dari ubikayu yang ditanam per harian minimal selama enam bulan dan siap dipanen sepanjang tahun diperlukan wilayah beriklim basah untuk perluasan areal tanam. Lebih dari 90% lahan tidur di wilayah beriklim basah tersebar di Sumatera dan Kalimantan. Oleh karena itu, perluasan areal selayaknya diprioritaskan di wilayah tersebut untuk menjamin permintaan domestik, terutama untuk bahan baku industri secara merata sepanjang tahun. Keberlanjutan permintaan domestik yang juga perlu dipenuhi adalah untuk pangan dan pakan.

Kebutuhan ubikayu untuk pangan dan pakan secara regional cenderung telah terpenuhi, sedangkan untuk industri masih memerlukan dukungan perluasan areal tanam di samping peningkatan produktivitas. Untuk satu industri skala medium seperti tapioka dengan kapasitas terpasang 300 t ubi segar/hari, industri gula cair dengan kapasitas terpasang 15 t tapioka/hari, dan industri bioetanol dengan kapasitas terpasang 120 kl bioetanol/hari diperlukan areal pertanaman sekitar 10.000 ha dengan produktivitas 25 t/ha. Bila penggunaan untuk pangan sekitar 60% dari total produksi regional (BPS 1990-2003), maka total kebutuhan areal sekitar 16.000 ha. Dengan perhitungan tersebut penambahan areal tanam bergantung pada luas areal yang telah ada dan kapasitas industri yang akan dibangun.

Ketersediaan minimal 10 ribu petani dibutuhkan untuk mendukung setiap perluasan 10 ribu ha areal pertanaman dengan asumsi luas garapan tiap keluarga tani yang layak secara ekonomi adalah 1,3 ha. Areal pertanaman tersebut mampu memproduksi sekitar 200 ribu ton ubi segar bila produktivitasnya dapat ditingkatkan minimal 25 t/ha. Produktivitas ini diharapkan dapat direalisasikan berdasarkan kesesuaian jenis tanah, yaitu tanah berlahan induk vulkan dan sedimen seperti Inseptisol, Alfisol dan Ultisol, karena potensi hasil pada jenis tanah tersebut sekitar 30 t/ha (Ditkabi 2008, Fauzan and Puspitorini 2001). Sumatera dan Kalimantan didominasi oleh tanah Ultisol dan beriklim basah, sehingga dapat digunakan untuk

perluasan areal tanam dan pengembangan industri berbahan baku ubi segar dan produk turunannya.

Selain luas pertanaman ubikayu bervariasi antarwilayah, perkembangannya juga bervariasi. Di Sumatera, areal pertanaman ubikayu selama dua dasawarsa terakhir meningkat dengan laju 1,9%/tahun, sedangkan di Jawa, Kalimantan, dan Bagian Timur Indonesia menurun dengan laju masing-masing 4,0%, 0,2%, dan 1,3%/tahun. Akibatnya, areal pertanaman ubikayu secara nasional menurun dengan laju 0,9%/tahun (PS 1993-2008). Kondisi tersebut menggambarkan adanya faktor penghambat dan pendorong perkembangan areal pertanaman ubikayu.

FAKTOR PENGHAMBAT PERLUASAN AREAL PERTANAMAN

Konversi Lahan

Alih fungsi lahan pertanian untuk infrastruktur, perumahan, kawasan industri, dan subsektor lain cukup luas, terutama di Jawa. Berdasarkan hasil survei pertanian tahun 1983 dan 1993 ternyata lahan pertanian berkurang $\pm 1,3$ juta ha dalam periode 1983-2003 (Tabel 2). Kondisi ini akan terus berlangsung sejalan dengan perkembangan sektor nonpertanian yang berkaitan dengan penggunaan lahan. Konversi lahan pertanian sebagian besar terjadi pada lahan sawah (55%) sehingga beban petani untuk memenuhi kebutuhan pangan menjadi makin berat. Dampak tidak langsung dari konversi lahan pertanian adalah pencemaran lingkungan sebagai akibat dari limbah industri dan tata ruang yang sebagian besar wilayah tidak tersusun sesuai dengan kaidah lingkungan. Dampak langsungnya adalah pemberdayaan lahan kering untuk usahatani tanaman pangan yang semakin kompetitif. Nilai ekonomi ubikayu relatif lebih rendah dibandingkan dengan tanaman pangan lainnya. Oleh karena itu, ubikayu merupakan komoditas pertama yang tergeser bila terjadi penurunan areal tanam akibat konversi lahan karena keunggulan kompetitifnya relatif rendah.

Ubikayu mempunyai keunggulan agronomis, di antaranya adaptif terhadap lahan marginal, sehingga usahatani ubikayu yang tergeser tersebut dapat dialihkan ke lahan marginal dan penurunan areal tanam dapat dihindari. Di Jawa, lahan alternatif tidak tersedia, sehingga laju penurunan areal tanam ubikayu lebih besar dibandingkan dengan wilayah lainnya (BPS 1993-2008, Survei Pertanian 2005).

Tabel 2. Konversi lahan pertanian untuk subsektor nonpertanian di Indonesia, 1983 dan 2003.

Wilayah	Luas lahan pertanian ('000 ha)		Perubahan ('000 ha)
	1983	2003	
Jawa	5.422	4.407	- 1.105
Bali & Nusa Tenggara	1.208	1.060	- 148
Sumatera	5.669	5.417	- 252
Sulawesi	1.638	1.775	+ 137
Kalimantan	2.222	2.192	- 30
Maluku + Irian Jaya	545	577	+ 32
Indonesia	15.746	14.465	- 1.280

Sumber: Adimihardja *et al.* (2004).

Keunggulan Komparatif

Faktor yang mempengaruhi keunggulan komparatif ubikayu terhadap tanaman pesaing adalah biaya produksi, produktivitas, dan harga produk. Tanaman pesaing utama yang ditemukan di sentra produksi ubikayu adalah jagung monokultur dan tebu (Dilkabi 2008). Oleh karena itu, usahatani ubikayu harus menganut sistem biaya produksi murah, produktivitas tinggi, dan harga juga tinggi. Biaya produksi murah dan produktivitas tinggi merupakan faktor internal yang berpotensi dapat direalisasikan, sedang perbaikan harga produk ditentukan oleh banyak faktor eksternal. Efisiensi biaya produksi dan peningkatan produktivitas dipengaruhi oleh penggunaan sarana produksi dan tenaga kerja.

Pengolahan tanah, tanam, pemupukan, pemeliharaan, dan panen ubikayu sebagian besar dilakukan oleh tenaga kerja keluarga dan bibit/benih umumnya disediakan oleh petani, sehingga dapat dianggap tidak berbeda dengan komoditas lain. Sarana produksi (pupuk, insektisida, dll) bergantung pada modal petani, namun prioritasnya sejalan dengan nilai ekonomi komoditas. Akibat dari kondisi tersebut maka prioritas ubikayu dalam usahatani lebih rendah dibandingkan dengan padi, kedelai, jagung, dan kacang tanah. Konsekuensinya, alokasi biaya produksi ubikayu 30-60% lebih rendah dibandingkan dengan padi dan palawija lainnya. Akibat dari biaya produksi yang rendah tersebut adalah rendahnya produktivitas ubikayu, sehingga keuntungan yang diperoleh per bulan 40-80% lebih rendah. Hal ini dapat diatasi melalui peningkatan produktivitas.

Produktivitas tanaman dipengaruhi oleh tingkat kesesuaian lahan dan pengelolaan. Ubikayu umumnya ditanam pada lahan dengan tingkat agak sesuai - kurang sesuai (S_2 - S_3). Tingkat pengelolaan ubikayu juga lebih rendah

dibandingkan dengan padi gogo, kedelai, kacang tanah, dan jagung, sehingga sulit untuk mencapai produktivitas tinggi. Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah meningkatkan harga ubi segar di tingkat *on-farm*.

Harga gabah, jagung, kedelai, dan kacang tanah relatif terkendali, karena lebih ditentukan oleh pasar domestik. Berbeda dengan ubikayu, sekitar 30% dari produksi tahunannya digunakan sebagai bahan baku industri dan ekspor, sehingga harganya bergantung pada pasar luar negeri. Oleh karena itu, pasar domestik untuk ubikayu perlu dikembangkan melalui pengembangan industri regional. Bila produktivitas dan harga produk di tingkat *on-farm* tetap rendah, maka ubikayu tidak mempunyai keunggulan komparatif terhadap tanaman pangan lainnya. Tanpa keunggulan komparatif, usahatani ubikayu akan tergeser oleh usahatani tanaman pangan lainnya. Dengan demikian peningkatan produktivitas merupakan alternatif yang realistis agar ubikayu mempunyai keunggulan komparatif terhadap tanaman pangan di lahan kering. Agar mempunyai keunggulan komparatif, tingkat produktivitas ubikayu dapat dihitung berdasarkan formula:

$$Pu = \frac{(Kk + Bu)}{Hu}$$

di mana: Pu = produktivitas ubikayu
 Kk = keuntungan tanaman pesaing
 Bu = biaya produksi ubikayu
 Hu = harga ubi segar *on-farm* (*farm-gate*)

Produktivitas ubikayu yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap jagung di Jawa Tengah pada bulan April 2007 berkisar antara 22-31 t/ha (Tabel 3).

Tabel 3. Produktivitas ubikayu yang mempunyai keunggulan komparatif terhadap jagung.

Indikator	Jagung	ubikayu
Biaya produksi (Rp '000/ha)	3.750	3.200
Harga hasil (Rp/kg)	1.650	350
Produktivitas (t/ha)	5	22,0
	6	26,7
	7	31,4

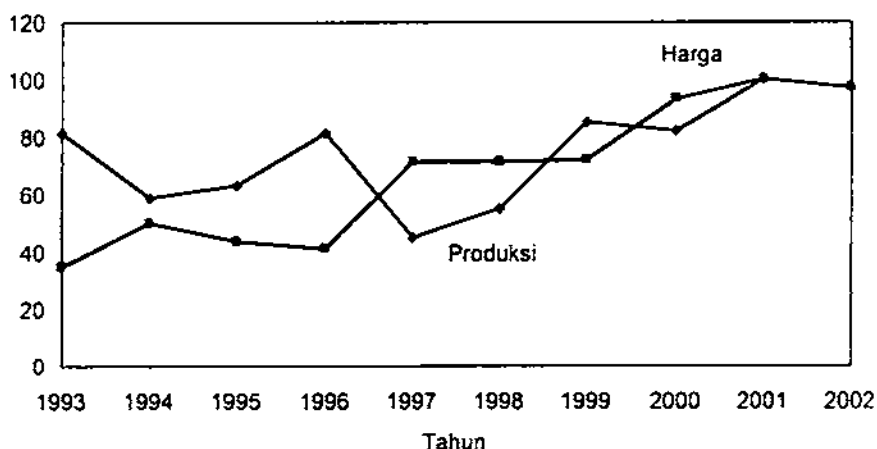
Sumber: Ditkabi (2008, diolah).

Fluktuasi Harga Ubi

Harga ubi segar di tingkat *on-farm* dipengaruhi oleh sistem pemasaran domestik dan pasar luar negeri dari hasil olahan dan ubi segar. Sistem pemasaran domestik berpengaruh pada tingkat harga yang diterima petani, yaitu sebagian besar margin dinikmati oleh pedagang perantara dan industri. Walaupun ubi segar digunakan sebagai bahan baku industri dan sekitar 40% dari produk industri tersebut diekspor, namun harga yang berfluktuasi di pasar dunia berpengaruh langsung pada harga di tingkat petani.

Lampung merupakan sentra industri tapioka yang sebagian produksinya diekspor, sehingga harga tapioka di pasar dunia berdampak langsung terhadap produksi antarwaktu yang mencerminkan fluktuasi luas panen ubikayu antarwaktu secara runtun. Harga ubi segar yang tinggi pada 1993 memacu petani meningkatkan produksi sekitar 15%. Namun peningkatan produksi yang lebih tinggi dari permintaan menyebabkan penurunan harga ubi sekitar 22%. Hal ini menyebabkan petani mengurangi areal tanam ubikayu atau usahataniya bergeser ke komoditas yang nilai ekonominya lebih baik. Penurunan produksi akibat penurunan luas panen tersebut menyebabkan peningkatan harga ubi hingga 22% pada 1996 dan memacu petani meningkatkan produksi hingga 30% pada 1997. Peningkatan produksi yang drastis menyebabkan over produksi sehingga menurunkan harga ubi pada tahun yang sama sekitar 36%.

Fluktuasi harga ubi segar di tingkat *on-farm* dan produksi regional akan terus berlangsung (Gambar 2) selama belum ada pasar yang dapat memberikan harga layak. Secara operasional, peningkatan produksi melalui



Gambar 2. Pengaruh fluktuasi harga ubi segar di tingkat *on-farm* terhadap produksi regional.
Sumber: Statistik harga produsen pertanian 1998-2002 (diolah).

perluasan areal tanam dapat dipadukan dengan pengembangan industri pengolahan berdasarkan daya dukung ketersediaan bahan baku (CGIAR 2000). Harga ubi segar yang layak di tingkat *on-farm* adalah Rp 300- 350/kg (Ditkabi 2008, Wargiono *et al.* 2006).

Pengembangan industri pengolahan ubikayu skala besar yang tata ruangnya tidak dirancang berdasarkan daya dukung lahan dan ketersediaan bahan baku tidak mampu menstabilkan harga ubi di tingkat *on-farm*. Dengan demikian pengembangan industri pengolahan ubikayu di pedesaan perlu dirancang keterkaitannya antara industri hulu dan hilir merupakan terobosan untuk menstabilkan harga ubi di tingkat petani. Kapasitas industri perlu disesuaikan dengan potensi wilayah.

Diversifikasi Usahatani

Kontribusi ubikayu terhadap pendapatan rumah tangga petani dipengaruhi oleh sistem usahatani, yaitu sekitar 20% untuk usahatani subsisten dan 42% untuk usahatani komersial (Ditkabi 2008). Di antara tanaman pangan, ubikayu termasuk komoditas inferior. Apabila permintaan terhadap tanaman pangan meningkat, ubikayu sering menjadi komoditas yang areal tanamnya dikorbankan.

Berdasarkan pengeluaran rumah tangga, elastisitas harga beras, jagung, dan ubikayu relatif rendah dan memperlihatkan kesetaraan. Dalam sistem ketahanan pangan, faktor utama yang mempengaruhi perubahan konsumsi adalah pendapatan petani. Usahatani ubikayu komersial dapat meningkatkan pendapatan petani dengan kontribusi 22% lebih tinggi dibandingkan dengan sistem usahatani subsisten. Usahatani ubikayu monokultur maupun tumpangsari layak dikembangkan secara finansial berdasarkan indikator B/C lebih besar dari satu pada tingkat hasil minimal 20 t/ha dengan harga ubi segar di tingkat *on-farm* Rp 350/kg (Wargiono *et al.* 2006). Tingkat hasil ubikayu yang diperoleh petani komersial yang beragam 20-30 t/ha dan harga ubi segar di tingkat *on-farm* Rp 300-Rp 400/kg (Ditkabi 2008) mengindikasikan bahwa usahatani ubikayu mampu bersaing dengan jagung. Untuk mempertahankan kondisi tersebut, pengembangan ubikayu diarahkan pada pemanfaatan sumber daya lahan dan tanaman secara optimal dan sinergis agar dapat menjamin keberlanjutan produksi.

Usahatani komersial dengan produktivitas 20-30 t/ha dan harga ubi Rp 300- 400/kg umumnya berkembang di wilayah yang permintaannya tinggi dan stabil, yaitu kawasan industri pengolahan hasil primer. Sumbangan usahatani ubikayu komersial tersebut terhadap pendapatan rumah tangga dan perekonomian daerah cukup tinggi (Ditkabi 2008). Dengan demikian pengembangan ubikayu yang dipadukan dengan industri pengolahan hasil

berpotensi mencegah penurunan areal pertanaman ubikayu yang selama 10 tahun terakhir turun dengan laju 1,13%/th (BPS1966-2006).

Sumbangan usahatani ubikayu terhadap perekonomian daerah dapat diukur dengan *Location Quotient* (LQ) yang dihitung menggunakan formula:

$$LQP = \frac{NUP}{\sum_{i=1}^n NTP} : \frac{NUI}{\sum_{i=1}^n NTI}$$

di mana: P = provinsi

NUP = nilai produksi ubikayu provinsi

NTP = nilai produksi tanaman pangan provinsi

NUI = nilai produksi ubikayu nasional

NTI = nilai produksi tanaman pangan nasional

LQ ubikayu di tingkat provinsi dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Provinsi dengan LQ rendah dicirikan oleh dominasi usahatani subsisten dengan ciri utama petani kurang tanggap terhadap perubahan harga ubi segar di tingkat *on-farm* dan upaya untuk meningkatkan keuntungan dari usahatannya melalui adopsi teknologi anjuran. Provinsi dengan LQ sedang dan tinggi dicirikan oleh usahatani semikomersial dan komersial yang mendominasi wilayah tersebut. Ciri utama petani semikomersial dan komersial adalah tanggap terhadap perubahan harga ubi segar di tingkat *on-farm* dan berupaya meningkatkan keuntungan usahatani melalui adopsi teknologi anjuran yang dinamis. Oleh karena itu, peningkatan produksi melalui ekstensifikasi diarahkan ke provinsi dengan LQ sedang dan tinggi yang didukung oleh ketersediaan lahan tidur berupa padang alang-alang di wilayah beriklim basah.

FAKTOR PENDORONG PERLUASAN AREAL TANAM

Faktor Internal

Faktor internal yang potensial untuk dimanfaatkan sebagai pendorong perluasan areal pertanaman ubikayu adalah status kegunaan, status lahan, dan daya adaptasi komoditas terhadap lingkungan marginal.

Kegunaan

Sebagai bahan pangan, ubikayu memiliki kandungan gizi makro dan mikro yang tinggi dan proporsional sesuai dengan angka kecukupan gizi, sehingga berstatus sebagai pangan pokok penduduk di wilayah yang didominasi oleh lahan kering marginal, baik di Asia maupun Afrika dan Amerika Latin (CGIAR 2000). Keunggulan tersebut merupakan faktor pendorong dalam peningkatan produksi baik melalui perluasan areal tanam maupun perbaikan mutu intensifikasi.

Di Indonesia permintaan ubikayu untuk pangan sekitar 70% dari produksi nasional dan meningkat dengan laju 3,63%/tahun, sedangkan produksi nasional hanya meningkat dengan laju 2,62%/tahun (BPS 1989-2008). Akibat dari laju permintaan yang lebih rendah dari produksi adalah ketersediaan ubi segar dan produk olahannya sebagai bahan industri pangan maupun nonpangan terus berkurang dengan laju 7,16%/tahun. Peningkatan produksi dengan laju sekitar 10%/tahun merupakan solusi agar berimbang antara produksi dengan permintaan. Peningkatan produktivitas dengan laju 2,66%/tahun selama dua dasawarsa terakhir (BPS 1989-2008) mengindikasikan bahwa peningkatan produksi perlu ditempuh melalui jalur intensifikasi dan ekstensifikasi.

Peningkatan produksi secara intensifikasi dapat diupayakan dengan laju 5%/tahun melalui pemanfaatan teknologi produksi spesifik agroekologi dan input berdasarkan indikator deviasi produktivitas ubikayu di sentra produksi (BPS 2008, Wargiono *et al.* 2006). Namun belum mampu memenuhi permintaan dengan laju 10%/tahun, sehingga perlu peningkatan produksi secara ekstensifikasi.

Peningkatan produktivitas melalui penambahan areal pertanian (ekstensifikasi) dengan laju pertumbuhan 5-10%/tahun juga dapat diimplementasikan di Sumatera berdasarkan indikator areal pertanian meningkat dengan laju 6,99%/tahun selama dua dasawarsa terakhir dan didukung oleh ketersediaan lahan tidur sekitar 2,8 juta ha (BPS 1989-2008).

Ubi segar yang dapat diolah menjadi aneka produk jadi dan produk antara juga merupakan faktor pendorong pengembangan industri yang berarti harus berbarengan dengan perluasan areal pertanian agar pasokan bahan bakunya terjamin. Produk tersebut mempunyai sifat fisiko-kimia spesifik dan permintaan di pasar global maupun domestik relatif tinggi dan terus meningkat (FAO 2005). Asosiasi pedagang Portugis, Spanyol, dan Belanda yang mendorong pengembangan ubikayu dari negara leluhur ke kawasan tropis di Afrika dan Asia sejak awal abad 16 dapat digunakan sebagai indikator bahwa prospek pengembangan ubikayu berbasis negara cukup besar dan dinamis.

Implikasi dari kondisi tersebut, Indonesia harus meningkatkan produksi untuk merespon peluang tersebut. Sumatera yang luas pertanamannya terus meningkat dengan laju 6,88%/tahun dan didukung oleh ketersediaan lahan yang sesuai untuk ubikayu sekitar 2,8 juta ha (Suspert. 2005) mengindikasikan bahwa wilayah tersebut potensial untuk perluasan areal pertanaman. Luas tanam ubikayu di Kalimantan cenderung stagnan, namun didukung oleh ketersediaan lahan sekitar 4,9 juta ha (BPS 1989-2008), Suspert. 2005), sehingga berpotensi juga sebagai wilayah perluasan areal pertanaman. Luas pertanaman ubikayu di Jawa yang terus berkurang dengan laju 4,01%/tahun dan tidak tersedianya lahan tidur untuk perluasan areal pertanaman (BPS 1989-2008, Suspert. 2005) mengindikasikan bahwa ekstensifikasi di Jawa hanya dapat dilakukan melalui tumpangsari.

Status Lahan dan Daya Adaptasi Ubikayu

Lahan tidur di Sumatera dan Kalimantan yang diprioritaskan sebagai wilayah pengembangan ubikayu didominasi oleh tanah Ultisol dengan ciri utama pH rendah, miskin bahan organik, dan hara (Howeler 2001), namun daya adaptasi ubikayu terhadap kondisi marginal cukup tinggi berdasarkan indikator tumbuh dan produksi optimal (Fauzan dan Puspitorini 2001, Wargiono 2007). Sumatera dan Kalimantan beriklim basah sehingga cukup besar potensinya untuk perluasan areal pertanaman ubikayu.

Usahatani ubikayu secara komersial berupa penggunaan input dan pengelolaan optimal tidak sulit untuk mencapai produktivitas 30-40 t/ha (Fauzan dan Puspitorini 2001) dan layak dikembangkan secara teknis maupun finansial berdasarkan indikator B/C rasio lebih besar dari satu (Wargiono *et al.* 2006). Kelayakan tersebut dapat digunakan sebagai indikator bahwa Sumatera dan Kalimantan merupakan wilayah potensial untuk perluasan areal tanam

Salah satu ciri petani komersial adalah responsif terhadap perubahan harga ubi segar dan produk olahannya. Oleh karena itu, petani komersial hanya berkembang di sekitar industri yang berperan sebagai pasar lokal. Implikasi dari kondisi tersebut adalah perluasan areal pertanaman harus dibarengi oleh pengembangan industri pengolahan hasil primer sebagai pasar lokal untuk menjamin kepastian harga ubi segar *farm gate* bagi petani ubikayu.

Faktor Eksternal

Faktor eksternal yang mendorong perluasan areal pertanaman ubikayu adalah permintaan produk olahan primer dan sekunder yang tinggi dan terus meningkat serta tingginya minat investor untuk mengembangkan

industri produk olahan ubikayu (FAO 2005, Wargiono 2007). Produk olahan primer yang permintaannya tinggi adalah chips, tepung kasava, dan tapioka. Ekspor ketiga produk ini yang terus menurun dengan laju 91%, 25%, dan 7%/tahun perlu dicegah. Defisit pasokan domestik yang meningkat dengan laju 22%, 34%, dan 2%/tahun juga perlu diatasi. Kebutuhan domestik untuk bioetanol 1,4 juta kl baru terpenuhi sekitar 4%, untuk aneka gula sirup dan sorbitol sekitar 840 ribu ton dan 138 ribu ton setara ubi segar dan baru terpenuhi 40% dan 60% (Richana 2003, Wargiono 2007).

Masalah tersebut akan semakin serius bila tidak dilakukan antisipasi melalui penambahan areal pertanaman sekitar 400 ribu ha dengan laju 5%/tahun. Terimplementasinya penambahan areal pertanaman tersebut Indonesia sebagai produsen ubikayu terbesar kedua di Asia berperan cukup besar dalam perdagangan produk olahan ubikayu di pasar global sebagaimana yang diproyeksikan oleh para importir sejak awal abad ke-16.

KARAKTERISTIK SUMBER DAYA LAHAN

Faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan program peningkatan areal tanam ubikayu adalah ketersediaan lahan, sebaran bulan basah, dan petani, di samping inovasi teknologi untuk mengelola sumber daya tersebut secara berkelanjutan.

Ketersediaan Lahan

Jenis tanah yang ada dan mendominasi sentra produksi ubikayu adalah Inceptisol, Alfisol, dan Ultisol. Melalui pengelolaan secara optimal dengan pendekatan pengelolaan tanaman terpadu, produktivitas ubikayu pada jenis tanah tersebut berkisar antara 25-40 t/ha ubi segar (Ditkabi 2008, Fauzan dan Puspitorini 2001, Wargiono *et al.* 2001). Luas tanah Inceptisol sekitar 25,3 juta ha di daerah beriklim basah dan 14,9 juta ha di daerah beriklim kering. Sedangkan untuk tanah Ultisol sekitar 31,0 juta ha di daerah beriklim basah dan 10,3 juta di daerah beriklim kering. Lahan tersebut sebagian telah dimanfaatkan dan sebagian lagi belum dimanfaatkan (lahan tidur). Kondisi tersebut memberikan gambaran bahwa perluasan areal tanam pada jenis tanah tersebut cukup prospektif berdasarkan indikator ketersediaan lahan dan produktivitasnya yang tinggi bila dikelola secara optimal. Perluasan areal tanam dapat diupayakan pada lahan tidur, penerapan sistem tumpangsari dan pergiliran tanaman.

Perluasan areal pertanaman ubikayu melalui sistem tumpangsari dan pergiliran tanaman dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan yang telah

Tabel 4. Karakteristik sumber daya lahan potensial untuk ubikayu.

Wilayah	Luas (000 ha)			Tipe iklim (%)	
	Inseptisol	Ultisol	Alang-alang	Basah	Kering
Sumatera	13.391	9.248	462 (2.786)	100	0
Jawa	4.247	1.250	8 (60)	23	87
Bali & NT	3.212	56	43(842)	10	90
Kalimantan	11.884	21.759	259(4.938)	100	0
Sulawesi	7.444	4.362	95(1.568)	37	63
Maluku & Papua	11.850	818	(-)	(-)	(-)

Sumber: Hidayat dan Mulyani (2005), Rochayati *et al.* (2004). (-) tidak tersedia data.
(...) total lahan tidur.

digunakan untuk tanaman pangan maupun tanaman perkebunan/hutan industri yang diremajakan. Lahan tersebut tersebar di enam wilayah beriklim basah dan kering (Tabel 4). Perluasan areal tanam melalui tumpangsari dan pergiliran tanaman untuk memenuhi kebutuhan pangan diprioritaskan pada daerah beriklim kering. Perluasan areal pertanaman ubikayu melalui pembukaan lahan baru untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri diprioritaskan pada lahan alang-alang yang sesuai untuk ubikayu.

Implementasi perluasan areal pertanaman ubikayu di Jawa terhambat oleh terbatasnya lahan tidur, sehingga hanya dapat dilakukan melalui pergiliran tanaman dan tumpangsari. Di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Nusa Tenggara, perluasan areal melalui pemanfaatan lahan tidur, terutama padang alang-alang, dapat dilakukan oleh pihak industri sebagai kebun penyangga inti dan petani kooperator plasma. Implementasi program perluasan areal tersebut perlu dipadukan dengan perluasan pasar regional melalui pengembangan industri skala kecil-besar seperti chips, tepung, tapioka, bioetanol, gula cair, dan penyedap. Terciptanya pasar regional tersebut dapat mendorong berkembangnya usahatani komersial dalam upaya peningkatan produksi secara ekstensifikasi dan intensifikasi karena didukung oleh harga hasil usahatani dan produk industri yang layak dan stabil.

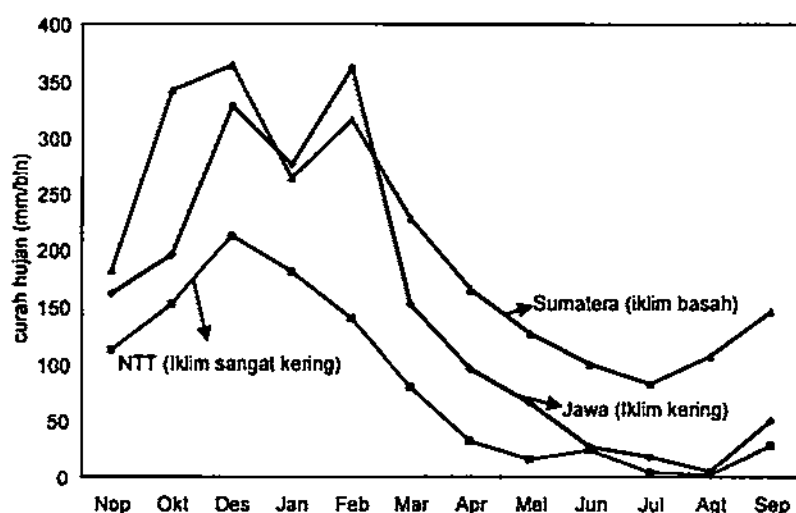
Sebaran Bulan Basah

Ubikayu termasuk tanaman yang memerlukan air relatif sedikit sejak tanam sampai panen, yaitu sekitar 40 mm/10 hari selama satu bulan pertama, 50-60 mm/10 hari pada umur 2-3 bulan, 65-75 mm/10 hari pada umur empat sampai satu bulan sebelum panen, dan sekitar 50 mm/10 hari pada saat panen (Wargiono *et al.* 2006).

Ubikayu tumbuh lambat pada suhu antara 25°-10°C dan mati pada suhu lebih rendah dari 10°C. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa pertumbuhan ubikayu akan terhambat bila ditanam di dataran tinggi. Pada ketinggian lokasi lebih dari 800 m dpl., semua varietas ubikayu akan bercabang dan berbuah, umumnya relatif lebih panjang, dan hasilnya juga rendah (Wargiono 1984).

Akar ubikayu tidak tahan kondisi anaerob seperti akar padi, sehingga ubikayu akan mati bila tergenang lebih dari 8 jam/hari secara terus-menerus selama 7 hari (Wargiono dan Sumaryono 1984). Oleh karena itu, ubikayu lebih sesuai dibudi dayakan pada lahan kering atau sawah tadah hujan pada kondisi tidak tergenang di dataran sedang maupun rendah. Dengan demikian, ketersediaan air untuk budi daya ubikayu bergantung sepenuhnya pada hujan, sehingga dapat ditanam sepanjang tahun di daerah tropis selama curah hujan terdistribusi merata sepanjang tahun sesuai dengan kebutuhan tanaman. Di daerah beriklim basah dengan 6-8 bulan basah, ubikayu dapat ditanam harian (Gambar 3), dan ubi dapat dipanen harian pada umur 7-12 bulan, sehingga dapat memasok kebutuhan ubi segar/produk turunannya sepanjang tahun. Untuk wilayah beriklim kering, model tersebut tidak dapat diimplementasikan karena terhambat oleh jumlah bulan basah pada musim hujan.

Di wilayah beriklim basah, ubikayu dapat dipanen mulai umur 7 bulan bila setiap hamparan ditanami varietas unggul berumur genjah (7-8 bulan), sedang (9-10 bulan), dan dalam (11-12 bulan). Untuk menjamin ketersediaan



Gambar 3. Distribusi curah hujan di daerah beriklim kering dan basah.
Sumber: BPS (2000-2007).

bahan baku industri secara berkelanjutan, pengelolaan tanaman secara terpadu (PTT) diperlukan. Salah satu model PTT yang potensial adalah pemaduan tanaman (ubikayu) – ternak – industri. Limbah industri dimanfaatkan sebagai ransum pakan ruminansia besar, pupuk kandang digunakan sebagai pupuk ubikayu, daun ubikayu digunakan sebagai pakan, dan ubi segar sebagai bahan baku industri tapioka/bioetanol yang limbah padatnya dapat digunakan sebagai pakan ternak ruminansia.

SISTEM PRODUKSI

Ubikayu dihasilkan melalui tiga sistem produksi, yaitu (1) monokultur, (2) tumpangsari, dan (3) surjan/rotasi tanaman. Kegiatan budi daya secara umum tidak berbeda, yaitu penyiapan lahan dan bibit, penanaman, pemupukan, pengendalian gulma, pengaturan drainase, pengendalian hama dan penyakit, pengaturan indeks luas daun, dan panen.

Penyiapan lahan atau pengolahan tanah ditujukan terutama untuk (1) mengupayakan agar struktur tanah kondusif untuk aktivitas mikroba tanah sejak tanam hingga panen, (2) mencegah perkecambahan biji-biji gulma, (3) membenamkan sisa panen dan gulma, (4) mencegah/meminimalkan erosi, dan (5) menciptakan kondisi optimal untuk pertumbuhan/aktivitas akar (*fibrous roots*) dan ubi (*tuberous roots*).

Penyiapan bibit berdasarkan kriteria tujuh tepat, yaitu tepat waktu, varietas/jenis, tempat, mutu, lokasi, harga, dan keberlanjutan. Untuk merealisasikan prinsip tersebut maka pembibitan dengan sistem kelompok, sesuai dengan perkembangan varietas unggul dan selera pasar. Penangkaran bibit dapat dilakukan melalui penggunaan stek pendek (tiga mata tunas) bila sumber bibit terbatas. Bibit siap tanam sebaiknya (1) tidak melalui penyimpanan lebih dari enam minggu, (2) berdiameter 1,5-3,5 cm, (4) sehat dan segar, (5) berasal dari batang tua bagian tengah, dan (7) panjang stek antara 10 -25 cm (minimal 8 mata tunas aktif).

Prinsip utama penanaman adalah mengupayakan agar stek cepat berakar dan bertunas serta tumbuh optimal. Secara operasional prinsip tersebut adalah (1) tanam dilakukan pada saat kelembaban tanah lapisan olah tinggi, (2) panjang stek yang tertanam sekitar 10 cm, (3) barisan tanaman diatur agar intersepsi cahaya matahari optimal, (4) posisi stek vertikal dan tidak terbalik, (5) populasi tanaman 10-12 ribu/ha untuk tanah subur dan 12,5-16,5 ribu/ha untuk tanah kurus dalam sistem monokultur, sedangkan untuk sistem tumpangsari 8-10 ribu/ha dengan arah barisan Timur-Barat, (6) jarak antarbaris 100 -125 cm untuk monokultur dan 200 -250 cm untuk tumpangsari, dan (7) jarak dalam barisan 80 -100 cm untuk monokultur dan 50 -75 cm untuk tumpangsari.

Pemupukan dimaksudkan agar status hara dan bahan organik tanah tetap tinggi. Oleh karena itu pupuk organik dan anorganik yang diberikan dihitung berdasarkan hasil analisis tanah dan kebutuhan tanaman, minimal setara dengan hara yang hilang terbawa panen. Waktu pemberian pupuk disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman. Hara makro utama yang hilang terbawa panen tiap ton ubi segar yang harus diganti melalui pemupukan adalah 6,54 kg N, 2,24 kg P_2O_5 , dan 4,32 kg K_2O atau 1,7 kg N, 0,7 kg P_2O_5 , dan 2,5 kg K_2O bila limbah panennya dikembalikan ke tanah (Wargiono 2006). Kadar bahan organik tanah dipertahankan minimal 2% untuk menjamin kondisi optimal bagi mikroba dan perkembangan ubi. Waktu pemberian pupuk organik bersamaan dengan pengolahan tanah. Waktu pemberian pupuk anorganik adalah seluruh P dan sepertiga dosis N dan K sebagai pupuk dasar, serta duapertiga N dan K sisanya pada umur tiga bulan.

Pemeliharaan tanaman ditujukan untuk menciptakan kondisi agar tanaman dapat tumbuh dan berproduksi optimal melalui (1) pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT), (2) pengaturan ketersediaan air dan drainase, dan (3) mempertahankan indeks luas daun tetap optimal (3,5) agar proses fotosintesis maksimal.

Pertumbuhan ubikayu pada fase awal sangat lambat, sehingga tidak mampu bersaing dengan gulma. Dengan demikian pengendalian gulma diperlukan terutama pada fase kritis, yaitu umur 4-12 minggu. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara manual dan kimia. Pengendalian gulma secara manual mempunyai kelebihan (1) tidak selektif, (2) lebih murah, (3) dapat dilakukan oleh tenaga kerja keluarga, (4) dapat memperbaiki struktur tanah, dan (5) tidak mencemari lingkungan.

Pengendalian hama dan penyakit sering tidak diperlukan karena varietas unggul yang berkembang tahan terhadap penyakit utama (bakteri), sedangkan hama utama tungau merah muncul sporadis dan bersifat regional, terutama pada musim kemarau.

Ketersediaan air bergantung pada hujan, sehingga pengaturannya dilakukan melalui waktu tanam, yaitu pada awal musim hujan untuk daerah beriklim kering, sedangkan untuk daerah beriklim basah dilakukan selama musim hujan. Akar ubikayu peka terhadap genangan, sehingga perlu saluran drainase, pembumbunan, dan guludan untuk tanah yang kadar liatnya tinggi.

Pengaturan indeks luas daun agar daun dapat berfotosintesis optimal dapat dilakukan melalui (1) pengaturan populasi tanam, (2) jarak tanam dengan sistem barisan, (3) mempertahankan dua tunas tiap tanaman, (4) menggunakan varietas yang bercabang setelah umur tujuh bulan, dan (5) memanen daun tua.

Panen bertujuan utama mendapatkan hasil bahan *edibel* tinggi, yaitu pati atau kalori. Kadar pati ubi berbeda untuk tiap varietas. Kadar pati tertinggi tiap varietas tercapai pada umur tertentu dan cenderung tidak berubah walaupun tanaman dibiarkan tidak dipanen selama tidak terjadi perubahan lingkungan yang ekstrim. Oleh karena itu panen dapat dimulai pada umur 7 bulan untuk varietas genjah, 9 bulan untuk varietas berumur sedang, dan 10 bulan untuk varietas berumur dalam. Ubi yang tertinggal di dalam tanah diupayakan minimal dengan cara mempertahankan kondisi tanah tetap gembur atau panen dilakukan pada saat kelembaban tanah tinggi.

Penetrasi ubi ke dalam tanah sangat beragam, bergantung pada struktur tanah dan tipe ubi, sehingga kedalaman atau keberadaan bagian ujung ubi di dalam tanah juga beragam. Dengan demikian, pemanenan secara mekanis tidak dapat dilakukan karena ubi yang terpotong saat panen dan tertinggal di dalam tanah cukup banyak, berkisar antara 20-30%. Cara budi daya tersebut berlaku untuk sistem monokultur, tumpangsari, dan surjan/rotasi tanaman.

Monokultur

Secara umum sistem monokultur adalah teknik budi daya ubikayu secara tunggal, baik untuk usahatani komersial, semi-komersial, maupun subsisten. Faktor utama yang mempengaruhi budi daya ubikayu monokultur di antaranya sistem usahatani, kondisi lahan, dan permintaan.

Sistem Usahatani

Usahatani ubikayu di Indonesia saat ini adalah subsisten, semi komersial, dan komersial. Pengaruh sistem usahatani tersebut cukup besar terhadap produksi yang merupakan resultante dari produktivitas dan luas panen. Dengan demikian sumbangan ubikayu pada perekonomian daerah bergantung pada sistem usahatannya. Usahatani subsisten memiliki produktivitas yang rendah karena produktivitas bukan merupakan tujuan utama usahatani subsisten. Produktivitas lebih tinggi bila usahatannya semi komersial dan komersial karena efisiensi penggunaan sarana produksi sudah diperhitungkan. Di beberapa sentra produksi ubikayu, ciri utama sistem usahatani adalah:

(a) Subsisten

- Prioritas untuk memenuhi kebutuhan pangan pokok tinggi.
- Fungsi sosial tinggi.
- Pengaruh pranata budaya kuat.

- Penggunaan masukan minimal.
- Tingkat adopsi inovasi teknologi/varietas unggul baru rendah.
- Tanggapan terhadap perubahan lingkungan dan pasar lemah.
- Upaya untuk memperbaiki teknologi asli lokal (*indigenous*) kurang.
- Pemahaman terhadap usahatani berkelanjutan lemah.
- Peningkatan produktivitas kurang mendapat prioritas.
- Keuntungan usahatani dan efisiensi penggunaan masukan belum menjadi target utama.
- Modal usahatani seadanya.

(b) Semi-komersial

- Prioritas untuk memenuhi kebutuhan pangan pokok dipengaruhi oleh pola konsumsi dan ketersediaan pangan pokok lainnya.
- Fungsi sosial sedang.
- Penggunaan masukan lebih tinggi dibanding usahatani subsisten.
- Pengaruh pranata budaya sedang.
- Tingkat adopsi teknologi selektif/parsial.
- Tanggapan terhadap perubahan pasar dan lingkungan lebih tinggi daripada usahatani subsisten.
- Upaya untuk memperbaiki teknologi asli lokal (*indigenous*) selektif.
- Pemahaman terhadap usahatani berkelanjutan berkisar antara lemah sampai sedang.
- Prioritas peningkatan produktivitas sedang.
- Keuntungan usahatani yang tinggi dan efisiensi penggunaan masukan merupakan tujuan utama.
- Penggunaan varietas unggul baru dinamis dan berbasis pasar.
- Modal usahatani diupayakan dari lembaga sumber dana yang ada (koperasi, pedagang, pengumpul, dll.)

(c) Komersial

- Prioritas untuk memenuhi kebutuhan pangan pokok rendah.
- Fungsi sosial kecil.
- Penggunaan masukan optimal.
- Pengaruh pranata budaya lemah.
- Tingkat adopsi teknologi tinggi dan dinamis.
- Tanggapan terhadap perubahan lingkungan dan pasar tinggi/kuat.
- Berupaya memperbaiki teknologi asli lokal (*indigenous*) yang secara teknis dan finansial menguntungkan.

- Pemahaman terhadap usahatani berkelanjutan berkisar antara sedang sampai tinggi.
- Penggunaan masukan dengan efisiensi tinggi untuk mendapatkan keuntungan optimal merupakan prioritas utama.
- Modal usahatani yang telah dimiliki atau berasal dari kredit sumber dana lokal dan bank terus ditingkatkan untuk mendapatkan keuntungan yang optimal.

Tumpangsari

Budi daya ubikayu secara tumpangsari adalah penanaman ubikayu dengan tanaman lain pada lahan yang sama secara bersamaan, yang ditanam pada waktu yang sama atau berbeda. Ubikayu merupakan tanaman utama bila ditumpangsarikan dengan tanaman lain yang umumnya lebih pendek, atau sebagai tanaman sela bila ditumpangsarikan dengan tanaman tahunan.

Keunggulan sistem tumpangsari dibandingkan dengan monokultur adalah (1) efisiensi penggunaan lahan meningkat, (2) mengurangi risiko gagal panen, (3) efisiensi penggunaan hara meningkat, (4) efektif mengendalikan erosi, (5) mampu mencukupi kebutuhan pangan, (6) sumbangan hasil/pendapatan merata, dan (7) pendapatan petani meningkat. Keunggulan tersebut merupakan kekuatan internal yang dapat dimanfaatkan dalam program peningkatan produksi melalui ekstensifikasi.

Efisien dalam Penggunaan Lahan

Peningkatan efisiensi penggunaan lahan atau *land equivalent ratio (LER)* dipengaruhi oleh jumlah sekuensi tanaman sela dan tingkat ketahanan tanaman terhadap naungan. Tanaman sela dapat ditanam pada umur 0-3 bulan sebelum dan sesudah tanam ubikayu. Ketahanan terhadap naungan merupakan titik lemah ubikayu maupun tanaman sela. Hasil tanaman sela menurun bila ditanam lebih dari satu bulan setelah ubikayu, demikian juga ubikayu yang ditanam lebih dari satu bulan setelah tanaman sela (Wargiono *et al.* 2001).

Salah satu cara untuk memperkecil pengaruh naungan terhadap produktivitas adalah meningkatkan intensitas cahaya matahari untuk ubikayu maupun tanaman sela tanpa mengurangi populasi tanaman ubikayu, yaitu mengatur arah barisan ubikayu Timur-Barat dengan jarak antarbarisan 200-250 cm dan jarak dalam barisan 50 cm. Dengan jarak tanam tersebut dapat dilakukan penanaman tanaman sela dua hingga tiga kali, yaitu bersamaan tanam, awal bulan keempat, dan awal sampai pertengahan bulan ketujuh (Wargiono *et al.* 2001).

Sistem tumpangsari yang telah berkembang dari model tersebut adalah ubikayu + padi/kedelai + jagung – kedelai/kacang tanah – kacang hijau/kacang tunggak, dengan efisiensi penggunaan lahan (LER) 1,6-2,1 (Leihner 1983, Wargiono 1991). Ubikayu juga dapat menjadi tanaman sela bagi tanaman hutan industri dan tanaman perkebunan yang diremajakan. Lahan di kawasan hutan industri atau perkebunan yang diremajakan mempunyai kadar bahan organik tinggi, sehingga produktivitasnya sampai tahun kelima masih tinggi.

Luas areal tanam tumpangsari ubikayu dengan padi gogo, jagung, kedelai, kacang tanah, dan kacang hijau mencapai 1,0 juta ha. Itu merupakan kekuatan internal yang dapat dimanfaatkan, terutama di wilayah yang didominasi oleh petani yang lahan garapannya sempit dan wilayah yang jumlah bulan basahnya sangat sedikit (iklim kering).

Mengurangi Risiko Gagal Panen

Gagal panen tanaman pangan biasanya disebabkan oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor abiotik penyebab gagal panen adalah anomali iklim seperti kemarau panjang, curah hujan rendah dan tidak konsisten, mundurnya awal musim hujan, dsb.

Padi gogo, jagung, dan aneka kacang umumnya sensitif terhadap curah hujan rendah (bulan kering) yang sebarannya tidak normal dan ditandai oleh penurunan produktivitas atau gagal panen. Ubikayu termasuk tanaman yang toleran kekeringan. Dengan demikian, anomali iklim kurang berpengaruh terhadap produktivitas ubikayu, sehingga gagal panen padi dan palawija sebagai tanaman sela akibat anomali iklim dapat terkompensasi oleh ubikayu. Karena itu tumpangsari ubikayu dengan padi dan palawija merupakan opsi yang realistis untuk mengatasi gagal panen di samping perluasan areal pertanaman ubikayu.

Faktor biotik yang sering menyebabkan penurunan produktivitas padi gogo dan palawija atau gagal panen adalah ledakan hama dan penyakit. Hama dan penyakit padi dan palawija relatif banyak, sedangkan pengendalian berdasarkan konsep PHT belum efektif, sehingga pestisida masih merupakan andalan. Cara tersebut juga kurang efektif karena harga pestisida cukup mahal dan sebagian besar petani bermodal terbatas.

Di Indonesia, penyakit utama ubikayu adalah bakteri layu (*P. solanacearum*) dan bakteri hawar daun (*X. manihotis*), sedangkan hama utamanya adalah tungau merah (*T. bimaculatus*). Karena varietas unggul adaptif umumnya toleran sampai tahan, maka daerah endemis hama dan penyakit utama tersebut jarang dijumpai. Selain tahan terhadap hama dan

penyakit, ubikayu mampu beradaptasi pada lahan marjinal, fleksibel dalam usahatani dan umur panen, sehingga dapat ditumpangsarikan dengan padi gogo dan palawija lainnya. Sistem tumpangsari dapat membentuk iklim mikro (*edable*) yang kondusif untuk pertumbuhan parasit sehingga serangan hama dan penyakit padi gogo dan palawija lainnya menurun (Gold 1987). Dengan demikian tumpangsari ubikayu dengan padi dan palawija merupakan alternatif untuk mengatasi gagal panen padi gogo dan palawija akibat ledakan hama/penyakit.

Efisien dalam Penggunaan Pupuk

Tanaman tumbuh dan berproduksi secara optimal bila hara di dalam tanah tersedia bagi tanaman. Hara yang tidak tersedia secara cukup perlu ditambah melalui pemupukan atau dari sumber lainnya. Efisiensi penyerapan hara dipengaruhi oleh kepadatan akar rambut dalam tanah (lapisan olah). Salah satu cara untuk meningkatkan kepadatan akar tanaman adalah melalui tumpangsari (Snaydon 1994). Dengan demikian efisiensi penggunaan pupuk dalam sistem tumpangsari lebih tinggi dibandingkan dengan monokultur.

Tanaman aneka kacang dapat mengikat N bebas dari udara melalui bintil akar. Sebagai tanaman sela, tanaman aneka kacang dapat menyumbang sekitar 30% N yang ditangkap dari udara kepada tanaman utama dan meningkatkan kadar bahan organik tanah melalui daun yang gugur maupun akar yang tertinggal di tanah (Fujita dan Budu 1994, Tonglum *et al.* 2001).

Harga pupuk relatif mahal dan modal petani umumnya terbatas. Sebagian besar lahan pertanian berkadar bahan organik dan hara makro rendah (Howeler 2001). Karena itu perluasan areal pertanaman ubikayu melalui sistem tumpangsari dengan aneka kacang merupakan opsi yang prospektif untuk dikembangkan.

Tabel 5. Pengaruh sistem tumpangsari terhadap status bahan organik dan hara tanah.

Penambahan hara (kg/ha)			Status bahan organik dan hara tanah					
			BO (%)		P (%)		K (me/100 g)	
			M	T	M	T	M	T
N	P ₂ O ₅	K ₂ O						
Kondisi awal			2,2	2,2	2,6	2,6	0,12	0,12
0	0	0	2,0	2,0	2,8	2,4	0,22	0,21
45	50	90	2,1	2,2	13,3	24,2	0,13	0,11
90	50	90	1,8	2,4	18,6	29,1	0,14	0,10
180	100	100	2,3	2,2	23,3	19,9	0,10	0,12

Sumber: Warglono (2003). T: tumpangsari. M: monokultur.

Tumpangsari ubikayu dengan padi gogo dapat menekan erosi sekitar 20% dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah melalui akar dan jerami yang tidak dipanen. Tumpangsari tersebut dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah dan hara P, Ca, Mg, dan K masing-masing 4%, 29%, 3%, 8%, dan 10% dibandingkan dengan ubikayu monokultur (Wargiono 2003). Dengan demikian perluasan areal pertanaman ubikayu melalui sistem tumpangsari dengan padi gogo juga prospektif.

Pergiliran Tanam

Umur panen ubikayu fleksibel, namun kurang menguntungkan bila tanaman dipanen sebelum berumur tujuh bulan. Oleh karena itu perlu adanya rotasi/ pergiliran ubikayu dengan padi dan palawija lainnya, namun tidak merusak kalender tanam tahunan. Implementasi pergiliran ubikayu dengan tanaman pangan lainnya yang sejalan dengan kalender tanam tahunan adalah (1) padi (sawah dan gogo) – ubikayu, (2) jagung – ubikayu, dan (3) aneka kacang – ubikayu berumur genjah agar dapat dipanen pada umur tujuh bulan.

Pergiliran tanaman merupakan salah satu upaya untuk memenuhi permintaan ubikayu. Permintaan yang tinggi merupakan jaminan harga ubi segar yang layak. Terjaminnya harga ubi segar *on-farm* digunakan sebagai dasar estimasi keunggulan komparatif ubikayu dibanding tanaman pangan lainnya. Ubikayu yang relatif toleran kekeringan dimanfaatkan sebagai tanaman musim marengan (Februari-September) setelah padi dan palawija dipanen, yaitu padi – ubikayu, jagung – ubikayu, dan aneka kacang – ubikayu.

Pengembangan sistem pergiliran tanaman dapat diarahkan menuju usahatani berkelanjutan karena (1) dapat memotong daur hidup hama/ penyakit, (2) memperbaiki fisik dan kimia tanah bila limbah panen dikembalikan ke dalam tanah, dan (3) keterkaitan dengan modal atau biaya produksi untuk komoditas yang dipergilirkan.

Hama dan penyakit utama padi dan palawija umumnya bukan hama dan penyakit utama ubikayu, sehingga pergiliran tanam ubikayu dengan padi dan palawija dapat memutus daur hidup hama dan penyakit tersebut.

Limbah panen padi dan palawija yang dipergilirkan dengan ubikayu cukup besar dan bila dikembalikan ke dalam tanah merupakan pupuk organik bagi ubikayu yang ditanam setelah padi dan palawija. Penggunaan pupuk organik dapat memperbaiki fisik dan pupuk anorganik dapat meningkatkan produktivitas ubikayu (Howeler 2001). Dengan demikian perluasan areal pertanaman ubikayu melalui sistem pergiliran sangat prospektif untuk diimplementasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimihardja, A. 2004. Rangkuman bahasan lahan kering di Indonesia. Teknologi pengelolaan lahan kering. Puslitbangtanak. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 1966-2006. Luas panen, produktivitas dan produksi ubikayu Indonesia. BPS. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 1993-2003. Neraca bahan makanan penduduk Indonesia. BPS. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 1986-2006. Trend luas panen ubikayu regional. BPS. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2002-2006. Produksi padi dan palawija di Indonesia. BPS. Jakarta.
- CGIAR. 2000. Roots and tubercrops in the global food system. CICRTRC. Report, Lima, Peru.
- Ditkabi. 2008. Studi pengembangan ubikayu untuk produk baru pertanian. Ditjentan. Jakarta.
- Djauhari, A. 1994. Studi prospek dan kendala pengembangan palawija. Lap. Survei Puslitbangtan. Bogor.
- Fauzan and P. Puspitorini. 2001. Effect of date of planting and rainfall distribution on the yield of five cassava varieties in Lampung. Cassava's potential in Asia in the 21st century: Present situation and future research and development needs. Proc. Regional Workshop. Vietnam.
- Fujita, K. and KGO Budu. 1994. Significance of legumes in cropping system. Roots and nitrogen in cropping systems of the semi-arid tropics. JIRCAS International Agric. No. 3. Japan.
- Gold, D. 1987. Crop diversification and tropical herbivores: Effect of intercropping and mixed varieties on the cassava whiteflies, *A. socialis* B. and *T. variabilis* in Colombia. Barkeley Univ. California.
- Hidayat, A. dan A. Mulyani. 2004. Lahan kering untuk pertanian. Teknologi pengelolaan lahan kering. Puslitbangtanak. Bogor.
- Hillocks, R.J., J.M. Tresh, and A.C. Bellotti. 2002. Cassava biology, production and utilization. CABI Publishing.
- Howeler, R.H. 2001. Improving the sustainability of cassava based cropping in Asia. Proc. the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh. Vietnam.
- Hozyo, Y., M. Megawati, and J. Wargiono. 1984. Plant production and the potential productivity of cassava. Contr. CRIFC. Bogor. 73.

- Lathrap, D.W. 1970. The upper Amazon. Thames and Hudson. London.
- Leihner, D. 1983. Management and evaluation of cropping system with cassava. CIAT. Colombia.
- Oldeman, L.R., I. Las, dan Darwis, S.N. 1979. An agroclimatic map of Sumatra. Contr. CRIA No. 52.
- Rochayati, S., A. Mulyani, and J.S. Adiningsih. 2004. Pemanfaatan lahan alang-alang. Teknologi pengelolaan lahan kering. Puslitbangtanak. Bogor.
- Sensus Pertanian. 2005. Luas lahan dan penggunaannya di Indonesia. BPS. Jakarta.
- Snaydon, R.W. 1994. Above-ground and below-ground interaction in intercropping. Roots and nitrogen in cropping systems of the semi-arid tropics. JIRCAS International Agric. No. 3. Japan.
- Tonglum, A., P. Sunanapan, and R.H. Howeler. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Thailand. Cassava's potential in Asia in the 21st century: Present situation and future research and development needs. Proc. the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh. Vietnam.
- Wargiono, J. 2007. Wilayah potensial untuk pengembangan ubikayu sebagai bahan baku industri bioetanol. Seminar Puslitbangtan. Bogor.
- Wargiono, J., A. Hasanuddin, dan Suyarnto. 2006. Teknologi produksi ubikayu mendukung industri bioetanol. Puslitbangtan. Bogor.
- Wargiono, J. 2003. Pemupukan NPK dan sistem tanam ubikayu. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan No. 2. Puslitbangtan. Bogor.
- Wagiono, J., Y. Widodo, and W.H. Utomo. 2001. Cassava agronomy research and adoption improved practices in Indonesia. Cassava's potential in Asia in the 21st century: Present situation and future research and development needs. Proc. Regional Workshop. Vietnam.
- Wargiono, J. 1991. Pemupukan NPK pada ubikayu. Penelitian Pertanian No. 1. Balittan Bogor.
- Wargiono, J. 1984. Ubikayu dan cara bercocok tanamnya. Puslitbangtan. Bogor.
- Wargiono, J. dan Sumaryono. 1984. Pengaruh genangan terhadap hasil pada klon-klon ubikayu. Lap. Kemajuan Penelitian. Puslitbangtan. Bogor.

Dinamika Budi Daya Ubikayu

J. Wargiono, B. Santosa, dan Kartika

CIKAL BAKAL BUDI DAYA

Ubikayu termasuk spesies tanaman purba yang mulai dikenal sebagai tanaman pangan sekitar 7.000 tahun sebelum Masehi (Lathrap 1970). Oleh karena itu, cikal bakal atau awal pembudi dayaan ubikayu dapat dipilah berdasarkan aspek geografis dan antropologis.

Aspek Geografis

Ubikayu berkembang biak secara generatif dan vegetatif. Perkembangbiakan secara generatif, baik secara alamiah maupun rekayasa, dapat menghasilkan keturunan baru yang sangat berbeda dengan induknya. Perbedaan tersebut disebabkan ubikayu mempunyai sifat heterozigot. Biji ubikayu yang telah masak dan kering akan pecah dan bijinya akan terlempar 2-5 m di sekitar pohon induknya. Biji tersebut akan tetap di tempat atau terbawa oleh aliran air hujan dan tertahan di suatu tempat kemudian tumbuh di tempat itu. Setiap pohon yang tumbuh optimal dapat bercabang tiga hingga empat tingkat (percabangan 1 s/d 4) dan tiap percabangan dapat menghasilkan tiga buah, dan tiap buah menghasilkan tiga biji. Oleh karena itu, setiap pohon berpotensi menghasilkan 100 kultivar baru secara alamiah setiap tahun.

Perbanyakkan secara vegetatif dalam bentuk stek batang lebih mudah dan sifat-sifat pohon induknya tidak berubah. Selain itu, stek lebih cepat tumbuh, mulai bertunas sekitar tiga hari setelah ditanam dan 100% dari bibit sehat yang ditanam pada kondisi air tersedia akan bertunas. Berbeda dengan stek, perbanyakkan dengan biji memerlukan waktu 2-4 minggu untuk berkecambah karena kerasnya kulit biji. Perbanyakkan secara vegetatif tersebut lebih cepat diadopsi oleh masyarakat purba yang hidup secara primitif sekitar 7.000 tahun sebelum Masehi. Oleh karena itu, cikal bakal budi daya berkaitan erat dengan asal ubikayu atau leluhur ubikayu secara geografis.

Hasil penelusuran leluhur ubikayu secara geografis oleh 24 peneliti menunjukkan bahwa cikal bakal budi daya ubikayu terdapat di sembilan negara (Tabel 1). Berdasarkan leluhur ubikayu dan temuan dari 58% peneliti dapat disimpulkan bahwa Negara yang mengawali budi daya ubikayu adalah

Tabel 1. Wilayah yang diyakini sebagai tempat lahir pembudidayaan ubikayu.

Negara	Jumlah penelitian pendukung (%)
Brasil	58
Meksiko	12,8
Peru	12,5
Venezuela	8
Amerika Selatan	4
Amerika Tengah	4
Amerika Utara	4
Guatemala	4
Honduras	4

Sumber: Allem (2002).

Brasil. Budi daya ubikayu di negara leluhur tersebut dimulai dari spesies liar dan lokal (*manipeba*).

Aspek Antropologis

Sekitar 7.000 tahun sebelum Masehi ubikayu merupakan tanaman pangan potensial yang tersedia di era primitif. Ubikayu dapat diperbanyak secara vegetatif dan tumbuh subur pada berbagai tipe agroekologi. Oleh sebab itu diyakini oleh berbagai etnis bahwa ubikayu merupakan tanaman pangan karunia Sang Hyang Widi pencipta alam semesta, sehingga mempunyai nilai sakral. Oleh karena itu, eksistensi ubikayu sebagai sumber kalori utama cepat berkembang antaretnis dan antarnegara serta terus dipertahankan. Faktor lain yang mempengaruhi eksistensi dan terus berkembangnya ubikayu adalah keunggulan dari aspek agronomis dan antropologis.

Secara agronomis, ubikayu memiliki daya adaptasi luas, sehingga potensial dibudi dayakan oleh masyarakat yang hidup di wilayah yang kondisi agroekologinya sangat variatif seperti wilayah beriklim kering, lahan marjinal, beriklim basah, dan lahan optimal.

Secara antropologis, ubikayu merupakan tanaman sumber kalori yang mampu beradaptasi pada lingkungan penduduk asli dan dapat disediakan secara berkelanjutan melalui pembudi dayaan di negara leluhur tanaman ini.

Dalam hal nutrisi, ubikayu termasuk komoditas pangan berkadar gizi tinggi dan proporsional seperti jagung, bahkan lebih lengkap dibandingkan dengan padi. Berdasarkan kesetaraan kalori (g/kapita/hari), ubikayu mempunyai kelemahan untuk gizi makro (kadar protein dan lemak rendah), tetapi unggul untuk mineral dan vitamin (Tabel 2).

Tabel 2. Kadar gizi ubikayu dan tanaman pangan lainnya berdasarkan kesetaraan kalori.

Tanaman pangan	Kese-taraan kalori (g/kap/ hari)	Gizi makro			Mineral			Vitamin		
		Kalori (K.kal)	Protein (g)	Lemak (g)	Kalsium (mg)	Fosfor (mg)	Besi (mg)	A (SI)	B1 (mg)	C (mg)
Ubikayu*	364	1269	6.37	2.39	262.68	318	5.57	3065	239	0.48
Padi	347	1269	23.60	2.43	20.82	486	2.78	0	0	0.69
Jagung	352	1269	32.38	13.73	35.20	901	8.45	1795	0	1.34
Ubijalar*	392	1269	8.29	7.11	304.80	498	10.02	78232	224	0.91

*Tepung.

Sumber: Ditgizi (2005).

Dalam kaitan dengan kesehatan konsumen, ubikayu mempunyai pati yang dalam usus berfungsi sebagai probiotik untuk menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas bakteri yang menguntungkan (*Bifidobacteria*), serta menurunkan konsentrasi bakteri patogen (*Escherichia coli* dan *Clostridia*). Oleh karena itu organ pencernaan tetap sehat dan kemungkinan timbulnya kanker pencernaan sangat rendah (Anonim 2004).

Dengan mengkonsumsi pangan kelompok RS-2 (resistant starch-2) seperti ubikayu, ternyata kadar karbohidrat yang tercerna rendah, yang berarti kadar gula dalam darah (respons glikomik/RG) juga rendah, sekitar 45% lebih rendah dibandingkan dengan beras dan roti (Anonim 2004).

Sebagian besar petani dan masyarakat kurang memahami keunggulan agronomis dan gizi ubikayu sebagai pangan pokok, namun kenyataannya dapat menopang kehidupan dan kesehatan. Dalam adat masyarakat Jawa, ubikayu tidak jarang disajikan dalam acara-acara sakral hingga kini, seperti bersih dusun, selamatan ternak (Gumbregan), siraman, dan tingkepan. Selain kegiatan yang bersifat kelompok terdapat kegiatan individual yang dikenal dengan puasa "ngrowot" yang hanya boleh makan ubikayu dan aneka umbi agar tetap sehat dan panjang umur. Secara ilmiah, kegiatan tersebut benar adanya karena dapat terhindar dari (1) kadar gula darah yang tinggi, (2) kekurangan vitamin A dan C, (3) kekurangan zat besi penyebab anemia, dan (4) kekurangan kalsium dan fosfor dan (5) menjaga kesehatan organ pencernaan.

Kebiasaan petani di negara leluhur ubikayu adalah tanam berpindah, yaitu membatasi hutan sekunder atau savana untuk budi daya ubikayu, dan setelah lahan tidak lagi produktif ditinggalkan dan melakukan hal yang sama di tempat yang baru. Kegiatan tersebut terus berlangsung hingga 20-30 tahun dan kembali ke tempat awal bila lahan tersebut layak untuk digarap kembali.

Di Indonesia, budi daya dengan sistem tanam berpindah masih dilakukan oleh penduduk asli di daerah pedalaman, baik untuk ubikayu maupun tanaman pangan lainnya. Walaupun dampak sistem tanam berpindah cukup besar terhadap kerusakan hutan dan degradasi lahan, namun hingga saat ini masih berlangsung di beberapa daerah.

Di negara leluhur, budi daya ubikayu dimulai dari spesies liar nenek moyang ubikayu modern (*Manihot esculenta* Crants). Spesies liar tersebut berkonotasi dengan kadar HCN yang tinggi dan ubinya hanya dapat dikonsumsi tanpa membahayakan konsumen setelah diproses menjadi tepung, karena kadar HCN-nya hanya 8,4% dan ambang batas kadar HCN 50 mg/1.000 g bahan edibel. Hasil optimal dari spesies liar tersebut diperoleh setelah tanaman berumur 4-5 tahun. Dalam perkembangannya ditemukan spesies yang dapat memberikan hasil optimal pada umur 2 tahun dan yang terakhir ditemukan ubikayu modern yang dapat memberikan hasil tinggi mulai umur 7 bulan.

EVOLUSI BUDI DAYA

Sejalan dengan perubahan status ubikayu dari komoditas inferior menjadi komoditas ekspor dan sumber energi (bahan bakar nabati), budi daya ubikayu berevolusi dari penanaman varietas liar dan subsisten menjadi penanaman varietas modern semi komersial dan komersial. Sistem usahatani semi komersial dan komersial dicirikan oleh petani yang responsif terhadap inovasi teknologi atau teknologi presisi untuk tiap tipe agroekologi sebagai langkah antisipatif terhadap perubahan lingkungan dan harga produk agar keuntungan dari usahatannya tetap tinggi. Salah satu variabel yang mempengaruhi keuntungan usahatani adalah tingkat hasil. Hasil tinggi ditentukan oleh ketersediaan varietas unggul dan teknologi budi daya di setiap zona agroekologi.

Budi Daya Tradisional

Budi daya tradisional secara geografis dimulai dari strain liar *M. pruinosa* dan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* oleh penduduk Brasil Tengah (pra-Columbian) sejak 7.000 tahun sebelum Masehi. Perkembangan selanjutnya, budi daya strain lokal (manipeba) merambat yang umurnya enam tahun untuk mendapatkan ubi yang berkadar pati tinggi dan strain lokal lain (manipeba-preta dan manipeba-granda) yang merupakan ubikayu modern sebagai tanaman pangan dari genus *Manihot* yang secara botanis dekat dengan *M. esculenta* spp. *flabellifolia* liar.

Manipeba tersebut dibudi dayakan di pekarangan rumah dengan jumlah yang terbatas karena kurang menguntungkan, namun tetap dibudi dayakan sebagai cadangan pangan sesuai dengan tradisi. Selain berumur panjang (5 tahun), *manipeba* berkadar HCN tinggi, namun mampu beradaptasi pada lingkungan marginal di mana kultivar lain tidak dapat tumbuh dan berproduksi.

Kondisi tersebut menggambarkan sifat primitif kultivar purba. Karena permintaan ubikayu terus meningkat dan produknya semakin variatif maka budi daya primitif berkembang maju yang didukung oleh ketersediaan teknologi budi daya dan spesies modern dari Manihot (*M. esculenta* Crantz).

Budi Daya Modern

Budi daya ubikayu modern dicirikan oleh penggunaan varietas unggul dan teknologi pengelolaannya, baik secara konvensional maupun Mukibat/Satrawi.

Varietas Unggul

Kriteria varietas unggul ubikayu yang sesuai untuk pangan dan bahan baku industri adalah: (1) kadar pati tinggi, (2) potensi hasil tinggi, (3) tahan cekaman biotik dan abiotik, (4) fleksibel dalam usahatani dan umur panen. Dari 16 varietas unggul ubikayu yang telah dilepas oleh Departemen Pertanian hingga saat ini, Adira-1, Adira-4, Malang-4, Malang-6, UJ-3, dan UJ-5 memiliki karakter yang sesuai dengan kriteria tersebut. Selain varietas unggul tersebut tersedia galur harapan yang cukup prospektif berdasarkan indikator hasil tinggi, toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik, kadar pati tinggi, umur panen sama atau lebih genjah, dan disenangi petani (Tabel 3).

Varietas Adira-4 telah meluas pengembangannya di beberapa sentra produksi ubikayu. Di Kediri Jawa Timur, hasil Adira-4 berkisar antara 26-34 t/ha. Selain berdaya hasil dan berkadar pati tinggi, Adira-4 umumnya lebih genjah, tahan terhadap penyakit layu yang merupakan penyakit penting ubikayu, dan sesuai dikembangkan dalam pola tumpangsari. Varietas Adira-1 dengan sifat utama rasa enak dan warna daging ubi kuning telah berkembang pula di daerah pertanian sekitar perkotaan, baik untuk konsumsi olahan langsung maupun setelah melalui proses fermentasi menjadi tape. Varietas Malang-6 agak tahan terhadap hama tungau merah. UJ-3 dan UJ-5 tahan terhadap bakteri hawar daun. Varietas tersebut berkadar pati tinggi dan adaptif pada tanah Ultisol, sehingga berkembang di sekitar daerah industri tapioka di Lampung. Sifat penting lainnya dari keempat varietas unggul ini adalah: (1) daun tidak cepat gugur, (2) adaptif pada tanah ber-pH tinggi dan rendah, (3) adaptif pada kondisi populasi tinggi sehingga

Tabel 3. Karakteristik varietas unggul ubikayu yang sesuai untuk bahan baku bioetanol.

Varietas/galur	Umur (bulan) ¹⁾	Hasil (t/ha)	Kadar pati (%)	Tingkat ketahanan terhadap		
				Xm	Xs ²⁾	Tb ³⁾
Varietas						
Adira-1	7	25-35	28-35	T	T	M
Adira-4	8	25-50	25-30	T	T	T
Malang-4	9	35-45	25-32	T	M	M
Malang-6	9	36,4	25-32	M	T	M
UJ-3	8	30-40	25-30	M	T	M
UJ-5	9	25-38	20-30	M	T	M
Galur harapan						
CMM99008-3	8	25-35	28-35	T	M	M
CMM99008-4	8	30-40	26-32	T	M	M
CMM990-23-12	9	35-45	25-30	T	M	M
CMM2361-66-255	9	30-40	25-32	T	M	M

¹⁾ umur kadar pati mulai optimal; ²⁾ *X. manihotis* dan *X. solanacearum*; ³⁾ *T. bimaculatus*
Tingkat ketahanan: T = tahan; M = agak tahan.

dapat menekan pertumbuhan gulma, dan (4) dapat dikembangkan dalam pola tumpangsari.

Galur harapan yang prospektif untuk dikembangkan berdasarkan indikator (1) disenangi petani, (2) adaptif pada tanah Ultisol dan Inseptisol, (3) rendemen pati dan etanol tinggi, (4) potensi hasil tinggi, dan (5) sesuai untuk pola tumpangsari disajikan pada Tabel 3. Selain sifat-sifat tersebut, umur genjah dengan kadar pati yang mulai optimal pada umur 6 bulan juga sangat diharapkan petani untuk pola rotasi tanam dengan padi dan palawija lainnya agar petani masih punya waktu mengolah tanah sebelum awal hujan. Varietas lokal Bali dan klon harapan CMM99008-4 dapat memenuhi kriteria tersebut dan berpotensi untuk dikembangkan

Pada tingkat hasil 20 t/ha, ubikayu yang diusahakan pada lahan kering memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan padi gogo atau palawija lainnya (Wargiono 2008). Di beberapa sentra produksi, produktivitas ubikayu berkisar antara 14,3-19,4 t/ha (BPS 2006). Dengan pengelolaan yang lebih baik, varietas unggul yang tersedia saat ini mampu berproduksi 30-40 t/ha. Potensi hasil ini menjadi salah satu faktor pendorong pengembangan aneka industri berbahan baku ubikayu.

Untuk dapat berproduksi optimal, ubikayu memerlukan air setara dengan curah hujan 150-200 mm pada umur 1-3 bulan, 250-300 mm pada umur 4-7 bulan, dan 100-150 mm pada fase menjelang dan saat panen. Berdasarkan karakteristik iklim di Indonesia dan kebutuhan air tersebut, ubikayu dapat dikembangkan di hampir semua kawasan, baik di daerah

beriklim basah maupun beriklim kering, sepanjang air tersedia sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk tiap fase pertumbuhan.

Sentra produksi ubikayu umumnya didominasi oleh lahan kering dengan jenis tanah alkalin dan tanah masam yang miskin bahan organik dan hara makro. Oleh karena itu, varietas unggul yang akan dikembangkan perlu memiliki sifat toleran kekeringan, toleran lahan masam dan alkalin, toleran keracunan Al dan efektif memanfaatkan hara P yang terikat oleh Al dan Ca, serta Fe dan Zn yang juga diikat oleh Ca pada tanah alkalin. Sifat-sifat tersebut dimiliki oleh varietas Adira-4, Malang-6, UJ-3, dan UJ-5.

Berdasarkan umur panen, varietas ubikayu dikelompokkan menjadi tiga, yaitu umur genjah, sedang, dan dalam yang masing-masing dipanen pada fase kadar pati optimal, mulai umur 7 bulan, 8 bulan, dan 9 bulan (Hozyo *et al.* 1984, Tonglum *et al.* 2001). Kadar pati ubikayu tidak menurun meski panen ditunda beberapa bulan setelah fase kadar pati optimal, bahkan kadar pati meningkat karena bobot ubi cenderung meningkat dengan bertambahnya umur tanaman. Hal ini merupakan nilai tambah bagi usahatani ubikayu dalam konteks pengembangan aneka industri karena waktu panennya dapat disesuaikan dengan kebutuhan industri.

Penundaan umur panen dapat meningkatkan kadar pati sepanjang tidak terjadi anomali iklim dan gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT). Meskipun umur panen ubikayu bersifat fleksibel, namun penurunan kadar pati akibat anomali iklim dan gangguan hama penyakit tanaman dapat terjadi bila penundaan panen relatif lama. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah penanaman multivarietas (varietas umur genjah, sedang, dan dalam) secara periodik pada suatu wilayah pengembangan, sehingga panen dapat pula dilakukan secara periodik. Varietas berumur genjah, misalnya, dipanen pada umur 7-9 bulan, varietas berumur sedang 8-11 bulan, dan varietas berumur dalam 10-12 bulan. Dengan cara ini dapat dirancang pembagian wilayah pengembangan ubikayu berdasarkan waktu tanam dan umur panen, sesuai dengan kebutuhan industri dan kebutuhan lain di daerah setempat, misalnya wilayah pengembangan ubikayu untuk umur panen 7 bulan, 8 bulan, 9 bulan, 10 bulan, 11 bulan, dan 12 bulan. Luas setiap wilayah pengembangan berdasarkan kriteria umur panen setara dengan kebutuhan harian ubikayu untuk industri dan kebutuhan lainnya.

Di beberapa daerah, ubikayu ditumpangsarikan dengan tanaman pangan lainnya. Hasil varietas Adira-4 dan klon harapan CMM2361-66-255 serta varietas lokal yang ditumpangsarikan dengan padi gogo, kacang tanah, dan jagung di Lampung, Yogyakarta, dan Jawa Timur berkisar antara 25-30 t/ha (Wargiono 2007). Dengan tersedianya varietas unggul berkadar pati dan berdaya hasil tinggi serta mampu beradaptasi dalam pola tumpangsari mengindikasikan bahwa ubikayu dapat dikembangkan dalam pola

monokultur maupun lumpangsari, baik secara subsisten maupun komersial. Dalam usahatani komersial, ubikayu harus menghasilkan 20-25 t/ha agar menguntungkan, dengan B/C rasio lebih dari 1,0. Angka ini dapat dicapai jika harga ubikayu di tingkat petani Rp300-350/kg, baik untuk ubikayu yang ditanam secara monokultur maupun lumpangsari.

Pengembangan usahatani ubikayu untuk bahan baku aneka industri hulu dan hilir juga layak secara teknis dan finansial berdasarkan indikator NVP positif, R/C lebih besar dari satu, dan IRR lebih besar dari bunga Bank komersial (Ditkabi 2008). Dengan tersedianya varietas unggul berkadar pati tinggi, biaya pengolahan produk turunan dari pati menjadi lebih efisien (Richana *et al.* 2003).

Untuk mendapatkan hasil tinggi dan berkelanjutan dari varietas tersebut diperlukan pengelolaan secara optimal dengan menggunakan teknologi presisi untuk setiap agroekologi dengan pendekatan pengelolaan tanaman terpadu (PTT).

Teknologi Budi Daya

Komponen teknologi untuk PTT ubikayu yang saling bersinergi adalah (1) penyiapan lahan, (2) penyediaan bibit, (3) populasi tanaman, (4) pemupukan, dan (5) pola tanam. Teknologi suplemen meliputi (1) cara tanam, (2) waktu tanam, (3) pengendalian OPT, (4) pengendalian erosi, dan (5) penanganan panen.

Melalui penelitian dalam jangka panjang, Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan inovasi teknologi produksi ubikayu yang mencakup: (1) penyiapan lahan dan bibit, (2) pola, waktu, dan cara tanam, (3) pengendalian erosi, (4) populasi tanaman dan jarak tanam, (5) pengendalian gulma, (6) pemupukan, (7) pengendalian hama dan penyakit, dan (8) panen.

Pengolahan tanah. Tujuan utama pengolahan tanah adalah memperbaiki struktur tanah, menekan pertumbuhan gulma, dan menerapkan sistem konservasi tanah untuk memperkecil peluang terjadinya erosi. Tanah yang baik untuk budi daya ubikayu memiliki struktur remah atau gembur yang dapat bertahan sejak fase awal pertumbuhan sampai panen. Kondisi tersebut dapat menjamin sirkulasi O_2 dan CO_2 di dalam tanah, terutama pada lapisan olah, sehingga aktivitas jasad renik dan fungsi akar optimal dalam menyerap hara. Kondisi ini dapat memacu pertumbuhan daun dan batang sebagai sumber (*source*) energi untuk tumbuh dan menghasilkan fotosintat secara maksimal untuk ditranslokasikan ke ubi sebagai limbung (*sink*). Translokasi fotosintat secara maksimal teraktualisasi dalam bentuk hasil yang tinggi karena perkembangannya tidak terhambat oleh struktur tanah.

Tabel 4. Efektivitas pengolahan tanah terhadap hasil ubikayu dan tanah tererosi.

Perlakuan	Hasil ubi segar (t/ha)	Tanah tererosi (t/ha/tahun)
Olah tanah minimal	15,0	7,6
Cangkul 1 kali	14,3	10,3
Bajak traktor 7 disc 2 kali	19,0	66,8
Bajak traktor 7 disc 1 kali + guludan kontur	25,4	30,8

Sumber: Suparno *et al.* (1990).

Erosi merupakan penyebab utama degradasi tanah, oleh karena itu pengendalian erosi perlu dilakukan agar usahatani ubikayu berkelanjutan. Pada lahan miring atau peka erosi, tanah perlu dikelola dengan upaya konservasi, yaitu (1) tanpa olah tanah, (2) pengolahan minimal, dan (3) pengolahan sempurna sistem guludan menurut kontur. Pengolahan minimal (secara larik atau individual) efektif mengendalikan erosi, tetapi hasil ubikayu seringkali rendah dan biaya pengendalian gulma relatif tinggi. Pengolahan sempurna didasarkan kepada pencapaian hasil yang tinggi, biaya pengolahan tanah dan pengendalian gulma rendah, tetapi tingkat erosinya tinggi. Oleh karena itu, pengolahan tanah pada lahan yang datar, miring, dan peka erosi tidak sama. Pada lahan dengan topografi datar, pengolahan tanah secara konvensional dilakukan dengan dibajak (dengan traktor 3-7 singkal piring atau hewan tradisional) dua kali atau satu kali yang diikuti oleh pembuatan guludan (*ridging*). Untuk lahan peka erosi, guludan juga berperan sebagai pengendali erosi, sehingga guludan dibuat searah garis kontur. Dengan sistem tersebut hasil ubi meningkat 34% tetapi erosi tanah turun 54% (Tabel 4). Untuk sistem Mukibal/Satrawi, pengolahan tanah berupa pembuatan lubang dengan ukuran panjang, lebar, dan dalam masing-masing 1 m, 1 m, dan 0,20 m. Sekitar 80% dari lubang tersebut diisi pupuk organik dan ditutup dengan tanah galian bekas pengolahan.

Penyiapan bibit. Hasil yang tinggi dapat diperoleh bila tanaman tumbuh optimal dan seragam dengan populasi penuh. Kondisi tersebut dapat dicapai bila bibit yang digunakan memenuhi kriteria tujuh tepat, yaitu tepat varietas, mutu, jumlah, waktu, harga, tempat, dan kontinuitas. Faktor penghambat penyediaan bibit dengan kriteria tersebut adalah: (1) varietas unggul ubikayu sulit berkembang karena mahalnya biaya transportasi bibit, (2) tingkat penggandaan bibit rendah sehingga insentif bagi penangkar juga rendah, (3) daya tumbuh bibit cepat turun selama masa penyimpanan, dan (4) sebagian besar petani belum memerlukan bibit berlabel dari penangkar benih. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan sistem penangkaran bibit secara *in situ*, baik yang dikelola kelompok tani maupun petani secara individu.

Dalam pembibitan tradisional, dari satu batang bibit ubikayu hanya diperoleh 10-20 stek, sehingga luas areal pembibitan minimal 20% dari luas areal yang akan ditanami ubikayu. Pembibitan tradisional akan menyita banyak tempat dan menghambat pengembangan varietas unggul baru. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah menggunakan stek pendek dengan 2-3 mata tunas tiap stek. Pembibitan dengan cara ini disebut *rapid-multiplication* atau penangkaran bibit secara cepat. Keuntungan dari pembibitan stek pendek adalah jumlah bibit yang dapat dihasilkan dari setiap batang ubikayu lebih banyak dibandingkan dengan pembibitan secara konvensional, yaitu tiap meter bibit sumber (BS) hanya dapat diperoleh 4-5 stek (20-25 cm) untuk ditanam (ditangkarkan) secara konvensional, dan 30-40 stek dua mata tunas untuk ditanam secara *rapid-multiplication*. Langkah-langkah penangkaran bibit secara cepat adalah: (1) penyemaian bibit, (2) pemindahan bibit, (3) pemeliharaan, dan (4) panen.

Penyemaian

Bibit berupa stek yang terdiri atas satu, dua, dan tiga mata tunas, disemai terlebih dahulu sebelum ditangkarkan. Media pesemaian adalah bak plastik dengan bingkai kayu dengan panjang dan lebar disesuaikan dengan ukuran bak plastik yang tersedia, sedangkan jumlah bak disesuaikan dengan jumlah stek yang akan disemai. Bak tersebut diisi dengan air atau larutan pupuk NPK setara dengan 2-5 g urea + SP36 + KCl/stek. Di atas permukaan larutan dihamparkan 3-4 lapis kertas koran. Stek yang akan disemai diletakkan pada hamparan kertas tersebut dengan posisi vertikal. Agar stek tidak tenggelam ke dalam larutan, maka kertas perlu disangga dengan anyaman bambu atau kawat kurungan. Kertas dipertahankan dalam keadaan tetap basah selama 7-14 hari agar stek terhindar dari kekeringan.

Setelah berumur 10-14 hari, bibit dipindahkan ke lahan pembibitan yang telah diolah. Pada saat penanaman bibit, tanah dalam kondisi jenuh air (kapasitas lapang) agar akar dapat langsung menyerap air dan hara. Stek dengan 2-3 mata tunas juga dapat langsung ditanam (tanpa melalui pesemaian) namun kelembaban tanah perlu dijaga tetap basah dan posisi stek tidak berubah. Jarak tanam yang dianjurkan adalah 75 cm x 80 cm, baik untuk stek yang telah disemai maupun yang dapat langsung ditanam.

Pemeliharaan

Pemeliharaan bibit mencakup pemupukan, pengendalian gulma, hama, dan penyakit tanaman. Tanaman dipupuk dengan 150-200 kg urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha. Pupuk diberikan secara bertahap, yaitu 50% urea, seluruh SP36 dan KCl pada saat bibit berumur 2 minggu dan 50% urea pada saat tanaman berumur 12 minggu.

Panen Bibit

Panen bibit dimulai pada saat tanaman berumur 7-12 bulan, dengan cara memotong batang, sekitar 10 cm dari pangkal batang, dan membuang batang bagian pucuk yang belum berkayu. Batang bibit tersebut dikumpulkan dan diikat (10-20 batang/ikat) untuk diangkut ke areal pengembangan. Panen dilakukan pada saat bibit akan ditanam atau maksimal satu bulan sebelum bibit ditanam.

Tanaman yang telah dipanen (hanya batangnya yang diambil) dapat dijadikan tanaman pembibitan ke-2, dengan cara membiarkan dua tunas tumbuh dan dipelihara seperti pada pembibitan ke-1. Kualitas bibit dari pembibitan ke-2 tidak berbeda dengan pembibitan ke-1.

Asal stek, diameter bibit, ukuran stek, dan lama penyimpanan bibit berpengaruh terhadap daya tumbuh dan hasil ubikayu (Tabel 5). Bibit yang dianjurkan untuk ditanam adalah stek dari batang bagian tengah dengan diameter 2-3 cm, panjang tiap stek 15-20 cm, dan tanpa penyimpanan.

Cara penyiapan bibit untuk sistem Mukibat adalah dengan sistem sambungan atau okulasi dengan batang atas ubikayu karet (*M. glaziovii*) dan batang bawah varietas unggul ubikayu biasa (*M. esculanta* Crantz). Cara menyambung (*grafting*) dapat dilakukan dengan berbagai cara, karena cara penyambungan tidak berpengaruh terhadap hasil (Tabel 6).

Tabel 5. Daya tumbuh dan hasil ubikayu berdasarkan kondisi bibit.

Kondisi bibit	Daya tumbuh (%)	Hasil (%)
Bagian batang		
Tengah	100	100
Pangkal	95	88
Pucuk	33	62
Diameter stek		
< 2 cm	94	93
2-3 cm	100	100
> 3 cm	95	90
Panjang stek		
2 mata	95	88
3 mata	96	98
20 cm (12 mata)	100	100
Lama penyimpanan		
0 minggu	100	-
4 minggu	87	-
8 minggu	60	-

Sumber: Tonglum *et al.* (2001), Wargiono *et al.* (2001).

Tabel 6. Keragaan hasil berbagai model sambungan.

Cara sambung	Populasi (000/ha)	Hasil (t/ha)	
		A	B
Normal	16	33	-
Satriawi	5	39	75
Mukibat:			
T	5	43	75
M	5	37	71
V	5	36	68
Z	5	37	-
K	5	39	-

Total biaya produksi/ha

A: konvensional (tanpa pupuk organik) = Rp 4.220.000;

B: mukibat dengan 20 ton pupuk organik = Rp 12.710.000.

Pola Tanam

Ubikayu dapat ditanam secara monokultur atau tumpangsari. Pola monokultur umumnya dikembangkan dalam usahatani komersial atau usahatani alternatif pada lahan marjinal di mana komoditas lain tidak produktif atau usahatani dengan input minimal bagi petani yang modalnya terbatas. Pola tumpangsari diusahakan oleh petani berlahan sempit, baik secara komersial maupun subsisten.

Pola tumpangsari memiliki kekurangan dan kelebihan. Kekurangannya adalah: (1) terjadi kompetisi pengambilan hara dan cahaya matahari antarlantaman, (2) curahan tenaga kerja yang lebih banyak dan (3) pengendalian hama/penyakit lebih intensif. Kelebihannya: (1) efektif mengendalikan erosi, (2) meningkatkan efisiensi penggunaan lahan (*land equivalent ratio*, LER), (3) meningkatkan pendapatan bersih/tahun dan terdistribusi secara merata, (4) meningkatkan efisiensi penggunaan hara, (5) memenuhi kebutuhan pangan sesuai dengan angka kecukupan gizi, dan (6) memperbaiki fisik dan kimia tanah, dan (7) dapat memperbaiki kondisi tanah (Tonglum *et al.* 2001, Wargiono 2004).

Pada lahan yang peka erosi dianjurkan menggunakan pola tumpangsari ubikayu dengan padi gogo dan aneka kacang, terutama yang daunnya tidak cepal gugur seperti kacang tanah. Jarak tanam untuk tanaman sela yang efektif mengendalikan erosi dan produktivitas tinggi adalah 40 cm antarbarisan dan 10-15 cm dalam barisan yang barisannya searah dengan garis kontur. Pada lahan yang topografinya datar, ubikayu dapat ditumpangsarikan dengan jagung. Selain dapat mengendalikan erosi, pola

tanam ini juga dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah jika limbah panen tanaman sela dikembalikan ke tanah.

Distribusi hasil dari tumpangsari ubikayu+padi+jagung-kedelai berdasarkan hasil penelitian di Yogyakarta adalah padi dan jagung pada bulan ke-4, kedelai pada bulan ke-7 dan ubikayu pada bulan ke-9, masing-masing 31%, 13% dan 57% dari total nilai hasil. Selain hasil yang terdistribusi merata tersebut tumpangsari juga meningkatkan pendapatan sekitar 18% (Wargiono 2007).

Pola tumpangsari mampu menghasilkan 25 t/ha ubi segar bila populasi tanaman dan pengelolaan optimal. Populasi optimal ubikayu dalam pola tumpangsari adalah 10.000 tanaman/ha. Pengelolaan optimal meliputi pengendalian OPT dan pemupukan sesuai dengan kebutuhan tanaman ubikayu dan tanaman sela.

Hasil analisis menunjukkan, kelayakan finansial pola monokultur maupun pola tumpangsari ubikayu tidak berbeda nyata (Tabel 8). Dengan demikian kedua pola tanam tersebut dapat dikembangkan dalam program penyediaan bahan baku aneka industri yang bersumber dari ubi segar dan produk turunannya. Data survei di Indonesia, Filipina, dan Vietnam menunjukkan bahwa kelayakan usahatani ubikayu dengan pola monokultur maupun tumpangsari bergantung pada produktivitas dan harga ubi di tingkat petani. Jika hasil ubikayu kurang dari 20 t/ha dan harga ubi segar kurang dari 30 dolar Amerika Serikat per ton, B/C rasio berkisar antara 0,21-0,57. B/C rasio menjadi 0,71-1,30 apabila harga ubi di tingkat petani 30 dolar per ton, dan B/C rasio meningkat lagi menjadi 0,85-2,50 jika harga ubi 35 dolar per ton. Hasil analisis juga menunjukkan bahwa teknologi produksi ubikayu dengan produktivitas 15-25 t/ha layak dikembangkan bila harga ubi segar di tingkat petani Rp 320/kg (Howeler 2001). Pada kondisi harga produk Rp 350/kg untuk ubi segar, Rp 2.000 untuk gabah, Rp 1.100 untuk jagung pipil, dan Rp 3.000 untuk biji kedelai kering sangat menguntungkan dan layak dikembangkan berdasarkan B/C rasio 2,1-2,9 (Wargiono 2007).

Sistem tumpangsari ubikayu+padi+jagung-kedelai juga dapat memenuhi kebutuhan pangan sesuai dengan angka kecukupan gizi keluarga. Bagi keluarga dengan jumlah anggota lima orang, kebutuhan pangan untuk pola konsumsi padi, jagung dan ubikayu serta kedelai sebagai suplemen gizi disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan asumsi pemilikan lahan 0,5 ha/KK, ketersediaan pangan berdasarkan angka kecukupan gizi (AKG) dapat terjamin.

Dalam sistem monokultur, penggunaan lahan selama tiga bulan pertama tidak efisien, karena tanah antarbarisan belum tertutup secara sempurna oleh kanopi tanaman, sehingga memberi kesempatan kepada gulma untuk

Tabel 7. Ketersediaan pangan tiap KK berdasarkan AKG dan hasil usahatani.

Pola konsumsi	Kebutuhan (kg/tahun)			Tersedia ^{*)} (kg/0,5 ha)
	Padi	Jagung	Ubikayu	
Padi (gabah GKG)	944	-	-	1.055
Jagung (pipilan kering)	-	644	-	1.255
Ubikayu (ubi segar)	-	-	1453	19.895
Kedelai (biji kering)	55	0	110	170

^{*)}Ubikayu+padi+jagung-kedelai/0,5/KK.

Sumber: Ditglzi 2005 dan Wargiono 2007 (diolah).

Tabel 8. Keragaan sistem usahatani ubikayu monokultur dan tumpangsari di Indonesia, Filipina, dan Vietnam.

Indikator	Indonesia			Filipina		Vietnam	
	Mono-M	Mono-K	T. sari	Mono	T. sari	Mono	T. sari
Biaya produksi (dolar AS)	12.710	265,92	311,72	382,05	702,60	384,67	388,25
Hasil (t/ha)	75	20	15	25	20	25	20
Nilai hasil (dolar AS)							
1	13.350	355,60	377,80	625,00	1100,00	535,50	719,81
2	22.500	600,00	561,10	750,00	1200,00	750,00	891,41
3	26.250	700,00	636,10	875,00	1300,00	895,00	991,41
B/C rasio							
1	0,50	0,34	0,21	0,64	0,57	0,56	0,57
2	0,77	1,26	0,80	0,96	0,71	0,95	1,30
3	1,07	1,63	1,04	1,50	0,85	1,28	1,55

Mono = monokultur, T. sari = tumpangsari.

Mono-M: mukibat monokultur

Mono-K: konvensional monokultur

Sumber: Howeler (2001), Wargiono (2008).

berkembang dan terjadinya erosi pada lahan miring (peka erosi). Dalam sistem tumpangsari, lahan antarbarisan ubikayu yang masih terbuka dapat ditanami padi, kacang-kacangan, dan/atau jagung sebagai tanaman sela. Bila dalam satu tahun tanaman sela lebih dari satu kali seperti ubikayu + padi + jagung - kacang-kacangan, maka jarak antarbarisan ubikayu diperlebar hingga 200-250 cm dan jarak dalam barisan diperapat hingga 0,5 m, dan bila hanya satu kali tanaman sela, jarak tanam ubikayu 125 cm x 80 cm. Dengan jarak tanam tersebut populasi ubikayu sekitar 10.000 tanaman/ha. Melalui pengelolaan tanaman yang optimal dan pemilihan tanaman sela yang tepat, efisiensi penggunaan lahan yang dinyatakan dengan nilai kesetaraan penggunaan lahan (LER) dapat ditingkatkan hingga 2,0 atau lebih di samping beberapa manfaat lain seperti yang telah dijelaskan.

Populasi dan Jarak Tanam

Tanaman dapat memanfaatkan hara dan cahaya matahari secara maksimal bila indeks luas daun mencapai $3,5 \text{ m}^2/\text{m}^2$ lahan. Angka ini dapat dicapai pada populasi tanaman dan jarak tanam yang berbeda untuk setiap tingkat kesuburan tanah, sistem tanam, tipe kanopi tanaman, dan tipe jarak tanam. Perbedaan hasil yang disebabkan oleh perbedaan jarak tanam (Tabel 9) pada populasi tanaman yang sama mengindikasikan intersepsi sinar matahari dapat ditingkatkan melalui pengaturan populasi dan jarak tanam.

Faktor dominan yang menentukan populasi tanaman dalam mendapatkan indeks luas daun optimal adalah tingkat kesuburan tanah dan tipe kanopi (Wargiono 1983). Diameter kanopi ubikayu pada tanah subur lebih lebar dibandingkan dengan di tanah kurus, demikian pula diameter kanopi antara varietas ubikayu tipe bercabang dengan tidak bercabang. Oleh karena itu, populasi tanaman lebih dari 10.000 tanaman/ha sering tidak meningkatkan hasil ubikayu pada tanah yang subur, baik untuk varietas tipe bercabang maupun tidak bercabang. Hal ini disebabkan oleh adanya kompetisi antartanaman dalam mendapatkan sinar matahari.

Diameter kanopi ubikayu pada lahan kurus lebih sempit dibandingkan dengan di tanah subur. Peningkatan populasi tanaman hingga 15.000 tanaman/ha dapat meningkatkan hasil 16%. Hasil menurun sekitar 20% bila populasi ditingkatkan hingga 17.500 tanaman/ha karena terjadinya kompetisi pengambilan cahaya dan hara oleh tanaman (Tabel 9).

Dibandingkan dengan jarak tanam segi empat (100 cm x 100 cm dan 100 cm x 80 cm), jarak tanam model barisan (90 cm x 74 cm) meningkatkan hasil ubikayu sebesar 7-12%. Hal ini mengindikasikan jarak tanam model barisan dapat meningkatkan intersepsi cahaya matahari melalui ruang antarbarisan tanaman ubikayu. Jarak tanam model barisan juga sesuai

Tabel 9. Pengaruh jarak tanam dan populasi tanaman terhadap hasil pada tanah kurang subur untuk tipe varietas tidak bercabang.

Jarak tanam (cm)	Populasi tanaman/ha	Hasil ubi segar (t/ha)
100 x 100	10.000	17,4
125 x 80	10.000	18,1
100 x 80	12.500	16,7
125 x 64	12.500	18,7
90 x 74	15.000	20,1
100 x 66	15.000	21,5
76 x 75	17.500	19,5
100 x 57	17.500	17,1

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

Tabel 10. Pengaruh jumlah tunas dan pemanenan daun tua terhadap hasil ubikayu.

Pemeliharaan jumlah tunas/ panen daun tua	Hasil ubi segar (t/ha)
Jumlah tunas/tanaman	
1 tunas	15,08
2 tunas	20,39
3 tunas	17,95
Daun tua yang dipanen	
0%	48,44
25%	51,07
50%	49,33
75%	47,30

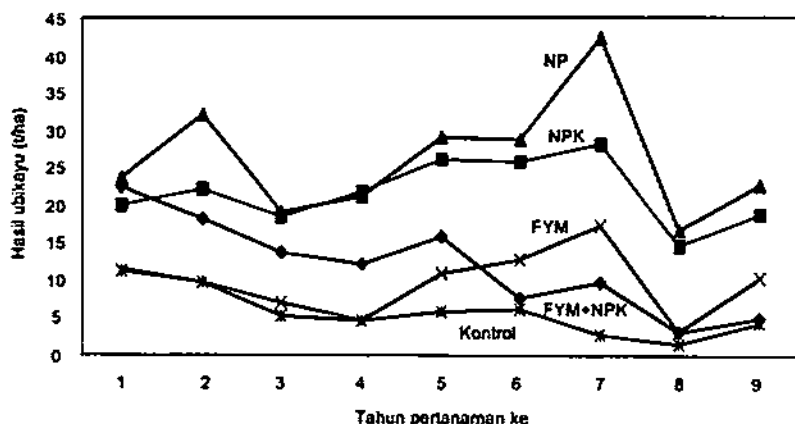
Sumber: Wargiono *et al.* (2001).

digunakan dalam pola tumpangsari, namun perlu dimodifikasi, yaitu jarak antarbarisan tanaman diperlebar menjadi 125 cm untuk satu kali tanaman sela dan 200-250 cm untuk dua kali tanaman sela. Jarak tanam model barisan yang dianjurkan adalah 100 cm x 66 cm atau 125 cm x 64 cm untuk sistem monokultur pada tanah kurang subur, sedangkan pada tanah subur 125 cm x 80 cm dan pada pola tumpangsari adalah 200 cm x 50 cm atau 250 cm x 50 cm.

Cara lain untuk memperoleh indeks luas daun optimal adalah mempertahankan dua tunas/tanaman sejak awal pertumbuhan hingga panen dan memanen daun yang telah tua sekitar 25% dari jumlah daun untuk setiap tanaman pada saat berumur 6-7 bulan, bila pertumbuhan daun rimbun (Tabel 10). Daun ubikayu potensial digunakan sebagai pakan ternak ruminansia, baik secara langsung maupun diolah terlebih dahulu menjadi silase agar dapat disimpan hingga setahun. Melalui cara tersebut dapat dikembangkan sistem integrasi tanaman-ternak dalam upaya mewujudkan sistem usahatani berkelanjutan dengan input luar minimal (LEISA).

Pemupukan

Sebagian besar lahan pertanian di Indonesia miskin bahan organik dan hara NK (Howeler 2001, Suriadikarta 2005). Penelitian menunjukkan bahwa hara yang hilang terbawa panen untuk setiap ton hasil ubi segar adalah 6,54 kg N; 2,24 kg P_2O_5 ; dan 9,32 kg K_2O /ha/musim, di mana 25% N, 30% P_2O_5 , dan 26% K_2O (Wichmann 1992) terdapat di dalam ubi. Berdasarkan perhitungan tersebut, hara yang terbawa panen ubikayu pada tingkat hasil 30 t/ha adalah 147,6 kg N; 47,4 kg P_2O_5 ; dan 179,4 kg K_2O /ha. Untuk mendapatkan hasil



Gambar 3. Pengaruh penggunaan pupuk organik dan anorganik terhadap stabilitas hasil ubikayu (Sumber: George 2001).

linggi tanpa menurunkan tingkat kesuburan tanah, hara yang terbawa panen harus diganti melalui pemupukan setiap musim. Tanpa pemupukan akan terjadi pengurasan hara sehingga tingkat kesuburan tanah menurun. Pemupukan yang tidak rasional atau tidak berimbang dapat merusak kesuburan tanah dan stabilitas hasil ubikayu (Gambar 3).

Pada tahun pertama, hasil ubikayu dengan pemupukan NP dan NPK + pupuk kandang relatif tidak berbeda tetapi lebih tinggi dibanding tanpa pemupukan. Berdasarkan perhitungan, hara K yang terbawa panen untuk setiap 1 ton ubi adalah 9,32 kg K_2O . Hara K yang terbawa panen dari tanaman yang dipupuk NP atau NPK + pupuk kandang pada tingkat hasil ubikayu 23 t/ha adalah 214 kg K_2O /ha, sedangkan pada tingkat hasil 12 t/ha dari tanaman tanpa pemupukan adalah 112 kg K_2O /ha. Pada tahun kedua, pengurasan hara K dari dalam tanah terus berlangsung yang jumlahnya sejalan dengan tingkat hasil. Tanaman yang hanya dipupuk dengan NP, pengurasan hara K dari dalam tanah terus terjadi sehingga tanaman akan kekurangan hara K dan hasilnya akan turun. Penurunan hasil pada tahun kedua untuk tanaman yang dipupuk NP adalah 22% dan 17% untuk tanaman tanpa pemupukan, sedangkan tanaman yang dipupuk NPK + pupuk kandang hasilnya meningkat 39%.

Pengurasan K secara terus-menerus menyebabkan hara tanah mengalami kritis dan kekritisan K menjadi faktor pembatas hasil. Pada tanah Ultisol Lampung, gejala kekritisannya mulai terlihat pada tahun ke empat yang ditandai oleh tanaman yang mengalami gejala defisiensi K pada tanaman yang dipupuk dengan NP. Pada kondisi hara K tanah mencapai tingkat kritis, ketahanan tanaman terhadap penyakit bakteri menurun. Hal

Tabel 11. Kadar hara tanah di sentra produksi ubikayu di Indonesia.

Provinsi	Bahan organik	P	K	Ca	Mg
Kalimantan Selatan	S	S	R	SR	S
Lampung	R	SR-R	SR-R	R-S	R
D.I. Yogyakarta	R	S	R-S	T	T
Jawa Timur	R	SR	SR-R	S	T

(R = rendah; SR = sangat rendah; S = sedang; T = tinggi).

Sumber: Howeler (2001).

ini menunjukkan pentingnya pemupukan berimbang atau penggunaan pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pemupukan berimbang pada ubikayu adalah 100-200 kg urea + 50 kg SP36 + 100 kg KCl + 1.000-2.000 kg pupuk kandang/ha/musim tanam dan seluruh biomas sisa panen dikembalikan ke tanah setiap musim.

Sebagian besar lahan kering di sentra produksi ubikayu berkadar bahan organik rendah dan status P dan K berkisar dari rendah sampai sangat rendah (Tabel 11). Hal ini perlu dijadikan pertimbangan dalam penggunaan pupuk. Pupuk N nyata pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman sehingga sebagian petani telah terbiasa menggunakannya, sedangkan pupuk P dan K kurang jelas pengaruhnya tetapi diperlukan karena rendahnya ketersediaannya di tanah. Oleh karena itu penggunaan pupuk P, K, dan pupuk organik diperlukan selain pupuk N. Urgensi penggunaan pupuk organik adalah (1) meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik, (2) mengoptimalkan fungsi mikroba tanah, (3) meningkatkan daya pegang partikel tanah terhadap air, (4) mencegah terjadinya antagonis antarkation di tanah, dan (5) meningkatkan kadar N tanah.

Pupuk organik dapat digantikan oleh limbah panen yang telah dirajang dan dikembalikan ke tanah (Tonglum *et al* 2001). Produktivitas 30 t/ha ubi segar/ha dapat dicapai jika seluruh limbah panen dikembalikan ke tanah atau penggunaan pupuk organik 5-10 t/ha setiap musim tanam dan diikuti oleh penggunaan 150-200 kg urea + 100 kg SP36 + 100-150 kg KCl/ha (Tonglum *et al*. 2001, George *et al*. 2001). Efisiensi pemupukan dapat ditingkatkan melalui pengaturan cara dan waktu pemberian, yaitu bersamaan dengan pembuatan guludan untuk pupuk organik dan SP36 + 1/3 takaran urea + 1/3 takaran KCl sebagai pupuk dasar, dan sisanya diberikan pada bulan ke-3 dan ke-4.

Cara Tanam

Ketersediaan nutrisi di dalam stek merupakan faktor penentu daya tumbuh/stek ubikayu, karena nutrisi merupakan sumber energi bagi pertumbuhan

akar dan tunas pada fase awal pertumbuhan atau sebelum akar dapat berfungsi menyerap air dan hara dari tanah. Ukuran stek dan kondisi bibit yang akan ditanam mempengaruhi laju pertumbuhan tunas dan akar pada fase awal tumbuh. Pertumbuhan ubikayu juga dipengaruhi oleh bagian stek yang tetap segar di atas permukaan tanah maupun di dalam tanah yang berkaitan dengan kelembaban tanah dan posisi stek. Steck yang ditanam dengan posisi vertikal daya tumbuhnya paling tinggi, baik pada musim hujan maupun kemarau, karena bagian stek yang tertanam dalam tanah dan tetap segar lebih panjang dibandingkan dengan stek yang ditanam dengan posisi miring dan mendatar. Pada musim kemarau, kelembaban tanah lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan, sehingga dianjurkan menanam dengan kedalaman minimal 15 cm dan stek ditanam dengan posisi vertikal untuk mendapatkan daya tumbuh yang tinggi, terutama untuk penanaman pada musim kemarau (Tabel 12).

Pada fase selanjutnya, laju pertumbuhan ubikayu bergantung pada jumlah hara yang dapat diserap oleh akar tanaman. Jumlah hara yang dibutuhkan tanaman dipengaruhi oleh tingkat hasil yang diharapkan dan diperlukan secara bertahap sesuai dengan fase pertumbuhannya. Efektivitas akar rambut (*fiber roots*) dalam menyerap hara dipengaruhi oleh volume akar di tanah dan penyebaran akar di lapisan olah. Sebaran akar dipengaruhi oleh luas permukaan dan posisi dari bagian stek di lapisan olah. Steck yang ditanam dengan posisi vertikal pada kedalaman sekitar 15 cm memberikan hasil tertinggi, baik pada musim hujan maupun musim kemarau (Tabel 12). Penanaman stek dengan posisi vertikal juga dapat memacu pertumbuhan akar dan menyebar merata di lapisan olah. Steck yang ditanam pada kedalaman 10 cm memiliki daya tumbuh dan hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan yang ditanam pada kedalaman 15 cm, baik pada

Tabel 12. Hasil ubikayu menurut cara tanam dan pengolahan tanah yang berbeda.

Cara tanam dan pengolahan tanah	Musim hujan		Musim kemarau	
	Daya tumbuh relatif (%)	Hasil relatif (%)	Daya tumbuh relatif (%)	Hasil relatif (%)
Posisi stek				
· Vertikal	100	100	100	100
· Miring (45°)	100	96	92	92
· Horizontal	92	69	71	58
Kedalaman tanam				
· 10 cm	97	87	75	74
· 15 cm	98	90	98	91
Cara pengolahan tanah				
· Guludan (<i>ridge</i>)	98	93	82	83
· Tanpa guludan	97	84	93	84

Sumber: Tonglum *et al.* (2001). penanaman pada awal MH.

musim kemarau maupun musim hujan. Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan daya tumbuh dan volume akar pada lapisan olah.

Penanaman stek ubikayu disarankan pada saat tanah dalam kondisi gembur dan lembab atau ketersediaan air pada lapisan olah sekitar 80% dari kapasitas lapang. Tanah dengan kondisi tersebut akan dapat menjamin kelancaran sirkulasi O_2 dan CO_2 serta meningkatkan aktivitas mikroba tanah, sehingga dapat memacu pertumbuhan daun untuk menghasilkan fotosintat secara maksimal dan ditranslokasikan ke dalam ubi secara maksimal pula.

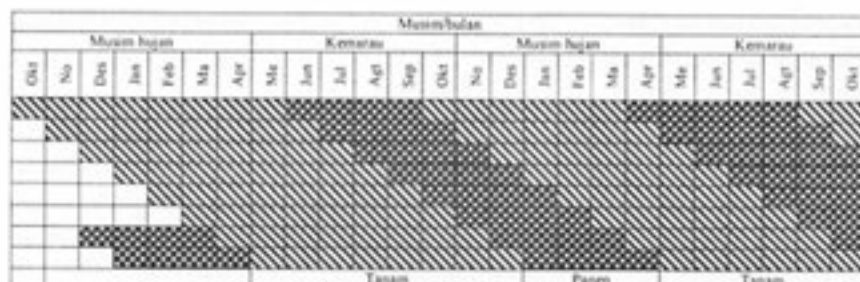
Perbedaan posisi stek di tanah dan bagian stek yang tertanam di lapisan olah dapat mempengaruhi hasil ubikayu karena tingkat kepadatan akarnya rendah, tidak terdistribusi secara merata, seperti stek yang ditanam vertikal pada kedalaman 15 cm. Pertumbuhan akar ubikayu juga dipengaruhi oleh permukaan pangkal stek. Jika pangkal stek dipotong rata atau runcing, pertumbuhan akar lebih merata dibandingkan dengan yang dipotong miring. Panjang stek yang tertanam di tanah berkisar antara 10-15 cm agar hasilnya tinggi. Panjang stek yang diperlukan adalah 20-25 cm.

Waktu Tanam

Hasil optimal dari ubikayu berpeluang dicapai bila tanaman mendapat pengairan bulanan yang ideal, yaitu 100-150 mm, 200-300 mm, dan 150 mm masing-masing pada saat tanaman berumur 0-3 bulan, 4-7 bulan, dan menjelang sampai panen. Di daerah beriklim kering, ketersediaan air yang ideal bagi tanaman dapat dicapai jika penanaman dilakukan pada awal musim hujan. Oleh karena itu, penanaman hanya dapat dilakukan serentak pada awal musim hujan sehingga peluang untuk dapat dipanen harian sepanjang tahun dalam upaya penyediaan bahan baku sesuai kebutuhan industri relatif kecil. Di daerah beriklim basah, ketersediaan air ideal masih dapat dicapai dari penanaman yang dilakukan dari awal sampai akhir musim hujan dan ubikayu yang ditanam sejak awal hingga akhir musim hujan dapat dipanen harian sepanjang tahun.

Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku aneka industri sepanjang tahun diperlukan pewilayahan hamparan pertanian berdasarkan waktu tanam dan umur panen ubikayu. Skenario pewilayahan tersebut adalah dengan pembagian waktu tanam menjadi enam kelompok, yaitu (1) kelompok Oktober, (2) kelompok November, (3) kelompok Desember, (4) kelompok Januari, (5) kelompok Februari, dan (6) kelompok Maret dan kebun penyangga April dan Mei (Gambar 2).

Perbedaan waktu tanam dan umur panen mempengaruhi produktivitas ubikayu sehingga perlu pergiliran kelompok waktu tanam setiap dua tahun



Gambar 2. Skenario pengaturan kelompok waktu tanam dan panen ubikayu petani kooperator industri dan kebun penyangga.

agar peluang untuk mendapatkan hasil tinggi merata atau tanpa pergiliran waktu tanam asal setiap petani membagi lahannya menjadi tiga periode kelompok tanam. Varietas yang sesuai untuk tiap kelompok adalah varietas umur sedang (dipanen mulai umur 9 bulan) pada tahun pertama dan diikuti oleh varietas umur genjah (dipanen mulai umur 7 bulan) pada tahun berikutnya. Dengan cara tersebut akan diperoleh hasil 15-28 t/ha dari tanaman yang dipanen pada umur 9-12 bulan (Tonglum *et al.* 2001, Fauzan dan Puspitorini 2001).

Pengendalian Erosi

Erosi merupakan penyebab utama degradasi tanah dan dipengaruhi oleh iklim, topografi, vegetasi, jenis tanah, dan aktivitas manusia. Lahan kering yang peka erosi lebih luas dibandingkan dengan yang tidak peka erosi dan sentra produksi ubikayu didominasi oleh lahan berbukit dan tanah Ultisol yang umumnya peka erosi (Adimihardja 2005, Wargiono *et al.* 1993). Oleh karena itu, pengendalian erosi perlu mendapat prioritas yang tinggi dalam pengembangan usahatani ubikayu.

Pertumbuhan kanopi ubikayu pada fase awal relatif lambat dan belum mampu menutup permukaan tanah antartanaman secara sempurna, sehingga peluang terjadinya erosi cukup tinggi bila tidak dilakukan upaya pengendalian. Curah hujan pada fase awal pertumbuhan ubikayu relatif tinggi sehingga tanah yang tererosi selama tiga bulan pertama juga tinggi, yakni sekitar 80% dari total tanah yang tererosi selama setahun (Wargiono *et al.* 2001).

Cara pengendalian erosi yang murah dan efektif adalah melalui: (1) pengolahan tanah konservasi, yaitu satu kali bajak + gulud (*ridger*) sistem kontur, (2) sistem tanam tumpangsari ubikayu dengan padi gogo atau kacang tanah, (3) sistem tanam larik (*hedgerows*) pada guludan kontur

Tabel 13. Hasil ubikayu dengan perlakuan pengendalian erosi.

Perlakuan	Tanah tererosi (t/ha)	Hasil ubi segar (t/ha)
Ubikayu monokultur	31,90	16,75
Ubikayu + jagung	27,54	14,38
Ubikayu + kacang tanah	16,60	20,13
Ubikayu + 2 baris rumput gajah	23,81	18,25
Ubikayu + kacang tanah + 1 baris rumput gajah	13,99	23,38

Sumber: Wargiono *et al.* (1998).

dengan tanaman pangan (kacang tanah, sorgum, jagung, padi gogo) dan tanaman pakan (rumput gajah, akar wangi, lamtoro), dan (4) penanaman tanaman penahan erosi strip kontur.

Selain efektif dan murah, cara pengendalian erosi secara kultur teknis tersebut juga dapat memperbaiki produktivitas tanah dan mudah dipraktekkan. Pengendalian erosi sistem tanam lorong (*hedgerows*) dengan penanaman lamtoro atau gliseridia yang pangkasannya digunakan sebagai mulsa secara kontinu dapat memperbaiki fisik dan kimia tanah serta meningkatkan hasil ubikayu hingga 40% (Wargiono *et al.* 1998). Pengendalian erosi dengan sistem tanam larik menggunakan rumput akar wangi atau rumput gajah dapat menghasilkan pakan, menahan erosi (Tabel 4 dan 13), dan tanah yang tererosi akan terakumulasi dan membentuk teras bangku secara bertahap sehingga dapat menjamin keberlanjutan sistem produksi.

Pengendalian Gulma

Pertumbuhan ubikayu yang lambat selama tiga bulan pertama menyebabkan tanah di antara tanaman tidak tertutup secara sempurna oleh kanopi tanaman. Hal ini menyebabkan tingginya intensitas cahaya matahari di antara tanaman sehingga memacu pertumbuhan gulma. Pada kondisi tersebut tanaman ubikayu tidak mampu berkompetisi dengan gulma, sehingga pertumbuhannya terhambat dan hasilnya dapat menurun hingga 75%. Pengendalian gulma secara manual lebih murah 35% dibandingkan dengan cara kimia dan mempunyai beberapa kelebihan, yaitu (1) memperbaiki struktur tanah, (2) tidak selektif terhadap spesies/kelompok jenis gulma, (3) tidak mencemari lingkungan, dan (4) dapat dilakukan oleh tenaga kerja keluarga.

Pada bulan ke-4 kanopi ubikayu mulai menutup permukaan tanah, sehingga pertumbuhan gulma mulai tertekan karena kecilnya penetrasi sinar matahari di antara tanaman ubikayu. Oleh karena itu, kondisi bebas gulma

Tabel 14. Pengaruh waktu bebas gulma terhadap hasil ubikayu.

Jumlah bulan bebas gulma*	Hasil (t/ha)**	
	Awal MH	Akhir MH
0 bulan (kontrol)	5,83	9,56
2 bulan	24,34	20,98
3 bulan	24,28	22,61
4 bulan	22,59	21,25
Petani	20,23	19,89

*Jumlah bulan sejak tanam, **Rata-rata dari dua tahun

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

atau penyiangan pada bulan ke-4 tidak diperlukan (Tabel 14). Kondisi bebas gulma hanya diperlukan selama tiga bulan pertama (fase awal pertumbuhan) dan menjelang panen. Kondisi bebas gulma pada saat panen dapat menurunkan tingkat kesulitan panen, sehingga kehilangan hasil dapat dicegah. Kondisi bebas gulma juga dapat mempermudah pengolahan tanah dan mengurangi populasi gulma pada musim tanam berikutnya. Dalam usahatani komersial, sebagian besar petani melakukan pengendalian gulma secara kimiawi, 2-3 minggu sebelum panen.

Pengendalian Hama dan Penyakit

Bakteri layu dan hawar daun adalah penyakit utama ubikayu. Varietas Adira-4, Malang-6, UJ-3, dan UJ-5 agak tahan terhadap kedua penyakit tersebut. Hama utama ubikayu adalah tungau merah (*Tetranychus bimaculatus*). Kerusakan tanaman oleh hama ini sering bersifat opsional pada luasan sempit, sehingga kerugian relatif rendah.

Panen

Kriteria utama umur panen ubikayu adalah kadar pati optimal, yaitu pada saat tanaman berumur 7-9 bulan. Bobot ubi meningkat dengan bertambahnya umur tanaman, sedangkan kadar pati cenderung stabil pada saat tanaman telah berumur 7-9 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa umur panen ubikayu fleksibel, tanaman dapat dipanen pada umur 7 bulan atau ditunda sampai berumur lebih dari 12 bulan. Fleksibilitas umur panen memberi peluang bagi keberlanjutan penyediaan ubikayu untuk bahan baku bioetanol.

Penundaan umur panen hanya dapat dilakukan di daerah beriklim basah dan tidak sesuai di daerah beriklim kering karena pertumbuhan

Tabel 15. Hasil ubi segar dan pati ubikayu varietas UJ-5 pada umur panen berbeda.

Umur panen (bulan)	Hasil ubi segar (t/ha)	Hasil pati (t/ha)
8 bulan	16,19	2,31
10 bulan	23,06	4,81
12 bulan	31,31	5,94
14 bulan	37,56	7,38
16 bulan	41,50	8,69
18 bulan	45,25	9,19

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

tanaman pada pertanaman April-Mei akan terhambat dan hasilnya rendah jika terjadi cekaman kekeringan atau curah hujan <25 mm/10 hari selama tiga bulan pertama (Wargiono *et al.* 2001). Untuk menghindari cekaman kekeringan, sebagian besar petani melakukan tanam serentak pada awal musim hujan dan panen juga serentak, sehingga 80% dari produksi ubikayu terkonsentrasi pada musim kemarau (BPS 2004). Kondisi ini tidak sesuai untuk pengembangan industri bioetanol dan nonbioetanol, karena sebaran produksi bulanan tidak merata sepanjang tahun. Langkah antisipasi adalah dengan pewilayahan waktu tanam pada awal musim hujan hingga bulan ke-4 selama musim hujan dan panen bervariasi antara umur 7-12 bulan (Tabel 15).

KELAYAKAN USAHATANI DAN PENGEMBANGAN UBIKAYU

Untuk mendukung pengembangan ubikayu sebagai bahan baku aneka industri perlu dikaji kelayakannya dari berbagai aspek, yang meliputi aspek teknis, finansial, dan ekonomi.

KELAYAKAN TEKNIS

Kelayakan teknis pengembangan ubikayu dapat diukur berdasarkan aspek biofisik, produktivitas, dan fisiko-kimia. Aspek biofisik terdiri atas faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi tanaman, gulma dan hama penyakit, sedangkan faktor abiotik antara lain iklim dan tanah.

Kelayakan sumber daya lahan bagi pengembangan ubikayu tercermin dari luas panen ubikayu yang dewasa ini mencapai 1,21 juta ha yang tersebar di 55 kabupaten sentra produksi di 36 provinsi. Dalam kaitan sumber daya

lahan, masalah aktual yang terjadi di lapangan adalah (1) penurunan luas panen, (2) tingkat kesuburan tanah yang rendah dan peka erosi, dan (3) kepemilikan lahan yang sempit.

Penurunan luas panen ubikayu 0,65% per tahun dalam dasawarsa terakhir akan dapat ditanggulangi dengan memanfaatkan lahan tidur yang luasnya diperkirakan 5,84 juta ha dan lahan sawah tadah hujan 1,18 juta ha. Lahan sawah tadah hujan dengan indeks pertanaman (IP) padi 100 sudah dimanfaatkan oleh petani untuk usahatani ubikayu secara komersial di daerah dengan permintaan tinggi dan harga memadai. Di beberapa daerah, lahan tidur dan wanatani (peremajaan hutan tanaman industri dan perkebunan) juga telah dimanfaatkan untuk usahatani ubikayu semi komersial dan komersial. Luas lahan tidur berupa padang alang-alang yang potensial untuk pengembangan ubikayu sekitar 1 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, dan sebagian Sulawesi dan Nusa Tenggara (Adimiharja *et al.* 2005).

Tingkat kesuburan lahan yang rendah dapat diatasi dengan penggunaan pupuk organik dan anorganik dengan menerapkan konsep pemupukan berimbang atau rasional (Tabel 13). Penurunan produktivitas lahan yang disebabkan oleh degradasi tanah dapat diatasi melalui pengendalian erosi secara kultur teknis dengan biaya murah (Tabel 14).

Kepemilikan lahan yang sempit sehingga tidak mampu memberikan insentif bagi petani dapat diatasi dengan pengembangan pola tanam tumpangsari. Dengan pola pertanaman ini petani dapat menambah penghasilannya dari hasil tanaman sela berupa jagung, kacang-kacangan, dan padi. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem tumpangsari potensial dikembangkan dengan tingkat kelayakan finansial yang tidak berbeda dengan pola monokultur (Tabel 8).

Produktivitas ubikayu di sentra produksi berkisar antara 11-19 t/ha ubi segar, sementara varietas unggul yang tersedia mampu berproduksi 30-40 t/ha ubi segar (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa produktivitas ubikayu masih dapat ditingkatkan dengan pengembangan varietas unggul dan penerapan teknologi budi daya.

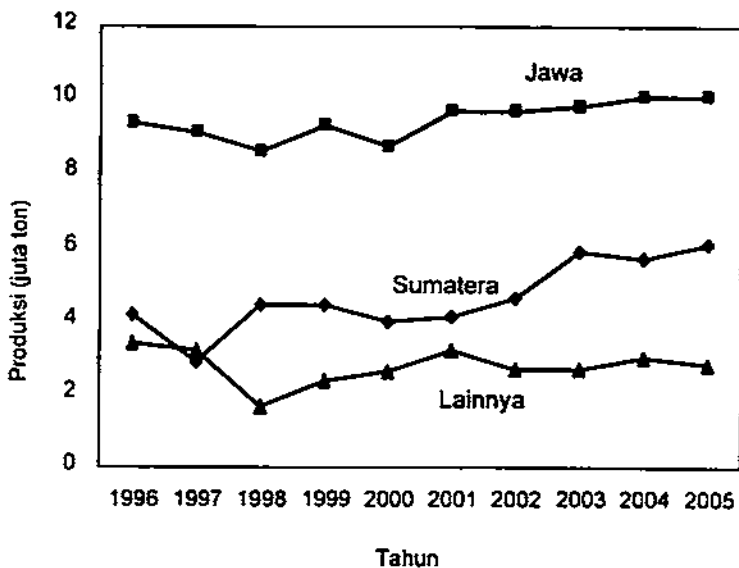
Sebagian besar petani telah mengenal usahatani ubikayu secara turun-temurun. Di beberapa daerah petani mengusahakan komoditas ini untuk bahan pangan dan di daerah lainnya untuk bahan baku industri dan produk ekspor. Permasalahan yang perlu diatasi adalah kurangnya kemampuan petani untuk mengusahakan ubikayu secara komersial karena keterbatasan tenaga kerja dan modal usahatani. Keterbatasan tenaga kerja dapat diatasi dengan cara gotong royong dalam kelompok yang beranggotakan 10-15 petani. Dalam hal ini kegiatan usahatani ubikayu dikerjakan bersama-sama

secara bergilir. Model gotong royong ini telah berjalan di Lampung Utara dan ternyata berhasil mengatasi masalah kekurangan tenaga kerja. Keterbatasan modal dapat diatasi melalui pengembangan model kemitraan antara petani dengan pihak industri yang menyediakan kredit biaya pengolahan tanah dan sarana produksi. Kredit dibayar dengan hasil panen ke pihak industri mitra. Model kemitraan ini juga telah berkembang di beberapa daerah transmigrasi di Lampung.

Berdasarkan aspek produktivitas, secara nasional kelayakan teknis usahatani ubikayu dapat ditingkatkan dengan memperkecil senjang hasil antarprovinsi yang masih cukup lebar (berkisar antara 11-19 t/ha) dengan laju pertumbuhan 2-5% per tahun.

Pada daerah sentra produksi di Jawa, produktivitas ubikayu berkisar antara 13,9-17,6 t/ha dengan laju pertumbuhan 2,7% per tahun dan panen terkonsentrasi pada musim kemarau. Masalah produksi ubikayu yang melimpah pada musim kemarau dapat dipecahkan antara lain melalui pengembangan industri chips dan tepung kasava, dan diversifikasi bentuk bahan baku untuk industri bioetanol, yaitu ubi segar dan tepung.

Di Sumatera yang didominasi oleh lahan suboptimal dan beriklim basah, produktivitas ubikayu bervariasi antara 12,5-18,8 t/ha dengan laju pertumbuhan 2,5% per tahun (Gambar 3). Pengembangan varietas unggul dan teknologi budi daya anjuran mampu meningkatkan produktivitas ubikayu menjadi 15-25 t/ha.



Gambar 3. Sebaran dan pertumbuhan produksi ubikayu regional (BPS 2006-2006).

Berdasarkan aspek fisiko-kimia, pengembangan usahatani ubikayu layak secara teknis dengan tersedianya varietas unggul yang berpotensi hasil dan berkadar pati tinggi, umur panen fleksibel, dan biaya pengolahan produk turunan pati lebih murah dibandingkan dengan pati dari komoditas lain (Richana *et al.* 2003).

Kelayakan Finansial dan Ekonomi

Indikator untuk mengukur kelayakan finansial usahatani ubikayu adalah rasio R/C, B/C, dan BEP. Faktor yang mempengaruhi indikator tersebut adalah biaya produksi, produktivitas, harga ubi segar di tingkat petani, dan keunggulan komparatif. Upaya untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi dihadapkan kepada rendahnya produktivitas sebagian lahan pertanian yang ditandai oleh rendahnya kandungan bahan organik dan hara makro utama (Adimihardja *et al.* 2005).

- Pengembangan sistem usahatani ubikayu-ternak merupakan salah satu cara yang dapat mengatasi masalah tersebut. Sistem usahatani ini menyediakan kotoran ternak (bahan organik) secara *in situ* yang penting artinya untuk meningkatkan produktivitas lahan. Penggunaan bahan organik akan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik dan sejalan dengan konsep pemupukan berimbang. Penggunaan bahan organik dan pupuk anorganik secara kontinu dapat menjamin kelestarian usahatani dengan biaya produksi yang relatif murah.

Rendahnya harga ubi di tingkat petani umumnya disebabkan oleh terbatasnya pasar dan infrastruktur di pedesaan. Masalah ini dapat diatasi dengan pembentukan *emerging market* dalam bentuk industri pengolahan hasil skala pedesaan yang berperan sebagai mitra utama petani. Dengan tingkat hasil 20 t/ha dan harga ubi Rp 300/kg di tingkat petani maka usahatani ubikayu memiliki keunggulan komparatif dengan jagung pada tingkat hasil 6 t/ha dan harga hasilnya Rp 1500/kg, serta secara finansial layak dikembangkan berdasarkan B/C rasio berkisar antara 0,94-1,01 (Tabel 16). Hal ini tentu merupakan salah satu jaminan bagi upaya pengembangan usahatani ubikayu mendukung industri pengolahan hasil.

Data survei di beberapa sentra produksi ubikayu di Thailand, India, Cina, Vietnam, Filipina, dan Indonesia menunjukkan biaya produksi untuk mencapai hasil 15-25 t/ha dalam pola tanam monokultur dan tumpang-sari masing-masing adalah 344,4 dolar dan 544,7 dolar AS (Howeler 2001). Di Indonesia, untuk mencapai BEP dalam pola monokultur, harga ubi segar pada tingkat hasil 15 t, 20 t, dan 25 t/ha masing-masing Rp 207, Rp 155, dan Rp 125/kg dengan asumsi biaya produksi tetap.

Tabel 16. Sensitivitas kelayakan finansial pengembangan ubikayu.

Sistem tanam/ tingkat harga (Rp/kg ubi segar)	B/C rasio/tingkat hasil (t/ha)		
	15	20	25
Monokultur			
250	0,21	0,61	1,02
300	0,45	0,94	1,42
350	0,69	1,26	1,82
Tumpangsari			
250	0,55	0,80	1,06
300	0,70	1,01	1,31
350	0,85	1,21	1,57

Sumber: Wargiono (2007).

Kelayakan ekonomi usahatani ubikayu dapat diupayakan melalui peningkatan efisiensi penggunaan sarana produksi, lahan, dan pengembangan varietas unggul berdaya hasil dan berkadar pati tinggi dan berumur genjah. Efisiensi penggunaan pupuk dapat ditingkatkan dengan menerapkan konsep pemupukan berimbang, cara, dan waktu pemberian. Dengan pengelolaan yang tepat, penggunaan bahan organik meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk anorganik lebih dari 30% (George *et al.* 2001, Wargiono *et al.* 2001) karena dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah yang berperan penting dalam menciptakan kondisi optimal bagi perkembangan mikroba tanah. Pola tumpangsari meningkatkan kepadatan akar pada lapisan olah sehingga meningkatkan efisiensi penyerapan hara hingga 30% (Fujita and Budu 1994) dan efisiensi penggunaan lahan (LER) lebih dari 100% (Wargiono *et al.* 2001). Penerapan konsep pemupukan berimbang dan penggunaan varietas unggul mampu meningkatkan produktivitas ubikayu sesuai dengan potensi genetik tanaman.

Pencapaian potensi genetik juga dapat dicapai melalui sistem Mukibat atau Satrawi walaupun biaya produksinya 200% lebih tinggi dibandingkan dengan sistem konvensional. Berdasarkan analisis *loss and gain* bahwa tiap Rp 1 biaya produksi dapat menghasilkan Rp 1,70 (Wargiono 2008), maka usahatani ubikayu dengan sistem Mukibat layak dikembangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Allem, A.C. 2002. The origins and taxonomy of cassava. EMBRAPA. DF. Brazil.
- Adimihardja, A., S. Sutono, dan N. Sutrisno. 2005. Teknologi pengendalian erosi lahan berlereng, pengelolaan lahan kering menuju pertanian produktif dan ramah lingkungan. Puslitbangtanak. Bogor.

- Anonim. 2004. That hiding fibre: The rise of resistant starch. Food and beverage Asia. Enguany No. 056. William Pang. Singapore.
- BPS. 2004. Luas panen dan produksi ubikayu bulanan di Indoensia. BPS. Jakarta.
- BPS. 2006. Productivitas ubikayu tlap provinsi di Indonesia. BPS. Jakarta.
- BPS. 1993-2003. Neraca bahan makanan penduduk Indonesia. BPS. Jakarta.
- BPS. 1996-2006. Produksi ubikayu tiap provinsi di Indonesia. BPS. Jakarta.
- CGIAR. 2000. Roots and tubercrops in the global food system. CICRTER Report. Lima Peru.
- Ditkabi. 2007. Studi pengembangan ubikayu untuk produk baru pertanian. Ditjentan. Jakarta.
- Ditgizi. 2005. Daftar komposisi bahan makanan. Bharata Karya Aksara. Jakarta.
- Fauzan and P. Puspitosari. 2001. Effect of date of planting and rainfall distribution on the yield of five cassava varieties at Lampung. Cassava's potential in Asia in the 21st century: present situation and future research and development needs. Proc. the Sixth Regional Workshop. Vietnam.
- Fujita, K. and K.G.O. Budu. 1994. Significant of legumes in intercropping systems. Roots and Nitrogen in Intercropping Systems of the Semi-arid Tropics. JIRCAS No. 3: 19-40.
- George, J., C.R. Mohankumar, G.M. Nair, and C.S. Ravindran. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in India – major achievement during the past 30 years. Proc. the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh City. Vietnam. 279-299.
- Hidayat, A. dan A. Mulyani. 2005. Lahan kering untuk pertanian teknologi pengelolaan lahan kering menuju pertanian produktif dan ramah lingkungan. Puslitbangtanak, Bogor. 7-38.
- Howeler, R.H. 2001. Has its benefited cassava farmer. Cassava's potential in Asia in the 21st century: present situation and future research and development needs. Proc. Regional Workshop. Vietnam.
- Hozyo, Y., M. Megawati, and J. Warglono. 1984. Plant production and the potential productivity of cassava. Contr. CRIFC. Bogor. 73.
- Richana, N., N. Saleh, and J. Wargiono. 2003. Recent development in cassava starch and derived products used in food processing in Indonesia. Cassava research and development in Asia: Exploring new opportunities for an ancient crop. Proc. Regional Workshop. Bangkok, Thailand.

- Suparno, B., J.H. Nugroho, and R.H. Howeler. 1990. Effect of soil preparation on cassava yield and erosion. Nat. Sem. on Cassava Pre- and Post-harvest Technologies and Research Development. Lampung.
- Wargiono, J. 2008. Pengembangan usahatani ubikayu model Mukibat industri bioetanol. Pros. Workshop Bisnis Bioetanol Singkong. IPB. Bogor.
- Wargiono, J. 2007. Cassava FPR results at Lampung and Yogyakarta. Sem. of CIAT's cassava FPR results. Brawijaya Univ. Malang.
- Wargiono, A. Hasanuddin, dan Suyamto. 2006. Teknologi produksi ubikayu mendukung industri bioetanol. Puslitbangtan. Bogor.
- Wargiono, J. 2004. Pemupukan NPK dan sistem tanam ubikayu. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan Vol. 22.
- Wargiono, J., Y. Widodo, and W.H. Utomo. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Indonesia – major achievements during the past 30 years. Proc. the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh City. Vietnam.
- Wargiono, J., E. Tuherkih, Zulhaida, N. Heryani, dan S. Efendi. 1997. Waktu tanam ubikayu dalam pola monokultur dan tumpangsari. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan Vol. 15.
- Wargiono, J., B. Guritno, Y. Sugito, and Y. Widodo. 1993. Recent progres in cassava agronomy in Indonesia. Cassava breeding, agronomy research and technology transfer in Asia. Proc. Regional Workshop. India.
- Wargiono, J. 1983. Yield of cassava varieties at different plant spacing. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 3(2): 53-55.

Pengendalian Hama dan Penyakit Utama

N. Saleh, S.W. Indiatl, dan M. Rahayu

HAMA UTAMA

Selama ini hama yang sering menurunkan hasil ubikayu adalah hama tungau merah dari spesies *Tetranychus*, ulat tanduk (*Erinnys ello*), kepinding tepung/mealybug (*Phenacoccus manihoti*), kutu perisai, dan kutu kebul (*Bemisia tabaci*).

Tungau Merah (*Tetranychus bimaculatus Harv*)

Tungau merah banyak ditemukan di Indonesia dan negara tropis produsen ubikayu di Asia, namun belum ditemukan di Amerika Latin dan Afrika. Tungau merah (*Tetranychus bimaculatus Harv*) lebih senang makan bagian tanaman yang banyak mengandung protein, yaitu daun. Di samping itu tungau ini memerlukan cuaca yang lebih lembab sehingga daun yang diserang adalah bagian bawah daun yang sudah tua. Dalam jumlah sedikit tungau tidak berbahaya, tetapi dalam jumlah banyak sangat berbahaya, karena serangan bukan hanya pada daun tua tetapi juga pada daun muda, bahkan pucuk dan batang muda (Wargiono 1979). Dalam kondisi serangan hebat, semua daun akan rontok dan tanaman menjadi gundul. Dalam keadaan daun-daun sudah rontok, fotosintesa terhenti sementara dan sebagian pati di dalam ubi digunakan sebagai energi untuk pertumbuhan tunas, sehingga hasilnya akan menurun. Sebaran populasi tungau pada tanaman ubikayu yang berumur tujuh bulan secara umum terkonsentrasi pada daun tengah, sedikit pada daun bawah dan pucuk. Pada daun tersebut tungau merah banyak diam dan mengisap cairan di sepanjang tulang daun dan di pusat tulang daun.

Tahapan rontoknya seluruh daun gejala serangannya terlihat adanya spot (bercak) kuning di sepanjang tulang daun pada daun tua dari tangkai daun yang berada di bagian bawah dan tengah. Bercak tersebut kemudian menyebar ke seluruh permukaan daun sehingga daun berwarna kemerahan, coklat atau seperti karat. Daun-daun yang terserang parah akhirnya kering, dan terjadi kerontokan seluruh daun. Pada tanaman yang terserang parah, ubi yang dihasilkan umumnya berukuran kecil, sehingga hasilnya rendah. Pada kondisi serangan yang parah dan lama, penurunan hasil mencapai 95% (Indiatl 1999).

Tetranychus urticae dan *Mononychellus tanajoa* juga merupakan hama ubikayu yang cukup serius, selain *T. Bimaculatus*.

T. urticae selalu dijumpai pada pertanaman ubikayu di Amerika Latin dan Afrika. Kerusakan oleh hama tersebut dapat mengakibatkan kehilangan hasil yang cukup serius (Rao dan Pillai 1972, Nyiira 1976). Kehilangan hasil ubikayu akibat serangan tungau bervariasi antara 20-46%, 15-20% dan 20-50%, masing-masing di Uganda, Venezuela, dan Kolombia. Kehilangan hasil juga berbeda antara varietas yang toleran dan yang peka. Pada varietas peka, kehilangan hasil ubi dapat mencapai 73%, tetapi pada varietas toleran hanya sekitar 15% (Byrne *et al.* 1982).

Kepinding Tepung (*Phenacoccus* sp.)

Kepinding tepung (*Phenacoccus* sp.) adalah hama tanaman ubikayu yang banyak menyerang pada musim kemarau, karena kondisi lingkungan sangat membantu bagi perkembangan populasi hama ini. Sebaliknya pada musim hujan, intensitas serangannya akan menurun. Menurut Bellotti (1987), suhu udara sangat mempengaruhi perkembangan biologi kepinding. Semakin panas suhu udara semakin cepat perkembangan kepinding, baik jantan maupun betina. Pada suhu 20°C, untuk menempuh satu siklus, kepinding betina memerlukan waktu 90 hari, pada suhu 25°C hanya 38 hari, sedangkan kisaran suhu optimum adalah 25-30°C. Untuk kepinding jantan, waktu yang diperlukan 50% lebih pendek dari kepinding betina. Pada tanaman ubikayu kepinding dapat dijumpai hidup pada batang, tangkai daun, dan daun yang telah membuka sempurna. Sebaran populasi kepinding pada tanaman ubikayu bervariasi antarorgan tanaman, tertinggi pada daun (49-57 ekor/tanaman), kemudian pada batang (27-48 ekor/tanaman), dan sedikit pada tangkai daun (1-2 ekor/tanaman).

Kepinding tepung merupakan hama penghisap cairan daun dan batang tanaman. Adanya racun yang terbawa oleh liur hama tersebut akan menimbulkan gejala kerdil pada daerah titik tumbuh, ruas menjadi pendek, dan daun baru tumbuh mengerut. Meningkatnya kepadatan populasi kepinding akan menyebabkan layunya titik tumbuh tanaman. Serangan pada daun-daun tua akan menyebabkan kerontokan daun. Secara ekonomis, kerusakan tanaman yang ditimbulkan oleh hama ini adalah berkurangnya daun segar, terutama daun muda (Libby 1968 dalam Kumar 1987). Pada intensitas yang tinggi, serangan kepinding dapat mengakibatkan penurunan hasil 60-80%, bergantung pada varietas yang ditanam (Bellotti 1987).

Kutu Perisai

Ada beberapa jenis kutu perisai yang dapat menyerang tanaman ubikayu, di antaranya *Aonidomytilus albus* (Diaspididea) dan *Saissetia* sp. (Coccidae). Biologi *A. albus* betina berbentuk remis dan tertutup dengan eksresi lilin berwarna putih, sedangkan yang jantan, kaki dan sayapnya berkembang sempurna. Seekor kutu betina dapat memproduksi sekitar 47 butir telur yang diletakkan di antara tutup perisai dan kelenjar. Telur-telur tersebut akan menetas pada hari keempat. Nympha satu sangat aktif dan menyebar, 11 hari kemudian terjadi proses ganti kulit dan muncul nympha yang *immobile* (diam). Setelah empat hari, imago betina muncul dan memulai proses oviposisi dalam 1-2 hari. Satu generasi berlangsung dalam 22-25 hari.

Batang ubikayu yang terserang kutu perisai, daunnya akan menunjukkan gejala kuning dan kemudian rontok. Pada kondisi serangan yang parah, tanaman menjadi kerdil dan pucuk tanaman mati. Serangan terparah terjadi pada musim kemarau dan tanaman sangat kerdil karena diperburuk oleh adanya stres kekeringan.

Kerugian yang tinggi akibat serangan kutu perisai biasanya terjadi pada bahan tanam yang mengakibatkan matinya pucuk lateral. Kehilangan hasil dapat mencapai 19% pada varietas rentan yang dilandai batang yang tertutup penuh kutu perisai (CIAT 1993).

Kutu Kebul

(*Bemisia tabaci* Genadius, Homoptera: Aleyrodidae)

Serangga (kutu kebul) dewasa meletakkan telur di permukaan helaian daun muda bagian bawah. Telur berwarna kuning terang dan bertangkai seperti kerucut. Serangga muda (nimpha) yang baru keluar dari telur berwarna pucat, tubuhnya berbentuk bulat telur dan pipih. Hanya instar satu yang kakinya berfungsi, sedang instar dua dan tiga melekat pada daun selama hidupnya. Serangga (kutu kebul) dewasa berwarna putih dengan sayap jernih, ditutupi lapisan lilin yang bertepung.

Serangga muda dan dewasa menghisap cairan daun. Serangan kutu kebul tidak menimbulkan kerusakan yang berarti pada tanaman ubikayu. Walaupun demikian keberadaan kutu tersebut lebih dikhawatirkan karena merupakan serangga penular penyakit virus *cassava mosaic disease* (CMD) yang mengakibatkan menurunnya vigor dan kehilangan hasil yang nyata. Di Afrika, serangan virus yang parah dapat menurunkan hasil sampai 90%.

Selain sebagai penular virus, hama ini juga dapat menyerang tanaman dari famili *Compositae*, *Cucurbitaceae*, *Cruciferae*, *Solanaceae*, dan

Leguminoceae. Dengan demikian hama ini perlu dikendalikan walaupun penurunan hasil akibat serangannya tidak nyata.

Ulat Tanduk (*Erinnyis ello*)

Ulat tanduk merupakan hama musiman, serangan yang parah terjadi pada musim kemarau. Serangan ulat tanduk dapat mengakibatkan defoliasi total pada daun, yang berakibat rendahnya kualitas dan kuantitas hasil ubikayu. Besarnya kehilangan hasil ubikayu akibat serangan ulat tanduk bergantung pada umur tanaman, kesuburan tanah, faktor lingkungan seperti hujan dan frekuensi serangan. Kehilangan hasil pada tanah yang subur berkisar antara 0-25% untuk satu kali serangan, dan mencapai 47% setelah dua kali serangan. Kehilangan hasil ubikayu pada tanah yang kurang subur berkisar antara 15-46% untuk satu kali serangan, dan mencapai 64% setelah dua kali serangan. Setelah tanaman berumur enam bulan, kehilangan hasil kurang berarti walaupun berpengaruh terhadap kualitas ubi.

Ulat tanduk akan memakan seluruh daun ubikayu, tetapi yang paling disukai adalah daun muda pada batang muda dan pucuk. Larva terdiri atas lima instar. Selama periode larva, seekor larva bisa mengkonsumsi daun seluas 1.100 cm², dan sekitar 75% dari luasan tersebut dikonsumsi selama instar 5. Serangan ulat dapat terjadi pada semua umur tanaman, akan tetapi yang paling rentan adalah pada saat tanaman berumur 2-5 bulan.

Telur *E. ello* berbentuk bulat kecil berwarna hijau muda sampai kuning, yang diletakkan secara tunggal di atas permukaan daun ubikayu. Imago bertelur pada malam hari, seekor imago dapat bertelur sampai 1.850 butir. Telur menetas pada umur 3-5 hari. Larva terdiri atas lima instar lama fase larva bergantung pada suhu udara. Semakin panas suhu udara semakin pendek fase larva. Pada suhu 15°C, 20°C, 25°C, dan 30°C panjang fase larva rata-rata 105, 52, 29, dan 23 hari. Imago berupa kupu malam berwarna abu-abu dengan 5 atau 6 buah pita yang melintang di abdomen.

PENYAKIT UTAMA

Masalah biotis dalam budi daya ubikayu selain hama adalah patogen. Patogen adalah suatu makhluk hidup berukuran sangat kecil (mikroskopis), sebagai contoh adalah virus, bakteri, dan jamur. Patogen bila menyerang tanaman selanjutnya akan berkembang biak dan menyebar di dalam jaringan tanaman, akhirnya tanaman mengalami gangguan yang berakibat menyimpangnya fungsi fisiologis dan metabolisme menjadi tidak normal. Secara kasat mata gangguan-gangguan tersebut nampak dalam bentuk

penyimpangan bentuk, ukuran, dan warna dari organ tanaman yang disebut dengan gejala penyakit. Gejala penyakit pada organ ubikayu dapat dilihat pada daun, batang, dan ubi.

Terdapat bermacam-macam gejala serangan patogen pada ubikayu, seperti kerusakan atau perubahan warna daun, retakan atau luka pada batang, serta kerusakan dan perubahan warna ubi. Penyakit yang diakibatkan oleh patogen bersifat menular, tetapi penyakit fisiologis yang disebabkan oleh gangguan abiotik (suhu yang panas/dingin, kekurangan hara makro dan mikro atau keracunan hara mikro dan lain sebagainya) tidak menular.

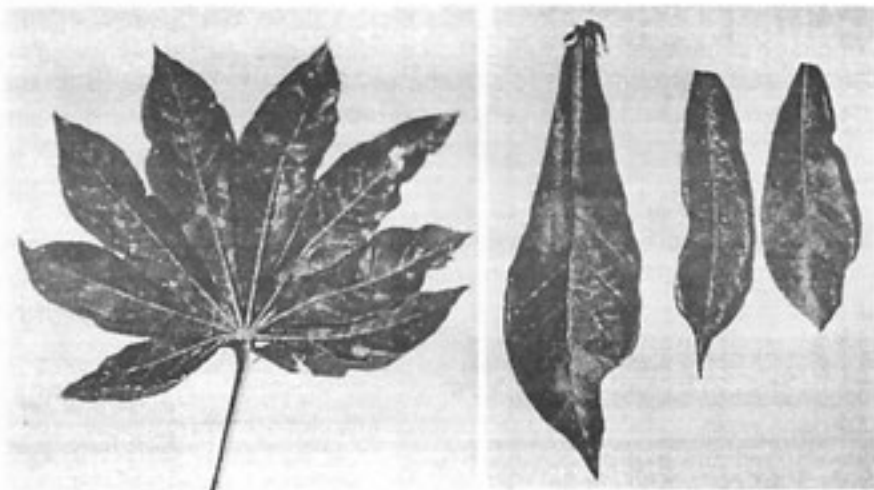
Penyakit utama ubikayu adalah bercak daun, hawar daun/mati pucuk, penyakit antraknose, mosaik, serta penyakit busuk akar dan penyakit yang disebabkan oleh beberapa jenis jamur tanah (Pusat Karantina Pertanian 1987/88, Semangun 1991, Msikita *et al.* 2000). Serangan penyakit dinyatakan penting sebab pengaruhnya dapat menurunkan kuantitas dan kualitas hasil ubi.

Penyakit bercak daun, hawar/mati pucuk, penyakit antraknose dan mosaik adalah penyakit yang merusak daun dan batang, sementara itu hasil ubi sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dapat mengurangi daya hidup daun sebagai organ yang melakukan proses fotosintesis. Karena itu, infeksi patogen pada ubikayu perlu mendapat perhatian serius, walaupun budi daya ubikayu tidak lazim menggunakan input tinggi untuk pengendalian penyakit secara kimia. Pengendalian secara preventif menjadi pilihan utama karena mudah dilakukan melalui pemilihan varietas tahan penyakit (bila tersedia) dan budi daya tanaman sehat.

Penyakit Bercak Daun Coklat

Penyakit bercak daun disebabkan oleh jamur *Cercosporidium henningsii*. Jamur ini disebut juga *Cercospora henningsii* atau *C. Manihotis* dan *Mycosphaerella manihotis* (fase sempurna).

Gejala penyakit bercak daun terutama terjadi pada daun dari tangkai daun pada batang bagian bawah (daun tua), karena udara di sekitar daun tua tersebut lebih lembab (kondusif untuk cendawan) dibandingkan dengan udara di sekitar daun yang lebih muda (kurang kondusif untuk cendawan). Gejala awal penyakit ini berupa bercak kecil berwarna putih hingga coklat muda, terlihat jelas pada sisi atas daun. Bagian tepi bercak tersebut kadang-kadang dibatasi oleh lingkaran berwarna agak ungu (Gambar 1). Pada perkembangan selanjutnya, bercak-bercak berwarna coklat tersebut mengering disebabkan oleh matinya jaringan daun di bagian bercak.



Gambar 1. Bercak daun coklat, *Cercosporidium henningsii* (A), dan bercak *Cercospora vicosae* (B).

Jaringan daun yang mati pada bercak nekrotik akan mengkerut dan mudah gugur sehingga akan nampak adanya lubang-lubang bekas penyakit pada daun. Ukuran bercak sangat beragam, berkisar antara 3-12 mm. Pada kondisi yang parah, daun yang tertular penyakit akan menguning, kering, dan gugur sebelum saatnya (prematur). Pada sisi daun bagian bawah kadang-kadang terlihat adanya struktur badan buah (peritesium) dari jamur sebagai tempat produksi spora. Selain bercak daun coklat yang umumnya berukuran kecil, sering pula terdapat bercak yang ukurannya lebih besar dengan batas yang tidak jelas, bentuk bercak tidak teratur yang disebabkan oleh *Cercospora vicosae*.

Tanaman muda hingga tua dapat tertular penyakit bercak daun, namun penularan lebih sering terjadi pada umur 5-9 bulan. Pada klon-klon rentan, penyakit bercak daun dapat merusak tangkai daun, bahkan daun muda (Kasirivu *et al.* 1981, Semangun 1991).

Penyakit bercak daun tersebar di negara-negara penghasil ubikayu, seperti Afrika Barat dan Asia, termasuk Indonesia (COPR 1986, Semangun 1991, Rulkens 1992, Rahayu *et al.* 1999). Penularan penyakit dapat terjadi dari tanaman sakit ke tanaman sehat dengan bantuan angin dan percikan air hujan. Tanaman inang lain dari *C. henningsii* belum diketahui (Msikita *et al.* 2000).

Patogen *C. henningsii* merusak daun, dengan demikian aktivitas fotosintesis menurun. Ubi merupakan limbung (*sink*) fotosintat, maka

kerusakan daun oleh patogen menurunkan hasil ubi. Tingkat ketahanan varietas mempengaruhi tingkat kehilangan hasil ubi. Pada varietas rentan, kehilangan hasil mencapai 26-30% (Teri *et al.* 1984). Di samping produksi, penularan penyakit juga berpengaruh terhadap proporsi kandungan pati (Takatsu dan Fukuda 1988). Secara kuantitas, penularan penyakit bercak daun *Cercospora* dan penyakit kanker batang oleh jamur *Sphaceloma* secara bersamaan dapat menurunkan hasil ubikayu sebesar 3 t/ha (Cock 1985). Penurunan hasil dan kadar pati yang disebabkan oleh patogen tersebut memberikan gambaran perlunya pengendalian.

Penyakit Antraknose

Penyakit antraknose disebabkan oleh jamur (*Colletotrichum* sp.) Patogen ini merusak permukaan batang, tangkai daun, dan daun. Sebagian besar sentra produksi ubikayu di Afrika dan Amerika Latin merupakan daerah endemis penyakit antraknose, sedang di Indonesia masih terbatas. Gejala penularannya pada permukaan batang nampak adanya tonjolan-tonjolan kecil semacam bisul. Penyakit ini disebut juga sebagai penyakit kanker batang. Pangkal tangkai daun yang sakit mudah patah dan daun menjadi layu. Penularan yang parah menyebabkan tanaman mati pucuk dan pada bagian gabus terjadi pengkerutan. Kanker batang akibat penyakit antraknose juga dapat menyebabkan mati pucuk dan batang mudah patah. Patogen ini memiliki beberapa tanaman inang seperti kopi dan lada.

Sumber penularan jamur penyebab antraknose adalah tanaman sakit. Spora jamur menyebar dari batang tertular kanker dengan bantuan angin, juga dapat melalui bibit yaitu stek yang tertular kanker. Jamur masuk ke dalam tanaman lewat luka dan bekas gigitan serangga hama. Batang dan daun terinfeksi yang telah mati juga berperan sebagai sumber penyakit.

Kanker batang yang diakibatkan oleh penyakit antraknose menyebabkan batang mudah patah, sehingga menurunkan kuantitas dan kualitas stek. Di samping itu, antraknose yang menyebabkan gugur daun dan mati pucuk juga menyebabkan tanaman tidak optimal dalam proses fotosintesis. Penyakit tersebut perlu dikendalikan dan menghindari masuknya penyakit melalui impor bibit yang sakit, karena berpotensi menurunkan hasil.

Penyakit Busuk Akar dan Layu Jamur

Penyakit busuk pada perakaran ubikayu sering berasosiasi dengan beberapa jamur tanah, antara lain *Fusarium* spp., *Diplodia* sp., dan *Colletotrichum* sp. Jamur menginfeksi bagian tanaman yang dekat permukaan tanah, meliputi pangkal batang, akar, dan ubi. Kerusakan pada bagian tanaman di bawah

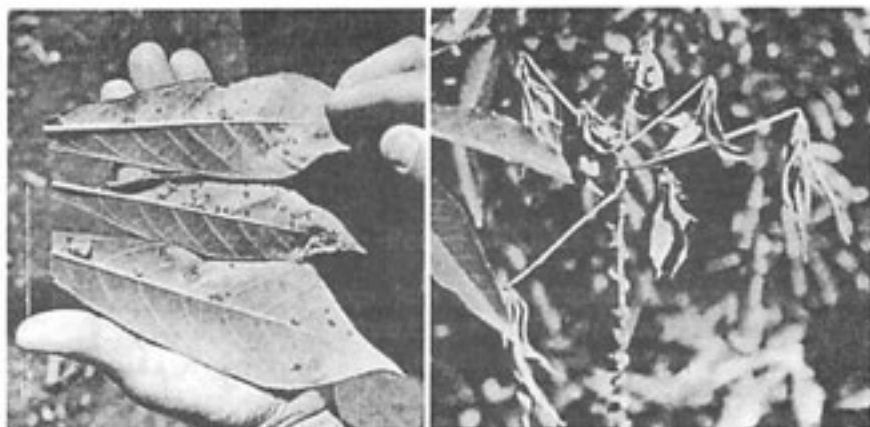
tanah akan berpengaruh terhadap tanaman di atas tanah seperti warna daun menjadi kekuningan, daun layu hingga gugur prematur. Infeksi pada organ di bawah tanah menyebabkan kerusakan warna pada perakaran, pembentukan dan pembesaran ubi terhambat, serta ubi busuk. Penularan *Fusarium* spp. menyebabkan tanaman menjadi layu dan busuk pada organ penyimpanan (ubi). Ubi yang terinfeksi jamur tanah akan berubah warnanya menjadi lebih gelap, dan seringkali berbau busuk.

Tanah dan sisa-sisa tanaman sakit merupakan sumber penularan utama penyakit busuk akar dan layu jamur. Jamur masuk ke dalam tanaman lewat beberapa luka seperti bekas alat pemotong stek, luka oleh serangan hama, dan luka alamiah yang terbentuk pada proses pertumbuhan akar. Tanaman inang lain dari jamur-jamur tanah beragam, misalnya (1) patogen penyebab antraknose dapat menginfeksi kopi dan lada, dan (2) *Fusarium* dapat menginfeksi jagung, kedelai, kopi, dan tanaman bunga matahari.

Penularan jamur tanah seperti *Fusarium* spp. pada stek ubikayu berdampak terhadap ketidakseragaman pertumbuhan tanaman, sehingga menurunkan hasil ubi. Menurut Granada (1990), di North Coast Colombia (ketinggian tempat 0-400 m dpl dan temperatur 24°C), penyakit busuk akar yang disebabkan oleh asosiasi dua patogen *Diplodia manihotis* dan *Fusarium oxysporium* menyebabkan kematian stek sangat tinggi (80-90%). Di Interandean Valleys, daerah dataran tinggi 1.000-1.200 m dpl dengan temperatur 18-24°C, penularan penyakit busuk akar yang disebabkan oleh jamur-jamur tanah termasuk *F. oxysporium* menyebabkan kematian stek ubikayu 20-80%. Dengan demikian, penyakit tersebut perlu dikendalikan, terutama di daerah endemis.

Penyakit Hawar Daun CBB (*Cassava Bacterial Blight*)

Penyakit hawar daun disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. Penularan bakteri terjadi pada daun dan batang. Gejala awal berupa lesio berwarna abu-abu mirip bekas tersiram air panas. Lesio dibatasi oleh tulang-tulang daun sehingga terbentuk lesio menyudut, terlihat lebih jelas pada sisi bawah daun. Terdapat empat lingkaran gejala hawar CBB, yaitu (1) lesio dengan bentuk menyudut, (2) lesio meluas menjadi bercak nekrotik (kematian jaringan pada lokasi infeksi), (3) perendiran massa bakteri yang terjadi pada tangkai daun, helaian daun, dan batang, dan (4) mati pucuk (Gambar 2). Lesio tersebut bila diterawang tampak transparan. Kerusakan akibat infeksi bakteri ini dapat diamati pada jaringan muda dan dinding bagian luar pembuluh kayu. Infeksi bakteri hawar yang menyebabkan penyakit mati pucuk, mengakibatkan penurunan kuantitas dan kualitas bibit (stek).



Gambar 2. Gejala penyakit hawar daun disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*.

Penyakit menyebar dan menular dari tanaman sehat ke tanaman sehat dengan perantara air, tanah, dan kontaminasi bakteri pada stek atau alat pemotong stek. Bakteri masuk ke dalam tanaman melewati lubang stomata dan luka-luka yang ada pada daun dan batang. Serangga hama seperti belalang yang terkontaminasi bakteri juga membantu penyebaran penyakit CBB ke areal lebih luas. Penyakit berkembang terutama pada kondisi cuaca basah. Tanaman muda lebih mudah tertular bakteri melalui percikan air hujan sehingga lebih rentan dibandingkan dengan tanaman yang lebih tua.

Di Indonesia, penyakit hawar dan mati pucuk yang disebabkan oleh bakteri CBB, menurunkan hasil ubi rata-rata 4,5% pada setiap kenaikan intensitas 10% (Nunung dan Suhendar 1992). Kerusakan daun dan mati pucuk oleh penyakit CBB menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas daun, baik sebagai penghasil fotosintat maupun sebagai sayuran dan pakan. Penyakit CBB juga menurunkan kualitas dan kuantitas stek. Dengan demikian, penyakit tersebut juga perlu dikendalikan untuk mencegah kerugian.

Penyakit Layu Bakteri

Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Pseudomonas solanacearum* biovar III atau biovar IV (Machmud 1986). Gejala infeksi bakteri meliputi tanaman layu dan daun gugur (Nishiyama *et al.* 1980). Berbeda dengan gejala penyakit hawar bakteri, daun yang layu tersebut untuk sementara tetap melekat pada batang tanaman. Selain ubikayu, bakteri layu *Pseudomonas solanacearum* juga dapat merusak kacang tanah *Croton hirtus*, *Ageratum conyzoides*,

Spigelia anthelmia, *Fagopyrum sagittatum*, dan *Sesbania exalta* (Nakagawa 1978). Varietas unggul ubikayu yang berkembang umumnya tahan terhadap bakteri layu, kecuali Ambon (Mentega) dan SPP. Oleh karena itu, kedua varietas tersebut jarang ditemukan di daerah endemis bakteri layu walaupun tanaman inangnya cukup banyak (Nakagawa 1978, Wargiono 1979).

Penyakit Virus

Beberapa virus yang dilaporkan merusak tanaman ubikayu antara lain adalah *African cassava mosaic virus* (ACMV), *Cassava common mosaic virus*, *Cassava brown streak disease*, dan *cassava vein mosaic disease* (Lozano dan Booth, 1976). Penyakit virus tersebut dapat menyebabkan gagal panen dan wilayah endemisnya terdapat pada negara produsen ubikayu di Afrika dan Amerika Selatan, sedangkan di Asia hanya India dan Sri Lanka. Penyakit virus tersebut selalu menyebabkan tanaman gagal panen.

Stek merupakan penular virus utama antarwilayah, karena itu tidak diizinkan membawa stek ubikayu dari Afrika, Amerika Latin, Sri Lanka, dan India ke Indonesia (termasuk Asia), karena belum ditemukan varietas yang tahan terhadap virus tersebut. Di Indonesia, penelitian penyakit virus pada tanaman ubikayu belum banyak dilakukan. Suseno dan Andani (1975) melaporkan adanya gejala klorosis dan daun mengalami malformasi di Jawa. Saleh (1986) juga melaporkan adanya gejala mosasik pada daun ubikayu yang disebabkan oleh zarah virus berbentuk filamen. Namun identitas penyebab kedua penyakit tersebut belum dapat dipastikan. Sejauh ini pengamatan lapang di sentra produksi ubikayu tidak menemukan penyakit virus.

Penyakit ACMV merupakan penyakit yang sangat merugikan di negara-negara penghasil ubikayu (Cock dan Reyes 1985). Penyakit ini disebabkan oleh virus Gemini berbentuk sepasang zarah isometrik dengan ukuran 30 nm x 20 nm. Kerusakan ubikayu akibat penyakit ini terjadi pada daun dan batang dengan gejala warna hijau normal bercampur hijau terang, kuning, dan bahkan agak putih yang secara keseluruhan disebut gejala klorosis. Gejala klorosis tersebut seringkali baur dengan gejala serangan hama tungau. Pada tingkat penularan mosaik yang parah, daun mengalami distorsi, ukurannya lebih kecil dan tanaman nampak kerdil, daun antartulang daun menggembung dan tampak keriting (Gambar 3). Untuk klorosis yang disebabkan oleh hama tungau merah, daun mengering dan tungkai daun rontok. Tanaman tertular virus mosaik pada fase muda (umur kurang dari enam bulan) akan menampilkan gejala penyakit yang lebih jelas daripada tanaman tua.



Gambar 3. Gejala *African Cassava Mosaic Virus* (ACMV) pada daun ubikayu.

Sumber penularan penyakit yang utama adalah tanaman ubikayu terinfeksi virus mosaik. Penyebaran virus dari tanaman sakit ke tanaman sehat dilakukan oleh vektor *Bemisia tabaci* dan melalui stek yang berasal dari tanaman sakit. Penyebaran melalui stek mengakibatkan virus menyebar secara cepat dari satu daerah ke daerah lainnya. Pengendalian dapat melalui eradikasi tanaman sakit, menanam stek yang sehat (bebas virus), dan memusnahkan vektor virus.

Cassava common mosaic virus (CCMV) dilaporkan merusak pertanaman ubikayu di Amerika Latin dan mengakibatkan kehilangan hasil 10-20%. Virus berbentuk filamen dengan diameter 15 nm dan panjang 500 nm. Gejala khas infeksi virus ini adalah klorosis dan mosaik pada daun. Selain ubikayu, virus tersebut dapat merusak tanaman *Manihot* spp., *Euphorbia prunifolia*, *Malva parviflora*, dan *Gossypium hirsutum*. Oleh karena itu tidak diperbolehkan mengimpor jatropa (jarak pagar) ke Indonesia dari India, Sri Lanka, dan negara-negara di Afrika dan Amerika Latin dalam bentuk biji dan stek, kecuali dalam bentuk kultur jaringan. Pengendalian dapat dilakukan dengan cara eradikasi tanaman sakit dan menggunakan stek dari tanaman sehat.

Cassava brown streak disease (CBSD) disebabkan oleh zarah virus yang berbentuk filamen dengan panjang 650-690 nm dari kelompok *Poty-virus*

(Hillock dan Thresh 2000). Virus tersebut ditularkan oleh *Bemisia tabaci* dan banyak merusak pertanaman ubikayu di Afrika, terutama pada musim kemarau. Gejala yang ditimbulkan bervariasi yang dipengaruhi oleh varietas, kondisi lingkungan, dan umur tanaman pada saat terinfeksi, yaitu klorosis sepanjang tulang daun atau bercak klorotik di antara tulang daun utama. Pada beberapa varietas/kon peka, apabila infeksi sudah lanjut sering terjadi nekrosis pada batang dan ubi yang berwarna coklat. Seperti halnya virus lain, penyakit ini dapat dikendalikan dengan cara eradikasi tanaman sakit, menanam bibit sehat (bebas virus), dan membasmi vektornya.

PENGENDALIAN SECARA TERPADU

Pengendalian dimaksudkan untuk menekan populasi hama/penyakit pada tingkatan populasi yang cukup rendah sehingga pengaruhnya kecil dan tanaman masih dapat menghasilkan dengan jumlah dan kualitas yang baik. Konsep Pengendalian Hama secara Terpadu (PHT) yang pertama kali diperkenalkan adalah cara mengurangi penggunaan input pestisida dengan mempertahankan atau meningkatkan hasil pertanaman (Stern *et al.* 1959). Selanjutnya PHT didefinisikan sebagai suatu cara pengelolaan populasi hama dengan memanfaatkan semua teknik, baik untuk menekan populasi hama dan mempertahankannya pada level di bawah populasi yang menyebabkan kerusakan ekonomi mampu memanipulasi populasi yang dapat mencegah terjadinya kerusakan ekonomi tersebut (Bosch 1967). Definisi PHT terakhir adalah merupakan pemanfaatan teknik pengendalian secara cerdas agar akibat dari kerusakan oleh hama dan penyakit dapat ditekan dan tindakan pengendalian tersebut menguntungkan secara ekonomi, ekologi, dan sosial.

Di Indonesia, Instruksi Presiden No.3 tahun 1986 dan UU No.12 tahun 1992 tentang sistem budidaya tanaman telah menetapkan PHT sebagai kebijakan dasar bagi setiap program perlindungan tanaman. Untuk dapat menerapkan PHT dengan baik diperlukan beberapa hal dasar, antara lain (1) pemahaman terhadap dinamika ekosistem pertanian, (2) analisis biaya-manafaat pengendalian hama, (3) toleransi hama terhadap kerusakan, (4) mempertahankan hama pada populasi yang tidak merusak, (5) budi daya tanaman sehat, dan (6) pemantauan lahan (Untung 1993). Tahapan untuk membangun dan mengoperasionalkan PHT meliputi: (a) identifikasi hama/penyakit secara benar, (b) mempelajari dasar bioekologi, (c) melakukan kajian kehilangan hasil, dan (d). studi pengendalian dengan pestisida (Kumar 1987).

Ubikayu yang diusahakan secara monokultur di lahan kering mendukung perkembangan hama dibanding yang ditumpangsarikan dengan padi,

jagung, dan aneka kacang karena mempunyai keragaman biotik dan genetik yang lebih besar. Analisis biaya dan manfaat pengendalian hama/penyakit akan menentukan keputusan tindakan pengendalian yang dilakukan petani. Harga ubikayu yang rendah sering mendorong petani untuk tidak melakukan pengendalian hama dan penyakit. Ubikayu dikenal sebagai tanaman yang mudah melakukan pemulihan (*recovery*) apabila lingkungan mendukung pertumbuhannya. Gangguan hama tungau pada musim kemarau sering mengakibatkan daun gugur, namun akan segera bersemi kembali seiring dengan turunnya populasi hama tungau pada musim hujan. Populasi di bawah ambang ekonomi tidak perlu dikendalikan karena tidak merugikan, sehingga petani hanya menjaga atau melestarikan berfungsinya predator dalam pengendalian secara alami. Budi daya tanaman sehat meliputi pemilihan varietas, pengolahan tanah, penyiapan bibit, penanaman, pemeliharaan sampai penanganan pascapanen perlu diperhatikan, sehingga diperoleh tanaman yang sehat dan produktif. Pengendalian secara kimiawi dapat diterapkan apabila kesulitan mendapatkan bahan tanam yang betul-betul sehat, misalnya dengan cara pencelupan stek ke dalam larutan fungisida benomil untuk mencegah berkembangnya jamur-jamur tanah. Di samping itu, tanaman ubikayu yang berumur panjang mempunyai kemampuan untuk pulih dari serangan hama, apabila kondisi lingkungan sesuai dan mendukung pertumbuhannya, terutama selama musim hujan.

Upaya pencegahan serangan adalah hama/penyakit dengan cara terbaik (1) menanam bibit yang sehat (bebas infestasi hama/penyakit), (2) menanam varietas tahan, (3) tidak menanam di lahan yang terinfestasi hama/penyakit atau menunda tanam sampai populasi hama rendah, (4) tidak membasmi musuh alami hama dengan menggunakan pestisida selektif, misalnya Thuricide dengan bahan aktif *Bacillus thuringiensis*, dan (5) menggunakan insektisida apabila serangan berat dan diperkirakan tanaman tidak dapat bertahan tanpa perlakuan tersebut (Lozano 1976).

Mengingat PHT merupakan pendekatan agroekosistem, maka upaya pengendalian akan memberikan dampak yang optimal apabila dilakukan dalam satu hamparan yang cukup luas. Oleh karena itu, sistem usahatani ubikayu di Indonesia yang sementara ini dilakukan petakan yang relatif sempit dengan varietas, saat tanam, dan polatanam yang beragam maka perlu dikonsolidasikan dalam kegiatan kelompok-kelompok tani pada hamparan yang cukup luas.

Komponen PHT ubikayu meliputi (1) penanaman varietas tahan, (2) pengaturan kultur teknis, (3) pengendalian biologis, dan (4) pengendalian kimiawi.

Penanaman Varietas Tahan

Penanaman varietas tahan merupakan cara pengendalian hama dan penyakit yang paling praktis, efektif, murah, dan dapat dikombinasikan dengan cara pengendalian yang lain, sehingga mudah diadopsi petani. Pada varietas tahan, tungau betina berkembang lebih lambat, siklus hidup lebih pendek, dan jumlah telurnya lebih sedikit dibandingkan dengan varietas rentan (Bellotti 1987).

Sampai saat ini belum ditemukan varietas ubikayu yang benar-benar tahan terhadap hama tungau. Oleh karena itu, varietas yang agak tahan seperti MLG 10113, MLG 10077, 07 DHL, Adira-4, OMM9601-140, OMM9601-142, OMM9601-70, dan MLG-10075 dapat digunakan sebagai komponen PHT tungau merah.

Ubikayu yang rentan terhadap penyakit layu *Fusarium* adalah varietas Ambon, SPP, dan Darul Hidayah, sedangkan varietas unggul lainnya termasuk tahan (Wargiono 1976, Noerwijati dan Rahayu 2004, Rulkens 1992, Kasno *et al.* 1993, Rahayu *et al.* 1999). Varietas yang rentan terhadap penyakit layu bakteri (*Bacterium solanacearum*) adalah SPP dan Ambon, sedangkan Adira-1, Adira-4, Valenka dan varietas lainnya termasuk tahan (Wargiono 1979). Varietas Malang-1 dan Faroka termasuk tahan penyakit bercak daun. Selain itu 17 klon koleksi Balitkabi agak tahan terhadap bercak daun (Rahaju *et al.* 1999).

Varietas Adira-1 dan Manggu-2 memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap penyakit CBB, demikian juga klon lokal Perelek dan Gebang (Nunung dan Suhendar 1992; Kasno *et al.* 1993). Varietas unggul diketahui merupakan komponen teknologi produksi yang murah dan mudah diadopsi petani, karena itu penggunaan varietas unggul tahan hama dan penyakit dapat dipadukan dengan komponen teknologi lainnya.

Pengaturan Kultur Teknis

Bahan Tanam Sehat

Penyebaran penyakit ubikayu antardaerah maupun antarnegara lebih banyak terjadi melalui penggunaan bibit (stek) yang terinfestasi hama atau terinfeksi patogen. Oleh karena itu, stek yang digunakan petani harus berasal dari tanaman induk yang sehat. Hal tersebut dapat diketahui melalui pengamatan terhadap tanaman yang akan digunakan sebagai sumber bibit: (1) infestasi hama (kepinding, kutu perisai), (2) gejala kerusakan warna (diskolorasi) daun, (3) daun gugur prematur, (4) kanker pada batang, (5) rembesan massa bakteri pada daun dan batang, (6) batang relak, (7) gejala layu, dan (8) mati pucuk.

Tabel 1. Pengaturan waktu tanam dan panen ubikayu sebagai bahan baku industri di daerah beriklim basah.

Bulan tanam	Bulan panen
Oktober	Mei-Agustus
November	Juni-September
Desember	Juli-Oktober
Januari	Agustus-November
Februari	September-Desember
Maret	Oktober-Januari
April	November-Februari

Pengaturan Waktu Tanam

Di daerah beriklim kering, ubikayu yang ditanam pada awal musim hujan (Oktober-November) dapat tumbuh dengan vigor yang baik dan dapat berproduksi secara optimal. Serangan kepinding biasanya muncul pada musim kemarau, sehingga bila terjadi serangan, tanaman ubikayu telah berumur sekitar tujuh bulan. Serangan kepinding pada saat tanaman berumur ≥ 7 bulan tidak mengakibatkan kehilangan hasil yang nyata.

Di daerah beriklim basah, ubikayu dapat ditanam dari awal sampai akhir musim hujan. Di daerah beriklim basah dengan tujuh bulan basah dan sekitar dua bulan lembab, air hujan tersedia minimal selama empat bulan, terutama pada ubikayu yang ditanam antara medio sampai akhir musim hujan (Tabel 1), sehingga tanaman masih dapat tumbuh optimal. Daya tahan tanaman yang tumbuh optimal terhadap hama/penyakit lebih tinggi, sehingga berpotensi untuk dapat berproduksi optimal. Penanaman dari awal sampai akhir musim hujan dalam satu hamparan dan menggunakan varietas berumur genjah (6-7 bulan), sedang (8-9 bulan) dan dalam (10-12 bulan), panennya dapat dilakukan harian sepanjang tahun sesuai dengan umur masing-masing varietas dengan hasil yang relatif baik (Wargiono *et al.* 2006). Cara tersebut juga merupakan salah satu upaya untuk mengelola tanaman agar dapat tumbuh dan berproduksi optimal. Dengan demikian, komponen teknologi PHT ini juga berpotensi dipadukan dengan teknologi produksi lainnya.

Rotasi Tanam

Di areal endemik penyakit diperlukan perbaikan teknis budi daya untuk mengelola pertanaman agar tumbuh sehat. Rotasi tanam meliputi rotasi tanaman dan rotasi varietas. Di daerah endemik penyakit, rotasi varietas berupa penggantian varietas rentan penyakit seperti Darul Hidayah dan Ambon (Mentega) yang rentan penyakit layu bakteri *Fusarium* dan

Solanacearum dengan Adira-1, Adira-4 dan varietas unggul lainnya sangat diperlukan. Rotasi tanaman ubikayu dengan sereal (sorgum dan jagung) atau aneka kacang dapat menekan perkembangan penyakit hawar *Cassava Bacterial Blight* (CBB) dan mencegah penurunan hasil ubi sebesar 14-37% (CIAT 1993). Sistem budi daya tersebut diperlukan untuk menghindari pengulangan tanam ubikayu di lahan yang sama secara berurutan, dan memutus siklus hidup patogen.

Rotasi tanaman dengan padi, jagung, dan aneka kacang juga dapat meningkatkan kadar bahan organik dan hara N (Tonglum *et al.* 2001, Fujita dan Budu 1994).

Eradikasi Tanaman Sakit

Eradikasi terutama ditujukan untuk menanggulangi penyakit dengan tingkat penularan tinggi. Di areal di mana berkembang penyakit bakteri CBB, eradikasi dilakukan terhadap sisa-sisa tanaman sakit dengan cara dibakar di lahan setempat. Infeksi penyakit virus bersifat sistemik. Oleh karena itu, untuk mengurangi sumber inokulum di lapang dapat dilakukan dengan mencabut dan membakar tanaman yang sakit, kemudian selama 2-3 tahun dilakukan rotasi dan tumpangsari. Hama kutu perisai dapat dikendalikan dengan memotong dan membakar bagian tanaman yang terinfeksi. Penggunaan stek yang sehat dan bersih melalui perlakuan pencelupan stek ke dalam air panas 52°C selama 10 menit akan menurunkan infestasi kepinding.

Tanam Tumpangsari

Tumpangsari ubikayu dengan tiga jenis tanaman meliputi jagung, wijen, dan kacang tunggak dapat menurunkan tingkat keparahan penyakit hawar. Dalam sistem tumpangsari, jagung dan wijen, memiliki tajuk yang lebih tinggi daripada kacang tunggak sehingga dapat mencegah penyebaran bakteri secara percikan. Sistem tumpangsari tersebut berfungsi sebagai pencegahan penyebaran bakteri CBB (CIAT 1993).

Pola tanam tumpangsari selain potensial mengendalikan hama dan penyakit juga dapat meningkatkan hasil ubikayu karena meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah (Wargiono *et al.* 2006). Hal ini menggambarkan bahwa pola tumpangsari potensial dipadukan dengan komponen teknologi PHT lainnya dalam pengelolaan tanaman agar dapat tumbuh dan berproduksi optimal.

Pengendalian Biologis

Pengendalian hama dan penyakit secara biologis melalui penggunaan predator pemangsa dan parasit merupakan salah satu cara untuk mengurangi penggunaan insektisida kimia. Parasit dan pemangsa hama kepinding, *Bemisia tabaci* dan tungau telah teridentifikasi.

Kepinding

Parasit dan pemangsa kepinding yang potensial telah teridentifikasi sekitar 70 spesies dan satu jamur patogen *Cladosporium* sp. sebagai parasit pada *P. herreni*. Dalam mengatur keseimbangan populasi kepinding, ternyata peran pemangsa lebih efektif dibandingkan dengan parasit. Di Colombia juga telah diidentifikasi lima jenis parasit potensial pada pertanaman ubikayu, antara lain *Acerophagus coccois*, *Epidinocarsis diversicornis*, *Anagyrus putonophilus*, *A. insolitus*, dan *Apoanagyrus elgeri*. Pemangsa kepinding kebanyakan dari famili Coccinellidae (Coleoptera). Beberapa parasit telah dipelajari potensinya untuk pengendalian biologi, di antaranya *Cleothera notata*, *Cleothera* sp., dan *Hyperaspis* sp.

Chilocorus distigma (Coccinellidae) merupakan pemangsa potensial untuk hama *A. albus*, sementara *Aspidophagus citrinus*, *Signiphora* sp., dan *Septobasidium* sp. dilaporkan sebagai parasit *A. albus*. Dengan demikian pemangsa dan parasit tersebut perlu dikembangkan dan dipadukan dengan komponen PHT lainnya.

Bemisia tabaci

Di Nigeria, *Prospaltella* sp. (Encyrtidae) memparasit pupa *Bemisia* dan tingkat parasitasinya di lapang mencapai 20,1%, sedangkan tungau dari jenis *Typhlodromus* sp. merupakan pemangsa nimfa *Bemisia* selama musim hujan (Jerath 1967 dalam Kumar 1987). Cara pengendalian yang paling efisien adalah menggunakan virus dari famili Baculoviridae, mortalitas larva sebesar 100% dapat dicapai dalam waktu 48-96 jam setelah aplikasi. Partikel virus dapat disimpan dalam freezer untuk jangka waktu yang panjang. Parasit telur yang potensial adalah *Trichogramma* dan *Telonomus* dengan tingkat parasitasi 54-57%, sedang untuk parasit larva adalah lalat Tachinidae dan genus *Apanteles*. Beberapa jenis pemangsa antara lain adalah *Chrysopa* spp. untuk pemangsa telur, *Polistes* spp., *Podisus* spp. dan beberapa spesies laba-laba untuk pemangsa larva. *Bacillus thuringiensis* efektif mengendalikan larva instar 1-3, sedang *Cordiceps* sp. adalah jamur tanah yang sering menyebabkan kematian pupa (Bellotti 1987).

Hama Tungau

Beberapa pemangsa yang potensial untuk mengendalikan tungau merah antara lain dari famili Coccinellidae (*Stethorus* sp., *Chilomenes* sp. dan *Verania* sp.), Staphylinidae (*Oligota minuta*), Cecidomyiidae, Thysanoptera, Phytoseidae (*Typhlodromus limonicus*, *T. rapax*) dan Anthocoridae (*Orius insidiosus*). *O. minuta*, *Stethorus* sp., dan tungau kompleks dari famili Phytoseidae merupakan pemangsa utama *M. tanajoa* (Nyiira 1972). Bennett dan Yassen (1975) telah mengevaluasi potensi *O. minuta* terhadap *M. tanajoa*. Periode perkembangan *O. minuta* hanya 15-18 hari. Baik larva maupun imago dapat memangsanya *M. tanajoa* (88 larva dan 35 imago *M. tanajoa* per 75 contoh daun) dan dapat memangsanya tungau lain bila *M. tanajoa* tidak ditemukan (Girling *et al.* 1978). Populasi pemangsa meningkat selama musim kemarau dan menurun selama musim hujan. Peningkatan dan penurunan populasi pemangsa seiring dengan naik turunnya populasi tungau.

Pengendalian Kimiawi

Di Indonesia, kondisi sosial-ekonomi petani yang lemah, harga ubikayu yang relatif rendah, dan harga pestisida yang mahal mengakibatkan pengendalian dengan insektisida kimia belum banyak dilakukan petani. Di samping itu, tanaman ubikayu yang berumur panjang mempunyai kemampuan untuk pulih (*recovery*) dari serangan hama, apabila kondisi iklim sesuai dan mendukung pertumbuhan, terutama selama musim hujan.

Untuk mengendalikan hama kepinding secara kimiawi, aplikasi insektisida dengan bahan aktif organophosphat dan dimethoate dapat dianjurkan. Apabila diperlukan pada musim kemarau, insektisida sistemik dengan bahan aktif parathion efektif membunuh imago. Insektisida dengan bahan aktif dimethoate, demeton, dan methamidophos dapat dianjurkan untuk pengendalian kutu kebul.

Pengendalian ulat tanduk secara kimiawi hanya dapat dilakukan terhadap larva instar 1-3, dan harus sedini mungkin.

Secara umum pengendalian tungau dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti penggunaan varietas tahan, pengendalian secara biologi, mekanis dengan cara penyemprotan air beberapa kali agar tungau larut tercuci bersama air, kultur teknis dengan menanam seawal mungkin pada musim hujan, dan pengendalian secara kimiawi. Di samping biaya yang tinggi dan tidak sesuai dengan harga jual komoditas, penggunaan bahan kimia untuk pengendalian tungau mempercepat timbulnya resistensi karena siklus tungau yang pendek dan pestisida kimia lebih mematikan predator

daripada tungau itu sendiri (Schoonhoven dan Bellotti 1978). Oleh sebab itu pengendalian tungau sebaiknya diarahkan pada penggunaan varietas tahan, pengendalian secara biologis, mekanis maupun kultur teknis.

Sebagai hama yang berpotensi merusak, tungau merah mempunyai siklus hidup yang sangat pendek. Hal tersebut akan menguntungkan tungau, karena proses terjadinya resistensi tungau terhadap akarisisida dapat dipercepat. Dengan penyemprotan akarisisida, musuh alami seperti pemangsa dan parasitoid akan mati lebih dulu bila dibanding dengan tungau itu sendiri (Bennett dan Yassen 1975). Di samping itu akarisisida dapat merangsang kesuburan dan migrasi tungau.

Penggunaan mulsa sebagai pelembab tanah dan konservasi tanah, serta penggunaan stek yang sehat dan bersih (melalui perlakuan pencelupan stek dalam air panas 52°C selama 10 menit) akan menurunkan infestasi kepinding.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellotti, A.C. 1987. A review of control strategies for four important cassava pests in the Americas. *In*: Hahn, S.K.dan.F. E. Caveness (eds). Integrated pest management for tropical root and tuber crops. IITA .p:58-65.
- Bennett, F.D. and M. Yassen. 1975. Investigations on the cassava mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) and its natural enemies in the Neotropics; report for April 1974-March 1975. Commonwealth Institute of Biological Control, Curepe, Trinidad. 14p.
- Byrne, D.H., J.M. Guerrero, A.C. Bellotti and V.E. Gracen. 1982. Yield and plant growth responses of *Mononychellus* mite resistant and susceptible cultivars under protected vs. infested conditions. *Crop Science* 22:486-490.
- CIAT. 1993. Cassava program annual report. Working document No. 146. p:142-143.
- Cock, J.H. 1985. Cassava, new potensial for a neglected crop. *Iads Development-Oriented Literature Series*. p:79-83.
- Cock, J.H. and J.A. Reyes. 1985. Cassava: Research, production and utilization. UNDP-CIAT.
- COPR. 1986. Pest control in tropical root crops. PANS Manual No. 4. London. 235pp.

- Fujita, K. and K.G.O. Budu. 1994. Significance of legumes in intercropping systems. Roots and Nitrogen in Cropping Systems of the Semi-arid Tropics. JIRCAS No. 3: 19-40.
- Girling, D.J., F.D. Bennett, and M. Yaseen. 1978. Biological control of the green cassava mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acarina : Tetranychidae) in Africa. *In*: Brekel-baum, T.; Bellotti, A. and Lozano, J.C. (eds.). Cassava Protection Workshop. Cali. 1979. p.165-170.
- Granada, G.A. 1990. Review of the status of cassava production in Colombia with regard to sanitary problems. *In*: S. K. Hahn and F. E. Caveness (eds.). Integrated pest management for tropical root and tuber crops. IITA Ibadan, Nigeria. p:149-155.
- Hillock R.J. and J.M. Thresh. 2000. Cassava mosaic and cassava brown streak virus diseases in Africa: a comparative guide to symptoms and aetiologis. Root (1): 8 pp.
- Indiati, 1999. Status tungau merah pada tanaman ubikayu. *Dalam*: Pemberdayaan Tepung Ubijalar sebagai Substitusi Terigu, dan Potensi Kacang-kacangan untuk Pengayaan Kualitas Pangan. Rahmianna (eds.). Edisi khusus Balitkabi No. 15-1999. Hal.122-126.
- Kasirivu, J.B.K., O.F. Esuruoso, and E.R. Terry. 1981. Field screening of cassava clones for resistance to *Cercospora henningsii*. *In*: E.R. Terry, K.A. Udoro, and F. Caveness (eds.). Tropical root crops: Research strategies for the 1980s. IDRC, Ottawa, Canada. p:49-57.
- Kasno, A., Mujiono, M. Rahayu, B. Soekarno, dan St. A. Rahayuningsih. 1993. Koleksi, rejuvenasi dan karakterisasi plasma nutfah palawija. Laporan penelitian ARMP 1992/1993. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang. 51 hal.
- Kumar, R. 1987. Insect pests of root and tuber crops as targets for integrated pest management in tropical Afrika. *In*: Hahn, S.K. dan F. E. Caveness (eds.). Integrated pest management for tropical root and tuber crops. IITA. p:18-22.
- Lozano J.C. and R.H. Booth. 1976. Diseases of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) CIAT.
- Machmud, M. 1986. Bacterial wilt in Indonesia. *In*: Bacterial wilt diseases in Asia and South Pacific. Proc. International Workshop PCARRD, Los Banos. October 1985.: 30-34.
- Msikita, W., B. James, E. Nnodu, J. Legg, K. Wydra, and F. Ogbe. 2000. Disease control in cassava farms: IPM field guide for extenxion agents. IITA, Lagos. 26pp. <http://www.iita.org/info/ipm/Disease%20control.pdf>.
- Nakagawa. 1978. Report guidance in agric. Techniques for three companies in Lampung Province: JICA (tidak diterbitkan).

- Nisiiyama, K., H.A. Nunung, W. Suparman, dan T. Yamaguchi. 1980. Causal agent of cassava bacterial wilt. *Contr. CRIFC*. 59 hal.
- Noerwijati, K., dan M. Rahaju. 2004. Ketahanan klon harapan ubikayu pada fase vegetatif terhadap penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium* spp. Prosiding Simposium Nasional I tentang *Fusarium*. PFI Komda Purwokerto dan Jurusan HPT Fak. Pertanian Unsoed Purwokerto. hlm: 284-291.
- Nunung, H.A.Y. dan M.A. Suhendar. 1992. Kehilangan hasil ubikayu oleh penyakit hawar daun *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis*. Laporan Penelitian 1991/92. Balitan Bogor.
- Nyiira, Z.M. 1972. Report of investigation of cassava mite, *Mononychellus tanajoa* (Bondar). Kawanda Research Sta-tion, Kampala, Uganda.
- Nyiira, Z.M. 1976. Population dynamic of the green cassava mite and its predator *Oligota*. In: Proc. of the fourth symposium of the international society for tropical root crops. Cock, J. R. MacIntyre, and M. Graham. (eds.). CIAT, Cali, Colombia. pp.193-197.
- Pusat Karantina Pertanian. 1987/88. Daftar organisme pengganggu tumbuhan penting yang dilaporkan telah terdapat di dalam wilayah Republik Indonesia. Jakarta. 138 hlm.
- Rahaju, M., Titik S., dan Sholihin. 1999. Penyaringan ketahanan terhadap penyakit bercak daun (*Cercosporidium henningsii*) pada ubikayu. Prosiding Seminar Nasinonal Perhimpunan Fitopatologi Indonesia (PFI) Komda Jateng dan DIY. UNS-Surakarta, 5 Desember. hlm:175-178.
- Rao, Y.R.V.J. and K.S. Pillai. 1972. Studies on insect and noninsect pests of cassava. Central Tuber Crops Research Institute, Trivandrum, India. Annual Report 1971. pp. 74-78.
- Rulkens, T. 1992. Evaluation and utilization of cassava germ-plasm. Genetic resources of palawija crops at the Malang Research Institute for Food Crops (MARIF). MARIF-ATA/272. 56 pp.
- Saleh, N. 1986. Penyakit-penyakit virus pada tanaman ubi-ubian. Seminar Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. 396-402.
- Schoonhoven, A.V. and A.C. Bellotti. 1978. Cassava pests and their control. Cassava Information Center. CIAT. 71p.
- Semangun, H. 1991. Penyakit-penyakit tanaman pangan di Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 449 hlm.
- Stern, V.M., R.F. Smith, R. van den Bosch, and K.S. Hagen. 1959. The integrated control concept. *Hilgradia* 29: 81-101.

- Suseno, R. dan S. Andini. 1975. Penyebab penyakit mosaik pada ketela pohon di Jawa. Kong. Nas. III FPI. Cibogo, Bogor. Februari 1975: 137-140.
- Takatsu, A. and S. Fukuda. 1988. Current status cassava diseases in Brazil. *In*: S.K. Hann and F.E. Caveness (eds.). Integrated pest management for tropical root and tuber crops. Proc. of the workshop on the global status of and prospect for integrated pest management of root and tuber crops in the tropic. Ibadan, Oct. 25-30, 1987. Nigeria. p:127-131.
- Teri, J.M., P.W. Mtakwa and D. Mshana. 1984. Cassava yield losses from brown leaf spot induced by *Cercospora henningsii*. *In*: E.P. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene, and N.M. Mahungu (eds.). Tropical root crops: Production and uses of the international society for tropical root crops - Africa Branch held in Douala, August 14-19, 1983. Cameroon. p:79-81.
- Tonglum, A., P. Suriyanapan, and R.H. Howeler. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Thailand – major achievement during the past 35 years. Proc. the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh City. Vietnam. p: 228-258.
- Untung, K. 1993. Pengantar pengelolaan hama terpadu. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 273 hlm.
- Wargiono, J. 1979. Ubikayu dan cara bercocok tanamnya. LP3. Bogor.
- Wargiono, J., A. Hasanuddin, dan Suyanto. 2006. Teknologi produksi ubikayu mendukung industri bioetanol. Puslitbangtan, Bogor.

Pengendalian Gulma

H. Pane, B. Santoso, dan Kartika

KARAKTERISTIK DAN SPESIES

Karakteristik

Gulma dikenal dengan berbagai definisi, di antaranya (1) tumbuhan yang tumbuh tidak pada tempatnya, (2) tumbuhan yang tidak menguntungkan, (3) tumbuhan yang merugikan usaha pertanian, dan (4) tumbuhan yang tidak dikehendaki. Dengan demikian definisi gulma pada tanaman ubikayu adalah setiap tumbuhan yang tidak dikehendaki dan tumbuh di antara tanaman ubikayu yang dibudidayakan serta merugikan petani, sehingga perlu dikendalikan atau diberantas.

Tumbuhan tersebut dapat berasal dari jenis rumput, tanaman semak, dan tanaman pangan. Contoh gulma pada ubikayu dari jenis tanaman pangan yang tidak dikehendaki adalah jagung, sorgum, dan padi gogo yang tumbuh di antara ubikayu monokultur dan merugikan karena terjadi kompetisi hara dan cahaya matahari, sehingga pertumbuhan ubikayu terganggu. Pada kondisi tersebut jagung dan padi gogo yang tumbuh di antara ubikayu harus dikendalikan (dibuang) agar tidak mengganggu pertumbuhan ubikayu.

Dalam pola tumpangsari, padi dan jagung dikehendaki tumbuh di antara ubikayu dan tingkat persaingan hara dan cahaya matahari terukur dan dapat diupayakan cara untuk meminimalkan melalui pengaturan jarak tanam, waktu tanam, dan penggunaan tanaman sela berumur pendek dan bersinergi. Pada kondisi tersebut padi gogo dan jagung serta tanaman pangan lain sebagai tanaman sela bukan merupakan gulma yang harus dikendalikan karena tidak merugikan.

Gulma golongan rumput yang tumbuh padat di antara ubikayu berbeda untuk tiap jenis lahan. Contoh gulma golongan rumput yang dominan pada pertanaman ubikayu pada lahan kering masam (Ultisol) di Sumatera adalah alang-alang (*Imperata cylindrica*).

Pertumbuhan ubikayu pada fase awal sangat lambat (Hozyo *et al.* 1984), sehingga tidak mampu bersaing dengan gulma yang tumbuh padat. Kondisi tersebut memberikan gambaran bahwa gulma dapat merugikan petani bila tidak dikendalikan.

Siklus pertumbuhan ubikayu sejak tanam sampai siap dipanen cukup panjang, berkisar antara 6-12 bulan. Adanya gulma yang tumbuh dengan populasi tinggi (padat) di antara ubikayu merugikan petani, baik berupa penurunan hasil maupun tambahan tenaga kerja untuk pengendalian dan panen.

Kerugian petani ubikayu yang disebabkan oleh gulma, baik dalam bentuk efek samping maupun kompetisi (Bangun dan Pane 1984, Wargiono *et al.* 2001) adalah:

- Pertumbuhan ubikayu pada fase awal relatif lambat, sehingga tidak mampu tumbuh dan berproduksi secara optimal karena tidak mampu bersaing dengan gulma dalam hal penyerapan hara dan air dari dalam tanah dan penangkapan cahaya matahari untuk fotosintesis.
- Pertumbuhan terhambat akibat adanya *alelopati*, yaitu pengeluaran zat-zat kimia oleh gulma yang beracun bagi ubikayu.
- Kepadatan gulma yang tinggi menghambat proses panen dan penyiapan lahan pada musim tanam berikutnya.
- Menjadi tanaman inang hama dan penyakit, baik ubikayu maupun tanaman sela dalam pola tumpangsari.
- Gulma yang tepungsari bunganya dapat menyebabkan alergi mengganggu kesehatan.
- Pengendaliannya memerlukan tambahan tenaga kerja, waktu, dan biaya.
- Kalau tidak dikendalikan secara intensif, gulma dapat menurunkan hasil 50-75%.

Spesies

Karakteristik gulma berbeda untuk tiap spesies. Oleh karena itu kerugian yang ditimbulkan dan cara pengendaliannya juga berbeda untuk tiap spesies gulma. Klasifikasi gulma sebenarnya dapat didasarkan kepada siklus hidup (tumbuhan semusim dan tahunan), habitat (tumbuhan air dan darat), sistematik (monokotil, dikotil), namun klasifikasi berdasarkan kelompok rumput (*grasses*), teki (*sedges*), dan berdaun lebar (*broad leaves*) telah dikenal luas (Sundaru *et al.* 1976). Pengenalan spesies gulma sangat penting untuk mengetahui karakteristik dan dominasi di lapangannya.

Kelompok Rumput

Gulma rumput (*grasses*): gulma ini biasanya termasuk ke dalam famili Gramineae/Poaceae. Batang bulat, ada yang agak pipih, dan kebanyakan

berongga. Batang menjalar, biasanya terjadi pembengkakan batang yang disebut “buku”. Buku akan muncul secara reguler pada panjang ruasan tertentu. Helaian daun akan muncul berselang-seling dari kedua sisi batang pada setiap buku. Daun terdiri atas pelepah dan helaian daun. Helaian daun biasanya tipis, sempit, dan memanjang. Tepi daun umumnya rata, sedangkan urat-urat daun sejajar dengan panjang daun. Lidah/ligula berbulu muncul pada batas antara pelepah dan helaian daun. Contoh, *Imperata cylindrica* L., *Cynodon dactylon*, dan *Digitaria ciliaris*.

Kelompok Teki

Gulma teki (*sedges*): umumnya termasuk golongan Cyperacea, mirip dengan gulma rumput. Batang berbentuk segitiga, kadang-kadang bulat tak berongga. Ligula tidak ada. Pelepah daun menjadi satu membentuk pembuluh pada pangkal batang. Daun-daun tersusun dalam tiga deretan. Teki yang tumbuh tahunan mempunyai umbi atau rizom/rimpang di dalam tanah seperti teki berumbi (*Cyperus rotundus*). Contoh: *Kyllinga monocephala*.

Kelompok Daun Lebar

Gulma berdaun lebar (*broadleaf weeds*): gulma ini tidak tergolong kelompok gulma teki dan rumput, ada yang monokotil dan banyak yang dikotil. Daun melebar sepenuhnya, berbentuk agak bulat atau lonjong dengan urat daun seperti jala/net tidak teratur. Contoh: *Croton hirtus*, *Eupatorium odorata*, *Ageratum conyzoides*, dan *Borreria latifolia*.

Gulma yang akan dikendalikan secara kimia menggunakan herbisida, perlu diidentifikasi berdasarkan spesies, namun seringkali sulit dilakukan karena spesies gulma cukup banyak dan berbeda untuk tiap tipe agroekologi. Solusinya adalah pengelompokan berdasarkan penggolongan gulma rumput, teki, dan berdaun lebar seperti yang telah dijelaskan. Spesies gulma yang paling umum tumbuh di lahan kering dapat dilihat dalam Tabel 1.

Secara umum spesies gulma yang banyak tumbuh di lahan kering di antaranya adalah *Digitaria ciliaris* (Retz) Koeler, *Eleusine indica* (L.) Gaertn, *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *E. colona* L., *Imperata cylindrica* L. (gulma rumput); *Cyperus rotundus* L., *Kyllinga monocephala* Endl. (gulma teki); dan *Ageratum conyzoides* L., *Euphorbia hirta* L., *Borreria alata* (Aubl.) DC., *Commelina benghalensis* L., *Amaranthus spinosus* L., *Alternanthera philoxioides* (Hart.) Grises, *Portulaca oleracea* L., *Spiglea anthelmia* L., *Croton hirtus* (L.) Herit (gulma berdaun lebar).

Jenis gulma yang banyak ditemukan pada pertanaman ubikayu di lahan kering masam untuk golongan rumput, teki, dan berdaun lebar (Wargiono 1986), adalah sbb:

Tabel 1. Contoh okupasi spesies gulma pada pertanaman ubikayu di tanah Ultisol, Lampung.

Golongan/spesies gulma	Tingkat okupasi (%)
Golongan rumput	
<i>Imperata cylindrica</i>	36,7
<i>Digitaria ciliaris</i>	4,8
<i>Paspalum distichum</i>	2,4
<i>Ischaemun timoreuses</i>	0,2
<i>Panicum repens</i>	0,2
Golongan teki	
<i>Cyperus rotundus</i>	8,0
<i>Cyperus iria</i>	0,2
Golongan berdaun lebar	
<i>Synedrella nodiflora</i>	8,7
<i>Spigelia anthelmia</i>	15,6
<i>Boveria latifolia</i>	14,7
<i>Agriatus conyzoides</i>	2,6
<i>Croton hirtus</i>	3,9
<i>Phyllanthus niruri</i>	0,5
<i>Euphorbia heterophylla</i>	0,7
<i>Molingo, sp.</i>	0,2
<i>Aneylema, sp.</i>	0,5
<i>Alternanthera repens</i>	0,2
<i>Verbesina nudiflora</i>	0,2

Sumber: Wargiono dan Bangun (1986).

- Rumput/Gramineae: *Imperata cylindrica*, *Paspalum distichum*, *Digitaria ciliaris*, *Ischaemun timoreuses*, dan *Panicum repens*.
- Teki/cyperaceae: *Cyperus rotundus*, *Cyperus difformis*, *Cyperus halpam*, dan *Cyperus iria*.
- Berdaun lebar: *Boveria latifolia*, *Synedrella nodiflora*, *Spigelia anthelmia*, *Croton hirtus conyzoides*, *Phyllanthus niruri*, *Euphorbia heterophylla*, *Verbesina prostrate*, *Ludwigia adscendes*, *Alternanthera repens*, *Commelina nudiflora*, *Molingo sp.*, dan *Aneylema sp.*

Pertumbuhan dan kecepatan tumbuh berbeda untuk tiap jenis gulma, oleh karena itu pengaruhnya terhadap pertumbuhan ubikayu dan cara pengendaliannya juga berbeda.

TANGGAP VARIETAS UBIKAYU TERHADAP GULMA

Kecepatan tumbuh ubikayu pada fase awal dan terbentuknya daun pucuk dan diameter kanopi berbeda untuk tiap varietas. Pertumbuhan ubikayu pada fase awal dipengaruhi oleh kepadatan dan dominasi jenis gulma, maka tanggap varietas terhadap gulma diukur dengan pendekatan pertumbuhan ubikayu pada fase awal dan bobot kering tiap jenis gulma dominan.

Dominasi Jenis Gulma

Hasil penelitian pada areal pertanaman terhadap ubikayu varietas Adira-1, Adira-4, lokal, dan klon harapan M-30, W1435, dan W-1705 di tanah Ultisol Lampung menunjukkan gulma jenis rerumputan mengokupasi 44,2% lahan di antara ubikayu. Spesies dominan dari kelompok rumput adalah *Imperata* sp. (83%) diikuti oleh *Digitaria* sp., dan *Paspalum* sp. Kelompok gulma berdaun lebar mengokupasi 42,2% lahan pertanaman dan spesies yang dominan adalah *Spegelia* sp., *Synedrella* sp., *Agriatus* sp., dan *Boveria* sp. Gulma dominan tersebut menutup 53% permukaan lahan pertanaman ubikayu di samping gulma lainnya sekitar 10%. Secara akumulatif sekitar 63% dari permukaan lahan tertutup oleh gulma, sehingga pertumbuhan ubikayu ada fase awal terhambat karena kurang mampu berkompetisi dengan gulma.

Teridentifikasinya spesies dominan tiap golongan gulma pada pertanaman ubikayu di tanah Ultisol memudahkan pengendaliannya secara kimia (dengan herbisida) karena untuk setiap spesies gulma telah diteliti herbisida yang efektif untuk pengendalian. Sentra produksi ubikayu juga terdapat pada tanah Inseptisol, Alfisol dan Oksisol, sehingga identifikasi terhadap spesies gulma dominan juga perlu dilakukan pada jenis tanah tersebut untuk menentukan jenis herbisida yang akan digunakan untuk pengendalikannya. Identifikasi spesies gulma dominan tersebut juga berguna untuk memilih varietas yang akan ditanam karena kemampuan ubikayu berkompetisi terhadap gulma berbeda untuk tiap varietas ubikayu (Wargiono dan Bangun 1986).

Kemampuan Berkompetisi

Kompetisi antara ubikayu dengan gulma dalam memperoleh hara dan energi surya diukur dengan pendekatan pertumbuhan ubikayu dan bobot kering gulma. Rata-rata tinggi ubikayu pada umur 30 hari, 60 hari, dan 90 hari setelah tanam (HST) masing-masing 12 cm, 29 cm, dan 86 cm. Pada umur 30 hari pertama terdapat perbedaan kecepatan tumbuh (tinggi

Tabel 2. Gambaran daya kompetisi varietas ubikayu terhadap gulma.

Varietas/klon harapan	Tinggi 30 HST (cm)*	Pertambahan tinggi (cm)		Bobot kering gulma (g/m ²)
		30-60 HST (cm/hari)	60-90 HST (cm/hari)	
Adira-1	15	3,5	5,2	149
Adira-4	13	4,4	6,2	105
M-30	13	4,1	5,2	160
W 1435/1166	12	6,1	24,1	92
W-1705	10	8,7	10,4	135
Lokal	11	4,8	6,7	128
Rata-rata	12	4,8	9,7	

Sumber: Wargiono dan Bangun (1986).

tanaman) karena adanya perbedaan energi (kadar pati) dalam stek untuk memacu pertumbuhan tunas. Kadar pati varietas Adira-1 paling tinggi, sehingga pertumbuhannya pada 30 hari pertama paling cepat, namun paling lambat pada 30 hari berikutnya. Meski pertumbuhannya lambat, tetapi bobot kering gulma pada areal pertanaman varietas Adira-1 dan M-30 tinggi (Tabel 2). Hal ini memberikan gambaran bahwa varietas tersebut memiliki kemampuan berkompetisi yang rendah dengan gulma. Klon W-1435/1166 dan varietas Adira-4 memiliki laju pertumbuhan yang lambat pada 30 hari pertama, tetapi cepat pada 30 hari berikutnya dengan bobot kering gulma rendah. Kondisi tersebut menggambarkan kemampuannya berkompetisi dengan gulma lebih tinggi dibandingkan dengan Adira-1 dan M-30. Faktor pendukung kemampuan berkompetisi tersebut adalah kecepatan tumbuh, yaitu tinggi tanaman untuk W-1435/1166 dan diameter kanopi untuk Adira-4, sehingga gulma kalah berkompetisi dalam memperoleh cahaya matahari. Dengan demikian, kriteria pemilihan varietas ubikayu yang mampu berkompetisi dengan gulma adalah pertumbuhan cepat pada umur antara 30-90 HST, yang meliputi diameter kanopi, luas daun, kerimbunan, tinggi tanaman, dan potensi hasil yang tinggi.

Walaupun penggunaan varietas yang pertumbuhannya cepat dengan diameter kanopi yang luas mampu menekan pertumbuhan gulma, namun gulma tidak mati dan pertumbuhan ubikayu tidak optimal karena masih terjadi kompetisi penggunaan hara dan air dari dalam tanah serta panen ubikayu lebih sulit. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa pengendalian gulma masih diperlukan agar ubikayu dapat tumbuh dan berproduksi optimal. Di samping itu, laju pertumbuhan cepat pada 60 hari pertama merupakan salah satu variabel dalam seleksi varietas unggul yang kemampuan kompetesinya tinggi, baik terhadap gulma maupun tanaman sela dalam pola tumpangsari.

CARA PENGENDALIAN

Pertumbuhan ubikayu sejak tanam sampai umur 90 hari relatif lambat (Hozyo *et al.* 1984), sehingga permukaan tanah tidak tertutup secara sempurna oleh kanopi ubikayu. Pada tanah yang strukturnya masih bagus karena habis diolah sempurna memberikan kondisi yang baik kepada gulma untuk tumbuh optimal. Penggunaan varietas ubikayu yang pertumbuhannya cepat dapat menghambat pertumbuhan gulma karena intensitas cahaya matahari yang diterima oleh gulma untuk proses fotosintesis berkurang.

Pertumbuhan ubikayu yang relatif lambat pada fase awal pertumbuhan merupakan periode kritis terhadap gangguan gulma. Pada Tabel 3 terlihat bahwa dua bulan pertama merupakan periode kritis untuk ubikayu yang ditanam pada awal musim hujan dan tiga bulan pertama untuk ubikayu yang ditanam pada akhir musim hujan.

Pada periode kritis, persaingan gulma umumnya dimulai sejak tanaman tumbuh sampai sekitar seperempat sampai sepertiga umur siklus hidupnya. Tanaman ubikayu yang siklus hidupnya 7-12 bulan, periode kritis persaingan gulma terjadi sampai umur 3-4 bulan pertama. Pada fase ini kanopi ubikayu belum menutup permukaan tanah secara sempurna, sehingga intersepsi cahaya masih dapat memberi peluang bagi gulma untuk tumbuh lebih cepat dari ubikayu. Gulma yang tumbuh setelah periode tersebut biasanya tidak menyebabkan tingkat persaingan yang nyata untuk menurunkan hasil panen, terutama alang-alang (*Imperata cylindrica*), dan teki berumbi (*Cyperus rotundus*) sangat peka naungan. Dengan demikian, ubikayu yang ditanam rapat saat kanopi tanaman mulai menutup permukaan tanah secara sempurna menyebabkan pertumbuhan gulma gulma alang-alang dan teki berumbi akan tertekan dan kalah bersaing dengan ubikayu.

Perbedaan periode kritis untuk pertanaman ubikayu musim hujan dan musim kemarau disebabkan oleh perbedaan kecepatan kanopinya

Tabel 3. Periode bebas gulma untuk pertanaman ubikayu musim hujan dan kemarau.

Periode bebas gulma (bulan)	Hasil ubi segar (t/ha)*	
	Musim hujan	Musim kemarau
Tidak bebas gulma	5,83	8,56
Bebas gulma:		
2 bulan	24,34	20,98
3 bulan	24,28	22,61
4 bulan	22,59	21,25

*Rata-rata dua tahun.

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

menutup permukaan tanah. Pertumbuhan kanopi ubikayu musim hujan lebih cepat sehingga dapat lebih cepat menutup permukaan tanah dibandingkan dengan pertanaman musim kemarau, sehingga intersepsi cahaya surya yang diterima oleh gulma di antara tanaman ubikayu yang ditanam pada musim hujan lebih sedikit dibandingkan dengan musim kemarau. Oleh karena itu, pengendalian gulma pada pertanaman ubikayu musim kemarau masih diperlukan pada bulan ketiga. Pengendalian gulma pada periode kritis tersebut dapat dilakukan secara manual dan kimiawi.

Manual

Gulma dapat dikendalikan secara langsung dan tidak langsung. Pengendalian gulma tidak langsung meliputi (a) pengolahan tanah, (b) penggunaan varietas ubikayu yang tumbuh cepat dan daun terkulai menutupi permukaan tanah, (c) mulsa ditempatkan di antara barisan ubikayu, (d) tumpangsari dengan tanaman padi, jagung atau kacang-kacangan yang tumbuh cepat menutup permukaan tanah, (e) pengaturan populasi ubikayu, dan (f) pola tanam. Pengendalian gulma secara langsung di antaranya adalah (a) cara manual, disiang dengan tangan, (b) cara mekanis, dan (c) cara kimiawi.

Pengendalian gulma secara manual dapat dilakukan melalui kultur teknis dan penyiangan. Pengendalian gulma kultur teknis di antaranya adalah pengolahan tanah sempurna (*fully tillage*), penggunaan mulsa, dan tumpangsari.

Pengolahan tanah sempurna dapat membenamkan biji berbagai jenis/spesies gulma, sehingga mengurangi populasi gulma. Pengolahan tanah sempurna juga dapat memperbaiki sirkulasi O_2 dan CO_2 dalam tanah. Oleh karena itu pengolahan tanah sempurna termasuk cara pengendalian gulma yang efektif.

Penggunaan mulsa dapat menekan pertumbuhan gulma karena cahaya matahari tertahan oleh mulsa, sehingga gulma tidak dapat berfotosintesis dan mati. Penggunaan mulsa juga dapat meningkatkan kadar bahan organik dan kelembaban tanah serta fisik tanah (Howeler *et al.* 1998). Dengan demikian penggunaan mulsa untuk mengendalikan gulma merupakan cara yang efektif, ramah lingkungan, dan dapat meningkatkan hasil ubikayu (Evangelio *et al.* 1995, Wargiono *et al.* 2001).

Pengendalian gulma melalui penyiangan merupakan cara yang paling efektif karena mempunyai berbagai kelebihan, yaitu (1) ramah lingkungan, (2) tidak selektif, (3) tidak bergantung kepada ketersediaan modal untuk membeli herbisida, (4) dapat dilakukan oleh tenaga kerja keluarga, dan (5)

Tabel 4. Pengaruh penyiangan terhadap hasil ubikayu.

Waktu penyiangan/umur ubikayu	Hasil ubi segar (t/ha)*
Tanpa penyiangan	14,22
Disiang pada umur:	
- 1 dan 2 bulan	25,79
- 1, 2, dan 3 bulan	26,67
- 1, 2, 3 dan 6 bulan	27,53
- 1, 2, 3, 6, dan 9 bulan	30,50

*Rata-rata MH dan MK

Sumber: Tonglum *et al.* (2001)

dapat memperbaiki struktur tanah. Oleh karena itu penyiangan pada bulan ke-1, 2, 3, 6, dan 9 bulan meningkatkan hasil ubikayu, baik untuk pertanaman musim hujan maupun kemarau (Tabel 4). Penyiangan juga dapat memperbaiki struktur tanah, sehingga penyiangan ubikayu menjelang dipanen banyak dilakukan petani untuk mempermudah panen dan mencegah terjadinya kehilangan hasil (ubi tidak banyak yang patah dan lebih mudah dicabut) dan pengolahan tanah untuk musim berikutnya lebih ringan dan populasi gulma rendah.

Kimia

Pengendalian gulma secara kimia atau dengan menggunakan herbisida disarankan pada kondisi tenaga kerja terbatas. Cara pengendalian ini mempunyai kelemahan, seperti (a) gangguan kesehatan penyemprot, (b) keracunan karena residu yang termakan, (c) keracunan pada tanaman dan hewan, (d) pencemaran lingkungan, dan (e) lebih mahal dibandingkan dengan cara manual (Bangun dan Pane 1984, Tonglum *et al.* 2001).

Pengendalian gulma secara kimiawi juga mempunyai kelebihan, seperti (a) menghemat tenaga kerja dan waktu, yaitu 1:20, (b) lahan yang dapat digarap menjadi lebih luas, (c) tidak merusak sistem perakaran ubikayu secara mekanis, dan (d) gulma yang mati langsung berfungsi sebagai mulsa (Bangun dan Pane 1984).

Berdasarkan waktu aplikasi, terdapat beberapa jenis herbisida: (a) pratanam, diaplikasi sebelum ubikayu ditanam; (b) pratumboh, diaplikasi sebelum gulma tumbuh berkecambah; (c) awal pascatumboh, disemprot pada saat gulma berdaun 2-3 helai; dan (d) pascatumboh, diaplikasi setelah gulma tumbuh sempurna.

Herbisida pratanam (*pre-planting*) diaplikasikan pada saat gulma sudah tumbuh sebelum tanah diolah minimal atau tanpa olah, misalnya glifosat

dan dalapon untuk gulma alang-alang. Herbisida pratumbuh (*pre-emergence*) diaplikasikan pada saat gulma dan tanaman belum berkecambah, yaitu bersamaan dengan tanam ubikayu untuk pola monokultur serta bersamaan dengan tanam ubikayu dan tanaman sela untuk pola tumpangsari, misalnya herbisida alachlor. Herbisida pasca-tumbuh (*post-emergence*) diberikan setelah tanaman dan gulma tumbuh.

Herbisida juga dapat dipilah berdasarkan daya kerja, yaitu herbisida selektif dan tidak selektif. Herbisida selektif tidak membunuh tanaman ubikayu, tetapi membunuh gulma golongan tertentu saja, misalnya dalapon untuk golongan rumput dan diuron untuk gulma berdaun lebar. Herbisida tidak selektif dapat membunuh gulma dan ubikayu, misalnya *paraquat* membunuh tanaman yang mengandung *chlorofil*. Herbisida yang dapat digunakan untuk ubikayu disajikan pada Tabel 5.

Cara kerja herbisida dalam tanaman adalah kontak dan sistematik. Herbisida kontak seperti *paraquat* hanya membunuh tanaman yang berkhlorofil, sedang herbisida sistematik seperti glifosat ditranslokasikan ke dalam jaringan tanaman dan mematikan jaringan sasaran seperti titik tumbuh, daun, tunas, dan akar.

Tabel 5. Jenis herbisida untuk ubikayu dan golongan gulma (Bangun 1984).

Nama umum	Daya bunuh	Golongan gulma
Bahan aktif tunggal		
Dalapon	Tidak selektif	Rerumputan
Terbumeton	Selektif	Rerumputan
Diuron	Selektif	Daun lebar
Ba Dalapon	Tidak selektif	Rerumputan
Metalachlor	Selektif	Teki
Diphenamid	Selektif	Rerumputan dan daun lebar
Ametrin	Selektif	Daun lebar dan rerumputan
MCPA	Selektif	Daun lebar, teki dan rerumputan
Chlorbrowuron	Selektif	Teki, daun lebar dan rerumputan
Glyphosate	Tidak selektif	Daun lebar, rerumputan
Oxyflourfen	Selektif	Rerumputan
Paraquat	Tidak selektif	Daun lebar
Alachlor	Selektif	Rerumputan
Bahan aktif campuran		
Paraquat + Diuron	Tidak selektif	Daun lebar dan rerumputan
Benthiocarb + Prometrin	Selektif	Daun lebar, teki dan rerumputan
Diuron + Hexazinone	Selektif	Daun lebar, teki dan rerumputan
Amitrol (47,5%) + Diuron (24,0%) + MPCA (16,0%)	Selektif	Teki, rerumputan dan daun lebar

Mekanisme kerja herbisida pada gulma (Bangun dan Pane 1984) di antaranya adalah:

- Zat pengatur tumbuh (*growth regulator*) mematikan gulma karena sistem kerja hormon dihambat/diganggu, misalnya herbisida 2,4-D, MCPA, dochlorprop, dicamba, chloramben, pichloram, naptalan, MCPB.
- Menghambat proses fotosintesis oksidatif, misalnya herbisida dinoseb, DNOC, arsenat-arsenat, KN_3 , dan NaN_3 .
- Menghambat proses fotosintesis, misalnya herbisida atrazine, simazine, ametryn, prometryn, simetryn, terbutrin, diuron, bromacil, propanil, bentazon.
- Menghambat perakaran dan pertumbuhan bagian tanaman muda, misalnya herbisida barban, profane, trifluralin, dinetramine, DPCA, fendimethalin dan pronamide yang pemberiannya melalui akar.
- Menghambat pertumbuhan batang biji yang sedang berkecambah seperti herbisida EPTC, butylate, vernolate, molinate, CDEC dan benthicarb.
- Menghambat pertumbuhan akar biji yang sedang berkecambah, misalnya herbisida bensulide, diphenamide, napropamide, dan siduron.
- Mengganggu metabolisme protein, misalnya herbisida dalapan, TCA, dan glifosat.
- Menambah permeabilitas sel-sel daun, yaitu (a) langsung berpengaruh terhadap membrane sel, (b) terbentuknya radikal bebas selama proses fotosintesis (diquat, paraquat), (c) menambah aktivitas cahaya tetapi proses fotosintesis berhenti (nitrogen, befenox, dan oxflurofen).

Penggunaan herbisida pratumuh metolachlor cukup efektif dan tidak perlu tambahan atau campuran herbisida lain seperti paraquat dan fluazifop-buty, namun lebih mahal dibandingkan dengan pengendalian gulma secara manual (Tonglum *et al.* 2001).

Penggunaan herbisida dosis rendah 1,25-1,5 l/kg/ha kurang efektif, sehingga perlu peningkatan dosis menjadi 2,5-3,75 l/kg/ha, baik untuk herbisida tunggal maupun campuran (Tabel 6). Pada tanah dengan kadar liat 25-40%, pengendalian gulma dengan cara penyiangan pada umur 30 HST, 60 HST, dan 90 HST lebih baik dibandingkan dengan penggunaan herbisida tunggal maupun campuran, karena penyiangan dapat memperbaiki struktur tanah di samping membasmi semua jenis gulma. Namun penggunaan herbisida campuran dapat meningkatkan hasil sebesar 99%, sehingga prospektif dikembangkan di daerah dengan tenaga kerja terbatas.

Tabel 6. Pengaruh cara pengendalian gulma terhadap hasil ubikayu.

Cara pengendalian gulma	Hasil ubi segar (t/ha)
Tanpa pengendalian	11,0
Penyiangan 30 HST, 60 HST, 90 HST	25,3
Penggunaan herbisida 30 HST:	
- Paraquat 1,25 l/ha	17,8
- Paraquat 2,5 l/ha	17,4
- Paraquat 3,75 l/ha	18,8
- Paraquat + Diuron 1,25 l/ha	17,8
- Paraquat + Diuron 2,50 l/ha	19,0
- Paraquat + Diuron 3,75l/ha	21,9

Sumber: Wargiono dan Bangun (1986), Bangun dan Wargiono (1990).

Faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam aplikasi herbisida adalah:

- Jenis herbisida yang disemprotkan harus sesuai dengan gulma sasaran.
- Dosis aplikasi harus sesuai dengan dan sesuai dengan kalibrasi yang sudah dilakukan.
- Waktu aplikasi tepat, sesuai dengan waktu aplikasi jenis herbisida yang digunakan (pratanam, pratumbuh, awal pascatumbuh, dan pascatumbuh).
- Keadaan angin atau cuaca pada saat penyemprotan herbisida sebaiknya pagi hari, tidak hujan, dan angin tidak bertiup kencang.

Dalam “pengendalian gulma secara terpadu” dianjurkan menerapkan metode tidak langsung dan langsung yang kompatibel dan sinergis untuk diterapkan secara bersamaan sehingga efektivitasnya lebih sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Bangun, P. dan H. Pane. 1984. Pengantar penggunaan herbisida pada tanaman pangan. Puslitbangtan. Bogor.
- Bangun, P. dan J. Wargiono. 1990. Application of paraquat and diuron herbicides to control weeds in cassava. Nat. Sem. Pre and Post Harvest Tech. Res. and Development, Lampung.
- Evangelio, F.A., Filamayor Jr. F.G., and A.G. Dingal. 1995. Recent progress in cassava agronomy research in the Philippines. Technology Cassava Breeding, Agronomy Research and Technology Transfer in Asia. Proc. Regional Workshop, Kerala, India.

- Howeler, R.H. 1998. Cassava agronomy research in Asia. An overview 1993-1996. Proc. Of the Fifth Regional Workshop. Hainan, China: 355-375.
- Hozyo, Y., M. Megawati, dan J. Wargiono. 1984. Plant production and potential productivity of cassava contr. CRIFC. Bogor. 73.
- Sundaru, M., M., Syam, dan J. Bakar. 1976. Beberapa jenis gulma pada padi sawah. Buletin Teknis. LPPP, Bogor: 1.
- Tonglum, A., Suriyonapan, dan R.H. Howeler. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Thailand. Major achievements during the past 35 years. Cassava's potential in Asia the 21st century. Proc. Regional Workshop. Vietnam.
- Wargiono, J. dan P. Bangun. 1986. Tanggapan klon ubikayu terhadap cara pengendalian gulma pada tanah PMK. Lamp. Kem. Penel. Agronomis Ubi-ubian. Puslitbangtan, Bogor: 12.
- Wargiono, J., J. Widodo, dan W.H. Utomo. 2001. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Indonesia. Major achievements during the past 20 years. Cassava's potential in Asia the 21st century. Proc. Regional Workshop. Vietnam.

Bab 4

Penanganan Pascapanen

Pengolahan ubi segar menjadi gaplek, chips, tepung kasava, dan tapioka merupakan salah satu cara untuk mengatasi kelemahan ubikayu yang cepat busuk setelah dipanen, mengatasi harga ubi yang berfluktuasi, dan sekaligus meningkatkan nilai tambah usahatani ubikayu.

Dalam pembuatan tapioka dan tepung kasava diperlukan mesin penepung yang dapat menjamin mutu tepung. Mesin pengolah ubi yang potensial untuk dikembangkan adalah penyawut, perajang, pengepres sawut, pengering sawut, dan penepung.

Tepung kasava merupakan produk antara siap olah untuk pangan dan bahan baku industri hilir, sehingga permintaannya tinggi dan terus meningkat. Perbaikan sifat fisiko-kimia tepung kasava menjadi produk tepung kasava modifikasi (BIMO-CF) lebih putih dan lebih halus.

Produk yang memenuhi standar baku merupakan persyaratan yang harus dipenuhi oleh produk ekspor. Sifat-sifat yang harus dipenuhi dalam standar baku meliputi semua sifat produk yang mempunyai nilai ekonomis. Produk olahan primer yang mutunya harus memenuhi SNI adalah gaplek/chips, tepung kasava/BIMO-CF, dan tapioka. Aspek mutu produk mencakup kadar air, ukuran, derajat putih, kadar pati dan kekentalan, kadar serat, kadar abu, cemaran (logam), hama penyakit, dan derajat asam.

Sirup glukosa memiliki keunggulan dibandingkan dengan gula tebu. Keunggulannya sebagai bahan baku industri di

antaranya adalah mencegah kerusakan mikrobiologis, meningkatkan kehalusan tekstur, dan dapat mempertahankan kesegaran produk serta sumber kalori yang sesuai untuk penderita diabetes.

Penggunaan bioetanol sebagai campuran premium 5-20% merupakan alternatif untuk mengatasi krisis bahan bakar minyak. Kebutuhan bioethanol sebagai campuran premium untuk transportasi diperkirakan 1,4 juta kl pada tahun 2007 dan meningkat dengan laju pertumbuhan 7,1% per tahun. Ubikayu diprioritaskan sebagai bahan baku industri bioethanol karena lebih murah, potensial dikembangkan, dan penyeediaannya lebih terjamin dibandingkan dengan tanaman penghasil pati dan gula lainnya. Penggunaan bioethanol sebagai campuran premium tidak merusak kinerja mesin, dapat menurunkan kadar karbon dan sulfur, dan cocok untuk semua kendaraan berbahan bakar premium.

Penanganan Pascapanen

Erlana Ginting

PENDAHULUAN

Ubikayu setelah dipanen mudah rusak, baik secara fisiologis maupun mikrobiologis, sehingga tidak tahan disimpan lama. Hal ini menimbulkan masalah dalam pemasaran dan pemanfaatannya, karena dapat menyebabkan penurunan bobot dan mutu (Purwadaria 1989). Dampak dari masalah tersebut adalah rendahnya harga ubi, apalagi pada saat panen raya dan masih terbatasnya pemanfaatan ubi segar sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri.

Pembuatan gaplek merupakan bentuk pengawetan ubi segar, baik untuk tujuan ekspor maupun diolah lebih lanjut menjadi pakan temak dan tepung. Namun, gaplek yang dihasilkan belum memadai mutunya untuk bersaing di pasar dengan gaplek negara produsen lainnya seperti Thailand dan Vietnam. Petani biasanya membuat dan mengeringkan gaplek di lapangan, lalu diangkut ke rumah untuk dikonsumsi atau dijual, sehingga mutunya seringkali kurang baik dan harga jualnya rendah (Ginting *et al.* 1993).

Sekitar 16% produksi ubi segar di Indonesia diolah menjadi pati (tapioka) yang sebagian besar hasilnya (65%) dimanfaatkan untuk bahan baku kerupuk (Saleh *et al.* 2002). Pabrik industri tapioka skala besar terkonsentrasi di Lampung (Widodo 1993), sedang di Jawa bervariasi dari skala besar, menengah, hingga kecil. Tapioka yang dihasilkan oleh industri kecil seperti ITTARA (industri tepung tapioka rakyat) kualitasnya masih rendah karena keterbatasan alat penepung dan derajat pulihnya relatif rendah dibandingkan dengan pati yang dihasilkan oleh industri besar.

Masalah limbah, baik berupa limbah padat (kulit, ampas/onggok) maupun cair (air sisa pencucian tapioka) juga seringkali berasosiasi dengan industri pengolahan tapioka, yang bila tidak ditangani dengan tepat dapat mencemari lingkungan (Widodo dan Hartojo 2000). Oleh karena itu, pengolahan ubi segar menjadi produk antara (*intermediate products*) yang relatif awet disimpan selain gaplek dan tapioka, adalah chips, tepung, dan sawut. Hal ini merupakan alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi limpahan produksi ubikayu pada saat panen raya. Produk-produk tersebut juga dapat mendukung upaya penganeekaragaman produk olahan, meningkatkan nilai tambah, dan sekaligus memacu pengembangan agroindustri berbasis ubikayu.

Penanganan pascapanen yang tepat terhadap ubikayu sangat diperlukan untuk mempertahankan mutu akibat kerusakan fisiologis dan mikrobiologis, baik dalam bentuk segar maupun produk antara yang akan diolah lebih lanjut menjadi beragam produk olahan. Selain itu, penanganan pascapanen juga ditujukan untuk menekan kehilangan hasil (susut bobot) yang seringkali merugikan petani.

KERUSAKAN DAN PENURUNAN BOBOT UBI

Kerusakan Fisiologis dan Mikrobiologis

Menurut Daftar Analisis Bahan Makanan (1992 *dalam* Suprapti 2002), air (62,5%) dan karbohidrat/pati (34,7%), merupakan komponen terbesar ubi segar, diikuti oleh abu (1,3%) dan protein (1,2%). Oleh karena itu, setelah dipanen ubi segar mudah sekali rusak (kepoyoan) akibat aktivitas biologis dan mikrobiologis. Kerusakan fisiologis atau kerusakan primer terjadi akibat adanya luka atau goresan pada saat pemanenan yang mengakibatkan terjadinya warna biru sampai kehitaman pada ubi. Menurut Cay (1987 *dalam* Wheatley 1989), hal ini disebabkan oleh proses pencoklatan enzimatis senyawa fenol (termasuk katekin dan leukoantosianidin) yang terjadi akibat adanya kontak dengan udara (oksigen). Kerusakan sekunder atau kerusakan mikrobiologis terjadi akibat infeksi mikroba yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, yakni kelembaban dan suhu udara yang relatif tinggi dan dipacu dengan adanya luka pada ubi. Kerusakan ini diawali dengan adanya jalur garis-garis coklat muda searah dengan jaringan pembuluh silim. Selanjutnya ubi berubah menjadi lunak, diikuti oleh proses fermentasi dan pembusukan (Wheatley 1989). Beberapa jenis jamur dari genus *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, dan *Fusarium* dan beberapa spesies bakteri dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* berperan dalam kerusakan ini (Wheatley 1989).

Kerusakan fisiologis terjadi 24-48 jam setelah pemanenan, sedang kerusakan mikrobiologis biasanya 5-7 hari setelah ubi dipanen. Kedua bentuk kerusakan tersebut seringkali menimbulkan masalah dalam pemasaran maupun penggunaannya karena turunnya mutu dan robot ubi sampai 25% (Setyono dan Suismono 1989). Namun pada kondisi tertentu selama penyimpanan, ubi segar memiliki kemampuan untuk menyembuhkan sendiri luka akibat goresan yang dikenal dengan istilah *curing*, yakni melalui proses penebalan sel dekat luka setelah sel-sel parenkhim atau kambium memproduksi sel gabus di sekitar luka tersebut (Booth dan Cousery 1974 *dalam* Setyono dan Suismono 1989). Menurut Wheatley (1989), proses *curing* berlangsung 4-5 hari setelah penyimpanan

dan memerlukan kondisi lingkungan yang lembab dan hangat (kelembaban nisbi 85%, suhu 30°C).

Di samping kerusakan tersebut, ubi segar setelah dipanen secara biologis masih melakukan aktivitas respirasi yang dapat menurunkan kadar patinya (Setyono dan Suismo 1989). Hal ini akan berdampak negatif bila ubi digunakan sebagai bahan baku industri tapioka dan tepung.

Penurunan Bobot Ubi Segar

Tingkat kehilangan hasil ubi segar, baik secara kuantitatif (penurunan bobot) maupun kualitatif (penurunan mutu) pada penanganan pascapanen berbeda menurut tujuan penggunaannya. Menurut Purwadaria (1989), kehilangan hasil pada pengolahan gaplek diperkirakan 12,1% akibat penurunan bobot dan 6,8% akibat penurunan mutu. Pada pengolahan pati (tapioka), penurunan bobot ubi diperkirakan 12,2% dan penurunan mutu 0,4%. Penurunan bobot tertinggi, baik pada pengolahan gaplek maupun tapioka, terjadi pada kegiatan pemanenan sebesar 7%. Hal ini berkaitan dengan cara panen yang umumnya dengan cara mencabut, sehingga sebagian ubi patah dan tertinggal di dalam tanah, terutama pada tanah-tanah yang keras. Selain itu juga disebabkan oleh tertinggalnya sebagian ubi pada pangkal batang akibat pemotongan yang kurang hati-hati. Selain penurunan bobot, terjadinya luka pada ubi pada saat pemanenan (akibat pemotongan atau penggunaan alat untuk mencungkil ubi) akan memacu kerusakan fisiologis maupun mikrobiologis yang dapat menyebabkan kehilangan hasil. Penurunan mutu tertinggi terjadi pada pengeringan gaplek yang mencapai 4% (Purwadaria 1989). Pengeringan biasanya dilakukan dengan cara menjemur di lapang atau di atas tanah, bergantung pada kondisi cuaca. Hal ini menyebabkan pengeringan berjalan lambat dan kurang merata, terutama pada musim hujan, sehingga gaplek mudah terjangkit jamur. Akibatnya, mutu gaplek yang dihasilkan rendah, demikian pula harga jualnya.

Di daerah-daerah yang masyarakatnya mengkonsumsi ubi segar dan produk olahannya sebagai makanan pokok atau campuran, ubi segar umumnya disimpan dalam bentuk gaplek dan tepung gaplek. Hasil penelitian di Malang Selatan Jawa Timur menunjukkan bahwa kehilangan hasil pada penyimpanan gaplek dan tepung masing-masing mencapai 20-25% selama 6 bulan dan 10-16% selama dua bulan berikutnya, terutama disebabkan oleh serangan hama gudang (Ginting *et al.* 1993). Fakta di atas menunjukkan bahwa kerusakan dan kehilangan hasil pada saat pemanenan, pengeringan, dan penyimpanan merupakan masalah utama dalam penanganan pascapanen ubi segar yang memerlukan teknologi yang tepat untuk mengatasinya.

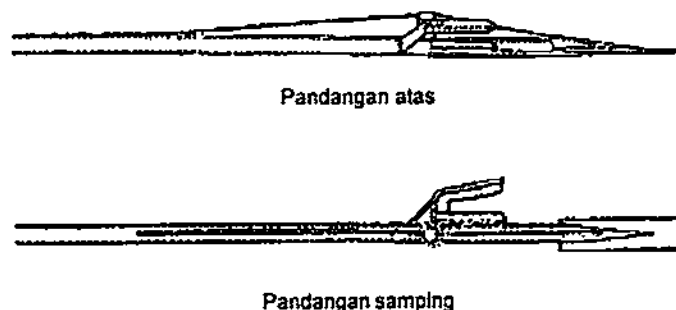
TEKNOLOGI PENANGANAN PASCAPANEN UBI SEGAR

Pemanenan

Pemanenan ubikayu sebaiknya dilakukan pada umur optimal yakni 6–12 bulan, bergantung pada varietas yang ditanam. Pemanenan yang melampaui umur optimal dapat mempengaruhi mutu karena meningkatnya kadar serat dan sering diikuti oleh menurunnya kadar pati ubi bila terjadi gangguan biotik dan abiotik. Penentuan saat panen dapat dilakukan berdasarkan informasi umur panen pada deskripsi varietas. Tujuan penggunaan ubi juga turut menentukan saat panen. Sebagai contoh, untuk pengolahan tapioka atau konsumsi segar, ubikayu dipanen pada umur 6-10 bulan, sedang untuk pengolahan gaplek sebagai alternatif terakhir ubi dipanen pada saat kandungan bahan keringnya maksimal yaitu 9-12 bulan (Nugraha *et al.* 1991) karena pasarnya terbatas.

Ubikayu dapat dipanen dengan cara mencabut tanpa bantuan alat atau dengan bantuan cangkul. Pada tanah yang keras, untuk menghindari tertinggalnya ubi di dalam tanah dan terjadinya luka pada ubi, juga dapat digunakan alat pengungkit seperti yang dirancang oleh UPLB Philippines (Gambar 1). Menurut Purwadaria (1989), pemanenan dengan alat pengungkit ini relatif lebih efisien (67 jam/ha/orang) dibandingkan dengan cara mencabut dengan tangan (113 jam/ha/orang). Demikian pula susut panennya relatif lebih kecil (1,3%) dibandingkan dengan tangan (7%).

Setelah dicabut, ubi dipisahkan dari batang dengan cara memotong, sebaiknya tangkai ubi pada bagian pangkal disisakan untuk mencegah terjadinya kontak sel-sel parenkhim ubi dengan udara. Adanya luka/bagian yang terbuka pada bagian pangkal ubi akibat pemotongan akan memacu kerusakan ubi (Wheatley 1989).



Gambar 1. Alat pengungkit untuk pemanenan ubikayu.
Sumber: Purwadaria (1989).

Setelah dipanen, ubi yang busuk dan kotoran seperti sisa batang, batu, dan tanah/lumpur dipisahkan dari ubi yang baik sebelum dimasukkan ke dalam karung, karena akan mempengaruhi mutu ubi dalam proses selanjutnya. Ubi yang busuk meskipun masih pada tahap awal harus segera dipisahkan karena dapat menginfeksi semua ubi dalam karung yang sama. Mendeteksi ubi yang busuk tidak selalu mudah karena kadangkala tidak tampak secara visual, seperti kasus penyakit smallpox yang disebabkan oleh jamur. Oleh karena itu, perlu diambil sampel dan diamati dengan cara mengupas dan memotong ubi secara melintang. Melalui cara tersebut bagian yang busuk akan terlihat berbentuk lingkaran-lingkaran kecil berwarna hitam di bagian pinggir potongan melintang ubi (Wheatley 1989).

Pengawetan Ubi Segar

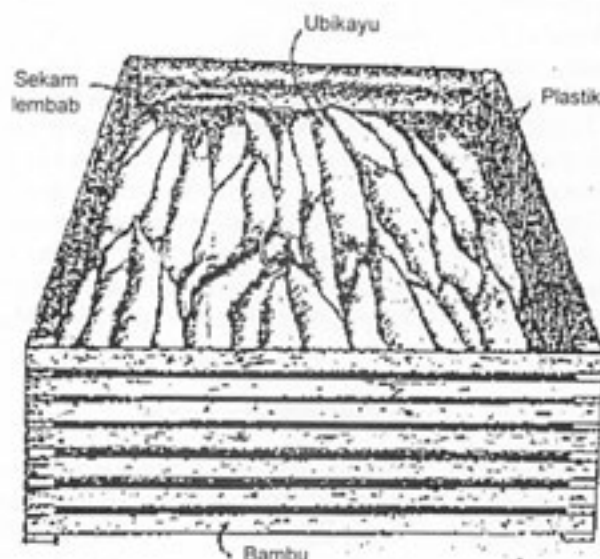
Pengawetan hasil panen berupa ubi segar bersifat sementara sambil menunggu waktu yang tepat untuk dijual atau diolah lebih lanjut. Volume ubi yang dapat ditangani dalam kondisi segar juga relatif kecil dibandingkan dengan hasil panen yang demikian besar, namun setidaknya merupakan alternatif yang dapat dilakukan pada saat hasil panen ubi melimpah. Beberapa cara penanganan ubi segar yang dapat dilakukan antara lain adalah:

Dengan Perlakuan Fungisida dalam Kantong Plastik

Pengawetan ubi dengan cara ini sebaiknya dilakukan paling lambat tiga jam setelah pemanenan dan dipilih ubi yang baik atau hanya sedikit mengalami luka. Kemasan yang digunakan kantong plastik poliethilen (PE) tebal 0,6 mm dengan kapasitas 12 kg. Ubi dimasukkan ke dalam kantong plastik secara vertikal dengan bagian pangkal menghadap ke atas, lalu disemprot dengan fungisida Mertec 450 EW dengan konsentrasi 0,4% (Wheatley 1989). Sisa-sisa air (larutan fungisida) harus dikeluarkan melalui beberapa lubang kecil yang dibuat pada bagian dasar kantong plastik untuk mencegah pertumbuhan jamur. Kantong plastik ditutup rapat dengan cara melipat beberapa kali lalu ditutup rapat. Dengan cara ini ubi dapat disimpan sampai 15 hari tanpa mempengaruhi sifat sensorisnya setelah dimasak.

Dengan Media Sekam Lembab

Sekam padi kering sebanyak 15-25% dari bobot ubi segar yang akan diawetkan, direndam dalam air bersih selama satu malam. Kemudian ditiriskan dan dikering-anginkan sampai kadar air 50-55%. Untuk menyimpan ubi, diperlukan kotak berangka kayu berukuran 60 cm x 60 cm x 40 cm yang mampu memuat 30-40 kg ubi segar (Gambar 2). Dinding dan alasnya



Gambar 2. Penyimpanan ubi segar dalam media sekam lembab.
Sumber: Soeharmadi (1984).

terbuat dari bambu yang dibelah dua dan diatur berderet dengan selang 1-2 cm. Sebelum digunakan, bagian dalam kotak kayu dialas dengan lembaran plastik ketebalan 0,25-0,5 mm yang diberi dua lubang (diameter 1 cm) di sisi kanan dan kiri, tepat di sela-sela bambu untuk mengeluarkan udara panas dengan tujuan menurunkan suhu di dalam kotak. Bagian dasar kotak diberi sekam lembab dengan tebal 2 cm dan diratakan, kemudian di atasnya disusun rapat ubi segar yang telah disortasi. Di atas susunan ubi segar tersebut, ditaburi sekam lembab setebal 2 cm, demikian seterusnya sampai kotak terisi penuh dengan sekam lembab di bagian paling atas. Terakhir kotak ditutup dengan lembaran plastik yang sudah diberi dua buah lubang, kemudian dimasukkan ke dalam gudang dengan ventilasi yang baik. Hal ini penting untuk mempertahankan suhu ruang sekitar 30°C agar proses *curing* dapat berlangsung dengan baik.

Hasil penelitian menunjukkan, dengan cara ini ubi dapat disimpan hingga 90 hari, 71% di antaranya masih cukup baik untuk dipasarkan (tekstur ubi masih keras, bagian dalam berwarna putih, tidak berbau dan ubi masih mengeluarkan getah bila dipatahkan). Namun pada bagian ujung ubi timbul akar baru. Masalah ini dapat diatasi dengan cara merendam sekam, sebelum digunakan, dalam larutan garam dengan konsentrasi 1,8-3% dari bobot ubi segar yang akan diawetkan. Dengan cara ini diharapkan akar tidak muncul atau kalau pun ada cukup pendek (Soeharmadi 1984).

Efektivitas sekam ini terletak pada kandungan silikatnya. Kadar silikat yang tinggi (94,5%) menyebabkan daya hantar panasnya rendah, sehingga mampu mempertahankan kesegaran ubi dan kondisi sekam yang lembab memungkinkan terjadinya proses *curing* pada ubi (Setyono dan Suismono 1989).

Dengan Media Serbuk Gergaji

Pelaksanaannya hampir sama dengan media sekam lembab. Bagian dalam kotak kayu yang akan digunakan dilapisi dengan lembaran plastik yang diberi lubang kecil pada bagian dasar dan keempat sisinya. Serbuk gergaji lembab (kadar air 50%) digunakan secara berlapis-lapis, yakni serbuk gergaji - ubi segar - serbuk gergaji - ubi segar dan seterusnya. Kondisi serbuk gergaji yang basah menyebabkan kelembaban dalam media simpan menjadi tinggi sehingga memungkinkan terjadinya proses *curing* pada ubi segar, sekaligus menghambat proses penguapan air sehingga kesegarannya relatif tetap. Dengan tertutupnya ubi oleh serbuk gergaji, reaksi oksidasi yang menyebabkan pewarnaan pada ubi juga dapat dihindari. Dengan metode ini ubi dapat disimpan selama satu bulan, 75-85% ubi di antaranya masih dapat dipasarkan (Setyono dan Suismono 1989).

TEKNOLOGI PENGOLAHAN PRODUK ANTARA

Melimpahnya produksi pada saat panen raya dan terbatasnya pemanfaatan ubi segar memerlukan alternatif pengolahan ubi menjadi produk antara yang memiliki daya simpan relatif lama dan fleksibel digunakan sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri hilir. Produk antara tersebut antara lain gaplek, chips, tapioka, tepung kasava, tepung komposit, dan serbuk ubi segar.

Gaplek dan Chips

Gaplek dan chips merupakan produk antara yang paling sederhana proses pengolahannya. Gaplek berbentuk glondong, sedang chips berupa irisan melintang. Kedua produk ini biasanya untuk keperluan ekspor dan bahan baku industri pakan ternak.

Proses pengolahan gaplek meliputi pengupasan kulit, pembelahan ubi menjadi dua, pencucian dan penjemuran di lantai jemur (Gambar 3). Penjemuran di atas tanah sebaiknya diberi alas berupa anyaman bambu atau lembaran plastik. Pada daerah yang sulit mendapatkan air, gaplek biasanya dibuat tanpa proses pencucian, dan penjemuran dilakukan di

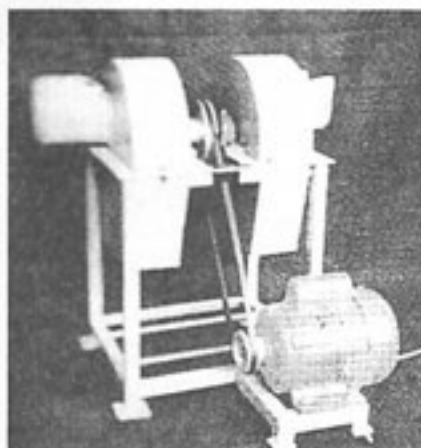


Gambar 3. Penjemuran gaplek di lantai jemur.
Sumber: Ginting *et al.* (1994).

lapang sehingga gaplek yang dihasilkan umumnya tidak berwarna putih (coklat kehitaman). Perendaman ubi kupas selama lima menit atau penyemprotan ubi dengan larutan 4% garam 0,2% atau sodium bisulfit dapat menghasilkan gaplek yang warnanya putih dan tidak berjamur (Marzempi *et al.* 1987).

Pada pembuatan chips, ubi dikupas dan dicuci kemudian diiris melintang setebal 1-1,5 cm. Irisan chips yang seragam dapat diperoleh dengan menggunakan alat perajang (*chipper*) yang dapat digerakkan secara manual maupun mekanis. Kapasitas alat perajang mekanis (Gambar 4) dapat mencapai 400 kg chips/jam dan cukup dioperasikan oleh satu orang operator (Prastowo *et al.* 1990). Irisan chips selanjutnya dikeringkan atau dijemur di lantai jemur atau di atas tanah dengan menggunakan alas plastik atau anyaman bambu.

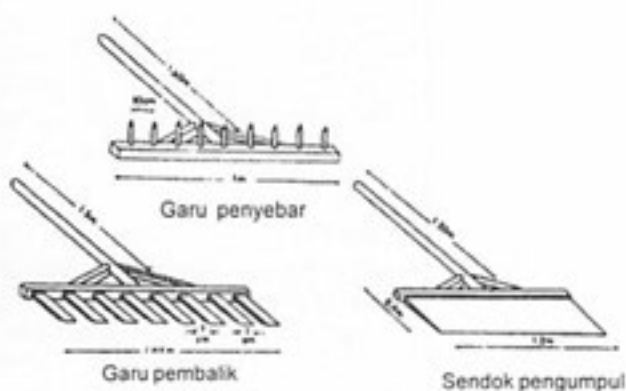
Agar aman disimpan dan memenuhi standar mutu (Tabel 1), gaplek maupun chips harus dikeringkan sampai kadar air 12-14%. Chips relatif lebih mudah kering dibanding gaplek/glondong dan lebih sedikit memerlukan ruang untuk penyimpanan. Dalam kondisi cuaca normal, pengeringan chips hanya memerlukan waktu 2-3 hari, sementara gaplek mencapai 4-5 hari untuk mencapai kadar air 12-14%. Gaplek dan chips sebaiknya dikeringkan di atas lantai jemur bergelombang. Setiap dua jam sekali dilakukan pembalikan dengan menggunakan garu kayu pembalik dan garu penyebar (Gambar 5) agar pengeringan merata dan kadar air gaplek seragam.



Bahan:
 - Plat besi anti karat
 - As besi
 - Kayu tebal 3 cm
 - Laher
 - Pulley
 - Belt karet
 Berat: 26 kg

Dimensi:
 - Tinggi 69 cm
 - Lebar 46 cm
 - Panjang 59 cm
 Mesin: Motor listrik 220 VAC,
 1/2 PK 1 phase
 Kapasitas:
 - Sawut 170 kg sawut/jam
 - Chip 400 kg chip/jam

Gambar 4. Alat perajang (*chipper*) dan penyawut ubi segar.
 Sumber: Prastowo *et al.* (1990).



Gambar 5. Alat-alat kayu pembantu penjemuran galek dan chips.
 Sumber: Puwadaria (1989).

Jika kondisi cuaca kurang baik, pengeringan chips menggunakan alat pengering buatan seperti alat pengering sistem rak yang ditutup plastik transparan, yang disinergikan dengan unit energi pengering (suhu 75-80°C), selama tiga jam sebagai pengeringan pendahuluan dan dilanjutkan dengan sinar matahari selama tiga hari. Dengan cara ini, kadar air chips dapat turun dari 63,7% basis basah (bb) menjadi 12,0% bb (memenuhi standar mutu). Pengeringan dengan sinar matahari (tradisional) hanya mampu menurunkan kadar air chip dari 63,7% bb menjadi 16,7% bb. Dengan penggunaan alat pengering, mutu chips yang dihasilkan juga lebih baik (warna lebih putih) dibanding cara tradisional. Namun kapasitas alat pengering harus besar (> 100 kg ubi segar) agar layak dikembangkan oleh penjual jasa energi pengering.

Untuk pengemasan gaplek/chips dapat menggunakan karung plastik atau karung goni dan disimpan dalam gudang yang kering, sejuk, dan ventilasi baik, dan dialasi rak kayu di bagian bawah. Dengan kondisi ini penyimpanan dapat berlangsung selama 6-12 bulan tanpa mengurangi mutu produk (Wheatley 1989).

Hama gudang penyebab kerusakan gaplek/chips selama penyimpanan, antara lain adalah *Stegobium paniceum*, *Araecerus fasciculatus*, *Lasioderma senicorne*, *Dinoderus minutus*, *Tribolium castaneum*, dan *Latheticus oryzae*. *A. fasciculatus* dan *L. senicorne* dilaporkan dapat menyebabkan kehilangan hasil yang tinggi (Best dan Ospina 1989), sehingga perlu pengendalian agar mutu sesuai standar.

Selain dalam bentuk gaplek atau chips, pengawetan ubi juga dapat dilakukan dalam bentuk tepung yang biasanya digunakan sebagai bahan baku tiwul, terutama di daerah-daerah yang masih mengkonsumsi ubi segar dan produk olahannya sebagai makanan pokok. Hasil penelitian di Malang Selatan menunjukkan bahwa pengemas kaleng yang ditutup rapat dan dipulas dengan lilin efektif menyimpan tepung selama 8-10 bulan dengan tingkat kerusakan < 5% (Merx *et al.* 1991). Tingkat kerusakan tepung selama penyimpanan relatif lebih rendah dibanding gaplek glondong karena hama gudang cenderung menggerek dengan membuat lubang pori (Muljohardjo 1981 dalam Suismono dan Wibowo 1991).

Standar mutu gaplek menurut SNI disajikan pada Tabel 1. Persyaratan batas maksimum kadar HCN ubi untuk produk olahan yang diberlakukan oleh beberapa negara juga perlu mendapat perhatian. MEE menetapkan batas 50 ppm (mg/kg bahan) untuk bahan baku pakan dan 100 ppm untuk produk olahan ubi segar, India 300 ppm untuk pakan (Sudaryono *et al.* 1991), sementara di Indonesia ditetapkan < 50 ppm (Suismono 2001). Kadar HCN bersifat toksis pada kadar yang tinggi (> 100 ppm). Ubi segar dari ubikayu jenis pahit memiliki kandungan HCN relatif tinggi (> 50 ppm)

Tabel 1. Standar mutu gaplek Indonesia menurut SNI No. 01.2905-1992.

Jenis uji	Persyaratan			
	Mutu super	Mutu I	Mutu II	Mutu III
Kadar air (% b/b maksimum)	14	14	14	14
Kadar pati (% b/b maksimum)	70	68	65	62
Kadar serat (% b/b maksimum)	4	5	5	5
Kadar pasir/silika (% b/b maksimum)	2	3	3	3

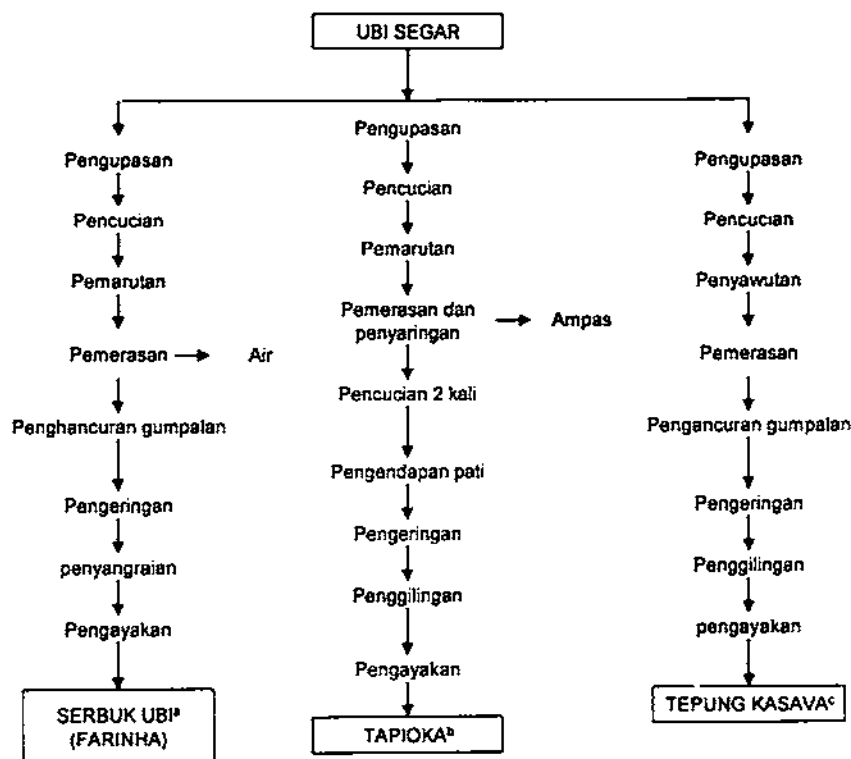
b/b = berat/berat.

(Coursey 1973 *dalam* Richana dan Suami 1990). HCN dapat dihilangkan selama proses pengolahan melalui perlakuan perendaman dan pemanasan/penjemuran dengan sinar matahari, karena sifatnya yang larut dalam air dan menguap pada suhu 25,7°C (Nweke dan Bokanga 1984 *dalam* Ginting dan Widodo 2003).

Pati/Tapioka

Pati merupakan bagian dari karbohidrat yang bersifat tidak larut dalam air dingin dan membentuk gel bila dipanaskan (gelatinisasi). Dalam keadaan kering, pati berwarna putih, sedang dalam bentuk gel berwarna translusen atau opak (Muljohardjo 1984). Penggunaan pati cukup luas, baik untuk bahan baku produk pangan seperti roti, kue, makroni, sirup glukosa/fruktosa (gula cair), grits makanan bayi, dan kerupuk maupun untuk bahan baku industri seperti bahan perekat, alkohol, dan dekstrin.

Proses produksi pati pada industri tapioka dapat dilakukan secara manual/tradisional, semi mekanis dan mekanis/modern. Pengolahan secara semi mekanis biasanya dilakukan oleh industri tapioka skala menengah, sedangkan secara modern oleh industri skala besar. Pengolahan secara tradisional banyak dilakukan oleh industri skala kecil di pedesaan atau di tingkat rumah tangga. Tahapan produksi pati (Gambar 6) meliputi pengupasan dan pencucian, dilanjutkan dengan pamarutan menggunakan pamarut mekanis berkapasitas 500 kg/jam (Gambar 7). Hasil parutan diberi air agar granula pati yang telah bebas tercuci oleh air dan terdispersi di dalamnya, lalu diperas/diekstrak sekaligus disaring untuk memisahkan larutan pati (susu pati) dengan serat kasar. Pemerasan dihentikan bila cairan yang keluar telah berwarna bening. Selanjutnya susu pati dimasukkan ke dalam penampung seperti tong atau bak-bak semen dan dibiarkan selama 6-12 jam untuk mengendapkan granula pati agar mudah dipisahkan. Pengendapan yang terlalu lama dapat menurunkan kualitas pati (berbau asam) karena terbentuknya asam-asam organik akibat aktivitas enzim dan



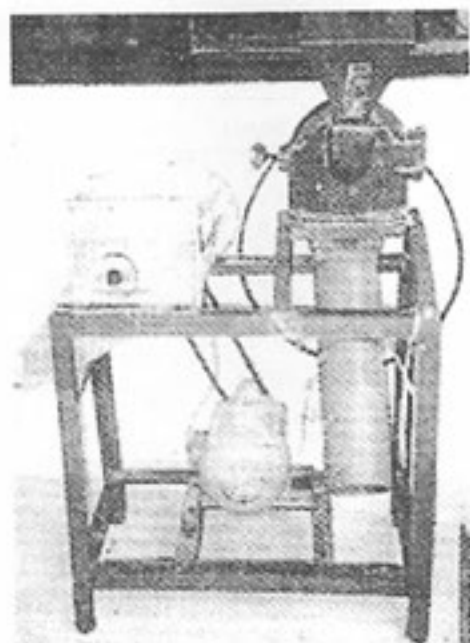
Gambar 6. Proses produksi serbuk ubi, tapioka, dan tepung kasava.

Sumber: ^aBlumenschein dan Blumenschein 1989,

^bMuljohardjo 1984, ^cSuismono dan Wibowo 1991.

mikroorganisme (Suismono 2001). Cairan di bagian atas penampung harus dipisahkan/dikeluarkan secara hati-hati agar pati tidak ikut terbawa. Diperkirakan kehilangan pati mencapai 5-10% selama proses ini.

Setelah cairan dikeluarkan, dilakukan pencucian dengan menambahkan air sekali lagi ke dalam endapan pati, diaduk, dan diendapkan kembali untuk memperoleh pati yang kualitas/derajat putihnya sesuai standar baku. Pati yang telah dipisahkan airnya tersebut dikeluarkan dengan sekop lalu dipindahkan untuk dikeringkan. Pada industri skala kecil dan menengah, pati/tapioka tersebut dipindahkan ke atas rak-rak pengering untuk selanjutnya dijemur sambil sesekali dihancurkan dan diratakan untuk mempercepat pengeringan. Pengeringan dilakukan sampai kadar air 12% agar aman disimpan. Pati yang diperoleh masih berbentuk gumpalan, karena itu perlu dihancurkan (disintegrasi)/dihaluskan dengan alat penepung mekanis (Gambar 7), kemudian diayak untuk memperoleh kehalusan yang



Gambar 7. Alat pamarut dan penepung ubi.
Sumber: Suprpti (2002).

sesuai dengan kualitas yang dikehendaki, berkisar antara 60-140 mesh (Muljohardjo 1984). Rendemen pati dapat mencapai 20-28%, bergantung pada jenis dan umur panen serta cara pengolahannya (Suprpti 2005). Untuk menghindari kerusakan, tapioka harus disimpan dalam kemasan yang kedap air dan udara di dalam ruangan yang sejuk dan kering serta cukup ventilasinya.

Pengendalian mutu pada pengolahan tapioka penting dilakukan pada saat proses ekstraksi untuk mendapatkan rendemen yang tinggi dan berwarna putih bersih. Pengolahan tapioka memerlukan air dalam jumlah yang cukup banyak yakni 12-15 kali bobot bahan baku, harus terpenuhi (Suprpti 2005) agar tapioka dapat diekstrak dan dicuci semaksimal mungkin. Kualitas air perlu diperhatikan karena air dengan kualitas rendah seperti air sungai yang keruh dan kurang sempurna penyaringannya akan mempengaruhi warna tapioka yang dihasilkan (Muljohardjo 1984). Di samping itu, terdapatnya ion feri atau logam lain dalam air akan bereaksi dengan HCN yang terdapat dalam tapioka dan menghasilkan senyawa yang gelap, sehingga untuk mendapatkan tapioka yang berwarna putih. Derajat putih merupakan salah satu persyaratan dalam standar mutu tapioka (Tabel 2).

Tabel 2. Standar mutu tapioka (1994) tepung kasava (SNI 1996) yang berlaku di Indonesia.

Persyaratan	Tapioka			Tepung kasava
	Mutu I	Mutu II	Mutu III	
Kadar air (% b/b maksimum)	15	15	15	12
Kadar pati (% b/b maksimum)	-	-	-	75
Kadar abu (% b/b maksimum)	0,6	0,6	0,6	1,5
Serat dan benda asing (% b/b maksimum)	0,6	0,6	0,6	4
Derajat asam (ml 1 N NaOH/100 g, maksimum)	3	3	3	3
Kadar HCN (ppm, maksimum)	-	-	-	40
Derajat putih (BaSO ₄ = 100%)	min. 94,5	min. 92,0	< 92,0	min. 85
Kekentalan (° Engler)	3-4	2,5-3	< 2,5	-
Kehalusan (lolos ayakan 80 mesh) (%)	-	-	-	min. 90
Cemaran logam*:				
- Timbal (Pb) (mg/kg, maksimum)	1,0	1,0	1,0	1,0
- Tembaga (Cu) (mg/kg, maksimum)	10,0	10,0	10,0	10,0
- Seng (Zn) (mg/kg, maksimum)	40,0	40,0	40,0	40,0
- Raksa (Hg) (mg/kg, maksimum)	0,005	0,005	0,005	0,005
- Arsen (As)* (mg/kg, maksimum)	0,5	0,5	0,5	0,5
Cemaran mikroba*:				
- Angka lempeng total (koloni/g, maksimum)	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁶
- <i>E. coli</i> (APM/g)	10	10	10	<3
- Kapang/jamur (koloni/g, maksimum)	1,0x10 ⁴	1,0x10 ⁴	1,0x10 ⁴	1,0x10 ⁴
Bahan tambahan makanan (pemulih dan pemalang tepung)	-	-	-	Sesuai SNI 010222-1995
Kedaaan:				
- Bau	-	-	-	Khas ubikayu
- Rasa	-	-	-	Khas ubikayu
- Warna	-	-	-	Putih
Benda-benda asing	-	-	-	Tidak ada

*Bila digunakan untuk bahan makanan.

Kesedahan air penting pula untuk dikendalikan karena air yang tingkat kesedahannya tinggi mengandung mineral dalam jumlah tinggi. Hal ini akan menaikkan kadar abu, sehingga mutu tapioka yang dihasilkan rendah. Pemberian kapur sebanyak 0,3% bahan disarankan untuk memperbaiki kualitas air yang tingkat kesedahannya tinggi, yaitu 9,5% (Setiawati dan Thahir 1991). Untuk mendapatkan rendemen yang tinggi, penggunaan varietas yang berkadar pati tinggi merupakan salah satu alternatif yang dapat dilakukan. Ubi segar dari varietas berpotensi hasil dan berkadar pati tinggi memiliki potensi untuk produk tapioka (Setyono *et al.* 1996), antara lain varietas Adira-1 (25-35%), Adira-4 (18-22% basis basah), Malang 4 (25-32%), Malang 6 (25-32%), UJ-3 (20-27%), dan UJ-5 (19-20%) (Suhartina 2005).

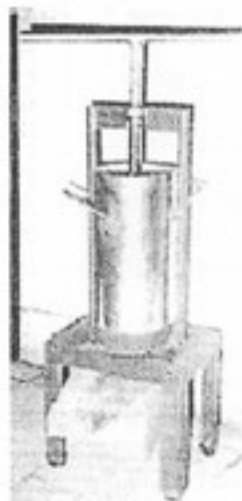
Tepung Kasava

Pemanfaatan tepung kasava menjadi produk pangan relatif sama dengan tepung lainnya. Tepung kasava tidak mengandung gluten, sehingga hanya dapat digunakan sebagai campuran atau substitusi sebagian tepung terigu (15-30%) pada pembuatan produk kue basah (*cake*), kue kering (*cookies*), roti, dan mie (Suismono 2001). Selain itu, tepung kasava juga dapat diolah menjadi bubur, makaroni, beragam jajanan, dan sebagai bahan campuran dalam produk olahan makanan bayi, saus, *ice cream*, dan bumbu masak (Suprapti 2002).

Pengolahan tepung kasava memerlukan ubi segar yang tidak lebih dari 48 jam setelah dipanen. Proses pengolahan tepung (Gambar 7) dimulai dari pengupasan yang menghendaki kulit ubi terpisah sempurna agar tidak mempengaruhi warna tepung yang dihasilkan. Ubi kupas kemudian dicuci untuk membersihkan kotoran sekaligus mengurangi kadar asam sianida (HCN) dan enzim polifenolase yang dapat menyebabkan daging ubi berwarna coklat/gelap. Setelah dikupas dan dicuci, ubi direndam dalam air (Damardjati *et al.* 1996). Kemudian ubi dapat langsung diiris dengan mesin penyawut (Gambar 4). Sawut basah ditampung, kemudian diperas dengan alat press (Gambar 9) untuk mengurangi kadar air (10-15%) agar lebih cepat dikeringkan dan sekaligus mengurangi kandungan HCN (33%), terutama untuk ubi jenis pahit.

Sawut basah dikeringkan/dijemur dengan alas tampah, plastik atau anyaman bambu dengan tebal 3 cm (15 kg sawut basah/m²). Pengeringan dilakukan sampai kadar air sawut < 12% atau 2-3 hari pada kondisi cuaca normal. Sawut kering (Gambar 10) dapat langsung digiling dengan alat penepung mekanis (Gambar 8) yang biasa digunakan untuk beras atau ketan, lalu diayak dengan ayakan ukuran 60-80 *mesh*. Rendemen tepung berkisar antara 25-30% (Damardjati *et al.* 1996, Suismono 2001). Untuk penyimpanan sementara sebelum digiling, sawut kering dapat dikemas dalam kantong plastik ukuran 25-50 kg. Pengolahan sawut kering dapat mengatasi kelimpahan ubi pada saat panen raya dan menutupi kekurangan bahan baku pada saat tidak musim panen, sehingga proses produksi tepung dapat terus berlangsung. Tepung kasava yang dikemas dalam kantong plastik tahan disimpan sampai enam bulan (Richana dan Suami 1990).

Sebagai bahan baku industri produk pangan maupun nonpangan, tepung kasava harus memenuhi standar mutu (Tabel 2). Pemilihan jenis/varietas sebagai bahan baku yang sesuai untuk pengolahan tepung kasava juga penting, yakni yang kadar pati atau bahan keringnya tinggi (> 40%) dan daging ubi berwarna putih (Antarlina dan Harnowo 1992). Tepung kasava dapat dicampur dengan tepung aneka kacang untuk pengkayaan gizi. Tepung campuran (komposit) sesuai untuk produk pangan.



Gambar 9. Alat pres sawut dan serbuk ubi.
Sumber: Suprpti (2002).

Tepung Kasava Komposit

Tepung kasava komposit merupakan campuran tepung kasava dengan tepung serealisa dan/atau tepung aneka kacang untuk meningkatkan nilai gizi, terutama protein dan memperbaiki sifat sensorisnya. Kadar protein tepung komposit yang terdiri atas 40% aneka kacang (gude atau kacang hijau) dan 60% tepung kasava dan terigu sekitar 13%, mendekati kadar protein tepung terigu, yaitu 14% (Richana dan Damardjati 1990). Bila digunakan tepung gude, maksimum penggunaannya 20%, dicampur dengan 60% tepung kasava dan 20% terigu. Tepung kacang hijau dapat digunakan sampai konsentrasi 40%, dicampur dengan 40% tepung kasava, dan 20% terigu (Richana dan Damardjati 1990). Kadar protein kedua tepung komposit ini sekitar 9% (Tabel 3). Selain sebagai bahan baku *cake*, tepung kasava komposit juga dapat digunakan sebagai bahan baku kue kering (*cookies*), roti tawar, dan mie (Marzempi *et al.* 1996).

Serbuk Ubi

Produk antara lainnya yang mempunyai peluang untuk dikembangkan adalah serbuk ubi yang dikenal dengan nama *farinha* di daerah asalnya, Amerika Latin (Grace 1977). Serbuk ubi dapat berfungsi sebagai substitusi tepung terigu pada pembuatan kue basah dan kue kering, sebagai bahan campuran untuk produk lauk-pauk dan minuman instan serta pengganti

Tabel 3. Komposisi kimia dan sifat fisikokimia tepung kasava dan tepung kasava komposit.

Kriteria	Tepung kasava*	Tepung kasava komposit**	
Kadar air (%)	11,11	9,91	10,28
Kadar karbohidrat (%)	84,64	78,73	78,27
Kadar protein (%)	1,65	9,08	8,89
Kadar lemak (%)	0,65	0,53	0,63
Kadar abu (%)	1,50	1,75	1,93
Kadar serat (%)	1,63	-	-
Kadar amilosa (%)	22,68	23,51	23,14
Konsistensi gel (mm)	38,67 (sedang)	52,0 (sedang)	51,3 (sedang)
NPA (Nilai Penyerapan Air)	172,78	89,13	103,12
NKA (Nilai Kelarutan Air)	7,45	1,10	1,13

Sumber: *Marzempi (1995), **Richana dan Damardjati (1990).

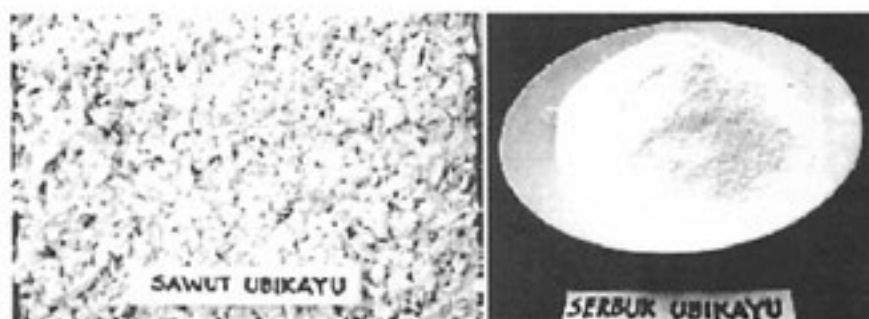
A = 60% tepung ubi segar + 20% tepung kacang hijau + 20% tepung terigu

B = 60% tepung ubi segar + 20% tepung kacang gude + 20% tepung terigu

tepung roti/panir (Blumenschein dan Blumenschein 1989, Antarlina *et al.* 1997, Ginting 1997). Serbuk ubi belum banyak dikenal kegunaannya di Indonesia sebagai bahan pangan, karena itu perlu dikembangkan dan proses produksinya seperti tepung kasava dan tapioka, pemanfaatannya lebih beragam, praktis, dan tahan disimpan lama.

Proses pengolahan serbuk ubi segar meliputi pengupasan ubi segar dan pencucian, diparut menggunakan alat pamarut kelapa mekanis, lalu diperas dengan alat press sampai cairan yang keluar berwarna bening. Proses pemerasan bertujuan untuk menghilangkan sebagian air agar proses pengeringan berlangsung lebih cepat. Pemerasan dapat juga dilakukan secara manual dengan menggunakan kain saring, namun kurang efektif dan memerlukan banyak tenaga. Hal ini akan berpengaruh terhadap mutu serbuk yang dihasilkan (berbau kecut dan nilai keasamannya tinggi). Hasil perasan masih berupa gumpalan-gumpalan serbuk, perlu dihancurkan atau diayak kasar, kemudian dijemur dengan alas plastik, anyaman bambu, atau tampah. Setelah setengah kering, dilakukan penyangraian (penggorengan tanpa minyak) untuk melanjutkan pengeringan sekaligus menstimulasi timbulnya aroma khas serbuk. Penyangraian dilakukan sampai kadar air bahan < 12% agar aman disimpan. Serbuk ubi yang dikemas dalam kantong plastik memiliki daya simpan sampai enam bulan (Gambar 9). Rendemen serbuk ubi segar rata-rata 25%.

Standar mutu *farinha* belum ditetapkan di Indonesia, namun dapat juga digunakan standar mutu yang berlaku di Brasil seperti tercantum pada Tabel 4. Untuk pengembangan *farinha* sebagai bahan baku produk pangan, perlu tersedia ubi segar dalam jumlah yang cukup, jenis/varietas yang sesuai



Gambar 9. Hasil penyawutan dan pamarutan ubi: (A) sawut ubi; (B) serbuk ubi.

Tabel 4. Standar mutu serbuk ubi segar di Brazil.

Persyaratan	Mutu		
	I	II	III
Keasaman (ml 0,1 N NaOH)	2,0	2,0	2,0
Kadar air (% maksimum)	14,0	14,0	14,0
Kadar abu (% maksimum)	2,0	2,5	3,0
Kadar serat, kulit (% maksimum)	2,5	4,5	8,5
Gumpalan (% maksimum)	0,5	1,5	3,5
Aroma	Khas	Khas	Khas
Kotoran	0	0	0
Bakteri	Negatif	Negatif	Negatif

Sumber: Blumenschein dan Blumenschein (1989).

dan memenuhi standar mutu. Hasil evaluasi terhadap 53 klon plasma nutfah ubikayu koleksi Balitkabi menunjukkan ubi segar jenis manis umumnya sesuai untuk diolah menjadi *farinha*. Varietas/klon ubikayu yang sesuai untuk *farinha* dan memenuhi standar mutu adalah Faroka, Mentega, Ketan, Adira-I, Lokal Lamongan, Kuning, No. 256A-AV8, No. W236-30, Adira I, dan No. X42 (Antarlina *et al.* 1997).

Peluang yang cukup besar juga terbuka untuk pengembangan tepung kasava dan *farinha* yang relatif belum banyak berkembang dibanding gaplek/chips dan tapioka. Hal ini disebabkan oleh fleksibilitas pemanfaatan tepung kasava dan *farinha* yang cukup tinggi sebagai bahan baku produk olahan pangan yang dapat berfungsi sebagai makanan pokok, kudapan, dan makanan pendamping (lauk-pauk). Selain itu, teknologi pengolahannya juga sederhana dan relatif lebih sedikit memerlukan air dibandingkan dengan pengolahan tapioka sehingga relatif mudah untuk diterapkan.

Pengembangan agroindustri di sentra produksi ubikayu cukup prospektif. Khusus untuk tepung kasava, pengembangan dapat diterapkan dengan tiga model agroindustri berdasarkan tingkat kemampuan, pemerataan nilai tambah, dan modal (Damardjati *et al.* 1996, Suismono 2001). Model I dan II yang berfungsi sebagai plasma, berturut-turut merupakan skala petani/rumah tangga dan kelompok tani/KUD/industri kecil yang memproduksi sawut kering. Model III adalah skala industri besar/swasta yang berfungsi sebagai inti, berperan menampung sawut kering, memproduksi dan memasarkan tepung. Model I dan II menjual sawut kering kepada model III, dengan harga yang menarik sehingga mutu dan pasokannya terjamin. Model III tidak perlu mengolah sawut sendiri yang berarti menghemat fasilitas untuk penjemuran, tenaga kerja, dan pengawasan. Operasional produksi tepung dari sawut kering dapat terus berlangsung walaupun bahan baku ubi segar di lapang sudah habis. Namun untuk mendapatkan sawut kering yang memenuhi standar mutu, model III perlu melakukan pembinaan terhadap model I dan II yang meliputi teknologi proses pengolahan dan pengendalian mutu, penyuluhan mengenai sanitasi/kebersihan, nilai tambah dan kegunaan sawut kering. Model kemitraan ini juga perlu dukungan kerja sama dari instansi terkait, seperti Dinas Pertanian, Perindustrian, Koperasi dan kelembagaan desa di wilayah setempat. Untuk produksi dan perawatan peralatan produksi tepung, pembinaan juga perlu dilakukan terhadap bengkel peralatan di pedesaan, baik untuk fasilitas maupun sumber dayanya. Untuk modal kerja bagi model I dan II, bengkel peralatan dapat diupayakan fasilitas kredit dari pemerintah atau pihak swasta/model III dengan bunga yang relatif ringan.

Pemasaran merupakan hal yang sangat penting dalam pengembangan usaha pengolahan tepung kasava. Hal ini berkaitan dengan pemahaman prosesor atau industri pengolahan pangan dan konsumen dalam memanfaatkan tepung *farinha*. Promosi/sosialisasi *farinha* kepada masyarakat perlu mendapat perhatian, terutama bagi industri penghasil produk roti dan mie, agar tertarik untuk memanfaatkan *farinha* sebagai bahan baku atau campuran bahan baku, sehingga pemasokan bahan baku. Cara ini akan lebih efektif dibandingkan dengan cara memasarkan tepung ubi segar di pasaran. Pemasaran langsung ke industri-industri makanan harus menjadi prioritas utama. Pemasaran langsung ke konsumen merupakan prioritas kedua yang memerlukan strategi khusus. Bila dipasarkan dalam bentuk *farinha*, konsumen kesulitan dalam memanfaatkannya karena tepung tersebut tidak dapat digunakan 100% sebagai bahan baku industri pangan. Akan lebih bermanfaat bagi konsumen bila kasava dipasarkan dalam bentuk tepung komposit (dicampur dengan tepung terigu, sereal atau aneka kacang) yang telah dilengkapi dengan informasi cara penggunaannya sehingga dapat langsung digunakan seperti halnya tepung terigu (lebih praktis).

Prospek pengembangan *farinha* cukup cerah, terutama untuk mengurangi impor terigu yang telah mencapai 4,0 juta ton per tahun (FAOSTAT 2003), sehingga substitusi sebagian terigu dengan *farinha* dapat membantu menghemat devisa negara. Selain itu, bahan baku berupa ubi segar cukup tersedia (bahkan melimpah pada saat panen raya), sehingga dapat memacu pengembangan agroindustri di pedesaan. Hal ini akan memberi nilai tambah pada produk olahan ubi segar, sekaligus mendorong peningkatan produksi ubikayu dan memberi dampak positif bagi peningkatan kesejahteraan petani. Pada tingkat harga ubi segar Rp 200/kg, nilai tambah diperkirakan Rp 189/kg untuk produk *farinha* pada tingkat substitusi terigu 10% karena harga impas *farinha* relatif lebih murah dibanding tepung terigu (Tabel 5). Nilai tambah tersebut akan semakin besar dengan meningkatnya substitusi *farinha* terhadap terigu.

Kendala yang dihadapi adalah nilai inferior komoditas ubikayu yang selama ini berkembang di masyarakat. Oleh karena itu diperlukan penyuluhan dan promosi untuk memperbaiki citra produk olahannya. Dukungan kebijakan pemerintah yang lebih mengarah pada pengembangan industri hilir, khususnya industri pangan dari bahan baku lokal dan yang relatif terjangkau harganya, juga turut mempercepat penumbuhan dan pengembangan agroindustri tepung kasava dan produk antara lainnya seperti *farinha*.

Tabel 5. Biaya pembuatan sawut, tepung kasava, dan tepung komposit dengan terigu (10:90).

Uraian	Harga ubi segar (Rp/kg)							
	50	100	150	200	250	300	350	400
Biaya mengupas, mencuci, menyawut dan menjemur (Rp/kg)	185	185	185	185	185	185	185	185
Total biaya s/d menjemur (Rp/kg)	235	285	335	385	435	485	535	585
Rendemen sawut (%)	35	35	35	35	35	35	35	35
Harga impas sawut (Rp/kg)	671	814	957	1100	1242	1385	1528	1671
Biaya penepungan (Rp/kg)	50	50	50	50	50	50	50	50
Total biaya s/d penepungan (Rp/kg)	285	335	385	435	485	535	585	635
Rendemen tepung (%)	27	27	27	27	27	27	27	27
Harga impas tepung (Rp/kg)	1055	1240	1425	1611	1796	1981	2166	2351
Harga tepung terigu (Rp/kg)	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Harga tepung komposit ubikayu dengan terigu (Rp/kg)	3255	3274	3292	3311	3329	3348	3365	3385
Nilai tambah (Rp/kg)	244	226	208	189	170	152	133	115

Sumber: Suismono (1998) dalam Suismono (2001).

DAFTAR PUSTAKA

- Antarlina, S.S. dan D. Harnowo. 1992. Identifikasi teknologi pengolahan ubikayu. Laporan penelitian APBN tahun 1991/1992. Kelti Pasca Panen Balittan Malang. 15 p.
- Antarlina, S.S., E. Ginting, dan K. Hendroatmodjo. 1997. Identifikasi klon-klon ubikayu yang sesuai untuk pembuatan serbuk ubikayu sebagai bahan kue. *Dalam*: N. Nugrahaeni, H. Kunyastuti, M.M. Adie dan A. Taufiq (eds.). Edisi Khusus Balitkabi No. 9-1997. Komponen Teknologi Peningkatan Produksi Tanaman Kacang-kacangan dan Ubi-ubian. p. 403-419.
- Barrett, D.M. dan D.S. Damardjati. 1987. Peningkatan mutu hasil ubikayu di Indonesia. *Dalam*: J. Wargiono dan D.M. Barrett (ed.). Budidaya Ubikayu. Yayasan Obor Indonesia – PT Gramedia. Jakarta. p. 171-188.
- Best, R. and B. Ospina. 1989. Natural drying of cassava roots on concrete floors. CIAT. Cali. Colombia.
- Blumenschein, M.R. de P. dan A. Blumenschein. 1989. Pengolahan dan penyiapan masakan dari ubikayu: pengalaman Brasil. Puslitbangtan, Bogor.
- Damardjati, D.S., S. Widowati, dan Suismono. 1996. Sistem pengembangan agroindustri tepung kasava di Indonesia. *Dalam*: M. Syam, Hermanto, dan A. Musaddad (eds.). Kinerja Penelitian Tanaman Pangan. Buku 4. Puslitbangtan. Bogor. p. 1212-1221.
- FAOSTAT. 2003. Statistical database of food balance sheet. Hyperlink <http://www.fao.org> (diakses 30 Juni 2006).
- Ginting, E., B. Kusbiantoro, R. Merx, dan D. Harnowo. 1993. Primary post harvest handling of cassava at farm level in South Malang. *Dalam*: A. Kasno, K. Hendroatmodjo, M. Dahlan, N. Saleh, Sunardi, dan A. Winarto (eds.). Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Tahun 1992. Balittan Malang. p. 299-314.
- Ginting, E., H. Subagio, I.K. Tastra, N. Prasetiaswati, C. Ismail, R. Krisdiana, Sutarno, dan Sumarno. 1994. Peranan wanita pada sistem usahatani lahan kering Malang Selatan dan Blitar Selatan. Laporan Proyek WIDUP. Puslitbangtan – ESCAP- CGPRT Centre. Bogor. 128 p.
- Ginting, E. 1997. Pemanfaatan serbuk ubikayu sebagai bahan baku dalam pembuatan lauk-pauk dan minuman instan. *Dalam*: N. Nugrahaeni, H. Kunyastuti, M.M. Adie, dan A. Taufiq (eds.). Edisi Khusus Balitkabi No. 9-1997. Komponen Teknologi Peningkatan Produksi Tanaman Kacang-kacangan dan Ubi-ubian. p. 420-435.

- Ginting, E. dan Y. Widodo. 2003. Cyanide reduction in cassava root products through processing and selection of cultivars in relation to food safety. Paper presented on the International Seminar on Investment Opportunity on Agribusiness in Perspective of Food Safety and Bloterrorism Act. Bandung, 13 September 2003. BPTP Jabar – Fapet UNPAD. 11 p.
- Grace, M.R. 1977. Cassava Processing. FAO. Rome.
- Marzempi. 1995. Karakteristik tepung komposit dari terigu, ubikayu dan jagung. *Pemberitaan Sukarami* 24: 39-43.
- Marzempi, D. Sastrodipuro, Y. Jastr, dan Azwir. 1987. Pengaruh perlakuan pendahuluan terhadap mutu gaplek. *Pemberitaan Penelitian Sukarami* 12: 35-37.
- Marzempi, D. Sastrodipuro, dan Azman. 1996. Pemanfaatan tepung ubikayu sebagai substitusi terigu dalam pembuatan makanan. *Dalam: M. Syam, Hermanto, dan A. Musaddad (eds.). Kinerja Penelitian Tanaman Pangan. Buku 4. Puslitbangtan. Bogor. p. 1241-1249.*
- Merx, R., E. Ginting, and Susiati. 1991. Assessment of simple storage methods for cassava in South Malang area. ATA 272/NRC Internal Technical Report, August. MARIF.
- Muljohardjo, M. 1984. Pengolahan tapioka. Bahan kuliah teknologi pengolahan ubi-ubian. FTP – UGM. Yogyakarta. 33 p.
- Nugraha, S., Soeharmadi, dan A. Setyono. 1991. Penanganan pascapanen ubikayu di Lampung. *Dalam: R. Thahir, A. Setyono, J. Setiawati, Sudaryono dan S. Setiawan (eds.). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pascapanen. Balittan Sukamandi. p. 140-153.*
- Prastowo, B., N. Richana, Y. Sinuseng, dan Riyadi. 1990. Mesin-mesin pengolah ubikayu. *Agrikam* 5(1):1-5.
- Purwadaria, H.K. 1989. Teknologi penanganan pascapanen ubikayu. Deptan – FAO – UNDP. Bogor.
- Richana, N. dan D.S. Damardjati. 1990. Pembuatan tepung campuran (gaplek, terigu dan gude/kacang hijau) untuk kue basah (*cake*). Hasil Penelitian Pertanian dengan Aplikasi Laboratorium II. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Richana, N. dan Suarni. 1990. Pengaruh pengemasan dan penyimpanan tepung ubikayu dan campurannya. Laporan Hasil Penelitian Mekanisasi dan Teknologi 1989/1990. Balittan Maros. p. 95-99.
- Saleh, N., E. Ginting, K. Hartojo, dan Nugroho. 2002. Cassava starch and its derived products in Indonesia. Makalah pada VII Asian Cassava

Research Workshop di Bangkok, Thailand, 28 Oktober – 1 November 2002. 22 p.

- Setiawati, J. dan R. Thahir. 1991. Pengaruh kualitas air terhadap mutu tapoika. *Dalam: R. Thahir, A. Setyono, J. Setiawati, Sudaryono, dan S. Setiawan (eds.). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pascapanen. Balittan Sukamandi. p. 163-172.*
- Setyono, A. dan Suismono. 1989. Cara memperpanjang daya simpan ubi segar. Balittan Sukamandi. 17 p.
- Setyono, A. dan Soeharmadi. 1991. Aspek penanganan pascapanen ubikayu. *Dalam: R. Thahir, A. Setyono, J. Setiawati, Sudaryono, dan S. Setiawan (eds.). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pasca Panen. Balittan Sukamandi. p. 115-139.*
- Setyono, A., R. Thahir, dan Soeharmadi. 1996. Penanganan pascapanen ubikayu menunjang pengembangan agroindustri di pedesaan. *Dalam: M. Syam, Hermanto, dan A. Musaddad (eds.). Kinerja Penelitian Tanaman Pangan. Buku 4. Puslitbangtan. Bogor. pl. 1227-1240.*
- SNI. 1992. Standar Nasional Indonesia untuk gaplek (SNI 01-2905-1992). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 6 pl.
- SNI. 1994. Standar Nasional Indonesia untuk tapioka (SNI 01-3451-1994). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 22 p.
- SNI. 1996. Standar Nasional Indonesia untuk tepung singkong (SNI 01-2997-1996). Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 6 p.
- Soeharmadi. 1984. Menyimpan ubikayu dalam sekam lembab. *Trubus XV(177):88-89.*
- Sudaryono, A. Setyono, dan J. Setiawati. 1991. Evaluasi mutu ubi segar dan hasil olahan ubikayu di tingkat petani/pedagang pengumpul di Lampung. *Dalam: R. Thahir, A. Setyono, J. Setiawati, Sudaryono, dan S. Setiawan (eds.). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pascapanen. Balittan Sukamandi. p. 154-162.*
- Suhartina. 2005. Deskripsi varietas unggul kacang-kacangan dan ubi-ubian. Balitkabi, Malang. 154 pl.
- Suismono dan A. Setyono. 1991. Beberapa cara perbaikan gaplek. *Dalam: R. Thahir, A. Setyono, J. Setiawati, Sudaryono, dan S. Setiawan (ed.). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pasca Panen. Balittan Sukamandi. hal. 173-189.*
- Suismono dan P. Wibowo. 1991. Pengaruh pengepresan dan bahan pengemas terhadap mutu dan rendemen tepung kasava selama penyimpanan. *Media Penelitian Sukamandi (9):38-42.*

- Suismono. 2001. Teknologi pembuatan tepung dan pati ubi-ubian untuk menunjang ketahanan pangan. *Pangan* 10(37):37-49.
- Suprpti, M.L. 2002. Tepung kasava: pembuatan dan pemanfaatannya. Kanisius. Yogyakarta.
- Suprpti, M.L. 2005. Tepung tapioka: pembuatan dan pemanfaatannya. Kanisius. Yogyakarta.
- Tastra, I.K. dan G.S.A. Fatah. 2004. Peningkatan efisiensi pengering chips ubikayu. *Dalam: A. Taufiq, F. Rozi, R. Iswanto, E. Ginting, Y. Prayogo. A. Mussadad (eds.). Laporan Tahunan Balitkabi 2004. Malang. 117 p.*
- Wheatley, C. 1989. Conservation of cassava roots in polithene bags. CIAT. Cali, Colombia.
- Widodo, Y. 1993. Trends of cassava supply and demand and its impact to farmer's income in Lampung, Sumatra. *In: K.H. Hendroatmodjo, Y. Widodo, Sumarno, dan B. Guritno (eds.). Research accomplishment of root crops for agricultural development in Indonesia. RILET, Malang – Faculty of Agriculture, Univ. of Brawijaya. Malang. p. 17-30.*
- Widodo, Y. dan K. Hartojo. 2000. Pembuatan pupuk organik dari limbah padat industri pati ubikayu. Laporan hasil penelitian kerja sama Balitkabi dengan PT Saritanam Pratama. Malang. 31 p.

Alat dan Mesin Penepung Skala Pedesaan

Sutrisno dan J. Wargiono

PENDAHULUAN

Selain tepung kasava, produk olahan primer ubi segar yang prospektif dikembangkan adalah chips/gaplek dan tapioka. Chips/gaplek merupakan bahan baku industri tepung kasava. Kebutuhan tepung kasava lebih tinggi dari produksi, sehingga terjadi defisit pasokan dengan laju 33,6% per tahun dalam periode 1996-2005. Defisit tersebut dipenuhi dengan tepung impor, sehingga status Indonesia dari negara pengekspor menjadi net importir tepung kasava. Permintaan tepung untuk bahan baku industri etanol grade fuel (EGF) di RRC dan Korea Selatan terus meningkat. Dengan demikian peluang industri chips dan tepung kasava cukup besar untuk dikembangkan. Defisit tepung kasava sulit diatasi bila bahan bakunya hanya mengandalkan gaplek yang produksinya terus menurun. Solusinya adalah mengembangkan bahan baku tepung kasava berupa sawut (Sutrisno *et al.* 1994). Pengembangan industri tepung kasava perlu dibarengi dengan pengembangan alat dan mesin penepung yang efektif, efisien dan layak secara teknis maupun finansial (Rachim dan Adnyana 1993, Ananto *et al.* 1993, dan 1996, Sutrisno *et al.* 1993), Sutrisno 1991), selain upaya peningkatan produksi ubikayu yang berdaya saling linggi.

Tapioka merupakan produk antara yang digunakan sebagai bahan baku multiindustri hilir. Seperti halnya tepung kasava, permintaan terhadap tapioka juga lebih tinggi dari produksi, sehingga terjadi defisit yang terus meningkat dengan pertumbuhan 1,70% per tahun dalam periode 1996-2005. Dengan demikian tapioka juga prospektif untuk dikembangkan.

MODEL MESIN PENGOLAH

Mesin pengolah ubi menjadi tepung kasava terdiri atas lima macam yaitu: (1) penyawut, (2) pengepres, (3) pengering, (4) penepung, dan (5) pengemas.

Penyawut

Penyawutan ubi bertujuan untuk mengubah bentuk ubi glondong menjadi bentuk sawut. Sawut adalah ubi berbentuk serpih dengan panjang, lebar,

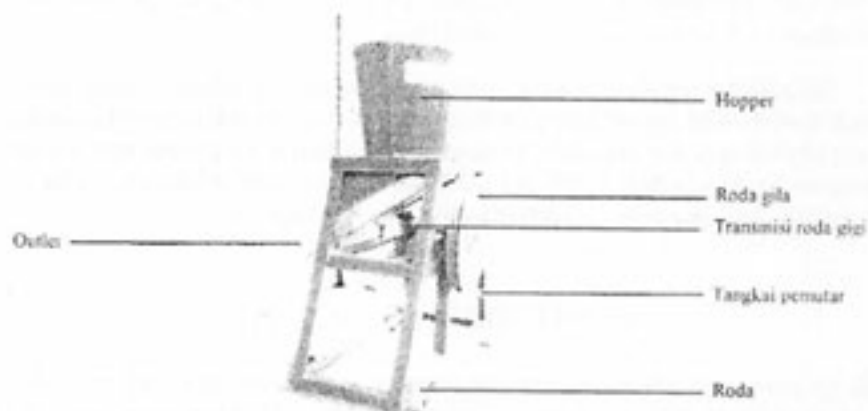
dan tebal masing-masing sekitar 3 cm, 1 cm, dan 1 mm. Perubahan bentuk dari gelondong menjadi sawut bertujuan untuk memudahkan proses berikutnya, yaitu pengepresan, pengeringan, dan penepungan. Ada beberapa prototipo mesin penyawut yang telah dirancang, antara lain MESRA-1, MESRA-2, dan Triguna (Damardjati *et al.* 1990 dan 1994).

Mesra-1

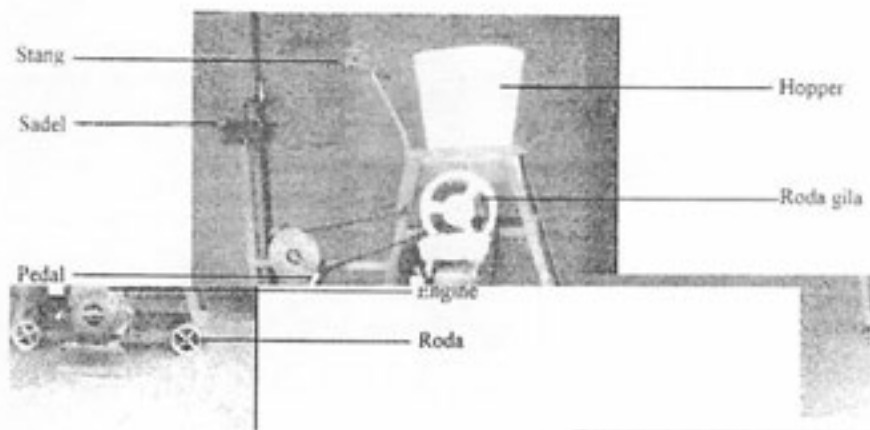
Mesin penyawut Mesra-1 (Mesin sawut dan rajang-1) dioperasikan secara manual dengan tangan. Mesin terdiri atas sebuah *hopper* berbentuk kerucut terpancung, pisau berbentuk piringan horisontal, transmisi roda gigi, roda gila, dan kerangka berbentuk limas terpancung (Gambar 1).

Mesra-2

Mesin penyawut Mesra-2 pada prinsipnya sama dengan Mesra-1, hanya tenaga penggeraknya yang merupakan kombinasi dari tenaga manual kayuh (seperti mengayuh sepeda) dan tenaga mesin 5 PK (Gambar 2). Dalam perkembangannya, Mesra-2 lebih diminati oleh pengguna dibandingkan dengan Mesra-1, karena faktor kejerihan kerjanya lebih rendah dan kapasitas kerja lebih besar, terutama bila menggunakan tenaga mesin.



Spesifikasi	
Berat mesin	: 150 kg
Kapasitas kerja	: 100 kg ubi segar/jam
Tenaga penggerak	: Manual dengan tangan, untuk memutar as vertikal, melalui roda gigi
Pisau	: Bentuk piringan, posisi horisontal, pisau dan as vertikal vertikal terbuat dari bahan besi steinless (tahan karat)
Hopper	: Berbentuk kerucut terpancung, kapasitas 10 kg ubi segar, terbuat dari bahan besi plat eizer, tebal 1,5 mm

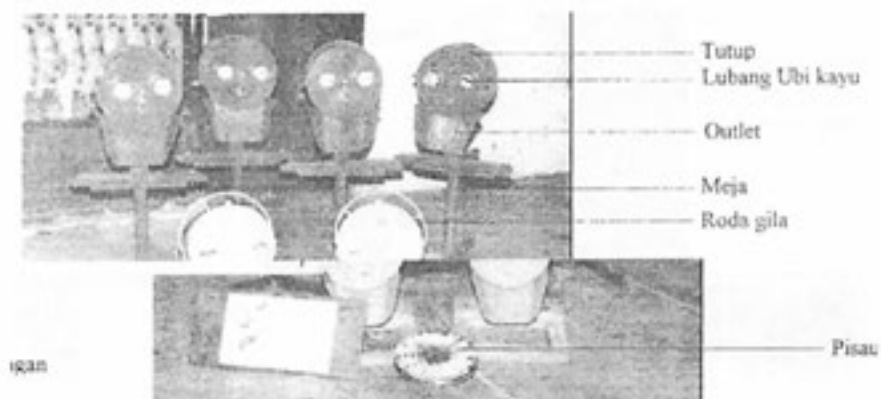


Gambar 2. Prototipe mesin penyawut Mesra-2

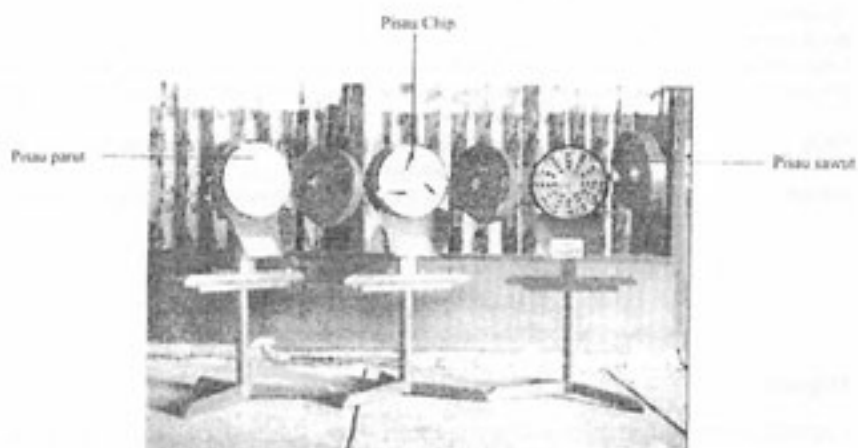
Spesifikasi	
Berat mesin	: 200 kg
Kapasitas kerja	: 200 kg ubi segar/jam (kayuh dengan dua kaki) 700 kg (mesin 5 PK)
Tenaga	: Manual kayuh dua kaki dan mesin, memutar as vertikal, melalui roda gigi
Pisau	: Bentuk piringan, posisi horisontal, pisau dan as vertikal terbuat dari bahan besi stainless (tahan karat)
Hopper	: Berbentuk kerucut terpancung, kapasitas 10 kg ubi segar, terbuat dari bahan besi plat eizer, tebal 1,5 mm

Triguna

Kapasitas mesin penyawut Triguna lebih kecil, sekitar 30 kg/jam, dioperasikan secara manual, diputar dengan tangan, dan layak untuk keperluan rumah tangga (Gambar 3). Mesin ini dapat berfungsi untuk membuat sawut, chip, dan parut dengan cara mengganti pisau yang berbentuk piringan (Gambar 4).



Gambar 3. Prototipe mesin perajang Triguna



Gambar 4. Prototipe mesin perajang Triguna untuk produk sawut, chip, dan parutan.

Spesifikasi	
Berat alat	: $\pm 7,5$ kg
Kapasitas kerja	: Sawut 40 kg/jam
	: Chip 30 kg/jam
	: Parut 25 kg/jam
Tenaga kerja	: Manual

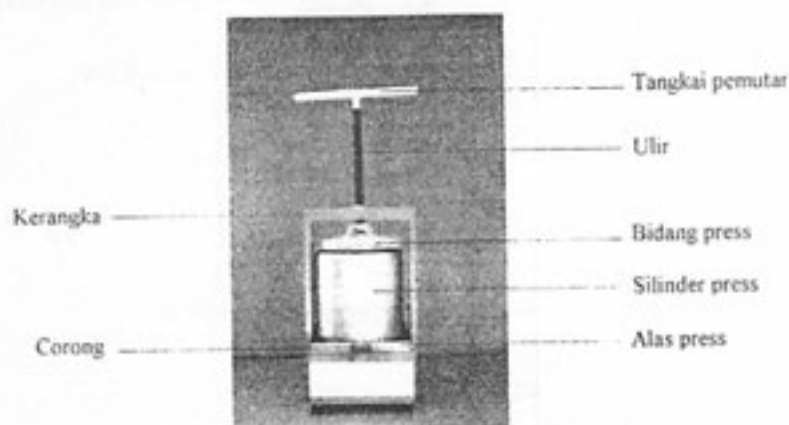
Mesin Pengepres

Ada dua tipe mesin pengepres sawut ubi yang telah dibuat, yaitu tipe ulir (Gambar 6) dan tipe dongkrak (Gambar 7). Tujuan pengepresan sawut adalah untuk menurunkan kadar air dan menurunkan kadar HCN sawut,

terutama kalau bahannya menggunakan varietas pahit. Pengepresan dapat menurunkan kadar air sawut hingga 50% dari kadar air awal, yaitu dari sekitar 60% menjadi sekitar 30% setelah dipres.

Tipe Ulir

Mesin pres tipe ulir terdiri atas silinder pres yang terbuat dari pipa besi stainless bergaris tengah sekitar 35 cm dan dindingnya berlubang-lubang dengan garis tengah 2 mm. Bidang pres yang naik-turun digerakkan oleh sebuah batang as berulir yang diputar dengan tangan melalui tangkai pemutar yang terbuat dari pipa besi. Alas pengepresan terbuat dari besi plat stainless yang berfungsi menampung cairan hasil pengepresan dan menyalurkan ke bak pengendapan pati lewat sebuah corong (Gambar 5). Proses pengepresan dihentikan atau dianggap selesai apabila cairan hasil pengepresan yang keluar dari lubang-lubang silinder pres berwarna transparan atau bening. Berdasarkan hasil penelitian, kandungan pati dari sawut yang terbawa oleh cairan hasil pengepresan sekitar 2%. Oleh karena itu cairan tersebut perlu ditampung di bak pengendapan agar patinya mengendap. Pati tersebut dicampur dengan sawut pres untuk selanjutnya dikeringkan, sehingga tidak ada pati yang terbuang.

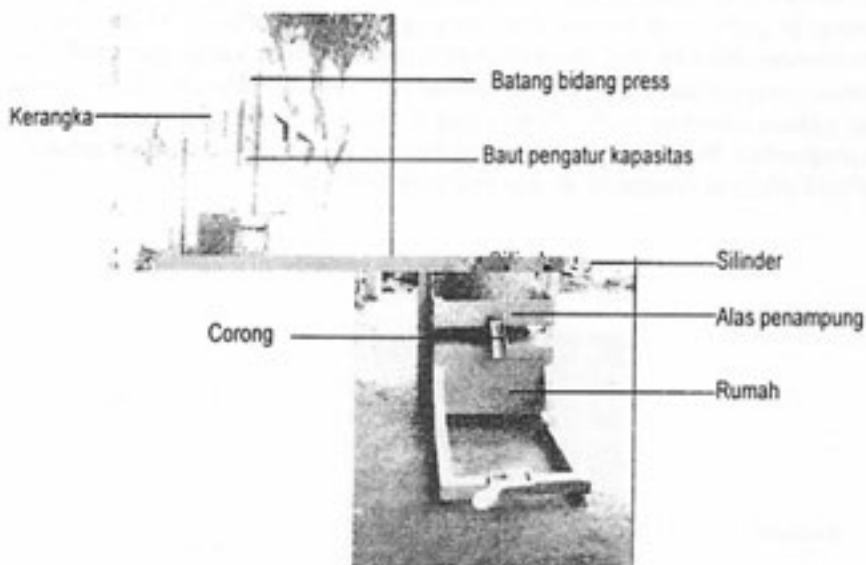


Gambar 5. Prototipe mesin pengepres tipe ulir.

Spesifikasi	
Berat alat	: ± 50 kg
Kapasitas kerja	: ± 100 kg/jam
Besi ulir	: Panjang 60 cm; garis tengah 1,25 inci
Alas dan silinder pres	: Bahan besi stainless, tebal berturut 1mm dan 2 mm.
Bidang pres	: Besi stainless tebal 3 mm
Tiang	: Besi siku 5 cm x 5 cm
Kerangka kotak	: Besi 4 cm x 4 cm

Tipe Dongkrak

Seperti halnya tipe ulir, pengepres tipe dongkrak terdiri atas sebuah silinder pres, bidang pres, dan alas penampung cairan hasil pengepresan yang dilengkapi dengan sebuah corong. Bedanya dengan pengepres tipe ulir, silinder pres yang berisi sawut yang akan dipres tidak bergerak dan yang bergerak naik-turun adalah bidang presnya, sedangkan pada pengepres tipe dongkrak sebaliknya, yaitu bidang pres tetap pada tempatnya (diam) dan yang bergerak naik-turun adalah silinder pres yang berisi sawut (Gambar 6).

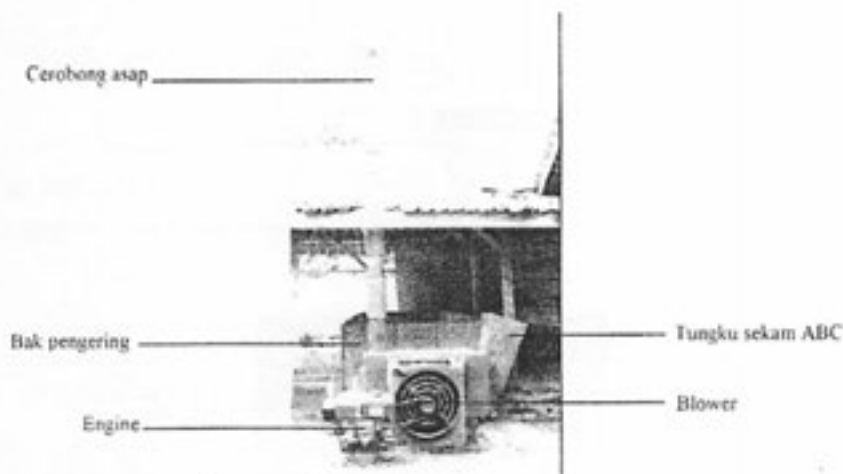


Gambar 6. Prototipe mesin pengepres tipe dongkrak.

Spesifikasi	
Berat mesin	: ± 50 kg
Kapasitas kerja	: ± 100 kg/jam
Kapasitas dongkrak	: 2 ton
Alas dan silinder pres	: Dari besi stainless, tebal berturut 1 mm dan 2 mm
Tiang	: Besi siku 5 cm x 5 cm
Kerangka kotak	: Besi siku 4 cm x 4 cm

Mesin Pengering

Sawut yang telah dipres sebaiknya dikeringkan dengan mesin pengering. Tujuannya adalah untuk menjaga kebersihan sawut kering dari berbagai bentuk pencemaran, misalnya debu yang terbawa angin apabila pengeringan dilakukan dengan cara penjemuran. Penjemuran sawut pres memerlukan waktu beberapa hari, bergantung pada keadaan cuaca dan lokasi penjemuran. Di lokasi dengan suhu harian cukup tinggi dan cuaca cerah, penjemuran sawut hanya memerlukan waktu selama tiga hari. Di lokasi dengan suhu harian lebih rendah, dengan kondisi cuaca yang sama, penjemuran sawut memerlukan waktu enam hari. Penjemuran sawut pada hari pertama sangat kritis. Apabila penjemuran sawut ubi pada hari pertama cuaca cerah dan penjemuran berjalan dengan baik, maka mutu sawut yang dihasilkan akan baik. Sebaliknya, apabila penjemuran sawut pada hari pertama tidak dapat berjalan dengan baik akibat cuaca buruk, maka mutu sawut akan rendah, walaupun penjemuran pada hari kedua dan seterusnya berjalan pada cuaca cerah. Penyebab mutu sawut tidak baik bila penjemuran sawut pada hari pertama tidak berlangsung dengan baik adalah sawut mengeluarkan lendir, sehingga terjadi perubahan rasa dan warnanya tidak putih bersih (Gambar 7).



Gambar 7. Prototipe mesin pengering tungku ABC bahan bakar sekam (limbah pertanian lainnya).

Spesifikasi:

- Bahan bakar sekam atau limbah pertanian lainnya
- Multi komoditas, aroma produk kering tidak terganggu
- Sistem pemanasan udara pengering (media pengering) secara tidak langsung (*indirect heating*)
- Konstruksi *knock-down*, dapat dibongkar-pasang, sehingga memudahkan pemindahan dari satu tempat ke tempat lain

Dengan menggunakan mesin pengering, kelemahan tersebut dapat diatasi, karena proses pengeringan sawut dapat dilaksanakan kapan saja, tidak bergantung pada kondisi cuaca. Kelebihan menggunakan mesin pengering sawut pres adalah tidak mempengaruhi aroma dan warna sawut kering. Namun, udara panas dalam mesin harus bersih, bebas dari segala bentuk polusi, suhu pengeringan harus dapat diatur sesuai dengan produk yang dikeringkan yaitu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ untuk sawut, dan biaya operasinya harus murah, misalnya menggunakan bahan bakar alternatif nonminyak seperti bahan bakar sekam atau limbah pertanian lainnya.

Mesin Penepung

Penepungan sawut dapat dilakukan dengan menggunakan mesin penepung beras tipe Disk Mill (Gambar 8). Mesin penepung ini dapat digerakkan oleh motor listrik atau motor bakar (bahan bakar solar atau bensin). Untuk mesin penepung ukuran medium (F23) diperlukan motor penggerak berkekuatan 5 PK, dan untuk ukuran yang lebih besar (F45) diperlukan motor penggerak berkekuatan 20 PK. Dengan menggunakan mesin penepung ini dapat dihasilkan tepung kasava dengan tingkat kehalusan 80 mesh.



Gambar 8. Prototipe mesin penepung tipe Disk-Mill.

Spesifikasi:

- Tenaga penggerak : 5 PK untuk ukuran medium (F23) dan 20 PK untuk ukuran besar (F45)
- Kapasitas kerja : 80 kg/jam (F23); 200 kg/jam (F45)
- Kehalusan tepung : 80 mesh

KINERJA MESIN

Mesin Pengering Bahan Bakar Sekam

Pengering bahan bakar sekam APESSE dapat dipakai untuk mengeringkan ubi segar yang telah dikupas, dicuci, dan dibuat berbagai macam bentuk seperti (1) dibelah dua, (2) dirajang dengan ketebalan 1 cm, (3) bentuk chips kubus, dan (4) bentuk sawut tanpa pres memerlukan waktu yang berbeda.

Proses pengeringan berlangsung dari kadar air 60 % menjadi 12 % (siap ditepung) menggunakan mesin pengering APESSE berbahan bakar sekam pada suhu 60°C konstan, memerlukan waktu yang berbeda untuk tiap jenis rajangan ubi. Untuk mencapai kadar air 12% diperlukan waktu 20 menit, 10 menit, 4,5 menit, dan 3,5 menit masing-masing untuk jenis rajangan ubi segar glondong kupasan dibelah dua simetris, ketebalan 1 cm, chips/kubus (2x2x2cm), dan sawut. Berdasarkan indikator waktu pengeringan tersebut, perajangan ubi segar glondong menjadi sawut merupakan pilihan dalam proses produksi tepung kasava. Perajangan ubi menggunakan mesin penyawut. Penggunaan bahan bakar sekam APESSE juga berlaku pada mesin-mesin yang lain seperti mesin penyawut, mesin pres, dan mesin penepung.

Pengering Sawut Sistem Rak dengan Mesin APESSE

Waktu pengeringan sawut dipengaruhi oleh kondisi sawut dan letak rak pengering dalam mesin pengering. Sawut yang belum dipres bila dikeringkan akan menggumpal, sedangkan sawut yang sudah dipres tidak menggumpal dalam proses pengeringan.

Sawut tidak dipres (SUTP) yang terletak di bawah rak mengalami penggumpalan setelah proses pengeringan berlangsung selama dua jam. Gumpalan sawut pada rak tersebut harus dihancurkan agar aliran udara pengering sampai ke sawut yang terletak di tengah rak. Sawut pada rak tengah juga mengalami hal yang sama (menggumpal) selama proses pengeringan yang berlangsung selama tiga jam. Setelah gumpalan sawut pada rak tengah dihancurkan, aliran udara panas dalam proses pengeringan sawut terjadi pada rak atas. Ternyata sawut di rak atas juga menggumpal pada jam ke-5. Adanya penggumpalan dalam proses pengeringan memerlukan tambahan pekerjaan untuk menghancurkan gumpalan sawut pada setiap rak.

Tidak terjadi penggumpalan sawut pres (SUP) selama proses pengeringan berlangsung. Kadar air sawut kering relatif seragam, masing-

Tabel 2. Keragaan kadar air pada pengeringan sawut tanpa pres (SUTP) dan sawut pres (SUP) sistem rak.

Jam ke	SUTP/k.a.(%)/letak rak				SUP/k.a.(%)/letak rak			
	Bawah	Tengah	Atas	Rata-rata	Bawah	Tengah	Atas	Rata-rata
0	62,3	62,3	62,3	62,3	32,0	32,0	32,0	32,0
1	33,3	55,3	56,3	48,3	25,7	28,5	29,5	27,7
2	15,0	55,0	57,3	42,4	22,1	23,5	21,4	22,3
3	11,1	20,3	36,7	22,7	17,9	19,9	16,9	18,2
4	7,0	6,7	24,4	12,7	15,1	17,2	15,0	15,8
5	6,9	7,9	13,8	9,5	13,3	14,5	13,5	13,8
6	6,6	7,7	10,4	8,2	10,8	11,5	11,9	11,4

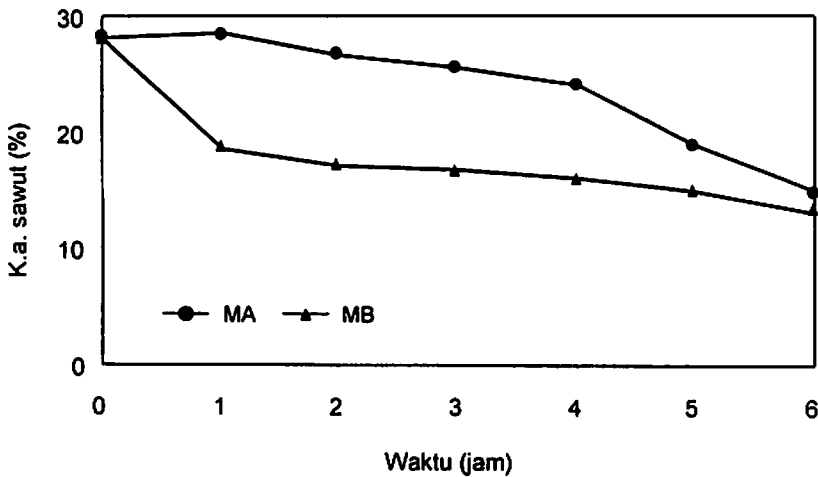
Sumber: Sultriso (2004).

Suhu pengeringan sebesar 60°C.

masing 10,8%, 11,5% dan 11,9% pada rak bawah, rak tengah, dan rak atas (Tabel 2). Oleh karena itu, proses pengeringan sawut hendaknya dilakukan setelah dipres terlebih dahulu dan dengan sistem *bulk* tanpa menggunakan rak.

Penepungan

Bahan baku yang digunakan adalah ubi segar kupasan dengan rendemen pengupasan sekitar 35%. Proses berikutnya adalah penyawutan menggunakan mesin penyawut Mesra-2. Sawut basah dengan kadar air 60% dipres dengan mesin pres tipe ulir, dan menghasilkan sawut pres dengan kadar air 28%. Sawut pres tersebut ditempatkan ke dalam ruang pengering yang berbentuk kotak dengan ketebalan 10 cm. Mesin pengering menggunakan bahan bakar limbah panen seperti batang ubikayu kering, tongkol jagung, dan limbah pertanian lainnya. Proses pengeringan sawut berlangsung pada suhu rata-rata 57°C dengan waktu pengeringan selama 6,5 jam, dan kadar air akhir sawut 14%. Kadar air sawut ternyata berbeda untuk sawut di lapisan bawah dan atas (Gambar 9). Dengan demikian, ketebalan hamparan sawut pada ruang pengeringan dianjurkan sekitar 5 cm agar tingkat keringnya sama antara lapisan bawah dan atas. Sawut kering tersebut ditepungkan dengan mesin penepung tipe Disk Mill skala medium (F23) yang menghasilkan tepung kasava sekitar 35% dari bobot ubi basah.



Gambar 9. Pola penurunan kadar air sawut per lapis pada uji coba pengeringan sawut pres dengan APESI.

Sumber: Sutrisno (2004).

KELAYAKAN MESIN PENGOLAH UBIKAYU

Untuk mendapatkan tepung dengan kualitas tinggi dan seragam dapat melalui pengembangan model inti plasma, dengan mengintegrasikan mesin penyawut skala rumah tangga yang dikelola kelompok tani sebagai produsen sawut, dan mesin penepung skala koperasi dan swasta sebagai pengolah sawut menjadi tepung.

Alat dan mesin pengolah ubi yang digunakan berupa perajang ubi/ penyawut skala rumah tangga (RT) dengan kapasitas 70 kg/hari sawut kering dan skala kelompok tani (KT) dengan kapasitas 330 kg/hari sawut kering. Mesin penepung yang digunakan berskala koperasi (KUD) dengan kapasitas 2.000 kg/hari tepung kasava. Mesin penepung skala medium berkapasitas 5.000kg/hari tepung kasava, dikelola oleh swasta. Kebutuhan mesin penyawut tiap unit KUD sekitar 30 unit skala RT atau 6 unit skala KT. Sedangkan tiap unit swasta membutuhkan 15 unit mesin skala KT atau 71 unit mesin skala RT.

Indikator yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan finansial keempat model alat mesin pengolah ubikayu yang diintroduksi adalah NPV (*Net Present Value*); IRR (*Internal Rate of Return*); dan Net B/C (*Net Benefit-Cost ratio*). Masa pakai alat mesin tersebut diasumsikan sekitar 8 tahun. Hasil analisis kelayakan memberikan tingkat keragaan yang berbeda antarmodel usaha.

1. **Model Usaha I.** Alat pengolahan yang digunakan adalah perajang ubi segar manual (tenaga penggerak: tangan) dengan kapasitas produksi 70 kg sawut kering/hari atau sekitar 210 kg ubi segar/hari. Alat perajang diperuntukkan bagi industri rumah tangga dengan tenaga kerja 2-3 orang. Berdasarkan analisis kelayakan dengan menggunakan *discount factor* (faktor diskonto) 10-20%, diperoleh nilai NPV antara Rp543.000-879.000, IRR 33-45%, dan Net B/C 4,4-5,4. Ketiga indikator ini menunjukkan bahwa model usaha I sangat layak dikembangkan di tingkat petani.
2. **Model Usaha II.** Alat pengolah yang dipakai merupakan pengembangan dari model I, menggunakan sepeda sebagai tenaga penggerak. Kapasitas alat perajang ini sekitar 330 kg sawut kering/hari atau 1.000 kg ubi segar/hari. Sesuai kapasitasnya, alat ini diperuntukkan bagi kelompok tani dengan jumlah anggota 9-12 orang. Hasil analisis kelayakan pada faktor diskonto 10-20% memberikan nilai untuk NPV Rp.1.785.000-3.264.000, IRR 29-39%, dan Net B/C 2,5-3,1. Ketiga indikator tersebut menunjukkan bahwa model usaha II cukup layak dikembangkan oleh kelompok tani.
3. **Model Usaha III.** Dalam model ini digunakan mesin pengolah dengan kapasitas 2.000 kg tepung kasava/hari. Bahan baku diharapkan berasal dari penyawut RT dan KT (70%) dan diproduksi sendiri (30%). Sawut yang diproduksi sendiri membutuhkan ubi segar sekitar 2.000 kg/hari atau sekitar 600 kg sawut kering/hari. Sisanya (1.400 kg sawut kering) berasal dari model I dan model II, yaitu dari petani per orang atau dari kelompok tani. Alat pengolah ini cocok dikembangkan pada tingkat KUD. Hasil analisis kelayakan pada faktor diskonto 10-20% memberikan nilai NPV Rp.21.411.000-37.253.000, IRR 31-41%, dan Net BIC 2,9-3,6. Ketiga indikator memperlihatkan tingkat kelayakan yang cukup untuk tingkat KUD.
4. **Model Usaha IV.** Perbedaan alat pengolah dalam model ini dengan model usaha III hanya pada kapasitas produksi yang lebih besar, yaitu 5.000 kg tepung kasava/hari. Model ini sesuai dikembangkan oleh pengusaha swasta dengan bahan baku sawut, terutama yang berasal dari model usaha II dan III. Hasil analisis kelayakan pada faktor diskonto 10-20% memberikan nilai NPV Rp334.847.000-515.753.000, IRR 35-40, dan Net B/C 8,1-9,9.

Marjin pemasaran ubi segar dan gaplek masing-masing adalah Rp15 dan Rp20/kg pada tingkat harga ubi segar dan gaplek *on-farm* Rp40 dan Rp155/kg. Marjin pemasaran sawut dan tepung kasava masing-masing diperkirakan Rp10 dan Rp25/kg pada tingkat harga *on-farm* (di lokasi pengolahan) Rp240 dan Rp400/kg (Rachim 1993). Biaya pengangkutan merupakan alokasi marjin terbesar, yaitu Rp7/kg untuk ubi segar dan Rp15/kg untuk gaplek, sedangkan untuk sawut dan tepung kasava masing-masing diperkirakan Rp5 dan Rp20/kg.

Tabel 3. Tingkat NPV, IRR, dan Net B/C pada berbagai model alat pengolah.

Parameter	Model 1 (kap.70 kg sawut/hari)	Model 2 (kap. 330 kg sawut/hari)	Model 3 (kap. 2.000 kg sawut/hari)	Model 4 (kap. 5.000 kg sawut/hari)
Faktor diskonto 10%				
NPV (Rp.000)	879	3.264	37.253	515.753
IRR (%)	33	29	31	35
Net B/C	5,4	3,1	3,6	9,9
Faktor diskonto 15%				
NPV (Rp.000)	687	2.416	28.187	412.703
IRR (%)	39	34	36	43
Net B/C	4,8	2,8	3,3	8,9
Faktor diskonto 20%				
NPV (Rp.000)	543	1.785	21.411	334.847
IRR (%)	45	39	41	48
Net B/C	4,4	2,5	2,9	8,1

kap. = kapasitas produksi

Sumber: Rachim (1993)

Harga ubi segar di tingkat petani sangat berfluktuasi. Panen raya terjadi pada bulan Juli, Agustus, dan September. Pada periode ini, harga ubi segar turun menjadi sekitar Rp20-30/kg. Untuk mengatasi rendahnya harga yang sekaligus memperpanjang waktu penyimpanan, petani mengolah ubi segar menjadi gaplek dengan teknologi konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananto, E.E., Sutrisno, Astanto, dan M. Wahyudin. 1996. Hasil penelitian alsintan pra- dan pascapanen. Balitpa. Sukamandi. Seminar Apresiasi Hasil Penelitian Balai Penelitian Tanaman Padi.
- BPS. 1996-2005. Produksi dan permintaan ubi segar dan produk turunannya untuk bahan pangan dan industri. BPS. Jakarta.
- Damardjati, D.S., Sutrisno, Susilo Santosa B.A., Sri Widowati, dan Suismono. 1994. Petunjuk praktis pembuatan tepung kasava. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Sukamandi.
- Damardjati, D.S., Sutrisno, dan I Dewa Sadra. 1990. Pengembangan model agroindustri tepung kasava di pedesaan untuk tingkat petani. Rapat Koordinasi Kelompok Kerja Pascapanen Tanaman Pangan 1990/1991 di Jakarta.
- FAO. 2005. Harvested area, productivity, and production as well as export and import of cassava during last 10 years. FAO Stat.

- Rachim, A. dan M.O. Adnyana. 1993. Studi kelayakan pengembangan agroindustri tepung kasava di Lampung. Prospek Pengembangan Agroindustri Tepung Kasava. Puslitbangtan. Bogor.
- Sutrisno, M. Wahyudin, dan Ade Ruskandar. 1994. Prospek pengembangan agroindustri tepung kasava tingkat pedesaan di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Seminar Nasional Strategi Penelitian dan Pengembangan Bidang Teknik Pertanian (Agricultural Engineering) di Indonesia dalam PJP-II. Maros, Sulawesi Selatan, 3-4 Oktober 1994.
- Sutrisno. 1991. Perakitan paket peralatan produksi tepung kasava untuk menunjang agroindustri pedesaan di Kabupaten Garut. Seminar Hasil Penelitian ARMP 1990/1991.
- Sutrisno, S. Widowati, A. Setyono, dan A.M. Fagi. 1992. Pengembangan paket peralatan untuk menunjang agroindustri di pedesaan. Temu Alih Teknologi Budi Daya Tanaman Pangan Dataran Sedang. Kuningan, 19 September 1992.
- Sutrisno, M. Wahyudin, dan E. Eko Ananto. 1994. Evaluasi dampak pengembangan agroindustri tingkat pedesaan di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Balittan Sukamandi.
- Sutrisno. 2004. Substitusi tungku sekam tunggal model "ABC" pada box dryer untuk meningkatkan efisiensi pengeringan. Prosiding Temu Ilmiah Mekanisasi Pertanian. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Bogor, 16 Desember 2004.

Teknologi Proses Tepung Kasava Modifikasi

Sulsmono dan J. Warglono

PENDAHULUAN

Tepung kasava merupakan salah satu sumber karbohidrat lokal yang potensial dikembangkan sebagai pengganti terigu. Oleh karena itu, perlu dicari teknologi rekayasa proses yang dapat menghasilkan produk baru yang mempunyai karakteristik seperti tepung terigu. Ubikayu sebagai bahan baku industri tepung kasava mempunyai kelemahan antara lain: (1) kadar air cukup tinggi (60-68%) sehingga cepat busuk bila tidak segera diolah, (2) kadar asam sianida (HCN) akan menjadi toxin (racun) bila dikonsumsi pada kadar HCN lebih dari 50 ppm dan menyebabkan warna ubi menjadi biru, (3) enzim phenolase pada ubi dapat menyebabkan terjadinya warna coklat (*browning enzimatic*) sehingga warna tepung kurang putih, (4) pati tidak mengandung gluten sehingga tidak mudah mengembang dan tekstur produknya lebih keras dibandingkan dengan terigu yang mengandung gluten, dan (5) aroma khas (langu) sering tidak disukai oleh sebagian konsumen.

Kelemahan-kelemahan tersebut menyebabkan ubikayu dan tepung kasava kurang dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan. Teknologi untuk mengubah karakteristik tepung (*flour*) dan pati/tapioka (*starch*) dapat dilakukan dengan rnemodifikasi secara kimiawi (hidrolisa asam atau basa) maupun fisik (pengaruh suhu dan tekanan) dan biologi (dengan proses fermentasi) (Moorthy 1983). Emilia *et al.* (1979) telah menguji penggunaan bahan kimia untuk memperbaiki tekstur tepung kasava. Di Brazil berkembang jenis tepung kasava melalui proses pengupasan, pencucian, pengirisan, pengeringan, dan penepungan, seperti pembuatan tepung gaplek atau tepung kasava di Indonesia yang disebut tepung farinha, dan tepung kasava hasil fermentasi yang disebut pulvilho (Anonim 1989).

Tepung kasava modifikasi melalui proses biologis (fermentasi) sudah lama berkembang. Mikroba khamir yang dominan dalam fermentasi seperti pada ragi tape adalah *Candida* sp. dan *Saccharomyces* sp. (Grace 1977). Mikroba *Geotricum candida* juga digunakan dalam pengolahan *Gari* di Afrika (Almazan 1988). Selain menggunakan yeast, proses biologis juga dapat menggunakan bakteri. Salah satu bakteri yang dapat digunakan adalah bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat dapat memanfaatkan polisakarida dengan mensekresikan enzim penghidrolisis pati secara ekstra seluler. Mengingat pembuatan tepung modifikasi melalui proses kimia dan fisik

lebih sulit dan mahal dibanding secara biologis, maka proses biologis (fermentasi) diharapkan dapat dikembangkan untuk memperbaiki karakteristik tepung kasava. Melalui proses fermentasi akan dihasilkan produk tepung kasava modifikasi secara biologis (*Biology Modified Cassava Flour/BIMO-CF*) dengan tekstur produk olahan yang lebih lunak, lebih mekar, manis, dan aroma langu hilang sehingga hampir mendekati karakteristik tepung terigu. Dengan demikian tepung kasava modifikasi biologis (BIMO-CF) yang dapat mensubsitisi atau mengganti tepung terigu sebagai bahan baku industri pangan dapat dikembangkan karena harganya lebih murah dan berasal dari sumber bahan pangan lokal.

BIMO-CF: TEPUNG KASAVA MODIFIKASI

Karakteristik

Tepung kasava terdiri dari tepung konvensional dan tepung kasava modifikasi. Tepung kasava konvensional diproses langsung dari sawut/*chips*/gaplek kering, sedangkan tepung kasava modifikasi diproses dari sawut/*chips*/gaplek, direndam dan diperam terlebih dahulu sebelum dikeringkan untuk diproses menjadi tepung. Oleh karena itu tepung modifikasi mempunyai kelebihan dibandingkan dengan tepung konvensional.

Perendaman satu hari pada varietas lokal (Manado) dan UJ5 menghasilkan derajat putih masing-masing 78,7% dan 73,9% lebih dibandingkan dengan terigu. Derajat putih tepung menurun 3,2% dan 5,9% untuk varietas Manado dan 1,9% dan 7,2% untuk varietas UJ-5 bila perendamannya dilakukan selama dua dan tiga hari. Pada perendaman selama dua dan tiga hari derajat putih tepung semakin menurun karena kondisi air rendaman semakin asam yang mengakibatkan aktivitas bakteri asam laktat menurun selama proses fermentasi. Oleh karena itu, lama perendaman satu hari adalah waktu yang optimal untuk proses fermentasi. Tingkat kehalusan tepung sebaliknya, semakin lama ubi direndam semakin halus tepung yang dihasilkan karena terjadi penguraian substrat pati, sehingga menghasilkan tekstur tepung lebih remah dan lunak. Untuk aroma tepung, perendaman selama dua hari menghasilkan aroma air rendaman lebih manis, sedangkan perendaman lebih dari dua hari menghasilkan aroma asam pada air rendaman dan aroma tepung BIMO-CF sehingga tidak disukai konsumen (Tabel 1).

Tepung kasava modifikasi (BIMO-CF) mempunyai tekstur lebih mengembang dibanding tepung kasava tanpa fermentasi (konvensional) dan tepung terigu. Hal ini terlihat dari viskositas puncak pada tepung kasava modifikasi sebesar 1130 BU, lebih tinggi dibanding tepung kasava tidak

Tabel 1. Sifat amilografi tepung kasava dan tepung kasava modifikasi dan tepung terigu.

Komponen	Jenis tepung		
	Tepung kasava	Tepung BIMO-CF	Tepung terigu
Gelatinisasi:			
Waktu (menit)	29,0	28,0	30,0
Suhu (°C)	65,0	66,0	78,0
Granula pecah:			
Waktu (menit)	48,3	46,0	39,0
Suhu (°C)	94,0	93,0	91,5
Viskositas:			
Puncak (BU)	700	1130	130
Dingin (BU)	920	1210	220
Balik (BU)	220	80	90

Sumber: Suismono *et al.* (2003).

difermentasi sebesar 700 BU dan pada tepung terigu 130 BU. Kebutuhan waktu gelatinisasi tepung kasava modifikasi lebih singkat (2,3 menit) dan kebutuhan suhu lebih rendah dibandingkan dengan tepung kasava tanpa fermentasi. Rendemen tepung kasava modifikasi sebesar 29,9% lebih tinggi dibandingkan dengan tepung kasava tanpa fermentasi (Suismono *et al.* 2003).

Pemanfaatan

Produk tepung ubikayu modifikasi secara biologis (*Biology Modified Cassava Flour/BIMO-CF*) mempunyai tekstur produk olahan yang lebih lunak, lebih mekar, dan aroma manis (tidak terasa aroma HCN atau hampir mendekati karakteristik tepung terigu. Secara umum, manfaat tepung kasava modifikasi adalah:

1. Menghasilkan produk baru (tepung modifikasi/tepung BIMO-CF) yang memberi peluang atau alternatif pemasaran, sehingga posisi tawar petani menguat.
2. Mengurangi impor tepung terigu dan memanfaatkan sumber bahan pangan lokal.
3. Memberi alternatif pengembangan produk baru sebagai bahan baku industri pangan.
4. Meningkatkan pendapatan petani ubikayu dan industri tepung aromatik.
5. Menciptakan industri dan lapangan kerja di pedesaan.

Tabel 2. Hasil olahan dari tepung kasava termodifikasi (BIMO-CF).

Nama produk	Substitusi tepung BIMO-CF (%)	Tepung yang disubstitusi
Cookies/kue kering	100	Terigu
Cheese stick	100	Terigu
Telur gabus	100	Terigu
Biji ketapang	50-100	Terigu
Lapis legit	100	Terigu
Kerupuk	30-50	Tapioka, terigu
Bolu beker	50-100	Terigu
Bolu kukus	100	Terigu
Bika ambon	30	Terigu
Cake gula aren	50	Terigu
Donat	50-100	Terigu
Mie	20-30	Terigu
Dadar gulung	75	Terigu
Dodol	100	Terigu
Bubur candil	100	Terigu
Koco-klepon	100	Tepung ketan
Empek-empek	75	Terigu/tapioka
Jongkong	30	Tepung beras
Pastel	50	Terigu
Martabak telur	50	Terigu
Gandus	100	Terigu
Roti tawar	10-20	Terigu
Black forest	50	Terigu
Cake maharani	50	Terigu

Sumber: Suismono dan Pujoyuwono (2006).

Tepung terigu yang disubstitusi oleh tepung kasava modifikasi pada industri pangan adalah (1) mie 30%, (2) biskuit 50%, dan (3) untuk *cake* dan bolu 100% (Tabel 2). Untuk mengganti/mensubstitusi 30% dari 3,5 juta ton impor tepung terigu per tahun berarti diperlukan 1,15 juta ton tepung BIMO-CF (setara 4 juta ton ubi segar). Hal ini memberi peluang kepada petani ubikayu untuk meningkatkan produksi dan pendapatan.

PROSES PEMBUATAN TEPUNG BIMO-CF

Bahan baku industri tepung kasava termodifikasi adalah ubi segar. Dengan karakteristik kadar air ubi segar yang tinggi, dan adanya HCN dan enzim *phenolase* maka ubisegar harus segera diproses karena akan rusak bila lebih dari tiga hari belum diolah. Oleh karena itu, pengembangan industri tepung skala kecil di sentra produksi merupakan solusi untuk mengatasi masalah tersebut.

Berdasarkan kandungan sianida, ubikayu dibagi menjadi dua jenis yaitu ubikayu pahit (kandungan HCN > 50 ppm) dan ubikayu manis (kandungan HCN < 50 ppm). Baik ubikayu manis maupun pahit dapat digunakan sebagai bahan baku industri tepung BIMO-CF. Untuk menjamin ketersediaan bahan baku dapat dilakukan melalui pengaturan waktu tanam yang dapat dipanen harian sepanjang tahun sesuai dengan kebutuhan bahan baku industri. Panen dilakukan pada saat kandungan pati optimum, dengan penanaman berbasis hamparan yang dimulai dari awal sampai akhir musim hujan menggunakan varietas berumur genjah (7-8 bulan), sedang (9-10 bulan), dan dalam (11-12 bulan), dan panen dapat dilakukan harian sepanjang tahun (Wargiono *et al.* 2006). Kegiatan prapanen atau budi daya dilaksanakan secara intensif agar produktivitas dapat mencapai 20-30 ton ubi segar/ha dengan B/C rasio > 1 (Wargiono *et al.* 2006).

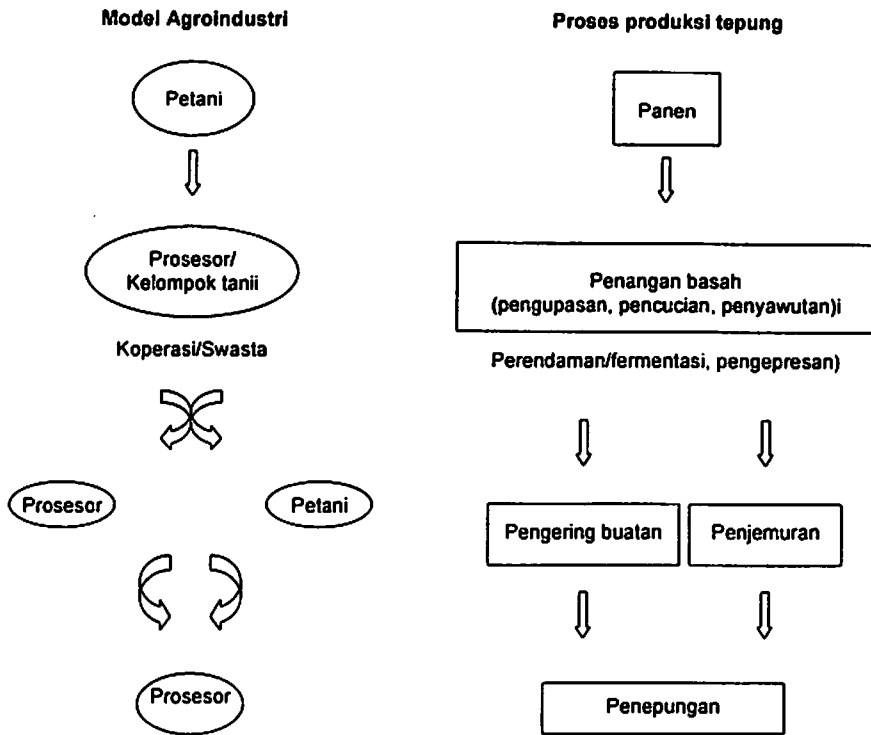
Proses Pembuatan

Pada prinsipnya, proses produksi tepung kasava adalah mengubah bentuk ubikayu segar menjadi bentuk tepung yang berwarna putih dan mempunyai ukuran sekitar 80 mesh melalui beberapa tahapan proses. Proses dimulai dari tahap pemanenan, pengupasan, pencucian, penyawutan, perendaman, pengepresan, pengeringan, penepungan, pengayakan, dan pengemasan (Gambar 1).

Untuk menghasilkan tepung aromatik pada agroindustri tepung BIMO-CF skala menengah, panen ubikayu dilakukan oleh petani, kemudian diproses basah (pengupasan, pencucian, penyawutan, perendaman dan pengepresan) oleh prosesor (unit pengolahan tepung BIMO-CF yang dapat dilaksanakan oleh kelompok tani/koperasi/swasta). Untuk meningkatkan kapasitas produksi dan efisiensi biaya pengeringan maka proses pengeringan menggunakan alat pengering (*dryer*) atau melalui penjemuran. Proses penjemuran dapat dilakukan melalui kerja sama anggota kelompok tani setempat yang terlatih. Setelah kering, produk dikembalikan lagi kepada prosesor untuk proses penepungan, pengayakan, dan pengemasan (Gambar 1).

Tahapan Pengolahan

Tahapan pengolahan tepung dimulai dari saat pemanenan ubi sampai ubi siap diolah untuk mendapatkan mutu ubi segar yang baik. Proses panen dan penanganan ubi segar sepenuhnya dilakukan di tingkat petani produsen. Kegiatan ini akan menghasilkan ubi segar yang langsung dipasarkan, disimpan, atau diproses sebagai produk setengah jadi.



Gambar 1. Proses produksi tepung kasava modifikasi.

Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada umur panen yang tepat sesuai dengan deskripsi varietas. Pada kondisi normal, kadar pati ubi tidak turun walaupun panennya ditunda, bahkan penundaan umur panen dapat meningkatkan hasil tepung karena bobot ubi segar meningkat sejalan dengan bertambahnya umur tanaman. Oleh karena itu, panen dapat dimulai pada umur 7 bulan untuk varietas genjah, 8 bulan untuk umur sedang, dan 9 bulan untuk umur dalam (Wargiono *et al.* 2006). Panen yang terlalu awal akan memberikan hasil yang rendah, sedangkan panen melewati umur optimum akan memberikan kandungan serat kasar yang tinggi.

Cara panen yang dilakukan beragam, bergantung adat di suatu daerah, namun secara umum adalah mencabut tanaman. Cara mencabut ubi dapat dilakukan secara manual atau menggunakan alat bantu tongkat pengungkit yang dihubungkan dengan tali pada pangkal pohon, kemudian diungkit ke

atas sampai pohon ubikayu tercabut. Cara tersebut menyebabkan jumlah ubi yang luka cukup banyak. Ubi yang tertinggal di dalam tanah dapat digali dengan cangkul. Penggalan dilakukan dengan hati-hati agar ubi tidak luka atau patah. Panen secara mekanisasi tidak dapat dilakukan karena ubi yang tertinggal di dalam tanah cukup banyak, sekitar 20%.

Ubi hasil cabutan yang masih menempel pada batang dipangkas dari pohonnya. Cara pemotongan yang baik adalah tepat pada tangkai ubi dan tidak diangkat terlalu tinggi agar tidak terjadi luka pangan, luka patah, tergores atau memar.

Penyimpanan Ubi Segar

Seringkali ubi tidak bisa langsung diproses atau dikonsumsi. Ubi yang tidak mendapat perlakuan atau diproses dalam waktu 2-3 hari akan mengalami kepoyoan, yaitu berubah warna menjadi kecoklatan atau kebiruan, rasa tidak enak, makin lama makin rusak dan busuk. Untuk menghindari kerusakan akibat keterlambatan penanganan dapat dilakukan dengan menyimpan ubi segar sebagai berikut:

- Ubi dibersihkan dari tanah dan kotoran, lalu dicuci dalam keadaan belum terkelupas, hindari luka pada kulit ubinya, kemudian dikeringanginkan selama 15 menit.
- Dilakukan penimbunan ubi dengan beberapa media simpan antara lain jerami, sekam lembab, serbuk gergaji, dan pasir basah. Penimbunan dapat dilakukan di dalam lubang galian tanah atau pada permukaan tanah.

Pembuatan Sawut (Chip) Kering

Tahapan penting yang menentukan mutu tepung kasava adalah proses pembuatan sawut kering. Kegiatan ini diharapkan dilakukan di tingkat petani secara perorangan maupun kelompok tani. Tahapan pembuatan sawut kering meliputi proses pembersihan atau pencucian, pengupasan, pencucian ubi kupas, perendaman, perajangan atau penyawutan, dan pengeringan.

Pembersihan dan pencucian. Ubi segar dibersihkan dari tanah dan kotoran dalam keadaan belum terkelupas. Pada saat panen, ubi dicabut dengan tangkainya dan hindari luka pada kulit ubi. Ubi segera diproses, hasil olahannya berkualitas tinggi apabila bahan baku diproses dalam waktu tidak lebih dari 24 jam.

Pengupasan. Melepaskan bagian kulit secara manual satu per satu merupakan cara pengupasan terbaik. Cara ini memberikan rendemen yang tinggi namun memerlukan waktu yang relatif lama dan tenaga kerja yang cukup banyak.

Pengupasan ubi dapat dilakukan dengan alat bantu berupa pisau atau alat khusus pengupas ubi. Lendir yang ada pada permukaan ubi dihilangkan dengan cara dikerik segera setelah ubi dikupas untuk mengurangi kadar asam sianida (HCN).

Pencucian disertai perendaman. Ubi yang telah dikupas secepatnya dicuci dengan air yang mengalir kalau masih menunggu diproses, direndam sementara dalam air. Usahakan seluruh bagian ubi tercelup air, karena bagian yang tidak tercelup akan berwarna coklat.

Perajangan ubi menjadi sawut (Chips). Sawut dibuat dengan cara merajang ubi kupas menggunakan alat perajang atau penyawut. Alat penyawut tenaga mesin dengan tenaga penggerak mesin 2-3 HP berkapasitas 500-600 kg ubi kupas per jam. Keuntungan menggunakan alat penyawut besar adalah semua ubi dapat terajang. Jika penyawut kecil, bagian pangkal ubi tidak dapat terajang. Bagian yang tidak terajang ini dikumpulkan untuk diiris dengan pisau biasa.

Perendaman sawut. Sawut hasil perajangan direndam dalam larutan yang telah diberi enzim terlebih dahulu agar terjadi proses fermentasi selama 24 jam. Selama proses fermentasi akan keluar gelembung CO₂, timbul aroma manis, tekstur sawut menjadi remah, dan warna sawut lebih putih.

Pemerasan sawut. Agar pengeringan sawut lebih cepat dan menurunkan kandungan asam biru terutama pada ubi yang pahit maka dilakukan pemerasan sawut. Sawut yang tidak diperas membutuhkan waktu penjemuran 14-16 jam sedangkan yang diperas hanya 6-8 jam. Pemerasan dapat dilakukan sebagai berikut:

- sawut basah dimasukkan ke dalam silinder pengepres yang sebelumnya telah dilapisi kantung/karung lain.
- pengungkit atau dongkrak dioperasikan (pengepres sistem hidrolik), dapat juga menggunakan tangan dengan sistem ulir.
- air perasan akan keluar melalui lubang-lubang pada silinder pengepres.
- pengepresan diakhiri apabila air yang keluar mulai bening.

Pengeringan sawut. Sawut basah yang telah dipres segera dijemur menggunakan alas dari anyaman bambu, anyaman plastik, tikar, dan lain-lain hingga kadar air maksimal 14%. Pengeringan atau penjemuran tidak dilakukan langsung di atas tanah, melainkan menggunakan sistem rak

penjemuran. Sedapat mungkin sawut terhindar dari hewan, debu, dan kotoran lain.

Penyimpanan dan pengangkutan sawut kering. Sawut yang telah kering kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disimpan dalam ruangan yang bersih dan kering. Petani seyogyanya menjual ke penggilingan tepung dalam bentuk sawut kering karena dapat memperoleh nilai tambah yang cukup menguntungkan. Pengangkutan sawut kering lebih mudah dan murah dibandingkan dengan ubi segar, di samping adanya nilai tambah dari proses pengolahan ubi segar menjadi sawut kering.

Penggilingan Sawut Kering Menjadi Tepung BIMO-CF

Penggilingan atau penepungan. Sawut kering (kadar air 14%) dapat digiling tepung BIMO-CF dengan menggunakan mesin penepung beras yang banyak dijumpai di pedesaan seperti jenis *humer mill*. Penggilingan yang khusus dirancang untuk produksi tepung BIMO-CF mengutamakan peningkatan efisiensi penepungan, sehingga penggilingan dilakukan dalam dua tahap, yaitu:

- proses penghancuran sawut untuk menghasilkan butiran kecil dengan menggunakan saringan mesin berukuran besar (< 20 mesh), dan dilanjutkan dengan
- penggilingan atau penepungan dengan ayakan pada mesin yang lebih kecil (sekitar 50-60 mesh) sehingga dihasilkan tepung dengan tingkat kehalusan sekitar 80 mesh.

Pengayakan. Tepung kasava yang dihasilkan dengan mesin penggilingan sederhana biasanya mempunyai tingkat kehalusan sekitar 60 mesh. Tepung sudah cukup halus untuk pembuatan kue atau jajanan pasar. Apabila ada produk atau makanan yang memerlukan bahan tepung yang lebih halus seperti produk industri (80 mesh) bisa dilakukan pengayakan. Butiran yang masih kasar dapat dicampur kembali dengan sawut kering untuk digiling kembali.

Pengemasan dan penyimpanan tepung. Mutu tepung dapat dipertahankan selama enam bulan apabila dilakukan tahapan sebagai berikut:

- kadar air awal tepung yang akan disimpan kurang dari 12%.
- setelah digiling, tepung didinginkan dan segera dimasukkan ke dalam wadah penyimpanan.
- wadah penyimpanan yang paling baik adalah karung plastik yang bagian dalamnya juga dilapisi plastik. Dalam jumlah kecil tepung biasanya dikemas dalam kantong plastik tebal ukuran 1 kg atau 25 kg.

- setelah wadah ditutup rapat, tepung disimpan di tempat yang teduh dan kering.
- kalau disimpan di gudang, gunakan alas kayu, hindari kebocoran atap pada tumpukan karung.

Peralatan Proses Pembuatan Tepung BIMO-CF

Sarana dan peralatan yang dibutuhkan untuk tepung kasava terdiri atas:

1. Bak perendaman dan pencucian
2. Pisau pengupas ubi
3. Mesin penyawut atau perajang atau *chip*
4. Mesin pengepres sawut ubi
5. Mesin pengering sawut ubi
6. Rak penjemuran
7. Mesin penepung dan ayakan 80 mesh

(a) Bak perendaman dan pencucian

Bak pencucian dan perendaman untuk kapasitas 1 ton ubi kupas segar berukuran panjang 1 m, lebar 1 m, dan tinggi 1m. Bak pencucian terbuat dari semen atau keramik, yang dilengkapi dengan instalasi air dan saluran pembuangan.

(b) Mesin penyawut atau perajang atau *chips*

Mesin penyawut dengan mesin penggerak 0,5 PK, kapasitas 250-3000 kg/jam/orang, dilengkapi dengan pisau *stainless steel*.

(c) Mesin pengepres sawut ubi

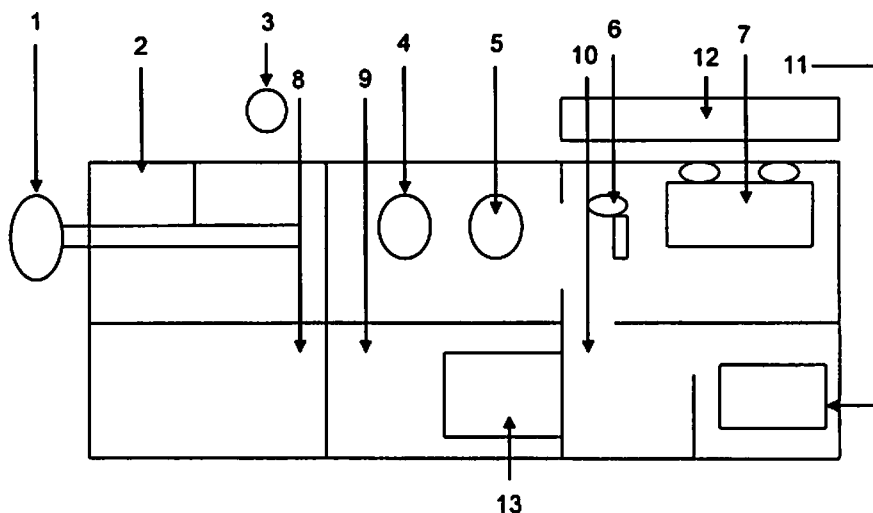
Alat pengepres dengan sistem ulir, kapasitas 75 kg/jam/orang, dibuat dengan bahan *stainless steel*.

(d) Rak penjemuran

Rak penjemuran dibuat dari anyaman bambu berbentuk tampah atau rak persegi, ukuran 50 cm x 125 cm, kapasitas 10 kg sawut pres basah/rak.

e) Mesin penepung sawut kering

Mesin penepung sawut kering tipe *disk mill*, kapasitas 100-150 kg/jam/orang, dilengkapi dengan saringan dan kantung kain penampung tepung dengan panjang 150 cm dan menghasilkan tepung kasava dengan tingkat kehalusan 80 mesh.



Keterangan:

- | | |
|--|--|
| 1 = Air buangan (<i>safety tank</i>) | 7 = mesin pengering |
| 2 = bak pencucian dan bilas | 8 = tempat mengupas ubi segar |
| 3 = sumur (sumber air) | 9 = tempat penampung ubi |
| 4 = alat penyawut | 10 = gudang penyimpanan sementara peralatan |
| 5 = alat pengepres | 11 = gudang menyimpan produk tepung kasava |
| 6 = tenaga penggerak Honda 3,5-4 ton/7 jam | 12 = tempat mengumpukan api tungku pengering |
| | 13 = kantor |

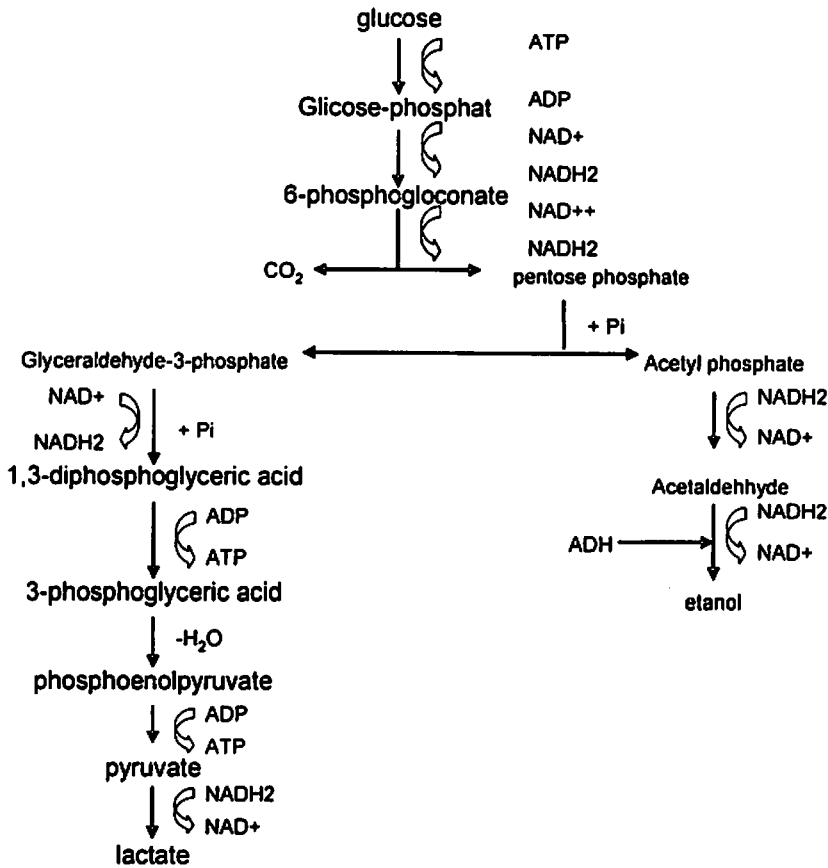
Gambar 2. Tata ruang unit produksi tepung kasava.

Tata Ruang Agroindustri Tepung Aromatik

Pengaturan tata letak unit proses pengolahan tepung sangat menentukan efektivitas dan efisiensi waktu dan tenaga kerja, sehingga berpengaruh terhadap biaya produksi. Tata ruang unit produksi tepung kasava dapat dilihat pada Gambar 2.

Perubahan Sifat Fisik dan Kimia

Perbaikan kualitas tepung dipengaruhi oleh reaksi biokimia selama perendaman/ fermentasi dengan isolat bakteri asam laktat (BAL). Dalam hal ini enzim ekstraseluler yang dikeluarkan oleh bakteri asam laktat selama proses perendaman mampu memperbaiki tekstur tepung. Pati dalam media dapat dihidrolisis oleh bakteri asam laktat dengan cara mengekskresikan enzim ekstraseluler pemecah pati dan menghasilkan gula sederhana seperti disakarida atau dekstrin yang dapat dimanfaatkan untuk proses metabolisme (Ramos *et al.* 2000). Proses perombakan pati sampai



Gambar 3. Proses fermentasi gula menjadi asam laktat oleh bakteri asam laktat.

menghasilkan asam laktat secara biokimia dapat dilihat pada Gambar 3. Asam laktat mempunyai aroma khas yang dapat menutup aroma khas ubi dan asam sianida.

MODEL AGROINDUSTRI TEPUNG KASAVA MODIFIKASI MELALUI SISTEM MANAJEMEN MUTU

Model Industri Tepung

Teknologi pembuatan tepung kasava, baik secara konvensional maupun aromatik (BIMO-CF) merupakan perbaikan dari proses pembuatan tepung

ubikayu yang diproses dari gaplek atau yang telah dikenal secara turun-menurun di masyarakat, terutama di daerah yang konsumsi pangan pokoknya ubikayu. Keunggulan proses ini antara lain adalah menghasilkan tepung dengan rendemen tinggi, tahan disimpan, higienis, nilai gizi dan ekonomi lebih tinggi.

Model produksi sawut kering dan tepung BIMO-CF dapat dikelompokkan menjadi tiga skala produksi, yaitu (1) model 1-tingkat keluarga tani atau industri rumah tangga, (2) model 2-tingkat kelompok tani/KUD/industri kecil, dan (3) model 3-tingkat prosesor atau perusahaan besar.

Model 1. Pola ini merupakan kegiatan agroindustri rumah tangga perorangan dengan kapasitas pengolahan 200 kg ubi segar/hari, yang akan menghasilkan sawut kering sekitar 70 kg/hari. Sesuai dengan kapasitasnya, pembuatan sawut ini dapat dikelola oleh satu keluarga yang terdiri atas 2-3 orang. Peralatan terdiri atas satu alat penyawut manual, satu alat pengepres kecil, tempat pencuci, dan peralatan penjemuran. Hasil akhir model 1 adalah sawut kering, yang diharapkan dapat diserap oleh industri penepung (pabrik penepung).

Model 2. Pola ini memiliki proses yang sama dengan model 1, yaitu produk akhirnya sawut kering, namun kapasitasnya lebih besar, yaitu 1.000 kg ubi basah/hari atau sekitar 330 kg sawut kering/hari dan untuk tingkat kelompok tani atau KUD/industri kecil. Penyerapan tenaga kerja 9-12 orang dan diperlukan peralatan berupa dua buah penyawut pedal, satu buah pengepres besar, tempat pencuci dan perlengkapan penjemuran. Sawut kering yang dihasilkan diharapkan dapat diserap oleh industri model 3.

Model 3. Pola ini mampu menghasilkan sawut maupun produk tepung dengan kapasitas 1.000-2.000 kg ubi basah/hari, yang akan menghasilkan 1,3 ton sawut kering/hari. Tenaga kerja yang dibutuhkan 20-25 orang/hari (tiap hari kerja 8 jam) dan produk akhirnya adalah sawut kering, tepung kasava, dan tepung ubijalar. Unit penepungan utama dapat pula digunakan untuk menampung sawut kering dari petani atau kelompok tani atau KUD sekitarnya. Peralatan yang diperlukan terdiri atas satu buah mesin penyawut, dua buah pengepres, perlengkapan penjemuran, dan dua unit mesin penepung.

Penerapan Sistem Manajemen Mutu

Sistem manajemen mutu akan memberi jaminan mutu dan kepuasan bagi pelanggan atau konsumen, sehingga mereka akan menghargai produk yang dihasilkan. Produsen tepung kasava umumnya belum menerapkan Sistem Manajemen Mutu, namun beberapa komponen persyaratan

menajemen dan teknis telah dilaksanakan. Oleh karena itu perlu diperbaiki dan dilengkapi melalui pembinaan lebih lanjut.

Sebagai contoh adalah pembinaan mutu beras yang perlu dikembangkan melalui penerapan sistem jaminan mutu yang mengacu pada SNI-ISO seri 19-9000. Untuk komoditas pangan juga dilakukan penerapan SNI 19-4852-1998 (*Hazard Analysis Critical Control Point/HACCP*) dengan pendekatan keamanan pangan (*food safety*), keutuhan (*wholesomeness*) dan pencegahan tindakan kecurangan dalam perekonomian/perdagangan (*economic fraud*).

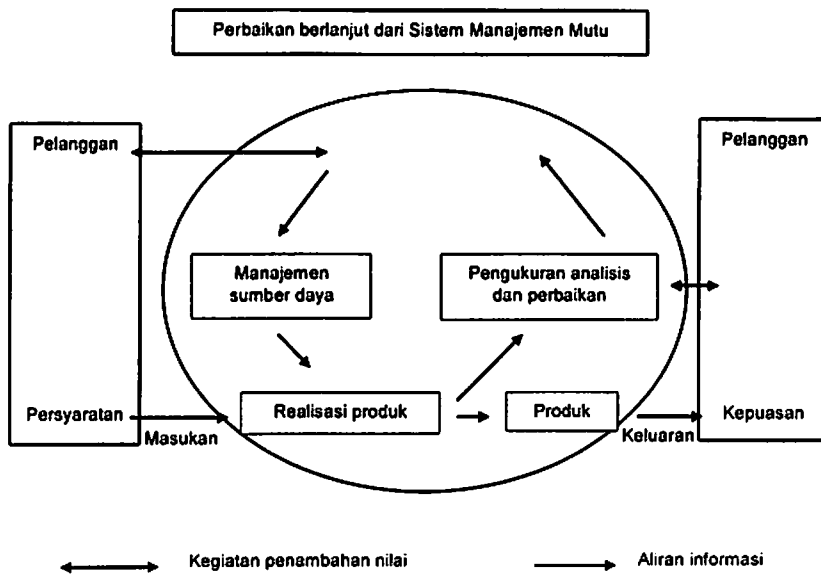
Persyaratan sistem manajemen mutu ditentukan dalam standar internasional seperti ISO seri 19-9000. Standar internasional ini menyarankan adopsi pendekatan proses saat mengembangkan, menerapkan, dan memperbaiki keefektifan Sistem Manajemen Mutu dalam meningkatkan kepuasan pelanggan dengan memenuhi persyaratan. Standar nasional dimaksudkan untuk menyiratkan keseragaman struktur Sistem Manajemen Mutu atau keseragaman dokumentasinya.

Perusahaan agribisnis harus mengetahui dan mengelola sejumlah kegiatan yang saling berhubungan. Suatu kegiatan yang memakai sumber daya dan dikelola untuk memungkinkan transformasi masukan mejadi keluaran, dapat dianggap sebagai suatu proses. Acapkali keluaran suatu proses merupakan masukan bagi kegiatan berikutnya. Keunggulan pendekatan proses adalah kendali terus-menerus yang diberikan terhadap hubungan antarproses sendiri, gabungan, atau interaksinya.

Model sistem manajemen mutu berdasarkan proses dapat ditunjukkan dalam Gambar 4. Gambaran ini menunjukkan bahwa pelanggan memainkan peranan penting dalam menetapkan persyaratan sebagai masukan. Pemantauan kepuasan pelanggan menghendaki penilaian informasi yang berkaitan dengan persepsi pelanggan tentang apakah organisasi/produsen agribisnis telah memenuhi persyaratan pelanggan.

Standar internasional ini menentukan persyaratan bagi manajemen mutu bila organisasi/perusahaan agribisnis menginginkannya. Organisasi/perusahaan agribisnis perlu memperagakan kemampuannya untuk taat asas memberikan produk yang memenuhi persyaratan dan peraturan yang berlaku dan bertujuan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan melalui penerapan sistemnya secara efektif, termasuk proses perbaikan berkelanjutan dari sistemnya dan kepastian kesesuaiannya dengan persyaratan pelanggan dan peraturan yang berlaku.

Dengan penerapan Sistem Manajemen Mutu pada unit usaha (perusahaan) berarti perusahaan tersebut memiliki komitmen untuk



Gambar 4. Model sistem manajemen mutu berdasarkan proses.

menjamin mutu produknya melalui kebijakan perusahaan tersebut yang dituangkan pada dokumen mutu (panduan mutu, prosedur kerja, dan instruksi kerja/*standard operation procedure*) proses.

DAFTAR PUSTAKA

- Almazan, A.M. 1988. Quality of gari from different cassava cultivars. Eight Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Oct.30 – Nov. 5, 1988. Bangkok. Thailand.
- Anonim. 1989. Laporan studi pengembangan industri ubikayu di Brazil. Tim Kerjasama Departemen Perindustrian – Departemen Pertanian. Jakarta.
- BPS. 2006. Neraca bahan makanan. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Emilia, T.E., Raja KCM., Sreemulanathan H., and A.D. Mathew. 1979. Improvement of texture of cassava flour by chemical treatment. J. Root Crops. Vol. 5. No. 1 and 2. pp.11-18.
- FAO. 2005. Harvested area, productivity and production as well as export-import of cassava during last 10 years. FAO Stat.

- Grace, M.R. 1977. Cassava processing. FAO Plant Production and Protection Series. FAO. Rome.
- Moorthy, S.N. 1983. Effect of some physical and chemical treatment on cassava flour quality. Journal Food Science and Technology. Vol. 20. Nov/Dec. 1983. pp.302 – 305.
- Ramos, C.H., T. Hoffmann, M. Mario, H. Nedjari, E. Presecan-Siedel, O. Dreesen, P. Glaser, and D. John. 2000. Fermentative metabolism of *B. subtilis*: Physiology and regulation of gene expression. J. of Bacteriology Vol. 182(11): 3072-3080.
- Suismono, H. Setyono, S. Widowati, R. Wylis Arief, dan Amrizal. 2003. Pengembangan model agroindustri tepung kasava skala kecil menengah. Laporan Hasil Penelitian. BB Litbang Pascapanen Pertanian. Bogor.
- Suismono dan M. Pujoyuwono. 2006. Prospek tepung kasava modifikasi secara biologis (*Biological Modified Cassava Flour*) di Indonesia. Seminar Hasil Penelitian Kacang-kacangan dan Ubi-ubian. Balitkabi Malang.
- Wargiono, J., A. Hasanuddin, dan Suyamto. 2006. Teknologi produksi ubikayu mendukung industri bioetanol. Puslitbangtan. Bogor

Standar Mutu Produk Olahan Primer

Sulsmono dan J. Warglono

PENDAHULUAN

Kendala yang dihadapi oleh petani ubikayu adalah (1) kadar air ubi yang tinggi (sekitar 60%), mudah rusak secara mekanis, kimiawi, fisiologis dan mikrobiologis, (2) tanam dan panen serempak menyebabkan harga ubikayu murah pada saat panen raya, (3) belum adanya standar mutu ubi segar yang menyebabkan tidak adanya harga dasar berdasarkan komponen mutu, dan (4) teknologi pascapanen masih tradisional (Sulsmono dan Damardjati 1992).

Standar mutu ubi segar sangat diperlukan agar konsumen dapat memperoleh mutu ubi sesuai dengan daya beli dan produsen akan mendapatkan harga sesuai dengan kondisi produknya. Standar mutu ubi segar dapat digunakan untuk pembinaan perbaikan mutu ubi di tingkat petani. Produk olahan ubikayu yang telah mempunyai standar mutu adalah gaplek, tepung gaplek, tapioka, dan tepung kasava.

Standar mutu didefinisikan sebagai keseluruhan karakteristik dari produk (*entity*) yang mendukung kemampuannya dalam memuaskan kebutuhan yang dinyatakan atau yang tersirat (DSN 1996). Mutu produk merupakan cerminan karakteristik suatu produk yang mempunyai nilai ekonomis dan diperdagangkan (Grace 1977). Tidak semua karakteristik yang dimiliki oleh produk akan menjadi tolok ukur (parameter atau komponen mutu). Produk olahan pangan mempunyai sifat fisikokimia, namun yang digunakan dalam perdagangan hanya yang berpengaruh terhadap preferensi konsumen dan harga produk. Misalnya, karakteristik yang menjadi komponen mutu pada persyaratan standar mutu ubi segar adalah keseragaman bentuk, warna kulit, warna daging, ubi cacat, kadar air, kadar serat, kadar kotoran, dan kadar sianida (HCN).

Standar mutu merupakan acuan dari nilai suatu produk yang telah disepakati oleh pelaku usaha (*stakeholder*) perdagangan produk tersebut. Besarnya nilai kuantitatif persyaratan mutu pada standar mutu produk suatu negara bergantung pada kemampuan pelaku usaha dalam menghasilkan produk bermutu.

MUTU PRODUK OLAHAN UBI

Gaplek

Mutu produk olahan ubi di lapangan sangat bervariasi, yang disebabkan oleh penanganan pascapanen ubi segar masih sederhana. Sebagai contoh mutu gaplek, tepung kasava, dan tapioka di Metro masih di bawah standar (Tabel 1, 2 dan 3).

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air gaplek 15,3-21,4% masih di bawah standar mutu II yakni kadar air 14%, kadar abu 2,3-3,7%, dan kadar serat 2,5-2,9% telah memenuhi syarat mutu I, dan kadar pati 62,6-67,0%, masih masuk syarat mutu III. Secara umum mutu gaplek di Metro, Lampung, masih di bawah standar mutu.

Hasil penelitian Balittan Sukamandi pada tahun 1989 menunjukkan bahwa pengeringan gaplek/chip varietas SPP dengan menggunakan alat pengering oven blower dan penjemuran menghasilkan gaplek yang telah memenuhi persyaratan mutu (Tabel 2).

Tepung Kasava

Komponen mutu tepung kasava berdasarkan sifat kimia adalah kadar air, kadar abu, dan kadar pati. Persyaratan mutu tepung kasava: kadar air maksimum 12%, kadar abu maksimum 1,5%, dan kadar pati minimum 75%.

Tabel 1. Hasil analisis mutu contoh hasil olahan ubikayu (gaplek glondong atau gaplek chip) dari Metro, Lampung.

Contoh	Kadar air	Kadar abu	Kadar serat	Kadar pati
	 (%)			
1	15,7	2,7	2,9	64,9
2	16,3	2,7	2,8	64,9
3	20,5	3,0	2,5	62,6
4	21,4	3,2	2,5	62,6
5	15,3	2,2	2,5	66,8
6	15,3	2,3	2,6	67,0
7	16,4	2,3	2,6	64,4
8	15,9	2,3	2,8	64,8
9	15,7	3,7	2,8	65,8
10	15,8	3,6	2,9	65,8

Sumber: Sudaryono *et al.* (1990).

Tabel 2. Standar mutu gaplek chip varietas SPP dengan menggunakan alat pengering oven blower dan penjemuran (Sukamandi 1989).

Karakteristik	Syarat mutu	
	Penjemuran	Oven blower
Kadar air (% b.k)	8,48	9,15
Kadar pati (% b.k)	81,46	85,85
Kadar abu (% b.k)	1,69	1,12
Kadar serat (% b.k)	2,69	2,83
HCN (% b.k)	22,97	23,10
Derajat putih, % min.(BaSO ₄ =100)	81,04	81,12
Derajat asam	< 1,05 ml 1N NaOH/100 g	< 0,59 ml 1N NaOH/100 g
Intensitas serangan mikroorganisme (jamur/ khamir)	+	-
Organoleptik		
• Warna	Agak suka	Tidak suka
• Bau	Agak suka	Agak suka
• Rasa	Suka	Suka

b.k. = berat kering

+ = tumbuh mikroorganisme

- = tidak tumbuh mikroorganisme

Sumber: Suismono *et al.* (1989).

Tabel 3. Komposisi kimia tepung kasava per 100 g bahan.

Komponen	Satuan	Kandungan
Kadar protein	(%)	1,025
Karbohidrat	(%)	81,75
Lemak	(%)	0,32
Abu	(%)	0,75
Air	(%)	12,00
Energi	(kal)	395,86
Gula reduksi	(%)	0,386
Serat kasar	(%)	3,34

Sumber: BSN (2006).

Tabel 3 menunjukkan bahwa tepung kasava mengandung karbohidrat sampai 81,8%, air 12%, dan kalori 395,86 kal/100g. Kadar serat kasar pada tepung kasava cukup tinggi, mencapai 3,34%, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produk makanan berserat tinggi. Komponen yang terkandung dalam serat kasar terdiri dari sedikit lignin dan sebagian kecil hemiselulosa.

Kadar serat pada tepung dipengaruhi oleh umur panen ubikayu. Semakin tua umur ubikayu semakin tinggi kandungan seratnya. Kurangnya informasi tentang tingkat kematangan ubikayu akan menyulitkan dalam penentuan umur panen optimal.

Kadar lemak tepung kasava cukup rendah (0,32%) dan tidak dapat dihilangkan sama sekali. Proses pemurnian yang mengacu pada produksi tapioka secara komersial tidak dapat menghilangkan substansi lemak dan proteinnya secara keseluruhan.

Kadar abu tepung kasava dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui kandungan mineral tepung. Kadar abu merupakan komponen yang tidak mudah menguap, dalam pembakaran dan pemijaran bahan organik. Jadi unsur-unsur yang tersisa setelah tepung kasava dibakar dan tidak mudah menguap sampai bebas karbon merupakan abu. Hasil analisis menunjukkan, kadar abu tepung kasava sebesar 0,75% berarti memenuhi standar mutu tepung berdasarkan SII, yang membolehkan kadar abu tepung maksimal 2%.

KEGUNAAN DAN CARA PENENTUAN STANDAR MUTU

Standar Nasional Indonesia (SNI) bermanfaat untuk (a) melindungi konsumen dari manipulasi yang terjadi di pasar dan tuntutan produk yang tidak benar, (b) melindungi produsen dan produk akhir dari penipuan produk pertanian lainnya, (c) memberi jaminan bahwa seluruh tahapan produksi, penyiapan, penyimpanan, pengangkutan dan pemasaran dapat diperiksa dan sesuai dengan standar, (d) harmonisasi dalam pengaturan sistem produksi, sertifikasi, identifikasi, dan pelabelan produk akhir, (e) menyediakan standar produk akhir yang diakui secara nasional dan juga berlaku untuk tujuan ekspor, dan (f) memelihara dan mengembangkan sistem produksi suatu komoditas sehingga menyumbang terhadap pelestarian ekologi lokal dan global (BSN 2006). Mutu produk sangat penting dalam transaksi dan mempertahankan kontinuitas prosesing, distribusi, dan pemasaran.

Standar mutu erat kaitannya dengan penentuan harga produk. Konversi mutu produk olahan ubi (ubi segar, gaplek, tepung kasava, dan tepung tapioka) didasarkan kepada pengelompokan di pasaran dan harga relatif yang ditentukan dari harga impas produk olahan tersebut.

Kebijakan harga yang ditetapkan pemerintah, baik harga batas bawah maupun harga batas atas, selama 25 tahun terakhir telah mengangkat kesejahteraan petani dan masyarakat lainnya. Untuk lebih menjamin pemasaran produk olahan ubi (sawut kering dan tepung kasava) dengan

mutu yang beragam perlu ditetapkan harga dasar produk tersebut berdasarkan mutunya. Berdasarkan penelitian, mutu sawut dan tepung kasava digolongkan menjadi tiga yaitu kualitas 1, 2 dan 3. Komponen mutu yang digunakan adalah kadar air, derajat putih, bau, jamur, dan ukuran (tebal untuk sawut, dan tingkat kehalusan untuk tepung). Hubungan antara rafaksi mutu dan harga produk olahan (sawut/ tepung kasava) masing-masing disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Kebijakan harga yang akan diterapkan pemerintah dianjurkan menggunakan harga relative, yaitu harga kualitas II dan kualitas III ditentukan berdasarkan persentase terhadap harga kualitas satu. Penetapan harga ini berlaku untuk sawut dan tepung kasava.

Berdasarkan kualitas, maka harga sawut kualitas II dan kualitas III dianjurkan masing-masing sebesar 95% dan 90% dari harga sawut kualitas I. Sebagai contoh, harga tepung kasava kualitas I Rp 530/kg maka tepung kualitas II dan III masing-masing Rp 482 dan Rp 440/kg.

Tabel 4. Hubungan antara rafaksi mutu pasar dan harga sawut kering untuk tepung kasava.

Komponen mutu	Tepung kasava ¹⁾			Gaplek
	SK1	SK2	SK3	
Kadar air (%)	14	15-17	18-20	14-17
Warna/ derajat putih (%)	85	75-84	60-74	50
Bau ²⁾	TB	TB	TB	TB
Jamur ³⁾	TJ	TJ	TJ	TJ
Ukuran (mesh)	0.8	1.0	1.5	Gelondong
Garha relatif (%)	100	95 SK1	90 SK2	

¹⁾SK1, SK2, SK3 = Sawut kualitas 1, 2, 3, ²⁾TB = Tidak bau, ³⁾TJ = Tidak jamur.
Sumber: Adnyana *et al.* (1992).

Tabel 5. Hubungan antara rafaksi mutu pasar dan harga tepung kasava.

Komponen mutu	Tepung kasava ¹⁾		
	SK1	SK2	SK3
Kadar air (%)	14	14	14
Warna/ derajat putih (%)	85	75-84	60-74
Bau ²⁾	TB	TB	TB
Jamur ³⁾	TJ	TJ	TJ
Ukuran (mesh)	80	70	60
Garha relatif (%)	100	95 SK1	90 SK2

¹⁾SK1, SK2, SK3 = Sawut kualitas 1, 2, 3, ²⁾TB = Tidak bau, ³⁾TJ = Tidak jamur.
Sumber: Adnyana *et al.* (1992).

Penentuan standar mutu dilakukan melalui tahap identifikasi mutu produk dan tahap analisis sifat fisikokimia yang erat kaitannya dengan parameter atau komponen mutu, tahap penyusunan format standar mutu produk yang akan menjadi Rancangan Standar Nasional Indonesia (R-SNI), tahap pembahasan R-SNI 1 sampai R-SNI 3 sebagai bahan konsensus nasional SNI produk, dan tahap akhir Rapat Panitia Teknis dan Jejak Pendapat tentang bahan SNI produk dan diterbitkannya SNI produk tersebut oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Sebagai contoh, penyusunan standar mutu ubi segar melalui tahapan:

Identifikasi Mutu Ubi

Untuk mengetahui kondisi mutu ubi segar yang diinginkan oleh konsumen, dilakukan metode survei di sentra produksi ubikayu. Contoh survei yang pernah dilakukan adalah di empat provinsi sentra produksi ubikayu terpilih, yaitu Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Lampung. Masing-masing lokasi terdiri dari delapan petani ubikayu responden, dua pengolah ubikayu (prosesor), dan empat pedagang ubi segar.

Penyusunan konsep format standar mutu ubi ini dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas ubi, hasil analisis fisik dan kimia contoh ubi segar yang diambil dari sentra produksi ubikayu. Dalam penyusunan standar mutu perlu diperhatikan teknik pengambilan contoh dan pengemas yang digunakan. Teknik sampling secara acak untuk analisis komponen mutu diambil sebanyak 1 kg untuk sampel sawut. Analisis fisik dilakukan secara cepat menggunakan *moisture tester kit* (kadar air) dan uji final.

Pengamatan meliputi fisik yang terdiri atas keseragaman bentuk, warna kulit dan warna daging, kotoran, dan cacat ubi. Analisis kimia terdiri dari air (metode oven) (AOAC 1984), pati (metode Anthrone) (Fardiaz *et al.* 1988), serat (metode asam) (Fardiaz *et al.* 1988), dan sianida (HCN) (metode enzimatis).

Analisis Fisik dan Kimia Ubi Segar

Sebelum menyusun standar mutu ubi segar perlu dipilih memilih kriteria mutu yang mempengaruhi penerimaan konsumen dan harga ubi. Kriteria mutu yang digunakan merupakan bagian dari sifat atau karakteristik dari suatu produk sehingga tidak semua sifat, baik fisik ataupun kimia, digunakan sebagai komponen mutu pada standar mutu ubi. Selanjutnya dikemukakan uraian tentang sifat fisik dan kimia ubikayu yang mempengaruhi penerimaan konsumen dan harga ubi segar.

Sifat Fisik

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa sifat yang mempengaruhi preferensi konsumen dan harga ubi adalah bentuk dan ukuran ubi, warna kulit dan daging ubi, serta ubi cacat atau tidak.

Tabel 6 menunjukkan sampel ubi yang berasal dari petani, pengolah ubi (pabrik tapioka atau pembuat gaplek), dan pedagang ubi segar yang telah menyukai ubi yang besar dan panjang (71-100% responden). Preferensi terhadap tingkat keseragaman bentuk ubi yang disukai konsumen ditetapkan oleh sebagian besar (90-100%) responden.

Warna daging ubi yang disenangi konsumen adalah putih dan tingkat keseragaman warna kulit dan daging ubi dapat mencapai 100%. Sebagian besar sampel ubi tidak cacat namun kadang-kadang terjadi kerusakan yang mencapai 43%.

Berdasarkan bentuk ubi, warna kulit dan daging ubi, serta ubi cacat dapat diusulkan komponen mutu fisik ubi segar, masing-masing untuk keseragaman bentuk ubi 80-100%, keseragaman warna kulit dan daging 80-100%, serta ubi cacat 0-30%.

Tabel 6. Kondisi fisik ubi segar di empat provinsi sentra produksi ubikayu.

Responden	Bentuk ubi				Warna kulit	Warna daging	Ubi cacat
	KPj	KPd	BPj	Pd			
	%						
Petani							
Jawa Timur	0	0	71,87	25,37	putih	putih	0
Jawa Tengah	0	0	95,22	4,75	putih	putih	43
Jawa Barat	0	0	100	0	putih	putih	0
Lampung	8,51	1,58	90,84	0	putih	putih	0
Prosesor							
Jawa Timur	0	0	93	7	putih	putih	0
Jawa Tengah	0	0	100	0	putih	putih	0
Jawa Barat	0	0	100	0	putih	putih	0
Lampung	0	0	97	34	putih	putih	0
Pedagang							
Jawa Timur	0	0	100	0	putih	putih	0
Jawa Tengah	0	0	100	0	putih	putih	0
Jawa Barat	0	0	100	0	putih	putih	0
Lampung	0	0	100	0	putih	putih	0
Ranking	0-8	0-1,5	71-100	0-25	putih	putih	0-43
K : Kecil B : Besar							
Pj : Panjang Pd : Pendek							

Tabel 7. Kondisi kimia ubi segar di empat provinsi sentra produksi ubikayu.

Responden	Kadar air (%)	Kadar Pati (%)	Kadar Serat (%)	Kadar HCN (ppm)
Petani				
Jawa Timur	64,04	27,00	2,38	105,4
Jawa Tengah	55,54	33,36	2,18	38,6
Jawa Barat	63,33	33,29	2,56	49,60
Lampung	58,67	34,53	1,57	58,0
Prosesor				
Jawa Timur	55,06	32,87	2,26	92,9
Jawa Tengah	54,09	33,24	2,50	65,8
Jawa Barat	58,80	38,05	2,24	82,9
Lampung	58,31	21,22	2,23	71,8
Pedagang				
Jawa Timur	56,50	34,51	2,37	44,2
Jawa Tengah	57,91	33,20	2,27	55,2
Jawa Barat	62,33	37,82	2,38	86,1
Lampung	59,01	34,18	2,09	55,5
Ranking	55-64	27-34	1,5-2,5	38,5-105,3

Sifat Kimia

Bagi konsumen petani atau rumah tangga dan pedagang, hal mempengaruhi preferensi konsumen adalah sifat fisik. Bagi konsumen prosesor seperti pabrik tapioka, hal yang mempengaruhi preferensi adalah sifat kimia, antara lain kadar air, pati, serat, dan sianida (HCN).

Tabel 7 menunjukkan bahwa kadar air ubi di keempat propinsi berkisar antara 55-64%, kadar pati 27-34%, kadar serat 1,5-2,5% dan kandungan HCN 38,5-105,3 ppm. Oleh karena itu, yang diusulkan sebagai komponen mutu adalah kadar air 55-65%, kadar pati 31-33%, kadar serat 2-3%, dan HCN 0%. Kadar HCN 0% dimaksudkan sebagai persyaratan agar dapat diterima sebagai bahan pangan yang dikonsumsi langsung.

Penyusunan Format Standar Mutu Ubi Segar

Berdasarkan hasil identifikasi karakteristik ubi segar contoh dari sentra produksi ubikayu dan analisis fisikokimia komponen mutu yang terpilih, maka dapat disusun format standar mutu ubi segar seperti pada Tabel 8. Komponen mutu yang terpilih antara lain keseragaman bentuk, warna kulit, warna daging, ubi cacat, kadar air, kadar serat, kadar kotoran, dan kadar sianida (HCN). Berdasarkan sifat fisik dan kimia ubi segar, hal yang mempengaruhi preferensi konsumen dan harga dapat diusulkan konsep standar mutu ubi segar seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Standar mutu ubi segar.

Persyaratan umum:

Ubi tidak boleh mempunyai bau asing.

Ubi harus bebas dari hama dan penyakit.

Ubi harus sudah mencapai masak fisiologis yang optimum.

Ubi harus bebas dari bahan kimia seperti insektisida dan fungisida.

Ubi harus memiliki keseragaman bentuk, warna kulit serta daging ubi.

Ubi harus dalam bentuk kondisi bersih.

Persyaratan khusus:

Komponen mutu	Mutu		
	I	II	III
Keseragaman bentuk (min %)	100	90	80
Keseragaman warna kulit (min %)	100	90	80
Keseragaman warna daging (min %)	100	90	80
Ubi cacat (maks %)	0	11	30
Kadar air (min %)	55	60	65
Kadar pati (min %)	33	32	31
Kadar serat (maks %)	2,0	2,5	3,0
Kadar kotoran (maks %)	0	0	0
Kadar sianida (HCN) (ppm)	< 50	< 50	< 50

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

SNI PRODUK OLAHAN PRIMER

Standar Nasional Indonesia (SNI) setiap produk olahan ubi berbeda, bergantung pada karakteristik produk olahannya. Sebagaimana diketahui, ubi mengandung karbohidrat, serat, asam sianida, dan kadar air yang tinggi, sehingga komponen ini selalu digunakan sebagai persyaratan mutu produk olahan ubi.

Komponen mutu untuk ubi segar terdiri atas sifat fisik (keseragaman bentuk, warna kulit, warna daging ubi, ubi cacat dan kotoran) dan kimiawi (kadar air, pati, serat, asam sianida) (Tabel 8).

Komponen mutu untuk produk gaplek terdiri atas kadar air, pati, serat, kadar abu, dan kotoran (Tabel 9). Namun pengusaha tepung kasava membeli sawut kering dari petani dengan parameter mutu sawut, yakni kadar air, warna/derajat putih, aroma, ada tidaknya jamur, dan ukuran sawut kering (Tabel 10 dan 11).

Tabel 9. Standar gaplek Indonesia (Departemen Perdagangan).

Karakteristik	Syarat mutu			Cara pengujian
	I	II	III	
Kadar air (% bobot/bobot, maks)	14	14	14	SP-SMP-9-1975
Kadar pati (% bobot/bobot, maks)	70	68	65	SP-SMP-10-1975
Serat (%bobot/bobot, maks)	4	5	6	SP-SMP-11-1975
Kadar kotoran dan kadar abu (%bobot/bobot, maks)	4,0	5,5	7,0	Kotoran: SP-SMP-11-1975 Abu : SP-SMP-12-1975

Sumber: Anonim (1977).

Tabel 10. Kisaran standar gaplek chip untuk Brazil, Thailand, dan India.

Spesifikasi	Mutu (%)
Kadar air	10-14
Kadar pati	70-82
Total abu	1,8-3,0
Serat kasar	2,1-5,0

Sumber: Brasil Conselho Nacional(1971); Thai Industry Standard (1974), dan Indian Standard Institute (1969).

Tabel 11. Persyaratan mutu sawut kering oleh beberapa pengusaha (inti).

Kadar air (% maksimum)	14
Warna/ tingkat keputihan (% minimum)	85
Bau	Tidak berbau
Jamur	Tidak berjamur
Ukuran sawut	Tebal 0,8-1,0 cm

Sumber: CIAT (1991).

Komponen mutu untuk tepung tapioka terdiri atas kadar air, abu, serat dan benda asing, derajat putih, kekentalan, derajat asam, cemaran logam (timbal/Pb, tembaga/Cu, seng/Zn, raksa/Hg, arsen/As), dan cemaran mikroba (angka lempeng total, *E. coli* dan kapang) (Tabel 12).

Komponen mutu untuk tepung kasava terdiri atas keadaan umum (bau, rasa dan warna), kadar air, abu, serat dan benda asing, derajat putih, kekentalan, derajat asam, cemaran logam (timbal/Pb, tembaga/Cu, seng/Zn, raksa/Hg, arsen/As), dan cemaran mikroba (angka lempeng total, *E. coli* dan kapang) (Tabel 13).

Tabel 12. Standar mutu tepung tapioka menurut SNI No. 01-3451-1991.

Uraian	Satuan	Persyaratan mutu		
		I	II	III
Kadar air, b/b	Maks, %	15	15	15
Kadar abu, b/b	Maks, %	0,6	0,6	0,6
Serat dan benda asing	Maks. %	0,6	0,6	0,6
Derajat putih(BaSO ₄ = 100%)	Min, %	94,5	92,0	<92,0
Kekentalan	Engler	3 - 4	2,5 - 3	< 2,5
Derajat asam	Maks. MI IN NaOH/100g	3	3	3
Cemaran logam :				
- Timbal (Pb)	Maks, mg/kg	1,0	1,0	1,0
- Tembaga (Cu)	Maks, mg/kg	10,0	10,0	10,0
- Seng (Zn)	Maks, mg/kg	40,0	40,0	40,0
- Raksa (Hg)	Maks, mg/kg	0,05	0,05	0,05
- Arsen (As)	Maks, mg/kg	0,5	0,5	0,5
Cemaran mikroba :				
- Angka lempeng total	Maks, koloni/g	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁶
- E. coli	Maks, koloni/g	10,0	10,0	10,0
- Kapang	Maks, koloni/g	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁶	1,0x10 ⁶

Tabel 13. Persyaratan mutu SII tepung kasava No. 2464-1990.

Uraian	Satuan	Persyaratan
Kedadaan		Normal
- Bau		Khas ubikayu
- Rasa		Khas ubikayu
- Warna		Putih
Benda-benda asing		Tidak boleh ada
Derajat putih	%, b/b (Ba SO ₄ = 100)	Min. 85
Abu	%, b/b	Maks. 1,5
Air	%, b/b	Maks. 12
Derajat asam	100 g	Maks. 3
Asam sianida	mg/kg	Maks. 40
Kahalusan	%, (lolos ayakan 80 mesh)	Min. 90
Pati	%, b/b	Min. 75
Bahan tambahan makan		Sesuai SNI 0222-87 M / 722/MEN.KES/ PER/IX/88
Cemaran logam :		
- Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 1,0
- Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 10,0
- Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 40,0
- Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,05
Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,5
Cemaran mikroba :		
- Angka lempeng total	koloni/g	Maks. 1,0 x 10 ⁶
- E. coli	APM/g	< 3
- Kapang	koloni/g	Maks. 1,0 x 10 ⁶

DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, M.O., A. Rachim, Suismono, dan D.S. Damardjati. 1992. Penelitian pola pengembangan agroindustri tepung ubikayu untuk menunjang industri kecil di pedesaan Propinsi Lampung. Puslitbangtan. Bogor.
- Anonim. 1977. Pedoman pengujian mutu hasil palawija. Sub. Dit. Pengujian Hasil. Direktorat Bina Sarana Usaha Tanaman Pangan. Ditjen Tanaman Pangan. Jakarta.
- AOAC. 1984. Official method of analysis. Association of Official analytical Chemistry. Washington DC.
- Brasil Conselho Nacional. 1971. Farinha de mandioca a produtos amilaceos. Resolucao No. 66. Concelho Nac. Comercio Ext. Brasil. (Brazilian standard for Export Cassava).
- BPS. 2007. Produksi ubikayu dan penggunaannya. BPS. Jakarta.
- BSN. 2006. SNI 01-6729-2006 tentang sistem pangan organik. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- CIAT. 1991. Procces, product and market development for food and tuber crops: An integrated approach. CIAT-Cali-Colombia.
- DSN. 1996. SNI 19-8402-1996 tentang manajemen mutu dan jaminan mutu, kosa kata. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Grace, M.R. 1977. Cassava processing food and agriculture organization of the United Nations. Roma.
- Indian Standard Institute. 1969. Specification for edible tapioca chips (Fiest revision) IS. 1317-1969.
- Sudaryono, A. Setyono, dan Y. Setiawati. 1990. Evaluasi mutu ubikayu dan hasil olahan ubikayu di tingkat petani/pedagang pengumpul di Lampung. Prosiding Hasil Penelitian Pascapanen. Laboratorium Pascapanen Karawang.
- Suismono, T. Usemahu, dan D.S. Damardjati. 1989. Pengaruh konsentrasi larutan nameta bisulfit dan cara pengeringan terhadap mutu gaplek ubijakyu var. SPP. Laporan Penelitian Balittan Sukamandi. Subang.
- Suismono dan D.S. Damardjati. 1992. Identifikasi karakteristik dan sianida ubikayu serta produk olahannya. Seminar 21 Agustus 1992. Balittan Sukamandi, Subang.
- Suismono. 2001. Teknologi pembuatan tepung dan pati umbi-umbian untuk menunjang ketahanan pangan. Majalah Pangan No. 37/X/Julii/2001. Bulog. Jakarta.

Suismono, T. Murti, dan Amrizal. 2005. Penyusunan format standar mutu ubikayu. Prosiding Seminar Pekan Palawija Nasional. BPTP Lampung-PSE Bogor.

Thai Industry Standard. 1974. Thailand standard for tapioca chips unofficial of the standard for tapioca products TIS 52-2516 (1974).

Teknologi Produksi Sirup Glukosa

N. Richana, A. Budlyanto, dan R.W. Arief

PENDAHULUAN

Ubikayu sebagai bahan berpati diperlukan untuk produksi gula alternatif, antara lain sirup glukosa, fruktosa, maltosa, manitol, dan sorbitol. Tingkat kemanisan gula tersebut hampir sama dengan gula tebu (sukrosa), bahkan lebih manis (Howling 1979). Kebutuhan gula nasional saat ini sudah mencapai 3,3 juta ton per tahun, sementara produksi dalam negeri hanya 1,7 juta ton atau hanya 51,5% dari total kebutuhan. Untuk menutupi kebutuhan gula perlu upaya peningkatan produksi dan mencari sumber gula alternative, di antaranya dengan memanfaatkan pati ubikayu sebagai bahan baku gula cair.

Gula dari pati sudah banyak dikembangkan di beberapa negara maju di antaranya Amerika Serikat. Pada tahun 1980 kebutuhan gula dari pati dan sukrosa di Amerika Serikat masing-masing 17,7 kg/kapita/tahun dan 38,1 kg/kapita/tahun. Pada tahun 1994 terjadi pergeseran konsumsi fruktosa menjadi 37,7 kg dan sukrosa 29,9 kg. Data tahun 2004 menunjukkan angka yang lebih besar, yaitu 67,6 kg fruktosa dan hanya 19% digunakan oleh kalangan yang melakukan diet (Bray *et al.* 2004). Walaupun kondisi demikian belum terjadi di Indonesia tetapi ada peningkatan kebutuhan gula pati dalam kurun waktu 10 tahun terakhir.

Sirup glukosa merupakan salah satu produk bahan pemanis berbentuk cairan, tidak berbau, tidak berwarna, dan dapat dibuat dari bahan berpati seperti tapioka, pati umbi-umbian, sagu, atau pati jagung. Glukosa merupakan gula monosakarida dan salah satu sumber karbohidrat terpenting bagi hewan dan tumbuhan. Glukosa alami (D-glukosa) disebut dekstrosa, terutama di lingkungan industri pangan.

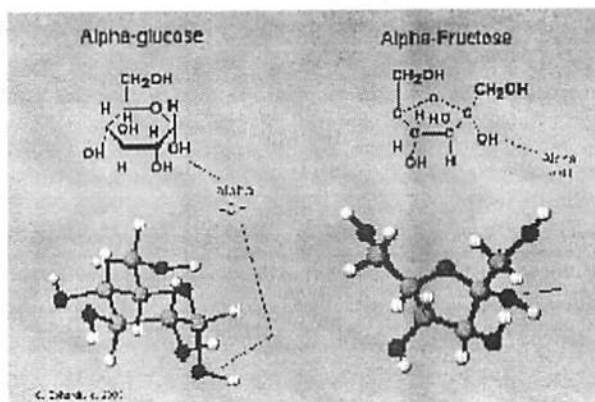
Menurut Howling (1979), sirup glukosa atau gula cair mengandung D-glukosa, maltosa, dan polimer D-glukosa yang dibuat melalui proses hidrolisis pati (enzimatis dan hidrolisis asam). Sirup glukosa yang diproduksi dengan cara enzimatis dapat menghasilkan nilai DE (*dextrin equivalen*) 95% dengan kualitas tinggi. Dengan cara hidrolisis, nilai DE sirup hanya 55% dan di bawah nilai tersebut akan menimbulkan warna yang kontras dan menyebabkan rasa pahit. Standar mutu sirup glukosa diatur berdasarkan SNI 01-2978-1992 (Tabel 1).

Tabel 1. Standar Mutu sirup glukosa berdasarkan SNI 01-2978-1992.

Keadaan	Standar mutu glukosa
Bau	Tidak berbau
Rasa	Manis
Warna	Tidak berwarna
Air (%b/b)	Maks 20
Abu (%)	Maks 1
Gula pereduksi (%b/b)	Min 30
Pati	Tidak nyata
Cemaran logam:	
- Timbal (Pb) mg/kg	Maks 1,0
- Tembaga (Cu) mg/kg	Maks 10,0
- Seng (Zn) mg/kg	Maks 25,0
- (As), mg/kg	Maks 0,5
Cemaran mikroba	
- Total Plate Count	Maks 5×10^2 koloni/g
- Kapang	Maks 50 koloni/g

Sirup glukosa mempunyai beberapa keunggulan dibanding gula pasir/tebu, penggunaannya lebih praktis karena tidak banyak memerlukan pencairan. Industri yang memanfaatkan glukosa antara lain adalah industri kembang gula, minuman, biskuit, es krim, jamu, campuran madu, dan farmasi. Selain itu glukosa juga diperlukan sebagai bahan baku monosodium glutamat dan etanol. Kelebihan penggunaan glukosa pada beberapa produk makanan antara lain:

- Pada kembang gula/permen dapat mencegah kerusakan mikrobiologis karena adanya pencampuran sukrosa dengan glukosa, maltosa, dan fruktosa. Untuk kembang gula, fasa cair harus mencapai 75-76% bahan kering.
- Pada es krim, penambahan glukosa atau maltosa 25-30% dapat meningkatkan kehalusan tekstur. Untuk es krim yang lembut diperlukan glukosa dengan DE 63, sedangkan untuk yang bertekstur keras DE 42. Glukosa bersifat menekan titik beku.
- Pada kue, glukosa dapat menjaga kue tetap segar dalam waktu lama, mencegah kristalisasi sukrosa, dan menurunkan keretakan permukaan kue



Gambar 1. Struktur glukosa dan fruktosa (Ophardt 2003).

PROSES PEMBUATAN SIRUP GLUKOSA

Bahan Utama

Bahan utama yang digunakan adalah tapioka. Banyak industri sirup glukosa memilih tapioka sebagai bahan baku utama, karena mudah diperoleh, harga lebih murah, kualitas lebih baik dibanding sagu, dan warnanya lebih putih.

Rendemen glukosa secara enzimatis dipengaruhi oleh tinggi dan panjang rantai amilosa. Semakin panjang rantai amilosa semakin tinggi rendemen gula. Pada jagung jenis *amylomaize*, rendemen hidrolisis patinya lebih tinggi dibandingkan dengan jagung jenis biasa maupun *waxy* atau jagung pulut (Hoover dan Manuel 1996).

Dalam pemilihan sumber pati untuk pembuatan glukosa harus dipertimbangkan kandungan amilosa dan amilopektinnya. Sumber pati yang mempunyai amilopektin tinggi lebih baik karena memiliki pati ISSP (*Insoluble starch particles*) lebih rendah sehingga dapat dihidrolisis secara asam maupun enzimatis. Menurut Richardson *et al.* (2000), pati beramilopektin tinggi mempunyai rantai 1-4 α -glukosida yang lebih pendek dibanding pati beramilosa tinggi. Hal ini berpengaruh terhadap suhu gelatinasinya. Untuk pati dengan kandungan amilosa tinggi diperlukan suhu gelatinasi lebih tinggi.

Suhu gelatinasi pati bahan baku juga berpengaruh terhadap efisiensi produksi sirup glukosa. Semakin rendah suhu gelatinasi, semakin pendek waktu gelatinasi yaitu tapioka 20 menit dan pati jagung 22 menit. Suhu puncak granula pecah pati jagung 95°C dan tapioka 80°C, dengan waktu

yang dibutuhkan berturut-turut 30 menit dan 21 menit. Sifat ini berkaitan dengan energi dan biaya yang dibutuhkan dalam produksi glukosa cair. Pati akan terhidrolisis bila telah melewati suhu gelatinasi. Proses likuifikasi berlangsung pada suhu 95°C (aktivitas enzim termofilik), karena itu suhu gelatinasi pati yang akan dihidrolisis sebaiknya kurang dari 95°C. Di bawah suhu gelatinasi pati tidak akan terurai atau terhidrolisis secara enzimatis maupun asam.

Rendemen sirup glukosa dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan (Tabel 2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen sirup glukosa dari tapioka lebih tinggi dibanding pati garut atau sagu aren (Richana *et al.* 2000). Pati juga harus berkadar protein dan lemak rendah karena kedua komponen tersebut dapat menyebabkan adanya reaksi Maillard yang dapat menyebabkan warna kecoklatan pada sirup. Untuk memperoleh sirup glukosa bermutu tinggi maka pengecekan bahan baku harus dilakukan secara ketat karena pati merupakan bahan baku utama yang sangat mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan. Sebelum diterima perusahaan, tapioka yang baru datang dari pemasok dianalisis terlebih dahulu dan dibandingkan dengan standar baku (Tabel 3).

Tabel 2. Rendemen glukosa cair dan amilosa dari beberapa jenis pati.

Jenis pati	Amilosa (%)	Glukosa cair (%)
Jagung	29,84	89,08
Garut	34,80	83,5
Tapioka	29,86	86,00
Sagu	33,28	83,31

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

Tabel 3. Spesifikasi tapioka untuk proses likuifikasi.

Parameter	Nilai
pH (10% solution)	5-7
Kadar air	10-15%
Tes mikroskopis	Positif
Tes iodin	Positif
Tes likuifikasi	Positif
Sisa abu	Max 0,1%
Sulfit	Maks. 50 ppm
Kotoran	Maks. 0,1%
Kadar protein	Maks. 0,4%
Kadar lemak	Maks. 0,3%
Kadar pati	Maks. 80%
Kalsium	Maks. 100 ppm

Langkah pertama adalah tes mikroskopis untuk melihat bentuk granula, kemudian dilanjutkan dengan analisis lainnya. Pengujian mutu tapioka dilakukan setiap kali ada pengiriman tapioka dari pemasok ke pabrik terutama bagi pemasok baru, pengujian sebaiknya dilakukan secara ketat. Pengambilan contoh tapioka 100 g yang diambil secara acak untuk setiap 10 karung, kemudian dicampur dan dianalisis.

Bahan Pembantu

Enzim

Sirup glukosa dibuat dengan cara reaksi enzimatik bertingkat dari pati. Proses hidrolisis pati menjadi glukosa terdiri atas dua tahap, yaitu likuifikasi dengan katalis enzim alfa amilase dan sakarifikasi dengan katalis enzim amiloglukosidase.

Alfa amilase merupakan enzim yang aktif dalam proses likuifikasi. Enzim ini diproduksi oleh NOVO. Aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH lingkungannya dan setiap enzim mempunyai kisaran suhu dan pH optimum yang berbeda. Enzim alfa amilase yang banyak beredar di pasaran mempunyai suhu optimum 103-105°C dengan pH aktivitas 5,0-6,5 dan pH optimum 6,0.

Cara kerja alfa amilase melalui dua tahap. Pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat, diikuti dengan menurunnya viskositas dengan cepat. Tahap kedua relatif lambat yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir secara tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim alfa amilase pada molekul amilosa saja. Kerja alfa amilase pada molekul amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa, dan berbagai jenis limit dekstrin, yaitu oligosakarida yang terdiri atas empat atau lebih residu gula yang semuanya mengandung ikatan α -1,6 glikosida.

Enzim amiloglukosidase berperan dalam proses sakarifikasi. Aktivitas enzim ini juga dipengaruhi oleh pH dan suhu, dimana pH dan suhu optimumnya masing-masing pada kisaran 4,5-5,0 dan 60°C. Enzim ini menghidrolisis ikatan 1,4 glikosida dari pati dan oligosakarida menjadi unit-unit glukosa. Kecepatan hidrolisis bergantung pada panjang rantai molekul. Misalnya maltodekstroza dan oligosakarida dengan bobot molekul lebih tinggi akan dihidrolisis lebih cepat dari maltosa. Amiloglukosidase juga dapat menghidrolisis ikatan 1,6 glikosida. Enzim yang akan digunakan dalam proses produksi sebaiknya ditampung terlebih dahulu pada tangki enzim, untuk memudahkan pengaturan dosis.

Arang Aktif

Arang aktif adalah zat yang mempunyai daya serap terhadap larutan atau uap yang berfungsi sebagai penjernih larutan, menghilangkan warna yang terbentuk selama proses pengolahan sirup fruktosa, dan menghisap gas atau racun. Pada pembuatan sirup glukosa, arang aktif digunakan untuk menyerap warna sirup glukosa yang belum jernih.

Sebagai bahan penyaring, arang aktif dibuat dengan cara pembakaran bahan-bahan yang kaya akan unsur karbon, seperti kayu dan batu bara. Penggunaan temperatur tinggi dalam proses pembakaran menyebabkan terjadinya desorpsi beberapa senyawa organik, sehingga karbon aktif yang dihasilkan memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi terhadap senyawa organik yang larut dalam air pada saat kontak dengan permukaan karbon aktif.

Pengaktifan arang aktif dapat dilakukan dengan berbagai cara. Pengaktifan karbon aktif untuk sirup glukosa dilakukan dengan uap air. Melalui perlakuan pengaktifan, diperoleh serbuk arang yang sangat halus, sehingga permukaan adsorpsi menjadi lebih luas.

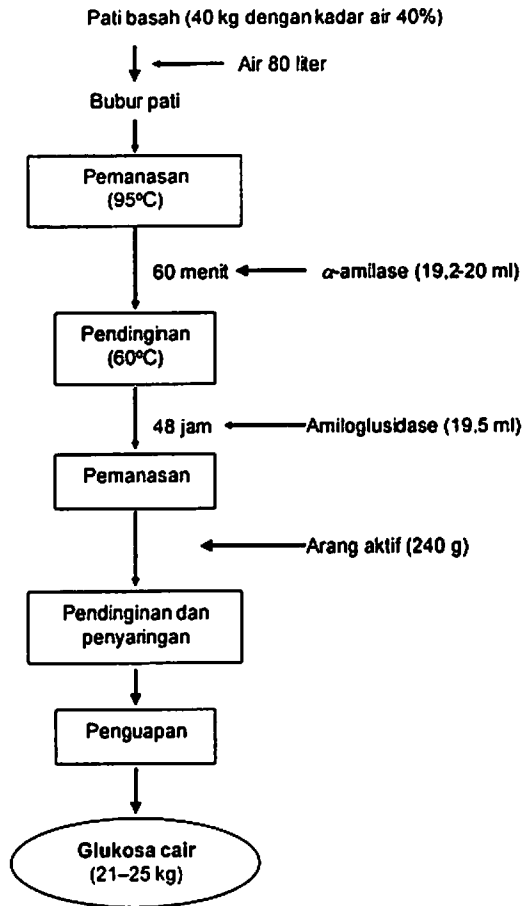
Resin

Resin diperlukan dalam proses pertukaran ion pada pembuatan maltosa putih, glukosa bubuk maupun sirup fruktosa. Pertukaran ion dilakukan sesudah proses penyaringan. Pertukaran ion dimaksudkan agar sirup bebas dari logam yang berbahaya maupun ion-ion lain yang dapat mengganggu proses selanjutnya.

Resin yang digunakan dalam proses pembuatan sirup adalah produk dari Pinex, Dowex, Mitsubishi. Beberapa jenis resin penukar kation yang dapat digunakan antara lain Pinex C 13N, Pinex C 20, Dowex HCRS, Lewa S 100, Mits Skib dan AMB IR 120. sedangkan resin sebagai penukar anion adalah Fin A 541 M, Fin A 551 M, Fin A 532, Dowex SBRP, Mits PA 408, Mits WA 30, dan AMB IR A 420.

Teknologi Proses

Sirup glukosa dapat dibuat dengan cara hidrolisis asam enzimatis (Norman 1980). Cara enzimatis melalui dua tahap utama, yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Hidrolisis secara asam menghasilkan derajat konversi pati menjadi glukosa yang lebih tinggi dibandingkan dengan hidrolisis secara enzimatis, namun hidrolisis enzimatis dapat mencegah terjadinya kehilangan flavor. Proses hidrolisis dengan cara enzimatis dapat dilihat pada Gambar 2. Perlakuan lain yang diberikan untuk menghasilkan sirup glukosa



Gambar 2. Tahapan proses produksi glukosa cair dari tapioka.

dengan mutu yang baik adalah proses pemucatan, penyaringan, pertukaran ion, dan evaporasi.

Liquifikasi

Pembuatan suspensi pati dilakukan pada tangki pencampuran bahan. Caranya adalah mencampurkan tepung tapioka dengan air dan diaduk sampai homogen. Proses pencampuran dinilai cukup bila nilai kekentalan sudah mencapai 17,0-19,0°Be, yang dapat diukur dengan *Baumeter*. Volume tepung tapioka yang dicampurkan dengan air untuk mencapai derajat kekentalan tersebut adalah 10 kg tepung dengan air sebanyak 30 liter atau 1 ton pati tapioka dengan 3.000 liter air untuk tiap *batch*.

Selanjutnya, ke dalam tangki tersebut dimasukkan sejumlah enzim alfa amilase dengan takaran 0,8-1,0 ml/kg tapioka (Richana *et al.* 2007). Enzim ini berfungsi untuk menghidrolisis pati, secara acak memutus atom C agar tidak terjadi gumpalan pada waktu pemanasan. Terhadap suspensi yang berada dalam tangki penampungan dilakukan pengaturan pH pada kisaran 6,2-6,4 dengan penambahan NaOH 21% dan CaCl₂ 1% sebagai stabilisator pH. Kandungan Ca²⁺ dalam larutan tersebut antara 60-150 ppm.

Pemasakan suspensi pati dilakukan pada suhu 105°C. Pada pemasakan tersebut sudah terjadi proses dekstrinasi. Pemanasan pada tangki tersebut berasal dari *jet cooker*. Selanjutnya suspensi akan melewati *Holding cell* yang berupa pipa berbentuk spiral selama satu sampai satu setengah jam, untuk menyempurnakan kerja enzim dalam memutus rantai karbon. Setelah melewati *holding cell*, suspensi akan ditampung dalam tangki retensi dan pada saat itu dilakukan uji iod untuk mengetahui apakah pati sudah terdegradasi dengan sempurna atau belum. Pati yang masih mengandung amilosa akan berwarna biru, sedangkan pati yang telah terdegradasi menjadi dekstrin akan berwarna coklat kemerahan. Selain uji iod juga dilakukan uji terhadap pH dan nilai DE (*dextrose equivalent*), nilai pH yang diharapkan 4,0-4,6 dan nilai DE 8,0-14,0.

Sakarifikasi

Pati yang telah terdegradasi menjadi dekstrin kemudian diturunkan suhunya dari 105°C menjadi 60°C dengan cara melewatkannya pada penukar panas (*heat exchanger*). Larutan pati selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki sakarifikasi dengan penambahan enzim amiloglukosidase (0,8 ml/kg pati). Enzim ini memecah rantai dekstrin menjadi glukosa. Kerja enzim dikondisikan pada pH 4,0-6,0. Jika pH yang terjadi pada proses sakarifikasi lebih besar daripada nilai yang diharapkan maka ditambahkan HCl 18%.

Proses sakarifikasi membutuhkan waktu maksimal 76 jam, tetapi waktu tersebut dapat dipersingkat sesuai target dengan penambahan lebih banyak enzim ke dalam suspensi sampai nilai Dx minimal 90,5%, DE maksimal 98,0%, Cv (*color value*) minimal 60% transmits, dan Bx 30-35. Selama proses sakarifikasi dilakukan agitasi untuk homogenisasi enzim. Semakin rendah kandungan glukosa semakin tinggi dekstrin dan maltosena.

Proses Pemucatan

Proses pemucatan bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan warna yang tidak dikehendaki atau untuk penjernihan. Pemucatan dilakukan dengan cara mencampur cairan glukosa dengan arang aktif. Arang aktif memiliki kemampuan adhesi sangat kuat sehingga dapat mengikat, menggumpalkan, dan mengendapkan komponen anorganik maupun

organik untuk membebaskan sirup dari kotoran yang tidak diinginkan. Suhu selama pemucatan dipertahankan pada 80°C.

Penyaringan

Penyaringan berguna untuk memisahkan arang aktif dan komponen yang melekat pada cairan sirup. Cairan bercampur karbon dilewatkan pada saringan bertekanan (*filter press*) dengan laju alir berubah-ubah 6-8 m³/jam dengan tekanan kerja 0-3 kg/m². Penyaringan dapat menahan partikel kotoran yang telah digumpalkan sebelumnya oleh arang aktif, sehingga cairan yang dihasilkan jernih berwarna kuning muda. Penyaringan berlangsung sampai diperoleh sirup glukosa dengan nilai Cv 93%. Jika tingkat kejernihan tersebut tak tercapai maka ditambahkan lagi arang aktif ke dalam cairan gula, kemudian didaur ulang tanpa menambahkan arang aktif.

Penukaran Ion

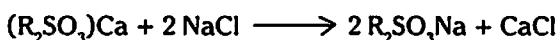
Proses ini dimaksudkan untuk mengikat ion-ion logam berbahaya, warna dan kotoran lain dalam larutan gula. Tangki penukar ion terdiri atas tangki I berisi resin kation, tangki II berisi resin anion, dan tangki III berisi kombinasi resin anion dan kation (*mixed bed*). Resin digunakan sebagai penukar ion karena bahan tersebut memiliki daya aktif menukar ion dengan ion bahan bukan gula yang terdapat dalam larutan gula, sehingga bahan bukan gula menjadi tak larut dan dapat dihilangkan. Bahan bukan gula dalam larutan terdiri atas kation dan anion, sehingga penukar ion tersebut adalah penukar kation dan penukar anion. Resin penukar ion merupakan bahan organik dengan berat molekul yang sangat besar, tidak larut dalam air dan sebagian pelarut, serta memiliki gugus aktif penukar kation atau anion. Ion yang berada dalam larutan akan bereaksi dengan molekul yang besar, sehingga dapat dihilangkan dari larutan. Sebaliknya, ion yang dilepaskan oleh resin akan larut dalam larutan glukosa.

Bahan penukar ion memiliki butiran (*granule*) yang agak kasar. Umumnya resin penukar ion dan bahan terhadap pengaruh suhu tinggi, tahan terhadap korosi oleh asam, basa atau bahan organik lainnya, dan tahan terhadap tekanan osmosis. Menurut Tjokroadikoesoemo (1986), cara kerja resin dilihat dari reaksi kimianya seperti berikut:

Reaksi resin penukar kation pada prinsipnya adalah :



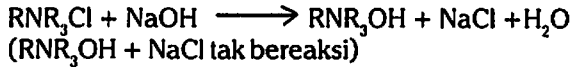
Pada regenerasi ion terjadi reaksi :



Reaksi resin penukar anion:



Pada regenerasi ion terjadi reaksi :



Aktivitas yang optimal dari pengikatan ion oleh resin dapat diketahui dengan mengukur tahanan spesifik (*specific resistance/Spr*) glukosa. Pada tangki kation dan anion, tahanan spesifiknya harus mencapai 10.000 lebih sedangkan pada tangki kation-anion (*mixed bed tank*) harus mencapai minimal 300.000. Jika nilai Spr ini tidak tercapai maka dilakukan regenerasi ion.

Dalam proses regenerasi pada masing-masing tangki dilakukan pencucian awal dengan laju alir 12,3 m³/jam selama satu jam kemudian dilakukan pencucian ulang dengan laju alir pada periode waktu yang sama.

- Pada tangki kation dialirkan HCl dengan konsentrasi awal 30%, kemudian ditambah dengan air sampai konsentrasi 6%.
- Pada tangki anion dialirkan NaOH dengan konsentrasi 48%, kemudian ditambah dengan air sampai konsentrasi 4%.
- Pada kedua tangki tersebut dilakukan pembersihan dengan cara mengalirkan air untuk membersihkan bahan-bahan kimia dengan laju alir 3,5 m³/jam selama satu jam. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan laju alir 12,3 m³/jam selama satu jam.
- Pada tangki kation-anion (*mixed bed tank*) bahan-bahan kimia yang dialirkan merupakan campuran, dengan perbandingan HCl dengan NaOH pada regenerasi I, II, dan III secara berturut-turut adalah 78:58; 86:78; dan 60:78.
- Setelah itu dilakukan pembersihan (*rinsing*) dengan laju alir masing-masing 2,4 dan 1,2 m³/jam selama satu jam.
- Pada tangki kation-anion (*mixed bed tank*) sebelum pencucian akhir, dilakukan dahulu pencucian dua arah dengan laju alir masing-masing 5m³ dan 3 m³/jam selama satu jam.

Proses Deionisasi

Sebelum proses purnuan, sirup akan melewati penukar panas untuk diturunkan suhunya dari 60°C menjadi 35°C. Hal dimaksudkan untuk menjaga kondisi resin dan pengamanan alat evaporasi. Proses deionisasi dilakukan dengan memasukkan sirup ke dalam tangki kation lalu anion dan terakhir ke dalam tangki kation-anion (*mixed bed tank*).

Proses Penguapan

Proses penguapan dilakukan dengan menggunakan evaporator. Penguapan bertujuan untuk memekatkan glukosa dari 30-35 Brix menjadi 43-45 Brix. Suhu evaporator 50-60°C. Alat ini menggunakan uap yang berasal dari ketel uap. Prinsip kerja alat tersebut adalah udara dalam evaporator dihampaudarakan dengan bantuan pompa vakum. Glukosa yang mengalir ke dalam evaporator segera menguap lebih cepat dengan adanya penarikan uap oleh pompa vakum.

Penyimpanan dan Pengemasan

Kondisi penyimpanan memegang peranan penting. Suhu yang digunakan adalah 35°C, dimana pada suhu tersebut kristalisasi dekstrosa yang terkandung di dalamnya dapat dicegah. Menurut Tjokroadikoesoemo (1986), pada suhu yang lebih rendah (dibawah 21°C) dekstrosa akan terkristalisasi sehingga dapat menurunkan mutu dan menimbulkan kesulitan dalam penanganannya. Sebaliknya, penyimpanan pada suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan timbulnya perubahan warna pada produk, terutama jika yang cukup lama.

Kemasan mempunyai peranan penting dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri. Kemasan selain berfungsi sebagai wadah atau tempat, juga berfungsi sebagai pelindung, sebagai penunjang cara penyimpanan dalam transportasi dan juga sebagai alat persaingan dalam pemasaran.

PERLENGKAPAN TEKNIS PRODUKSI

Boiler

Boiler digunakan untuk memanaskan air, sehingga menghasilkan uap. Alat ini dilengkapi dengan fasilitas: (1) burner untuk pemanas, (2) reservoir untuk mengisi air, (3) manometer untuk mengukur takaran, dan (4) pipa gelas untuk mengetahui ketinggian air di dalam boiler.

Burner berfungsi untuk menyemprotkan api melalui pipa di dalam ketel sehingga air yang ada di sekelilingnya akan menjadi panas dan menghasilkan uap. Bahan bakar boiler tersebut adalah solar.

Kompresor

Kompresor berfungsi untuk mengontrol gerakan yang terjadi di seluruh proses. Alat ini bekerja dengan sistem pneumatik dengan katup-katup yang sesuai sehingga dapat mengatur laju alir dan besarnya putaran pompa. Mekanisme kerja kompresor adalah dengan memantapkan udara sehingga memiliki tekanan yang tinggi. Udara yang sudah melewati kompresor akan mengalami dehumifikasi, yaitu penghilangan uap air dalam udara melalui proses pendinginan.

Tangki Pencampuran (*Slurry Tank*)

Tangki pencampuran digunakan untuk mencampur bahan baku, yaitu tapioka dan air. Tangki dilengkapi dengan alat pengaduk yang digerakkan oleh motor dan pipa untuk mengalirkan atau menghembuskan udara. Proses pencampuran perlu dikendalikan agar larutan tersebut benar-benar homogen dan memperkecil kerusakan motor akibat beban yang berlebihan. Setelah proses pencampuran dilakukan maka larutan dipindahkan ke *service tank* yang juga dilengkapi dengan alat pengaduk (*stirer*), pada tangki tersebut dimasukkan enzim *alfa amilase* dan dilakukan penyesuaian pH.

Tangki Dekolorisasi

Tangki dekolourisasi berguna untuk proses pemucatan, atau untuk menghilangkan kotoran dan warna yang tidak dikehendaki pada sirup glukosa. Tangki dekolourisasi berisi arang aktif, yang berguna sebagai bahan pembersih, yang akan mengikat dan mengumpulkan bahan-bahan anorganik dan organik selain komponen gula.

Penyaring Bertekanan

Penyaring bertekanan (*filter press*) digunakan untuk menyaring karbon dan kotoran sehingga sirup yang dihasilkan menjadi jernih. Prinsip kerja alat ini adalah, cairan hasil dari tangki karbon yang masih kotor dialirkan ke dalam lubang-lubang pada bingkai, dengan sendirinya cairan akan menekan kain saring pada bingkai-bingkai tersebut. Dengan demikian bahan tersebut akan tersaring dan kotoran akan melekat pada kain saring. Tekanan kerja alat filter press ini maksimum 3 kg/cm^2 . Jika proses filtrasi berjalan normal maka kecepatan aliran sirup 6 m^3 per jam.

Tangki Sakarifikasi

Tangki sakarifikasi terbuat dari baja putih yang dilapisi oleh serat gelas di bagian dalamnya sebagai isolator. Tangki dilengkapi dengan alat pengaduk,

digunakan sebagai tempat berlangsungnya proses pemecahan desktrin menjadi glukosa dengan menggunakan enzim glukamilase.

Mikrofilter

Mikrofilter terdiri atas enam kumparan penyaring yang berukuran 0,3 mikron. Alat bekerja berdasarkan tekanan, yaitu 3 kg/cm². Kegunaannya adalah untuk menyaring bakteri dan mikroorganisme lain yang masih terdapat pada hasil proses akhir.

Tangki Penukar Ion

Tangki penukar ion terdiri atas tiga tangki. Tangki pertama berisi kation, tangki kedua berisi resin anion, dan ketiga berisi kation dan anion (*mix bed tank*). Cara kerjanya adalah dengan melewati sirup pada masing-masing tangki sehingga ion-ion logam berbahaya dan ion-ion lain yang mengganggu proses berikutnya terikat oleh resin.

Apabila sudah terlalu banyak ion logam dan kotoran lain yang diikat oleh resin, maka kemampuan resin untuk mengikat ion lebih lanjut akan berkurang, karena itu perlu regenerasi resin. Sebelum regenerasi resin perlu dilakukan pencucian ulang terlebih dahulu untuk mengaduk kotoran-kotoran atau ion-ion yang terikat pada resin sehingga mempermudah proses pencucian.

Proses regenerasi ion sering mengakibatkan resin terbuang pada tahapan proses pencucian ulang, aliran air untuk pengadukan diatur agar resin yang hilang ditekan sekecil mungkin. Hilangnya resin akan mengakibatkan proses menjadi tidak sempurna dan tingginya biaya operasi.

Bahan kimia untuk regenerasi resin yang biasa digunakan pada industri produk adalah HCl untuk resin kation dan NaOH untuk resin anion. Apabila proses telah selesai, maka proses deionisasi sirup dapat dimulai.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 1985-2005. Produksi ubikayu dan penggunaannya. BPS. Jakarta.
- Bray, G.A., S.J. Nielsen, and B.M. Popkin. 2004. Commentary: consumption of high-fructose corn syrup in beverages may play a role in the epidemic of obesity. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(4):537-543.

- Hoover R. and H. Manuel. 1996. The effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of normal maize, waxy maize, dull waxy maize and amylomaize V starches. *J. Cereal Science*, 23:153-162.
- Howling, D. 1979. The general science and technology of glucose syrups. *In*: G.G. Birch. and K.J. Parker (*Eds.*). Sugar, science, and technology. Appl. Scie. Publ. Ltd.
- Norman, B.E. 1980. Enzyme technology in the manufacture of sugar from cereals. Academic Press, New York.
- Ophardt, C.E. 2003. Carbohydrates-corn syrup. Virtual chembook. Elmhurst College. <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/corn-syrup>
- Richana, N., Puji Lestari, Naili Chilmijati, dan Sri Widowati. 2000. Karakterisasi bahan berpati (tapioka, garut dan sagu) dan pemanfaatannya menjadi glukosa cair. Prosiding PATPI.
- Richana, N., Pujoyuwono M., dan A. Budiyo. 2007. Proses produksi tepung gula kasava dari pati ubikayu. Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Balitkabi. Malang.
- Richardson, P.H., R. Jeffcoat, and Y.C. Shi. 2000. High-amylose starches: from biosynthesis to their use as food ingredients. *MRS Bulletin/Dec 2000*. <http://www.mrs.org/publications/bulletin>.
- Tjokroadikoesoemo, P.S. 1986. HFS dan industri ubikayu lainnya. Gramedia. Jakarta.

Teknologi Produksi Bioetanol

N. Richana, E.R. Widjaja, dan Widjaja

PENDAHULUAN

Untuk mengantisipasi krisis energi, beberapa Negara di dunia berupaya mencari sumber energi alternatif terbarukan berupa bahan bakar nabati (BBN) atau bioenergi. Pemerintah Indonesia melalui Perpres No 5/2006 juga telah mengeluarkan kebijakan tentang energi nasional. Dalam hal ini BBN cair berupa biodiesel diupayakan untuk dapat mengganti solar dan bioetanol sebagai pengganti bensin.

Indonesia memiliki 60 jenis tanaman yang berpotensi menjadi sumber energi BBN. Biodiesel dapat diperoleh dari kelapa sawit, jarak, kelapa, kapuk dan tanaman lain yang mengandung minyak. Bioetanol dapat dihasilkan dari bahan bergula (molases, aren, dan nira lain), bahan berpati (ubikayu, ubijalar, jagung, sagu, dan aneka umbi lain), dan bahan berserat (lignoselulosa). Pada tahap awal Pemerintah memfokuskan pengembangan bioetanol dari ubikayu. Namun pengembangan selanjutnya tidak tertutup kemungkinan menggunakan bahan baku lainnya yang lebih murah dan mudah didapatkan tanpa bersaing dengan bahan pangan, pakan, maupun industri nonetanol.

Pada tahun 2010 target BBN berupa biodiesel 10% dari konsumsi solar (2,41 juta kilo liter), bioetanol 5-10% dari konsumsi premium untuk transportasi (1,48 juta kl), biokerosin 1 juta kl, dan pemanfaatan Pure Plant Oil (PPO) untuk pembangkit listrik 0,4 juta kl. Total pemanfaatan biofuel pada tahun 2010 ditargetkan ..% atau 5,29 juta kl.

Pada tahun 2025 target pemanfaatan biodiesel sebesar 20% (10,22 juta kl), bioetanol 15% (6,28 juta kl), biokerosin 4,07 juta kl, dan PPO 1,69 juta kl sehingga total pemanfaatan BBN sebesar 5% atau 22,26 juta kl. Untuk mencapai target tersebut, pemerintah mendorong membangun 1.000 desa mandiri energi. Target produksi bioetanol pada tahun 2025 untuk campuran premium 10% (E10) dan 20% (E20) masing-masing 5,8 juta kl dan 11,6 juta kl.

PROGRAM PENGGUNAAN BIOETANOL

Sejak akhir abad 20, para pencinta lingkungan menuntut penggunaan bahan bakar ramah lingkungan. Keinginan tersebut semakin menguat dengan

adanya kontaminasi udara perkotaan (emisi gas) yang semakin tinggi. Bahan bakar tersebut di antaranya adalah gasohol (gasoline + etanol). Namun etanol hanya layak diterapkan apabila harga *crude oil* 43 dolar AS per BBL. Pada tahun 2005 harga *crude oil* mencapai 64 dolar AS per BBL, bahkan pada akhir tahun 2007 mencapai 90-100 dolar AS per BBL. Keadaan ini makin mendorong penggunaan bahan bakar nabati.

Menyikapi hal tersebut Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral meminta Pertamina untuk menggunakan etanol sebagai *octane booster* pengganti timbel (Pb), dengan pertimbangan harga pokok etanol jauh di bawah harga pokok *gasoline*. Hal ini akan mengurangi ketergantungan pada impor BBM, terbukanya peluang bisnis, dan lapangan kerja. Pada tahun 2006 dikeluarkan Perpres No. 5/2006 tentang kebijakan energi nasional.

Program bahan bakar nabati (BBN) bioetanol pada tahap awal menggunakan ubikayu. Program ini akan berdampak terhadap peningkatan nilai tambah komoditas tersebut yang selanjutnya akan meningkatkan keuntungan petani. Ubikayu selama ini dianggap sebagai komoditas inferior. Dengan adanya penggunaan ubikayu sebagai bahan bakar nabati maka peran ubikayu akan semakin penting. Program pengembangan industri bioetanol diarahkan ke wilayah beriklim basah di Sumatera dan Kalimantan.

KARAKTERISTIK BIOETANOL

Bioetanol adalah etanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku hayati. Sedangkan etanol atau ethyl alkohol (C_2H_5OH) adalah senyawa organik golongan alkohol yang mengandung gugus hidroksil (OH) dengan rumus kimia CH_3CH_2OH . Etanol dapat diklasifikasikan berdasarkan bahan baku yang digunakan, proses produksi, dan pemanfaatannya:

1. Klasifikasi berdasarkan bahan baku dan proses produksi
 - a. Secara mikrobiologis menggunakan bahan baku berpati (jagung, ubikayu, ubijalar, dan aneka umbi lain), dan bahan mengandung gula (molases, tebu, sweet sorghum, aren, dan jenis palm lainnya), dan bahan berserat.
 - b. Secara sintetis menggunakan bahan baku antara lain minyak mentah dan gas. Saat ini produksi etanol sintetis kurang dari 5% dari total produksi.
2. Klasifikasi berdasarkan kandungan air
 - a. Etanol 95-96% (alkohol prima super, prima I, dan alkohol prima II).
 - b. Etanol 99,5% (anhydrous etanol) dengan kandungan air 0,05%.

3. Klasifikasi menurut pemanfaatannya

- Untuk industri (*industrial grade*), sebagai pelarut dalam pembuatan vernis, minyak wangi, iodium tincture, dan spiritus; untuk laboratorium sebagai pelarut senyawa bersifat polar; untuk bidang kedokteran sebagai bahan baku kloroform; dan iodoform.
- Untuk minuman beralkohol (*portable grade*).
- Untuk bahan bakar (*ethanol grade fuel*).

Ciri khas etanol adalah berbentuk cairan yang tidak berwarna dengan bau khas, dapat melarutkan zat organik, mudah menguap, titik didih 78°C, berat molekul 46,07, panas penguapan 204 kal/g, titik beku -144°C, panas pelarutan 24,9 kal/g, dan panas jenis 0,7939 g/ml.

Pemerintah melalui Dewan Standardisasi Nasional telah menetapkan standar mutu nasional bioetanol. Ada dua SNI untuk etanol yaitu SNI-06-3565-1994 untuk alkohol teknis yang tergolong etanol prima I dan etanol prima II (Tabel 1) dan SNI DT 27-001-2006 untuk alkohol bahan bakar.

Standar Nasional Indonesia untuk alkohol bahan bakar (*ethanol grade fuel*) telah disusun oleh Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB) yaitu SNI bioetanol terdenaturasi yang disahkan dengan nomor SNI DT 27-0001-2006, tanggal 27 Desember 2006 (Tabel 2).

Tabel 1. Standar mutu etanol berdasarkan Standar Industri Indonesia.

Parameter	Satuan	Etanol Prima I	Etanol Prima II
Kadar etanol	%v/v	96,1	95,0
Uji barbet	Menit, min	20	8
Minyak fusel	mg/l, maks	14	15
Keasaman (asam asetat)	mg/l, maks	12	30
Sisa penguapan 105°C	mg/l, maks	50	50
Melanol	%v/v	0,1	0,1
Aldehid	mg/l, maks	4	150
Logam berat	mg/l	0	0

Sumber: BSN (2006).

Tabel 2. Standar mutu bioetanol sebagai bahan bakar.

Parameter	Satuan	FGE
Kadar etanol	%-v, min	95,6 (sebelum denaturasi) 99,5 (setelah denaturasi)
Kadar melanol	mg/l, maks	300
Kadar air	%-v, maks	1
Kadar denaturan	%-v, min%-v, maks	25
Kadar tembaga (Cu)	mg/kg, maks	0,1
Keasaman (asam asetat)	mg/l, maks	30
Tampakan		Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran
Kadar ion klorida (Cl)	mg/l, maks	40
Kandungan belerang (S)	mg/l, maks	50
Kadar getah (gum)	mg/100 ml, maks	5,0
pH		6,5-9,0

Sumber: BSN (2006).

PROSPEK DAN POTENSI PENGEMBANGAN INDUSTRI BIOETANOL

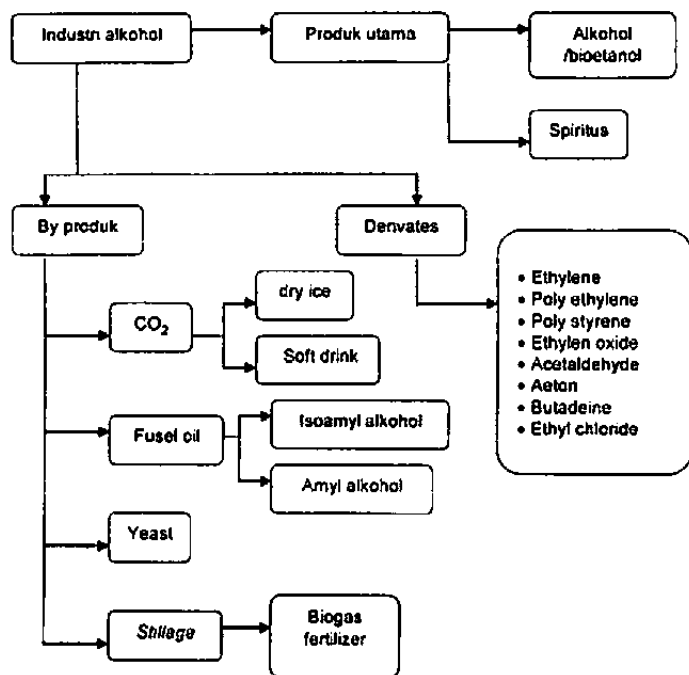
Manfaat Bioetanol

Industri bioetanol atau alkohol menghasilkan produk yang cukup banyak. Produk utama dari industri alkohol adalah alkohol atau bioetanol dan spiritus. Proses pengolahan bioetanol menghasilkan produk samping di antaranya CO₂, fusel oil, yeast, dan vinasse (Gambar 1).

Penggunaan bahan bakar minyak yang terus meningkat dibarengi oleh penurunan produksi BBM nasional 5,7%/tahun mengindikasikan ketersediaan minyak bumi semakin menipis. Kebutuhan yang terus meningkat yang diiringi oleh penyusutan suplai akan menyebabkan harga minyak bumi terus melambung yang akan mengganggu keseimbangan perekonomian dunia.

Bertolak dari kondisi tersebut, berbagai negara berupaya mencari sumber bahan bakar alternatif yang dapat mensubstitusi minyak bumi dalam pemakaian sehari-hari, terutama sebagai bahan bakar kendaraan bermotor dan industri. Salah satu alternatif yang potensial untuk dikembangkan adalah bioetanol (etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan berpati oleh mikroorganisme).

Konsumsi bioetanol dunia semakin meningkat karena banyak digunakan oleh industri maupun sebagai bahan bakar. Produksi bioetanol dunia untuk bahan bakar naik dari 19 juta kl pada tahun 2001 menjadi 31 juta kl pada tahun 2005, sehingga penggunaan BBM juga naik. Sebagai contoh



Gambar 1. Pohon industri etanol.

di Brasil, Kanada, dan Uni Eropa sekitar 63% dari produksi etanol digunakan sebagai bahan bakar. Di Asia, terutama Jepang dan Korea, sebagian besar etanol digunakan untuk bahan dasar industri turunannya dan bahan minuman. Di Cina, Thailand, dan India upaya peningkatan produksi etanol diarahkan untuk keperluan bahan bakar.

Penggunaan bioetanol sebagai substitusi minyak bumi untuk mesin pembakaran internal dapat dirunut sejak tahun 1890an. Penelitian penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar menguat kembali sejak 1970-an dengan pertimbangan ketersediaan bahan bakar minyak/fosil yang semakin menipis dan harganya terus melambung, di samping dampak lingkungan dari penggunaan BBM yang semakin memprihatinkan. Pada tahun 1997 lebih dari 13 juta ton bioetanol telah diproduksi untuk substitusi BBM di seluruh dunia. Brazil dan Amerika Serikat merupakan produsen terbesar. Brazil pada tahun 2003 telah mempromosikan secara besar-besaran kendaraan bermotor berbahan bakar alkohol, setelah pemerintah memutuskan kendaraan berbahan bakar etanol dikenai pajak 14%, sementara dengan bahan bakar bensin 16%. Brasil mampu mengembangkan *flex-fuel car*, kendaraan yang mampu mengonsumsi alkohol murni, bensin murni, atau bahkan keduanya. Pada saat tangki bahan

bakar diisi, sebuah *chip komputer* menganalisis dan mengukur takaran etanol dan bensin. Pada tahun 2004 produk tersebut berhasil merebut 17% dari total pangsa pasar otomotif dan pada tahun 2005 meningkat menjadi 53,6% (Republika 17 Februari 2006).

Banyak keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi. Faktor utama yang menjadi pertimbangan adalah pati sebagai substrat produksi bioetanol yang merupakan sumber energi terbarukan (*renewable resources*) berupa premium mix E10-E20 yang mempunyai kadar oktan lebih tinggi dibanding premium murni. Penggunaan bahan bakar etanol tidak memberikan tambahan karbondioksida pada lingkungan karena CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran etanol diserap kembali oleh tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari digunakan dalam proses fotosintesis. Bioetanol yang memiliki oktan tinggi dapat digunakan sebagai pengganti senyawa eter dan logam berat seperti Pb sebagai '*anti-knocking agent*' yang memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Penggunaan premium dengan oktan yang tinggi memperbaiki proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan emisi gas buang dari hasil pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor lebih baik. Keunggulan dari pemanfaatan bioetanol merupakan kekuatan internal yang dapat meningkatkan kinerja pengembangan industri bioetanol.

Kebutuhan Nasional

Laju pertumbuhan konsumsi bahan bakar nasional saat ini sangat tinggi, sekitar 6-7% per tahun, sedangkan laju konsumsi dunia hanya sekitar 2%. Cadangan minyak mentah nasional makin kecil, hanya sekitar 0,5% dari cadangan minyak mentah dunia. Pada akhir tahun 2004 konsumsi BBM nasional mencapai 1,35 juta barel/hari, sedangkan produksi hanya 1,0 juta barel/hari, sehingga 40% kebutuhan BBM harus diimpor. Tantangan ke depan adalah mengurangi impor BBM dan meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan, di antaranya bahan bakar hayati (bioetanol). Target substitusi bioetanol untuk premium dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perkiraan konsumsi BBM, target volume substitusi bioetanol, dan perkiraan ketersediaan bahan baku.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Kebutuhan premium (ribu KI)*	16.050	17.170	18.370	19.660	21.036	21.500
Volume bioetanol (ribu KI)		172 (1%)	735 (4%)	1.376 (7%)	2.100 (10%)	2.251 (10%)
Bahan baku ubikayu (ribu ton)		1.200	4.800	8.900	13.650	14.600

* Laju peningkatan konsumsi 7%/tahun.
Sumber: ESDM (2006).

Ketersediaan Bahan Baku

Substrat yang umum digunakan untuk fermentasi adalah sumber pati yang berasal dari jagung, gandum, ubikayu, aneka umbi, sagu, dan gula tebu (*molase*). Di Brasil, bahan baku yang digunakan adalah tebu, sedangkan di Amerika Serikat banyak digunakan jagung. Harga substrat yang cukup mahal menyebabkan harga etanol sebagai bahan bakar pengganti minyak masih cukup tinggi mengingat 60% dari biaya yang digunakan dalam sistem produksi etanol adalah biaya substrat.

Oleh karena itu, perlu dicari substrat alternatif yang murah dengan ketersediaan yang merata sepanjang tahun. Produk pertanian yang memenuhi kriteria tersebut di Indonesia adalah ubikayu yang siap dipanen harian sepanjang tahun, bila waktu tanamnya diatur. Ubikayu merupakan bahan berpati yang cukup tersedia di Indonesia. Selain produktivitasnya yang tinggi, ubikayu juga termasuk tanaman yang tidak terlalu membutuhkan tanah yang subur untuk dapat tumbuh dan berproduksi optimal. Pada lahan marginal dengan tingkat hara yang rendah, ubikayu masih dapat tumbuh dan menghasilkan pati dalam jumlah besar.

Produksi ubikayu di Indonesia cenderung meningkat dengan laju 3,5%/tahun. Lampung, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat adalah sentra utama ubikayu. Pada tahun 2000, produksi ubikayu di empat provinsi tersebut mencapai 70% dari produksi nasional (11,5 juta ton), sedangkan pada tahun 2004 meningkat menjadi 75% dari produksi nasional (14,5 juta ton). Dari keempat provinsi tersebut hanya Lampung yang agroekologinya sesuai untuk pengembangan industri. Berdasarkan keberhasilan Lampung sebagai sentra industri tapioka, maka tipologi wilayah Lampung dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengembangan industri berbahan baku ubi segar, di antaranya bioetanol. Produksi ubikayu di empat provinsi tersebut telah digunakan sebagai pangan dan bahan bakar industri nonetanol. Dengan demikian pengembangan industri bioetanol diarahkan ke daerah lain yang tipe agroekologinya sama dengan Lampung, yaitu

Tabel 4. Perkiraan hasil etanol dari sumber pati tanaman pangan.

Tanaman pangan	Etanol ^a (l/l)	Produktivitas (t/ha)	Umur panen (bulan)	Etanol (l/ha/tahun)
Ubikayu	180	40	9-11	7200
Jagung	385	6	3,5	4620
Ubijalar	142	20	4	5680
Sweet sorgum	76,7	6	4	920,4
Biji sorgum	389	4	3,5	3112
Talas	142	20	10	2840

^aPerhitungan berdasarkan konversi rasio etanol: 1,67 kg pati/ liter etanol (Wang 1983)

Kalimantan yang beriklim basah dan didukung leh ketersediaan lahan yang cukup luas.

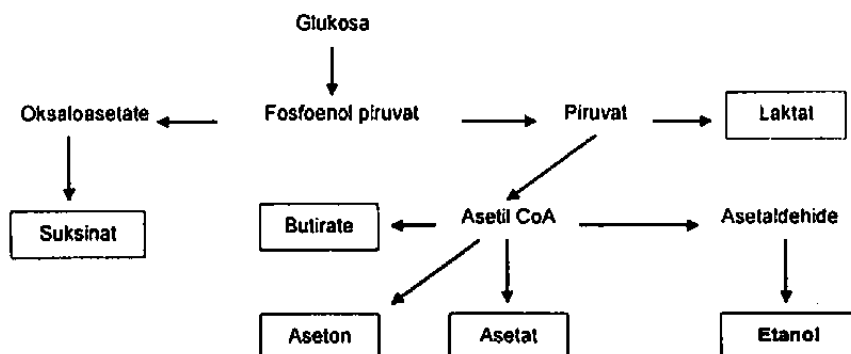
PROSES PRODUKSI

Etanol dapat dibuat dengan cara sintesis etilen atau melalui proses fermentasi. Memproduksi etanol dengan cara sintetis senyawa etilen (C_2H_4) dibantu dengan katalis asam sulfat dan pemanasan pada temperatur $70^\circ C$ pada tekanan 10 atm. Etanol juga dapat disintesis dari aldehyd melalui proses reduksi.

Proses produksi etanol melalui fermentasi gula menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* atau *Saccharomyces elipsoides*. Beberapa bakteri seperti *Zymomonas mobilis* diketahui memiliki kemampuan melakukan untuk fermentasi dalam memproduksi etanol.

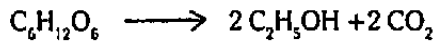
Teknik fermentasi untuk memproduksi bioetanol sampai saat ini nampaknya belum efisien dengan produktivitas yang masih rendah dan membutuhkan modal yang besar. Produksi biomasa yang rendah selama proses fermentasi dan pembentukan produk samping selain etanol menyebabkan efisiensi yang rendah. Piruvat sebagai produk hidrolisis glukosa terpecah ke dalam beberapa jalur biosintesis multiproduk (Gambar 2).

Untuk meningkatkan produktivitas etanol, perlu dilakukan optimasi kondisi yang dapat mengarahkan penggunaan piruvat menjadi etanol. Pendekatan yang dapat dilakukan antara lain mutagenesis, pemilihan substrat dan kondisi fermentasi yang optimum.



Gambar 2. Jalur biosintesis etanol dari glukosa.
(Sumber: Gokarn *et al.* 1997).

Secara teoritis, hidrolisis glukosa akan menghasilkan etanol dan karbondioksida. Perbandingan mol antara glukosa dan etanol dapat dilihat reaksi berikut ini:



Satu mol glukosa menghasilkan 2 mol etanol dan 2 mol karbondioksida, atau dengan perbandingan bobot tiap 180 g glukosa akan menghasilkan 90 g etanol. Oleh karena itu perlu diupayakan penggunaan substrat yang murah untuk dapat menekan biaya produksi etanol agar harga produknya bisa lebih murah.

Penyediaan Bahan Baku

Ubi Segar

Bahan baku yang digunakan adalah ubi segar atau pati ubi. Pati ubi tersusun sebagian besar oleh amilosa (pati) yang bisa difermentasi oleh bakteri atau *yeast* yang selama ini digunakan dalam proses produksi etanol. Pada fermentasi secara konvensional, pati diubah dulu menjadi glukosa melalui hidrolisis asam atau enzimatis untuk menghasilkan glukosa yang dapat digunakan oleh bakteri atau *S. cerevisiae* sebagai substrat untuk menghasilkan etanol. Pada sistem ini proses produksi etanol dipecah menjadi dua tahap yang berbeda pada tempat dan kondisi yang berbeda pula, yaitu hidrolisis pati menjadi glukosa dan fermentasi glukosa menjadi etanol.

Enzim (Alfa Amilase dan Amiloglukosidase)

Bioetanol dibuat dengan cara reaksi enzimatis bertingkat dari pati. Proses hidrolisis ubi segar menjadi glukosa terdiri atas dua tahap, yaitu likuifikasi dengan katalis enzim alfa amilase, dan sakarifikasi dengan katalis enzim amiloglukosidase.

Enzim alfa amilase merupakan enzim yang aktif dalam proses likuifikasi. Enzim ini diproduksi oleh NOVO. Aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH lingkungan dan setiap enzim umumnya mempunyai kisaran suhu dan pH optimum yang berbeda. Enzim liquizyme produksi NOVO mempunyai suhu optimum berturut-turut 103° dan 105°C dengan pH aktivitas 5-6,5 dan pH optimum 6,0 dan enzim akan stabil pada pH 5,5-9,5.

Cara kerja alfa amilase melalui dua taha. Tahap pertama, degradasi amilosa menjadi maltosa dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi sangat cepat dan diikuti menurunnya viskositas dengan cepat.

Tahap kedua relatif lambat, yaitu pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir secara tidak acak. Keduanya merupakan kerja enzim alfa amilase pada molekul amilosa saja. Kerja alfa amilase pada molekul amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa, dan berbagai jenis limit dekstrin, yaitu oligosakarida yang terdiri atas empat atau lebih residu gula yang semuanya mengandung ikatan alfa 1,6.

Enzim amiloglukosidase berperan dalam proses sakarifikasi dengan nama merk dagang *Dextrozyme*. Aktivitas enzim ini juga dipengaruhi oleh pH dan suhu, di mana pH dan suhu optimumnya masing-masing pada kisaran 4,5–5,0 dan 60°C. Enzim ini menghidrolisis ikatan 1,4 glikosida dari pati dan oligosakarida menjadi unit-unit glukosa. Kecepatan hidrolisis bergantung pada panjang rantai molekul, misalnya maltodekstroza dan oligosakarida dengan bobot molekul lebih tinggi akan dihidrolisis lebih cepat dari maltosa. Amiloglukosidase juga dapat menghidrolisis ikatan 1,6 glikosida.

Enzim yang akan digunakan dalam proses produksi sebaiknya ditampung terlebih dahulu pada tangki enzim, untuk memudahkan pengaturan dosis enzim.

Khamir

Khamir adalah mikroorganisme bersel tunggal dengan bentuk oval tidak beraturan, ukuran 5-20 mm (Paturau 1982), berbentuk bola (*spherical*), telur (*ogival*), silinder (*cylindrical*), segitiga (*triangular*), botol (*flask shaped*), dan apikulat (*apiculate*). Bentuk-bentuk tersebut sangat dipengaruhi oleh pembelahan selnya. Sel khamir sering dijumpai secara tunggal, tetapi bila tidak terlepas dari induknya setelah terjadi pembelahan sehingga akan terjadi bentuk *pseudomiselium*. Khamir tidak bergerak karena tidak mempunyai struktur tambahan di bagian luarnya seperti flagella. Khamir tumbuh pada media cair atau padat. Pembelahan selnya terjadi secara aseksual dengan pembentukan tunas (*budding*). Mula-mula tunas tumbuh kecil dari permukaan sel induk, kemudian secara bertahap membesar dan mencapai ukuran yang sama dengan induknya. Dengan terjadinya pengerutan sel induk maka tunas akan terlepas, sel baru terbentuk, dan selanjutnya memasuki tahap pertunasan.

Khamir tumbuh optimum pada suhu 25-30°C dan maksimum pada 35-47°C, pH 4-5. Batas minimal a_w untuk khamir biasa adalah 0,88-0,94, sedangkan untuk khamir osmotofilik lebih rendah yaitu 0,62-0,65, namun banyak juga khamir osmotofilik terhenti pertumbuhannya pada a_w 0,78 seperti pada larutan garam atau sirup gula. Paturau (1982) menyatakan bahwa fermentasi etanol membutuhkan waktu 30-72 jam, sementara menurut Prescott dan Dunn (1981) 3-7 hari.

Khamir memerlukan media dan lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur dasar yang dibutuhkan adalah karbon, hidrogen, oksigen, fosfor, potasium, zat besi, dan magnesium. Unsur mikro juga memegang peranan penting untuk pertumbuhan khamir. Karbon banyak diperoleh dari gula, sebagai sumber nitrogen dapat digunakan amonia, garam amonium, asam amino, peptida, pepton, nitrat atau urea, bergantung pada jenis khamir (Prescott dan Dunn 1981).

Maiorella (1982) menyebutkan bahwa seleksi khamir didasarkan kepada kemampuan menghasilkan etanol, waktu fermentasi, pertumbuhan khamir yang tinggi, toleransi terhadap tekanan osmosis, optimum pada kondisi pH rendah, suhu tinggi, tahan terhadap pengaruh perubahan kimia dan fisika. Pertumbuhan yang tinggi dan waktu fermentasi yang cepat menjadikan proses fermentasi dapat dilakukan dengan peralatan yang lebih sederhana. Toleransi terhadap konsentrasi etanol dan glukosa yang tinggi memberikan kemudahan dalam mengurangi energi dan penanganan *stillage*. Toleransi terhadap tekanan nilai pH yang rendah menghambat kontaminasi dari mikroorganisme lain. Toleransi terhadap suhu tinggi memudahkan teknik pendingin fermentor.

Dalam produksi etanol secara komersial masih digunakan jenis khamir *Sacharomyces* dan umumnya dari galur *S. cerevisiae* dan *S. uvarum* (Higgins *et al.* 1984), *Schizosaccharomyces pombe* dan *Kluyveromyces* sp. (Kosaric *et al.* 1982), *S. elipsoideus*, dan *S. fragilis* (Maiorella 1982).

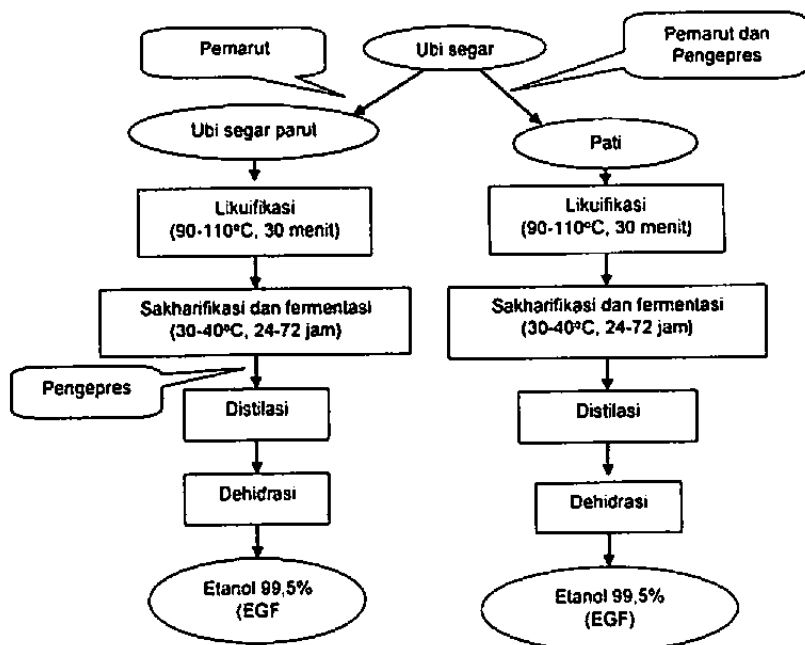
Fungsi utama dari khamir menghidrolisis glukosa menjadi etanol, karbon dioksida, dan energi. Glukosa dihasilkan dari tahapan likuifikasi dan sakarifikasi. Isolat khamir yang digunakan perlu diremajakan setiap saat dan lebih ekonomis kalau kultur mikrobial ini diproduksi sendiri. Dengan demikian perlu bahan pembantu untuk media pertumbuhan isolat tersebut.

Proses Produksi

Bioetanol dapat dibuat melalui beberapa tahap yaitu ekstraksi pati, likuifikasi, sakarifikasi, dan kultivasi menggunakan *Sacharomices cerevisiae*. Ekstraksi pati dilakukan dengan pamarutan, kemudian pengepresan.

Etanol dapat diproduksi dengan dua cara, yaitu dengan bahan baku ubi segar parut dan bahan baku pati ubi. Gambar 3 menunjukkan dua macam proses berdasarkan perbedaan bahan baku.

Proses produksi menggunakan alat yang sama yaitu pamarut dan pengepres, dengan kebutuhan fermentor dan destilator yang sama. Namun dari kedua proses tersebut ternyata volume kerja dan hasil per unit proses



Gambar 3. Proses produksi bioetanol dengan bahan baku ubi parut dan pati ubikayu.

tidak sama. Untuk bahan baku ubi segar parut, pada reaktor volume 1.000 l, hanya mampu memproses 400 kg ubi segar, yang menghasilkan etanol 80 l. Dari bahan baku pati dapat diproses 300 kg pati setara dengan 900-1200 kg ubi, yang menghasilkan 240 l etanol. Berdasarkan kemampuan tersebut, maka untuk skala besar (lebih dari 10.000 l per hari) lebih menguntungkan dengan memproses lebih dahulu ubi segar menjadi pati, namun memerlukan tambahan biaya untuk pengolahan ubi segar menjadi pati.

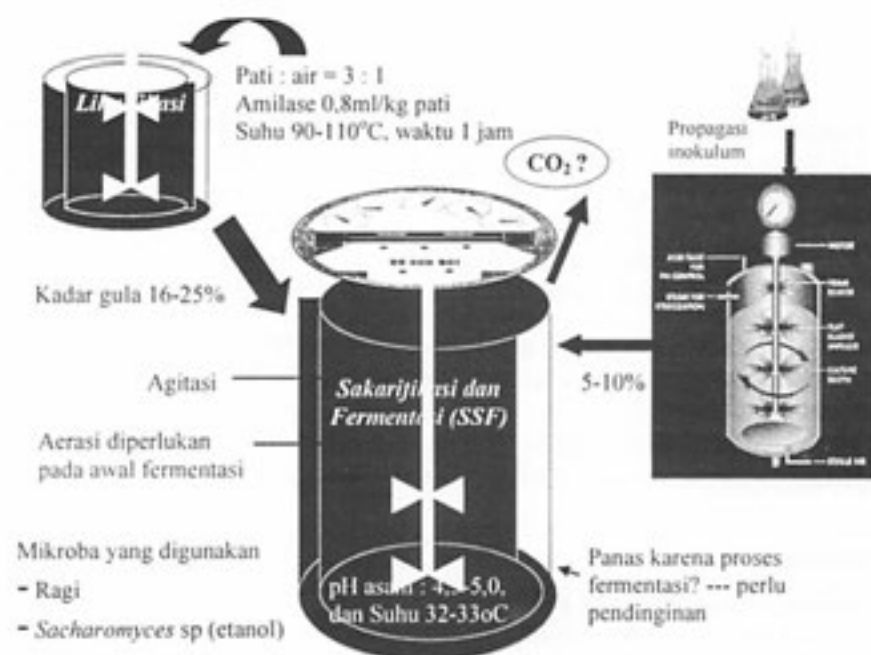
Proses likuifikasi dan sakarifikasi untuk mendapatkan glukosa dapat dilakukan dengan dua teknik yaitu teknik secara asam dan enzimatis. Hidrolisis secara asam menghasilkan derajat konversi pati menjadi glukosa yang lebih tinggi dibandingkan dengan hidrolisis secara enzimatis, namun hidrolisis enzimatis dapat dilakukan secara simultan dengan fermentasi.

Likuifikasi

Pembuatan suspensi ubi parutan dilakukan pada tangki pencampuran. Caranya dengan mencampurkan ubi parutan sebanyak dua kali jumlah air dan diaduk sampai homogen. Perbandingan jumlah ubi parutan dan air adalah 10 ton ubi parutan segar dan 5.000 l untuk tiap *batch*.

Dari tangki tersebut, suspensi ubi parutan dialirkan ke tangki penampungan (*service tank*), di mana suspensi ubi parutan dalam tangki diaduk lagi untuk mencapai kehomogenan yang maksimal. Selanjutnya, ke dalam tangki dimasukkan sejumlah enzim alfa amilase dengan takaran 0,8-1 ml/kg pati tapioka (Richana *et al.* 2007). Enzim berfungsi untuk menghidrolisis pati secara acak, memutus atom C agar tidak terjadi gumpalan pada saat pemanasan. Terhadap suspensi dalam tangki penampungan dilakukan pengaturan pH menjadi 6,2-6,4 dengan penambahan NaOH 21% dan CaCl_2 1% sebagai stabilisator pH. Kandungan Ca^{2+} dalam larutan tersebut berkisar antara 60–150 ppm.

Pemasakan suspensi ubi parutan dilakukan pada suhu 105°C. Pada proses pemasakan tersebut sudah terjadi proses dekstrinasi. Sumber pemanasan berasal dari *jet cooker*. Suspensi akan ditampung dalam tangki retensi dan pada saat itu dilakukan uji iod untuk mengetahui apakah pati yang terkandung sudah atau belum terdegradasi dengan sempurna. Pati yang masih mengandung amilosa akan berwarna biru, sedangkan pati yang telah terdegradasi menjadi dekstrin akan berwarna coklat kemerahan. Selain uji iod juga dilakukan uji terhadap pH dan nilai DE (*dextrose equivalent*), nilai pH yang diharapkan 4,0–4,6 dan nilai DE 8,0–14,0.



Gambar 4. Proses likuififikasi, sakarifikasi, dan fermentasi pati.

Sakarifikasi

Proses dengan cara tidak simultan berlangsung secara bertahap, yaitu sakarifikasi sampai menghasilkan glukosa, kemudian dilanjutkan dengan fermentasi. Pada proses sakarifikasi, larutan likuifikasi pati yang telah terdegradasi menjadi dekstrin diturunkan suhunya dari 105°C menjadi 60 °C dengan cara melewatkannya pada penukar panas (*heat exchanger*). Selanjutnya dimasukkan ke dalam tangki sakarifikasi dengan penambahan enzim amiloglukosidase. Enzim ini memecah rantai dekstrin menjadi glukosa. Kerja enzim dikondisikan pada pH 4,0–6,0, jika pH yang terjadi pada proses sakarifikasi lebih besar daripada nilai yang diharapkan maka ditambahkan HCl 18%.

Proses sakarifikasi membutuhkan waktu 48-76 jam, tetapi masih dapat dipersingkat sesuai target dengan penambahan lebih banyak enzim ke dalam suspensi sampai nilai Dx minimal 90,5%, DE minimal 98,0%, Cv (*color value*) minimal 60%, dan transmitten dan Bx 30-35. Selama proses berlangsung dilakukan agitasi untuk menghomogenkan enzim. Semakin rendah kandungan glukosa semakin tinggi dekstrin dan maltosena.

Sakarifikasi dan Fermentasi secara Simultan

Proses sakarifikasi dan fermentasi secara simultan dimulai dengan mengubah dekstrin menjadi gula dengan bantuan enzim glukoamilase, gula yang terbentuk secara simultan difermentasi menjadi etanol dan CO₂ dengan bantuan khamir. Proses tersebut sering disebut *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF).

Fermentasi

Fermentasi merupakan proses biokimia dan tahap paling kritis dalam produksi etanol, di mana mikroorganisme yang berperan dalam fermentasi akan menghasilkan enzim yang mampu mengkonversi substrat menjadi etanol. Substrat yang digunakan adalah bahan bergula dengan enam atom C. Faktor utama yang berpengaruh terhadap *yield* produk dan efisiensi fermentasi meliputi kondisi fisik inokulum, faktor lingkungan selama fermentasi, dan mutu substrat. Kondisi fisik inokulum sesuai dengan kondisi pertumbuhan optimal mikroba spesifik yang digunakan. Kondisi lingkungan yang banyak berpengaruh adalah pH, suhu, kapasitas buffer, kontaminan, konsentrasi substrat, kandungan alkohol, jenis khamir, suplai oksigen, dan agitasi.

Penggunaan substrat yang berlebihan dapat menghambat kinerja khamir. *Saccharomyces* sp. mampu tumbuh dengan optimal dan mengkonsumsi semua gula pada substrat dengan konsentrasi 16-24% dan akan diperoleh etanol 8-12% (Stark 1954).

Proses fermentasi diawali dengan proses pembiakan khamir (*seeding*). Khamir dalam kultur stok dipindahkan ke medium *yeast malt* padat (agar miring) dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 30°C. Setelah itu ditumbuhkan pada medium *yeast malt* cair dengan volume 100 ml selama 24 jam. Tahap berikutnya adalah inokulasi *yeast* ke dalam fermentor 2 liter selama 24 jam. Starter tersebut selanjutnya diinkubasi pada tangki *seeding*.

Pada tangki *seeding* digunakan substrat glukosa sebanyak 5-7%, dengan nutrisi pupuk NPK (0,04%) dan 0,15% ZA (amonium sulfat). Paturau (1982) menyatakan bahwa urea yang ditambahkan sebagai sumber nitrogen berkisar antara 70-400 g/100 l media. Menurut Maiorella (1983), penambahan urea berkisar antara 60-400 g/1000 l media.

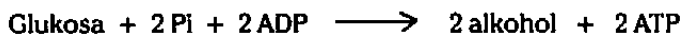
Proses *seeding* berlangsung selama 24 jam dengan kondisi 32°C, agitasi 100 rpm dan diberikan aerasi 0,4 vvm, sampai jumlah sel diperkirakan $1,0 \times 10^8$ sel/ml. Khamir akan mengonsumsi substrat dan nutrisi dengan mengkonversi glukosa sebagai sumber karbon. Pada pembentukan atau pertumbuhan sel ini, fermentasi berlangsung secara aerobik, yaitu adanya oksigen yang disuplai dengan aerasi. Selain itu juga diberikan agitasi supaya khamir dapat tersuspensi secara homogen dalam media. Konsumsi oksigen bergantung pada sumber karbon yang diberikan dan efisiensi penggunaan oleh khamir. Biasanya agitasi dilakukan dengan pengaduk jenis *flat blade propeller*, sedangkan aerasi disuplai dengan *sparger* udara.

Selanjutnya *seeding* yang telah difermentasi selama 24 jam dituang ke dalam substrat hasil sakarifikasi. Pada awal pencampuran dilakukan agitasi dengan *off-center turbin* pada 60 rpm dan aerasi dengan *sparger* udara berlaju alir 1 vvm. Perlakuan agitasi dan aerasi bertujuan untuk homogenisasi dan mensuplai oksigen bagi khamir, sehingga menunjang proses fermentasi aerobik yang mengkonversi glukosa menjadi energi untuk pertumbuhan mikroba.

Setelah fermentasi aerobik selesai, dilanjutkan dengan fermentasi anaerobik, tanpa suplai oksigen dan tanpa agitasi. Fermentasi ini merupakan proses konversi glukosa menjadi etanol dengan bantuan enzim *zymase* yang terbentuk selama proses berlangsung. Kondisi fermentasi dipertahankan pada pH 5-5,5, suhu 32°C, dan berlangsung selama 48-56 jam. Selama proses fermentasi berlangsung akan dihasilkan gas karbondioksida. Menurut Rose (1987), fermentasi glukosa ini berjalan lebih cepat dan spontan karena sifatnya yang fermentatif. Hal ini akan menimbulkan panas yang menyebabkan suhu fermentor terus meningkat.

Fermentasi anaerobik berjalan sesuai biosintesis *Embden-Meyerhof Pathway (EMP)*, yaitu reaksi konversi glukosa menjadi asam piruvat yang kemudian dapat diubah menjadi berbagai produk (etanol, asam laktat, asam

format, asam asetat, asam propionat, isopropanol, asam butirat, butanol, dan sebagainya). Selama proses berlangsung, dua molekul ATP diubah menjadi ADP. Selanjutnya ATP diregenerasi menjadi ADP, sehingga pada akhir proses fermentasi dihasilkan dua mol ATP.



Senyawa ATP yang dihasilkan dari jalur anaerobik ini membutuhkan dua mol senyawa fosfat sebagai nutrisi untuk setiap mol glukosa yang mengalami metabolisme. Sumber senyawa fosfat bebas ini berasal dari reaksi-reaksi yang mengkonsumsi ATP dan mengeluarkan senyawa monophosphat. Senyawa ATP yang dihasilkan merupakan energi tinggi yang melepaskan panas ke lingkungan, sehingga suhu fermentasi berangsur-angsur meningkat.

Destilasi

Destilasi merupakan proses pemisahan dan pemurnian produk dari hasil fermentasi etanol. Hasil fermentasi selanjutnya didestilasi untuk memisahkan etanol dengan larutan lainnya. Maiorella (1982) menyatakan bahwa pemurnian etanol merupakan bagian yang banyak memerlukan energi. Sekitar 50% energi total fermentasi digunakan untuk proses destilasi.

Cairan hasil fermentasi mengandung 6,5-12% (v/v) etanol. Untuk mendapatkan etanol 95% v/v perlu dilakukan pemekatan pada kolom konsentrasi dalam unit destilasi. Destilasi merupakan proses pemisahan campuran antara dua atau lebih cairan berdasarkan perbedaan fase antardua cairan, yaitu volatilitas relatif dan perbedaan titik didih. Menurut Geankoplis (1983), proses destilasi yang dilakukan pada beberapa industri dapat melibatkan dua komponen. Prinsip umum distilasi kolom adalah multikomponen, masing-masing komponen dalam campuran dalam satu keseimbangan massa.

Proses destilasi dapat berjalan sempurna jika digunakan sistem destilasi bertingkat dengan refluks (fraksionasi/rektifikasi), yang terdiri atas dua atau lebih kolom destilasi. Masing-masing kolom memurnikan etanol secara bertahap. Hasil fermentasi didestilasi dalam kolom penyuling dan alkohol diproduksi dalam kolom *rectifying*. Baik pada kolom penyuling maupun kolom *rectifying*, biasanya digunakan *bubble plate type* (Paturau 1982).

Etanol merupakan cairan yang bersifat *azeotropik* dengan air. Menurut Winston (1980), untuk memperoleh alkohol (etanol) yang bebas air (99,5%), azeotrop harus dipisahkan. Metode yang biasa digunakan dalam pemisahan ini adalah destilasi azeotrop, desiccant kimiawi, dan filtrasi molekuler.

Destilasi azeotrop dapat dilakukan pada kolom destilasi berefluks dengan penambahan bahan pelarut, seperti benzene atau n-heksana. Dengan penambahan bahan pelarut tersebut, azeotrop dapat dipisahkan dalam campuran dengan pemanasan pada proses destilasi sampai diperoleh etanol yang lebih murni (Hawley dan Gessner 1981).

Penggunaan *desiccant* bahan kimia bertujuan untuk memudahkan pemisahan etanol dengan kandungan air yang bersifat azeotrop. Bahan kimia ini bereaksi dengan air dan tidak bereaksi (inert) terhadap alkohol. Menurut Winston (1980), bahan yang biasa digunakan adalah kalsium oksida (CaO), yang bereaksi dengan air dan menghasilkan panas yang dipertahankan pada sistem.

Pemisahan azeotrop air-etanol juga dapat dilakukan menggunakan metode filtrasi molekuler dengan bahan filter kristal aluminium silika. Kristal tersebut mempunyai susunan kompak yang dapat mengabsorpsi air karena mempunyai pori-pori yang lebih besar dari molekul air dan lebih kecil dari molekul alkohol. Dengan demikian molekul air terikat dengan kristal sampai mencapai tingkat jenuh (tidak dapat menyerap lagi). Etanol yang telah dipisahkan kemudian dimampatkan pada kolom konsentrasi dan air yang terikat pada kristal dapat dihilangkan melalui evaporasi, sehingga kristal aluminium silika tersebut dapat dimanfaatkan kembali.

Produk Samping

Selama proses fermentasi dan destilasi terdapat sejumlah produk samping. Proses bioetanol menggunakan bahan dasar ubikayu mempunyai hasil samping dan limbah yang lebih sederhana dibanding bahan baku molasses. Hasil samping yang dihasilkan di antaranya adalah:

Karbon Dioksida (CO_2)

Karbon dioksida diproduksi selama proses fermentasi sebanyak 46,6 kg CO_2 per 100 kg gula terfermentasi. Dari jumlah itu hanya 80-85% berhasil dimanfaatkan. Hal yang harus dilakukan dalam pemanfaatannya pertama kali adalah mencuci CO_2 , menghilangkan bau yang ada, mengeringkannya sebelum ditekan dengan tekanan 70.000 Kpa, dan dikondensasikan menjadi CO_2 cair (Paturau 1982).

Dari setiap satu meter kubik (1.000 l) etanol yang dibentuk, 760 kg di antaranya berupa CO_2 yang dilepaskan dari fermentasi. Dari hasil tersebut sekitar 70-80% dapat diambil dengan sistem tertutup. Gas CO_2 digunakan dalam minuman soda karbonat, liquid CO_2 , dan *dry ice* (Kosaric *et al.* 1983). Gas CO_2 dapat dipadatkan menjadi es kering dan digunakan untuk refrigeran pada mesin pendinginan.

Stillage

Stillage terdiri atas bahan volatile yang diperoleh setelah proses destilasi, berkisar antara 7-10% padatan. Tingginya nilai *biological oxygen demand* (BOD) menjadi masalah yang cukup serius dalam penanganannya. Stillage mempunyai nilai BOD yang tinggi, antara 40.000-50.000 ppm pada 12 -13°C dan mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi (7,5 g/ml).

Menurut Paturau (1982) terdapat tiga metode yang sudah banyak dilakukan dalam penanganan stillage, yaitu:

- a. Penanganan aerobik konvensional menggunakan lumpur
- b. Penanganan dengan sistem anaerobik untuk produk metan dan pupuk
- c. Penggunaan metode evaporasi, sehingga stillage dapat digunakan sebagai pakan dan pupuk

Stillage terdiri atas bahan nonvolatile yang diperoleh setelah proses destilasi. Sampai saat ini stillage yang dihasilkan dari produksi etanol dengan bahan baku molasses digunakan langsung sebagai pupuk dan irigasi atau produksi biomassa mikrobial untuk pakan ternak dengan *Candida utilis* atau untuk pembuatan pupuk dan metan melalui proses degradasi anaerobik (Kosaric *et al.* 1983).

Menurut Maiorella (1982), stillage dapat dikeringkan untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak, pembuatan PST (Protein Sel Tunggal) dengan menggunakan *Candida utilis*, untuk pembuatan metan dan irigasi pertanian, pupuk, dan pembakaran.

Perlengkapan Teknis Produksi

Peralatan untuk Pembuatan Pati dari Ubi Segar

Sebelum masuk ke produksi etanol maka dilakukan ekstraksi pati dari ubi (pembuatan tapioka). Alat yang diperlukan adalah pengupas ubikayu, pamarut, dan pengepres. Hasil pengepresan berupa larutan pati biasanya dialirkan ke dalam parit pengendapan untuk dekantasi, sehingga pati mengendap. Setelah semalam, air bening dibuang dan pati basah diambil untuk dikeringkan. Apabila dalam pembuatan pati dilakukan produser bioetanol maka pati basah langsung dimasukkan ke dalam tangki likuifikasi dan sakarifikasi.

Tangki Likuifikasi dan Sakarifikasi

Tangki pada Gambar 5 digunakan untuk mencampur bahan baku berupa tapioka dan air. Tangki dilengkapi dengan alat pengaduk yang digerakkan



Gambar 5. Tangki likuifikasi dan sakarifikasi skala *pilot plant* (A. 80 l dan B 250 l). Peralatan di Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian.

oleh motor. Pengendalian proses pencampuran dilakukan agar larutan tersebut benar-benar homogen dan memperkecil kerusakan motor akibat beban yang berlebihan. Pada tangki tersebut enzim *alfa amilase* dimasukkan dan dilakukan penyesuaian pH. Tangki dilengkapi dengan pengatur suhu. Pemanasan dilakukan dengan bahan bakar gas, minyak tanah, atau bahan bakar lainnya.

Tangki reaktor ini berfungsi sebagai pencampur bahan baku, likuifikasi (*alfa amilase*), proses sakarifikasi, dan fermentasi. Pencampuran bahan baku dan likuifikasi dilakukan pada suhu 100°C, kemudian dilanjutkan sakarifikasi dan fermentasi pada suhu 60°C selama 5 jam, dan seterusnya pada suhu kamar.

Tangki sakarifikasi dan likuifikasi untuk skala *pilot plant* 80 l mempunyai desain terbuka sehingga kenaikan suhu karena proses fermentasi tidak banyak berpengaruh. Untuk skala 250 l kenaikan suhu fermentasi harus selalu diperiksa, dan apabila suhu naik lebih dari 35°C maka dilakukan penambahan air pendingin pada bagian luarnya. Reaktor tertutup ini dapat digunakan untuk memproduksi CO₂. Selama berlangsungnya fermentasi, CO₂ yang dihasilkan dalam reaktor tertutup akan keluar melalui slang kecil yang kemudian dapat ditampung. Sedangkan untuk reaktor yang terbuka CO₂ akan keluar ke udara.

Alat Destilasi

Proses destilasi dilakukan dengan cara mendidihkan campuran etanol dan air. Etanol mempunyai titik didih yang lebih rendah (78°C) dibandingkan dengan air (100°C), sehingga etanol akan menguap terlebih dahulu dibandingkan dengan air, dan selanjutnya uap etanol dikondensasi.

Secara umum terdapat dua tipe destiler, yaitu pot destiller dan kolom destiler. Pot destiller digunakan untuk pembuatan minuman keras di mana aroma sangat dipentingkan. Kolom destiler lebih banyak digunakan pada industri kecil sampai besar, baik pada proses tipe kontinu maupun tipe *batch*.

Pot destiller terdiri atas boiler, kondenser, dan lengan penghubung boiler dan kondenser. Kelemahan pot destiler adalah output kurang murni. Destiler tipe ini biasa digunakan untuk memisahkan kandungan bahan-bahan yang titik didihnya berbeda 100°C . Untuk mendapatkan campuran yang lebih murni, diperlukan beberapa kali proses destilasi. Proses re-distilasi memerlukan *set-up* peralatan, dengan demikian proses destilasi dengan cara ini kurang efisien.

Cara kerja destiler tipe kolom memperhatikan prinsip termodinamika. Destiller terdiri atas boiler, kolom penguapan, dan kondenser. Kolom penguapan merupakan sebuah tabung di mana di dalamnya terdapat satu atau beberapa lempengan yang berfungsi untuk memperluas area permukaan kontak campuran uap-cairan. Uap yang dihasilkan oleh pemanasan akan menyentuh area kolom di mana tekanan dan suhu akan membantu terbentuknya penguapan etanol. Uap kemudian dikondensasi dan sebagian fase cair yang tertekan akan kembali ke boiler. Pemanasan pada boiler mengakibatkan suhu meningkat, sehingga cairan mendidih kembali dan fraksi uap-cairan kembali menyentuh kolom, dan selanjutnya fraksi uap terkondensasi. Karena proses ini terjadi secara kontinu, campuran terdestilasi berulang pada kolom, berarti proses ini lebih efektif.

Packing bed distiller merupakan pengembangan dari destiler tipe kolom. Pada kolom destiler diberi bahan pengisi (*scrubber*) yang berfungsi seperti lempengan pada destiler tipe kolom. Fungsinya untuk memperluas area permukaan kontak campuran uap cairan dan memperbesar tekanan uap campuran, tanpa harus memperpanjang ukuran kolom. Bahan pengisi atau *scrubber* sebaiknya dari materi tahan karat mengingat bahan tersebut kontak dengan uap air. Bahan-bahan *scrubber* dapat dibeli di pasaran seperti *raschig ring*, *stainless steel wool*, dan *marble*.

Tipe destiler hasil rekayasa BBP Mekanisasi Pertanian untuk skala *pilot plant* mengadopsi tipe *packing bed destiller*, di mana bahan pengisinya menggunakan *stainless steel wool scrubber* (Gambar 6). Prinsip kerjanya



Gambar 6. Destiller tipe packing bed (Alat di Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian).

adalah pemanasan campuran air etanol yang mengakibatkan uap campuran melewati scrubber, yang selain berfungsi memperbesar tekanan uap campuran juga memperluas area permukaan kontak uap campuran. Uap melewati scrubber, kemudian melewati pipa kondensor, sehingga uap terkondensasi.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 1986-2005. Produksi ubikayu nasional. BPS. Jakarta.
BSN. 2006. SNI ethanol grade fuel. BSN. Jakarta.

- ESDM. 2006. Produksi dan permintaan BBM. Dep. ESDM. Jakarta.
- Geankoplis, C.J. 1983. Transport process and unit operation. 2nd ed. Allyn Bacon Inc., Boston.
- Gokarn, R.R., M.A. Eltman, and J. Sridhar. 1997. Production of succinate by anaerobic microorganisms in fuels and chemicals from biomass. B.C. Saha and J. Woodward (*eds.*) American Chemical Society. Washington-DC. p:237-263.
- Hawley and G. Gessner. 1981. The condensed chemical dictionary. Reinhold Co., New York.
- Higgins, I.J., D.J. Best, and J. Jones. 1984. Biotechnology principle and applications. Blackwell Scientific Publication, London.
- Kosaric, N., A Wleczorek, G.P. Cosentino, R.J. Magee, and J.E. Prenosil. 1982. Etanol fermentation. *In*: Rehm and Reed (*Eds.*). Biotechnology. Vol 3. Verlag Chemie, Weinheim.
- Maiorella, B.L. 1982. Etanol. *In*: Blach *et al.* (*Eds.*). Comprehensive biotechnology. Pergamon Press, New York.
- Paturau, J.M. 1982. By product of the sugar cane industry. Elsevier Publ. Co. Amsterdam.
- Presscot, S.C. and C.G. Dunn. 1981. Industrial microbiology. Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Richana, N., M. Pujoyuwono, dan A. Budiyanto. 2007. Proses produksi tepung gula kasava dari pati ubikayu. Prosiding seminar. Peningkatan produksi kacang-kacangan dan umbi-umbian mendukung kemandirian pangan.
- Rose, A.H. 1987. Microbial technology. Reinhold, New York.
- Stark, W.H. 1954. Alcoholic fermentation of grain. *In*: Industrial fermentation. Underkofler. Vol. 1. Chemical Publ. Co. Inc., New York.
- Wang, J. 1983. Taro-a review of colocasia esculenta and its potentials. University of Hawaian Press. Honolulu.
- Winston, S.J. 1980. Ethanol fuel: Use, production principles and economic. Solar Energy Research Institute, Idaho Falls.

Bab 5

Diversifikasi Pangan dan Gizi

Sebagai sumber kalori, ubikayu berkadar gizi makro yang setara dengan beras, sedangkan kadar gizi mikronya lebih baik dibanding padi. Dengan demikian ubikayu merupakan bahan pangan pokok potensial sebagai pengganti atau substitusi beras.

Ubikayu dapat diolah untuk menjadi produk pangan siap olah, cepat saji, siap santap, dan telah lama dikenal sebagai bahan pangan. Oleh karena itu, diversifikasi pangan berbasis ubikayu merupakan salah satu solusi yang realistis untuk mengatasi defisit pasokan beras domestik.

Kontribusi ubikayu dalam menu harian rumah tangga antardaerah sangat beragam, berkisar antara 0,01-100%. Sebenarnya, kadar gizi mikro ubikayu lebih tinggi dari beras, tetapi masih banyak masyarakat yang menderita kekurangan gizi. Hal ini salah satu bukti belum berkembangnya diversifikasi pangan. Ubikayu sebagai sumber kalori alternatif memiliki beberapa kelebihan, antara lain (1) mengandung lemak, kalsium, zat besi, vitamin A dan C, jika tepung ubikayu dicampur dengan 18% tepung kedelai menghasilkan pangan yang bergizi tinggi dan lengkap dibandingkan dengan beras; (2) harganya terjangkau oleh semua lapisan masyarakat; dan (3) mampu berproduksi pada lahan marginal, sehingga dapat terdistribusi secara merata di seluruh wilayah.

Ubikayu mempunyai sifat fungsional dan nilai gizi yang lebih baik dari beras dengan proporsi yang sesuai dengan angka

kecukupan gizi untuk orang dewasa. Secara fungsional, ubi segar berkadar serat pangan larut dan daya cerna pati lebih tinggi dari beras, sehingga dapat mengurangi fungsi insulin dan mencegah timbulnya penyakit pada organ pencernaan. Ubi segar juga menghasilkan indeks glemik yang rendah dalam darah sehingga cocok dikonsumsi oleh penderita diabetes.

Diversifikasi Pangan Berbasis Ubikayu

Joni S. Munarso dan Misklyah

PENDAHULUAN

Diversifikasi pangan dapat diartikan sebagai proses pemilihan pangan yang tidak bergantung pada satu jenis sumber pangan, tetapi bermacam-macam bahan pangan lokal potensial berdasarkan aspek produksi, sosial budaya, pengolahan, distribusi, dan kecukupan gizi dalam menu di tingkat rumah tangga. Penganekaragaman pangan penting artinya bagi ketahanan pangan nasional.

Gerakan nasional untuk meningkatkan ketahanan pangan melalui peningkatan produksi dan diversifikasi mengharuskan petani tidak hanya memproduksi padi saja tetapi juga aneka sumber bahan pangan lainnya. Di sisi lain diversifikasi bahan pangan sangat terkait dengan kemampuan nilai tukar pertanian (NTP). Artinya kalau NTP-nya menjanjikan keunggulan komparatif, petani akan lebih giat mengupayakan diversifikasi, begitu juga sebaliknya. Keterkaitan NTP dengan diversifikasi tidak terlepas dari kebijakan impor beras pada saat produksi dalam negeri di bawah kebutuhan.

Diversifikasi pangan di daerah yang pasokan berasnya defisit merupakan kebijakan yang realitis untuk memantapkan ketahanan pangan. Diversifikasi pangan berupa sumber protein, mineral, dan vitamin telah berhasil dengan dikonsumsi berbagai bahan pangan. Namun diversifikasi pangan karbohidrat, yang merupakan bagian terbesar pangan yang dikonsumsi masyarakat, masih sukar dilaksanakan. Hal ini disebabkan oleh pola pangan sebagian besar masyarakat yang masih tradisional yang mengutamakan makanan berbasis beras (nasi) yang diwariskan oleh nenek moyang. Akibatnya masyarakat yang biasa makan nasi tidak merasa kenyang sebelum makan nasi sebagai sumber karbohidrat. Demikian juga masyarakat yang dalam kesehariannya biasa makan jagung, ubikayu, sagu, atau ubijalar, secara psikologis dan kultural sebenarnya masih mempunyai keinginan untuk menikmati dan meneruskan tradisi mengonsumsi jenis makanan tersebut, namun mengalami perubahan karena terdorong oleh pergeseran status sosial dan status bahan pangan yang menuju pada pemilihan bahan pangan pokok beras. Kondisi tersebut mengakibatkan bertambahnya permintaan akan beras dan menurunnya konsumsi bahan pangan karbohidrat alternatif seperti jagung, ubijalar, sagu, ubikayu, dan kentang.

Produksi padi yang hanya terkonsentrasi pada wilayah dengan lahan sawah yang luas merupakan salah satu penyebab tidak tersedianya beras bagi setiap rumah tangga dengan kriteria terjangkau dan murah. Di wilayah yang didominasi oleh lahan kering umumnya tanaman ubikayu juga dominan, sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai wilayah pengembangan diversifikasi pangan berdasarkan aspek produksi.

Produksi ubikayu terus meningkat dengan pertumbuhan tahunan yang semakin tinggi, dengan laju per tahun 1,16% dalam periode 1986-1995 dan 2,49% per tahun dalam periode 1996-2005. Produksi ubikayu yang digunakan untuk pangan pada tahun 2005 sekitar 71% dengan laju pertumbuhan 3,63% per tahun dalam periode 1996-2005 (Susenas 1996-2005). Kondisi tersebut memberikan gambaran bahwa diversifikasi perlu didukung oleh peningkatan produksi yang pertumbuhannya pada kurun waktu yang sama hanya 2,49%/tahun (BPS 1996-2005). Dengan demikian penggunaan ubikayu sebagai pangan pokok oleh masyarakat di wilayah defisit pasokan beras atau wilayah yang telah melaksanakan diversifikasi berbaris ubikayu di wilayah surplus beras perlu didukung oleh peningkatan produksi ubikayu dengan pertumbuhan minimal 3,63%/tahun agar ketersediaannya terjamin. Wilayah defisit pasokan beras untuk pangan yang produksi ubikayunya harus ditingkatkan dengan laju pertumbuhan 3,63% per tahun atau lebih adalah Riau, Jambi, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Barat, Kalimantan Tengah, Sulawesi Tenggara, Maluku, dan Papua. Wilayah surplus beras tetapi masyarakatnya telah melaksanakan diversifikasi pangan berbasis ubikayu yang produksinya perlu ditingkatkan dengan laju pertumbuhan minimal 3,63% per tahun adalah Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Tengah, Yogyakarta, Jawa Timur, dan Kalimantan Selatan. Agar ubikayu dalam diversifikasi pangan terjangkau oleh setiap rumah tangga secara merata perlu didukung oleh sistem distribusi yang memadai di setiap wilayah.

Aspek Sosial-Budaya

Ditinjau dari aspek sosial budaya, beras sudah sejak lama menjadi pangan pokok utama masyarakat keraton dan mempunyai makna ritual dan status sosial yang tinggi. Karena itu, petani yang berpendapatan rendah berupaya untuk mengkonsumsi beras agar strata sosialnya meningkat dan tidak kehilangan makna ritual. Peran beras yang semakin strategis menjadi pemicu kebijakan swasembada pangan yang bias terhadap beras. Program swasembada beras memberikan dampak yang kurang menguntungkan bagi masyarakat di wilayah tertentu yang mengkonsumsi karbohidrat nonberas sebagai makanan pokok. Dampak negatif kebijakan tersebut terhadap aspek sosial budaya, ekonomi, dan politik, adalah (1) bahan pangan lokal nonpadi tergeser, (2) peningkatan eksploitasi diprioritaskan

pada lahan penghasil beras, (3) fasilitas terhadap pangan nonpadi tergeser, dan (4) usahatani, keterampilan sumber daya manusia, pengolahan hasil pangan nonpadi juga tergeser.

Penggunaan ubikayu sebagai pangan pokok telah membudaya di beberapa daerah karena terkait dengan aspek ritual seperti yang terjadi pada masyarakat purba di negara asal ubikayu ribuan tahun sebelum Masehi (Alem 2002). Masyarakat di Jawa mengenal budaya puasa ngrowot, yaitu puasa makan kecuali makanan yang berasal dari umbi-umbian. Hal ini sebenarnya merupakan implementasi dari sikap prihatin dalam menjalankan kehidupannya, tidak berlebihan dan *nrimo* (apa adanya), namun masih tetap bisa melakukan aktivitas secara produktif. Berdasarkan aspek kesehatan, cara tersebut bermanfaat bagi penderita diabetes karena indeks glikemik ubikayu rendah dan daya cerna pati tinggi.

Pemilihan ubikayu sebagai sebagai sumber karbohidrat alternatif memerlukan kerja keras. Hal ini berkaitan dengan citra ubikayu yang sering dikaitkan dengan makanan masyarakat miskin. Sebagian besar masyarakat yang menjadikan ubikayu sebagai makanan pokok umumnya berpenghasilan rendah. Terkait dengan diversifikasi pangan maka pandangan bahwa ubikayu identik dengan kemelaratan perlu diluruskan melalui promosi tentang keunggulan ubikayu seperti (1) bergizi mikro proporsional sesuai AKG 2004, (2) kadar serat pangan larut tinggi, (3) termasuk kelompok *resistant starch-2* (RS-2) daya cerna pati tinggi yang dapat berfungsi sebagai probiotik di dalam organ pencernaan bila dikonsumsi, dan (4) dapat diolah menjadi produk cepat olah, cepat saji, dan siap santap. Dalam hal ini, pengembangan ubikayu menjadi produk yang menarik, alamiah, higienis, bergizi, sedap, menyenangkan dan murah seperti kue basah dan kering, mie instan, tiwul instan, gari, kharina, dan kue tradisional memegang peranan penting (Yuniarti *et al.* 2004, Oyewale dan Asagbrayemisi 2003, Tanikuri 2004).

Kecukupan Gizi

Keunggulan ubikayu sebagai sumber kalori alternatif dapat dijadikan faktor pendorong program diversifikasi pangan. Adapun keunggulan ubikayu sebagai sumber kalori utama adalah:

1. Ubikayu mengandung lemak, kalsium, zat besi, vitamin A dan C; dan bila tepung ubikayu dicampur dengan 18% tepung kedelai akan memiliki gizi yang tinggi dan lengkap dibandingkan dengan padi (Tabel 1).
2. Lebih terjangkau oleh setiap rumah tangga karena biaya produksi tiap kalori ubikayu lebih murah, setara dengan 70% dan 30% dari biaya produksi kalori untuk jagung dan padi.

Tabel 1. Komposisi gizi tiga komoditas pangan berdasarkan kesetaraan kalori.

Zat gizi	AKG	Sumber pangan		
		Beras	Ubikayu ^{a)}	Ubijalar ^{a)}
Bobot (g/kap/hari)	1269 ^{**}	326	364	392
Protein (g)	36	23,6	6,4	8,3
Lemak (g)	32	4,73	2,4	7,1
Kalsium/Ca (g)	600	20,8	262,7	304,8
Fosfor/P (mg)	450	486	318	498
- Vitamin C (mg)	68	0	239	224
- Vitamin A (Si)	22	0	3065 ^{a)}	78232 ^{a)}
- Vitamin B ₁₂ (mg)	52	7	0,7	0,9

^{a)}Tepung ubi.

Sumber: WNPG (2004), Ditgizi (1987) (diolah).

3. Secara agronomis ubikayu merupakan komoditas yang mampu beradaptasi pada lingkungan marjinal dan terdistribusi merata di seluruh wilayah.

Kontribusi ubikayu dalam menu harian rumah tangga antarprovinsi sangat beragam, berkisar 0,01-100% menggantikan beras (Susenas 1996-2005; Wargiono *et al.* 2005). Kadar gizi mikro ubikayu lebih tinggi dari beras (padi). Namun masih banyak penduduk yang menderita penyakit kekurangan gizi seperti anemia (kekurangan zat besi), kebutaan (kekurangan vitamin A), dan gusi berdarah (kekurangan vitamin C) yang merupakan dampak dari belum berkembangnya penganekaragaman penggunaan sumber pangan seperti ubikayu yang kadar gizi mikronya lebih baik dari padi walaupun perlu diperkaya dengan tepung komposit aneka kacang.

Kecukupan energi dalam menu makan harian masyarakat agar tubuh sehat dan produktif harus sesuai dengan angka kecukupan energi (AKE). AKE untuk orang dewasa adalah 50 kkal/hari/bobot badan (BB) dan akan menurun sejalan dengan pertambahan usia, yaitu 5% pada usia 30-64 tahun dan 10% pada usia lebih dari 64 tahun (WNPG 2004). Walaupun kriteria tersebut dapat digunakan dalam pemilihan sumber pangan dalam menu harian, namun perlu dipertimbangkan kadar gizi lainnya yang dibutuhkan tubuh untuk tiap strata umur berdasarkan angka kecukupan gizi (AKG).

Proporsi menu makanan harian yang baik komposisi energinya adalah 50-65%; 10-20%; 20-30% masing-masing untuk karbohidrat, protein dan lemak. Angka kecukupan karbohidrat (AKK) adalah 130 g/kapita/hari. Wanita hamil membutuhkan karbohidrat lebih tinggi, yaitu 130-210 g/kapita/hari. Dengan demikian kebutuhan protein dan lemak juga lebih tinggi untuk mencapai komposisi energi yang baik.

Kecukupan lemak dalam menu makan harian berdasarkan komposisi energi tersebut adalah 26-39 g/kapita/hari. Kecukupan serat dalam menu makanan harian adalah 19-30 g/kapita/hari dengan rasio serat pangan yang tidak larut dan larut 3:1 (WNPG 2004). Selain gizi makro, tubuh juga membutuhkan gizi mikro (vitamin dan mineral).

Vitamin B12 bersama asam folat berperan penting pada regenerasi sel dan pertumbuhan jaringan. Oleh karena itu, vitamin B12 sangat diperlukan oleh wanita hamil dan menyusui atau masa penyembuhan penyakit. Kekurangan vitamin B12 akan menimbulkan anemia megalablastik, namun defisiensi vitamin B12 jarang terjadi karena hampir seluruh bahan makanan hewani mengandung vitamin B12 dan hanya sedikit yang diperlukan tubuh. Kecukupan vitamin B12 adalah 1,0 mikro g/kapita/hari (WNPG 2004).

Fosfor (P) di dalam tubuh berfungsi (1) mengatur pelepasan energi selama proses pembakaran atau oksidasi hidrat arang, lemak dan protein; (2) posforilasi monosakarida dan lemak untuk memfasilitasi gerakan sel ke membran; (3) memfasilitasi penyerapan dan transportasi zat gizi; (4) mengatur keseimbangan asam basa; dan (5) merupakan bagian dari DNA dan RNA. Angka kecukupan P adalah 600 mg/kapita/hari (WNPG 2004).

Magnesium (Mg) berperan dalam berbagai proses metabolisme seperti peran Ca dan P di samping dalam proses kontraksi, fungsi syaraf, dan kofaktor dalam produksi berbagai enzim. Angka kecukupan Mg untuk orang dewasa adalah 300 mg/kapita/hari (WNPG 2004).

Proporsi zat besi (Fe) di dalam tubuh adalah (1) 85% bersenyawa dengan protein membentuk haemoglobin sebagai pembawa oksigen di dalam darah, (2) 5% dalam protein otot dan dalam sel untuk proses pernafasan sel, dan (3) 10% digunakan dalam enzim. Kekurangan Fe menyebabkan anemia besi yang dicirikan oleh (1) kulit berwarna pucat, (2) nafas pendek, (3) kinerja fisik menurun, (4) kognitif menurun, (5) perkembangan terhambat, dan (6) daya tahan tubuh menurun. Angka kecukupan Fe untuk orang dewasa adalah 13,4 mg /kapita/hari (WNPG 2004).

Mineral mikro seng (Zn) juga esensial dalam tubuh yang tersebar pada lebih dari 200 enzim metal yang berperan dalam proses metabolisme, yaitu unsur vital dalam sintesis DNA dan RNA. Mineral ini sangat dibutuhkan dalam (1) pembentukan jaringan mata, (2) pembentukan sel darah putih dalam sistem kekebalan tubuh, (3) fungsi lambung, (4) kesehatan kulit, (5) pembentukan dan fungsi reproduksi, (6) pembentukan janin dan sentral syaraf, dan (7) kekebalan tubuh. Angka kecukupan Zn untuk orang dewasa adalah 13,4 mg/kapita/hari (WNPG 2004).

Harga ubikayu lebih murah dibandingkan dengan beras, dan dapat digunakan sebagai sumber karbohidrat. Harga tiap kalori dari ubikayu adalah

30% lebih murah dibandingkan dengan beras. Dengan demikian diversifikasi berbasis ubikayu berpotensi dapat diimplementasikan karena terjangkau oleh setiap rumah tangga, di samping untuk mengurangi jumlah penderita anemia dan komposisi gizi mikro sesuai dengan AKG. Model diversifikasi ini akan berkembang tanpa menimbulkan masalah kekurangan gizi bila kelemahan ubikayu berupa kadar protein dan lemak yang rendah dapat diperkaya dengan penambahan tepung komposit, yaitu campuran dengan tepung aneka kacang. Oleh karena itu diversifikasi pangan perlu didukung oleh pengolahan hasil dengan produk siap olah dan cepat saji.

Pengolahan Ubi

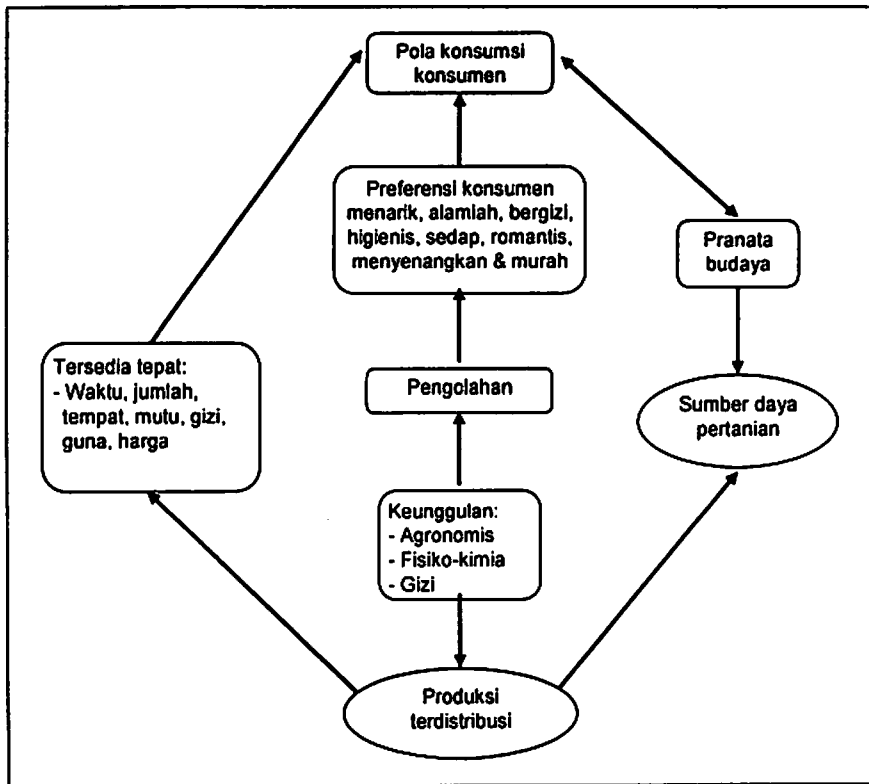
Ubikayu telah lama dikenal sebagai salah satu pangan pokok di beberapa daerah, baik dikonsumsi dalam bentuk segar maupun produk olahan. Beberapa makanan tradisional (*ethnic food*) di Indonesia banyak menggunakan ubikayu sebagai bahan dasarnya. Namun konsumsi pangan tradisional tersebut semakin menurun seiring dengan perubahan gaya hidup dan pola konsumsi sebagian masyarakat, terutama di perkotaan. Di sisi lain, ubikayu juga merupakan salah satu sumber pangan alternatif, sebagai pengganti beras bagi sebagian masyarakat yang tinggal di pedesaan karena krisis pangan atau gagal panen. Dalam kondisi demikian diperlukan peranan teknologi tepat guna dan cara pengolahan ubikayu. Selain untuk memperbaiki citra pangan tradisional dan lebih digemari oleh masyarakat, hal ini juga diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah ubikayu. Ubi segar tidak tahan disimpan lama, sehingga perlu diolah lebih lanjut menjadi gaplek, tepung kasava, tapioka, dan produk cepat olah seperti mie dan tiwul instan. Produk turunan dari pengolahan primer tersebut dapat diolah lebih lanjut menjadi beraneka macam makanan yang memenuhi kriteria pangan cepat saji seperti pada Gambar 1. Namun persoalan utamanya adalah sebagian besar masyarakat belum mengolah ubikayu menjadi bahan makanan yang menarik untuk dikonsumsi, misalnya dalam bentuk aneka kue, tape, dan keripik.

Penggunaan teknologi yang tepat akan meningkatkan nilai tambah olahan ubikayu. Namun yang tidak kalah pentingnya adalah aspek keamanan pangan dalam proses pengolahannya, karena penanganan yang benar sejak proses pemanenan sampai diolah menjadi produk akhir akan menjamin bahwa produk tersebut aman untuk dikonsumsi, memperbaiki citra, dan meningkatkan nilai jualnya.

Produk olahan yang dapat mendorong diversifikasi pangan berbasis ubikayu adalah (1) bahan siap olah dalam bentuk tepung komposit, yaitu tepung kasava + tepung aneka kacang dan tepung modifikasi, yaitu tepung yang dimodifikasi melalui fermentasi; (2) bahan cepat saji dan instan (mie,

tiwul, gatot); (3) mie basah; dan (4) pangan siap santap seperti kue basah, kue kering, dan kue tradisional.

Produk olahan yang dapat mendorong program diversifikasi pangan berbasis ubikayu adalah tepung modifikasi dan komposit, mie instan, mie basah, dan produk siap santap berdasarkan kriteria preferensi konsumen (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram alir pengolahan ubi siap santap sebagai faktor pendorong diversifikasi pangan (Wargiono *et al.* 2005, Damardjati 1995, Grace 1977, Anonim 2003, Yuniarti *et al.* 2004).

DAFTAR PUSTAKA

- Alem, A.C. 2002. The origins and taxonomy of cassava. Cassava biology, production, and utilization. EMBRAPA, Brazil.
- Anonim. 2003. Pedoman pengolahan ubikayu. Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil Tanaman Pangan. Ditjen Bina Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian. Jakarta.
- BPS. 1986-2006. Produksi padi dan palawija menurut provinsi. BPS. Jakarta.
- BPS. 1993-2003. Neraca bahan makanan penduduk Indoensia. BPS. Jakarta.
- BULOG. 2005. Statistik operasional pengadaan dan distribusi beras. Perum BULOG, Jakarta.
- Damardjati, D.S. 1995. Food processing in Indonesia: the development of small scale industries. Bogor Research Institute for Food Crops Biotechnology. Bogor.
- Ditgizi. 1987. Komposisi kimia bahan makanan. Depkes. Jakarta.
- Ditkabi. 2008. Studi pengembangan ubikayu untuk produk baru pertanian. Ditjentan, Jakarta.
- FAO. 1990-2005. Cassava import-export in Indonesia World Bank.
- Grace, M.R. 1977. Cassava processing. FAO plant production and protection series No. 3. Roma. Italia.
- Howeler, R.H. 2001. Cassava's potential in Asia in the 21st century: present situation and future research and development needs. Proc. of the Sixth Regional Workshop. Ho Chi Minh, Vietnam.
- Muegini, Y. 1998. Analisis permintaan beberapa komoditi pangan di daerah Lampung. JIEP 4(1): 49-60.
- Oyewole, O. and B. Asagbrayemisi. 2003. Improving traditional cassava processing for nutritional enhancement. Nigeria.
- Susenas 1996-2005. Neraca bahan makanan penduduk Indonesia. BPS. Jakarta.
- Tonukari, N.J. 2004. Cassava and the future of starch. Electronic journal of Biotechnology, 15 April 2004.
- Wargiono, J., S. Widowati, J.S. Munarso, U.G. Kartasasmita, dan S. Purba. 2005. Pengkajian dampak implementasi program satu hari tanpa konsumsi nasi beras padi. Analisis dan opsi kebijakan penelitian dan pengembangan tanaman pangan. Monograf (2):129-158. Puslitbangtan. Bogor.

- Wargiono, J., S. Partohardjono, dan J.R. Hidajat. 2005. Analisis kebijakan diversifikasi tanaman dalam sistem ketahanan pangan. Analisis dan opsi kebijakan penelitian dan pengembangan tanaman pangan. Monograf (2): 32-63. Puslitbangtan Bogor.
- WNPG. 2004. Ketahanan pangan dan gizi di era otonomi daerah dan globalisasi. Pros. Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi. Ditgizi. Bogor.
- Yuniarti, R. Endah, Z. Thohir, Suhardjo, Suhardi, Al. Budiono, dan St. Nurbanah. 2004. Uji aplikasi teknologi pengolahan tiwul ubikayu untuk mendukung pengembangan agroindustri pedesaan di Kabupaten Kediri. BPTP Jatim. Malang.

Nilai Gizi dan Sifat Fungsional Ubikayu

Sri Widowati dan J. Warglono

PENDAHULUAN

Ubikayu merupakan sumber karbohidrat yang berpotensi untuk memperkokoh ketahanan pangan, namun posisinya sebagai komoditas pangan masih dianggap inferior. Ketahanan pangan pada tataran nasional adalah kemampuan seluruh penduduk untuk memperoleh pangan dalam jumlah yang cukup, mutu yang layak, aman, dan halal, yang didasarkan pada optimasi pemanfaatan sumber daya domestik.

Kenyataannya beras belum tertandingi oleh komoditas pangan sumber karbohidrat lainnya. Kebutuhan beras terus meningkat jauh di atas pola pangan harapan. Kontribusi sereal, terutama beras, dalam menu makan masyarakat Indonesia mencapai 62% (Dahuri 2007). Dalam pola pangan harapan, porsi konsumsi sereal maksimum 51% (WNPG 2004). Sumber karbohidrat lokal dari aneka umbi cukup banyak (Widowati 2000), namun kurang diminati masyarakat karena dianggap inferior. Aneka umbi sudah terlanjur dianggap sebagai pangan yang nilai gizinya rendah. Masyarakat yang pangan pokoknya aneka umbi dipandang berstrata sosial rendah, miskin, dan tidak modern. Ini tidak terlepas dari konstruksi budaya yang sudah berlangsung selama ratusan tahun yang membentuk persepsi yang salah dengan menyudutkan aneka umbi sebagai pangan inferior. Belanda memperkenalkan ubikayu sebagai makanan kuli kontrak. Karena itu, ubi segar, gaplek maupun tapioka dan pangan jenis aneka umbi lainnya dianggap sebagai pangan kelas rendah (Kudhori 2003). Padahal aneka umbi sebenarnya merupakan sumber pangan yang menyehatkan. Oleh karena itu informasi tentang gizi dan sifat fungsional ubikayu perlu difahami masyarakat.

Pola makan secara antropologis adalah interaksi antara lingkungan dengan masyarakat, yaitu penggunaan sumber pangan pokok berdasarkan dukungan sumber kalori lokal. Sumber kalori lokal yang potensial sebagai bahan pangan pokok adalah padi, jagung, ubikayu, ubijalar, aneka umbi, aneka sereal lain, dan sagu. Tiap komoditas mempunyai keunggulan dan kelemahan, baik berdasarkan kadar gizi dan status sosial maupun ketersediaannya.

Keunggulan utama padi adalah mudah diproses menjadi produk cepat olah dan cepat saji, penampakan dan sensori spesifik, berkonotasi strata

sosial tinggi, sehingga elastisitasnya positif terhadap kelompok konsumen berpendapatan rendah dan menengah. Kelemahannya yang perlu dipertimbangkan adalah kadar gizi mikro lebih rendah dibandingkan dengan jagung dan ubikayu, sehingga berpotensi sebagai penyebab anemia dan kekurangan vitamin A dan C untuk konsumen yang sumber kalornya hanya bertumpu pada beras.

Keunggulan jagung adalah kadar gizi makro dan mikronya tinggi dan sesuai dengan angka kecukupan gizi, sehingga merupakan sumber kalori yang paling sempurna di antara bahan pangan, terutama bila menggunakan varietas yang kualitas proteinnya tinggi seperti Srikandi Putih dan Srikandi Kuning. Secara agronomis jagung memerlukan air lebih sedikit dibandingkan dengan padi, sehingga merupakan sumber kalori potensial di wilayah yang didominasi oleh lahan kering dan sawah tadah hujan.

Keunggulan ubikayu adalah (1) kadar gizi makro (kecuali protein) dan mikro tinggi, sehingga jumlah penderita anemia dan kekurangan vitamin A dan C di tengah masyarakat yang pangan pokoknya ubikayu relatif sedikit, (2) daun mudanya sebagai bahan sayuran berkadar gizi makro dan mikro paling tinggi dan proporsional dibandingkan dengan bahan sayuran lainnya, (3) kadar glikemik dalam darah rendah, 4) kadar serat pangan larut tinggi, (5) dalam usus dan lambung berpotensi menjadi probiotik, dan (6) secara agronomis mampu beradaptasi terhadap lingkungan marginal sehingga merupakan sumber kalori potensial di wilayah yang didominasi oleh lahan marginal dan iklim kering. Kelemahan ubikayu adalah (1) kadar protein ubi rendah namun dapat dikompensasi dengan penggunaan daun muda sebagai sayuran, (2) proses pengolahan menjadi produk siap olah dan siap saji tidak secepat padi, dan (3) termasuk pangan inferior berkonotasi strata sosial rendah.

Secara umum pola konsumsi penduduk Indonesia terdiri atas sembilan kelompok (Wargiono *et al.* 2005), yaitu

1. Padi 100%
2. Padi 50% + jagung 50%
3. Padi 60-90% + aneka ubi/umbi/sereal 10-40%
4. Padi 30% + jagung 20-30% + ubikayu 40-50%
5. Jagung 100%
6. Ubikayu 100%
7. Ubikayu 50-70% + sagu 30-50%
8. Ubijalar 100%
9. Ubijalar 50-70% + sagu/aneka umbi 30-50%

Tabel 1. Komposisi gizi ubi segar dan produk olahannya serta tanaman pangan lainnya berdasarkan kesetaraan kalori per kapita/hari.

Komponen	Angka kecukupan gizi	Sumber pangan/kadar gizi					
		Ubi segar	Tepung kasava	Tapioka	Daun ubikayu*	Padi (beras)	Jagung (beras)
Bobot bahan (g)	-	796	366	326	100	347	352
Protein (g)	36	6,37	7,69	1,63	12,7	23,60	32,38
Lemak (g)	32	2,39	3,29	1,01	1,2	2,43	13,73
Kalsium (mg)		104,72	292,8	0,0	165	20,82	35,20
Fosfor (mg)	450	318	196	0,0	54	486	901
Zat besi (mg)	10	5,57	6,85	0,0	3,9	2,78	8,45
Vitamin A (Si)	225**	3065	-	-	13000	0,0	1795
Vitamin C (mg)	68	239	-	-	220	0,0	0,0
Vitamin B ₁₂ (mg)	2**	0,48	-	-	0,21	0,69	1,34

Sumber: Ditgizi (1992), Widowati *et al.* (2007), Wargiono *et al.* (2004).

*Daun ubikayu muda sebagai bahan sayuran.

**mikrogram.

Implikasi dari pola konsumsi tersebut adalah jaminan ketersediaan ubikayu sebagai pangan, baik di konsumsi langsung maupun diolah menjadi produk pangan tertentu. Defisit pasokan beras yang ditandai oleh impor beras mengindikasikan bahwa permintaan ubikayu sebagai pangan pokok inferior akan meningkat sejalan dengan meningkatnya jumlah kelompok masyarakat yang daya belinya terhadap padi (beras) lemah.

NILAI GIZI

Berdasarkan kebutuhan di dalam tubuh, zat gizi dikelompokkan menjadi dua yaitu zat gizi makro (karbohidrat, protein dan lemak) dan zat gizi mikro (vitamin dan mineral). Zat gizi ubi segar, gaplek, tepung kasava, tapioka, dan daun muda ubikayu cukup baik berdasarkan kesetaraan kalori (Tabel 1). Komposisi tersebut menunjukkan ubi segar dan produk olahan primernya sangat sesuai diposisikan sebagai bahan pangan dibandingkan dengan padi (beras) karena kadar gizinya tinggi dengan komposisi yang sesuai dengan angka kecukupan gizi berdasarkan anjuran (WNPG 2004) bila ditambahkan daun muda sebagai sayuran. Pemahaman lebih lanjut adalah sifat karbohidrat yang khas dari ubikayu, termasuk daya cerna pati dan indeks glikemiknya.

Asam sianida (HCN) merupakan komponen penciri ubikayu. Dari segi rasanya, ubikayu dibedakan menjadi jenis manis dan pahit. Untuk konsumsi langsung atau diolah segar harus dari jenis manis. Jenis pahit biasanya

Tabel 2. Kadar HCN ubi segar.

Kelompok kadar HCN/varietas	Kadar HCN (ppm)
1. Sangat rendah (4-25 ppm)	
• Dorowati	12,28
• Chicken A.	15,05
• Valenca	24,16
2. Rendah (26-38 ppm)	
• Adira-1	27,50
• Markonah	26,53
• Mangi	30
3. Sedang (40-50 ppm)	
• Malang-1	40
• Malang-2	40
• Ambon	49,10
4. Tinggi (70-119 ppm)	
• BIC-18	70,49
• Adira-4	91,48
• W-1435-74	114,84
5. Sangat tinggi (> 120 ppm)	
• Adira-2	129,89
• Klenteng	204,34
• W-1435-68	257,80

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

diproses menjadi pati, atau dijadikan tepung dengan proses penyawutan dan pengepresan sehingga kadar HCN dari tepung yang dihasilkan memenuhi persyaratan Departemen Kesehatan, maksimal 40 ppm (Widowati *et al.* 2002). Sebagian masyarakat percaya bahwa ubikayu jenis pahit dapat digunakan dalam pengobatan tumor dan kanker. Secara umum cara kerja HCN sebagai obat kanker adalah mengikat O₂ pada sel-sel tumor atau kanker sehingga pembelahannya terhambat karena kekurangan oksigen.

Berdasarkan kadar HCN, varietas ubikayu dapat dibedakan menjadi sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi (Tabel 2). Varietas berkadar HCN sangat rendah sampai rendah dan berkadar pati tinggi sesuai dikonsumsi setelah diolah menjadi produk siap santap berbasis ubi segar dan produk olahan seperti keripik dan enyek-enyek yang disenangi oleh konsumen domestik dan internasional.

Mineral sebagai zat gizi mikro belum banyak disadari manfaatnya oleh sebagian besar masyarakat. Kecukupan mineral dalam komposisi pangan belum dipahami kecukupan energi, protein, dan vitamin. Meskipun jumlahnya kecil, ubikayu mengandung vitamin (A dan C), dan mineral (Ca, Fe dan P) yang cukup tinggi, lebih baik dibandingkan dengan padi (Tabel 1). Dalam proses pembuatan gaplek, tepung, dan pati, sebagian vitamin dan

mineral hilang atau berkurang kadarnya. Mineral dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit, namun mempunyai fungsi yang sangat penting dalam proses metabolisme. Mineral dibedakan atas tiga kelompok yaitu makromineral (Ca, P, Mg, Na, K, Cl, dan S) di mana kebutuhannya lebih dari 100 mg/hari, mikromineral (Fe, J, Zn, Cu, Mn, Cr, Mo, Co, Se, F), dan mikromineral lain (Si, V, Ni, Sn, Cd, As, Al, B) yang kebutuhannya kurang dari 100 mg/hari (Williams 1989). Kekurangan zat gizi makro dan mikro pada ubikayu dapat dilengkapi dengan penggunaan daun muda sebagai sayuran atau tepung aneka kacang dalam bentuk tepung komposit atau bentuk lain, seperti lauk pauk dan buah.

SIFAT FUNGSIONAL

Bahan pangan dan produk olahan ubikayu tidak hanya sebagai sumber energi dan zat gizi, namun komponen atau sifat tertentu mempunyai efek fisiologis atau sifat fungsional dan berpengaruh terhadap kesehatan. Keunggulan sifat fungsional ubikayu sebagai sumber karbohidrat terletak pada serat pangan, daya cerna pati, dan indeks glikemik.

Serat Pangan

Serat pangan berbentuk karbohidrat kompleks dan banyak terdapat di dinding sel tumbuhan. Serat pangan tidak dapat dicerna dan diserap oleh saluran pencernaan manusia tetapi memiliki fungsi yang sangat penting bagi pemeliharaan kesehatan yaitu mencegah berbagai penyakit dan sebagai komponen penting dalam terapi gizi. Komponen tersebut meliputi polisakarida yang tidak dapat dicerna, seperti selulosa, hemiselulosa, oligosakarida, pektin, gum, dan *waxes* (Sardesai 2003, Astawan dan Wresdiyati 2004). Serat pangan terdiri atas serat pangan larut (SPL) dan serat pangan tidak larut (SPTL).

Kadar serat pangan dari ubikayu dan ubijalar lebih tinggi dibandingkan dengan beras (Tabel 3). Kandungan serat pangan total ubi segar, tepung dan pati berturut-turut adalah 6,97%, 13,41%, dan 11,67% (Widowati *et al.* 2007, Riccardi *et al.* 1991). Sepuluh varietas beras yang diteliti mempunyai serat pangan total berkisar antara 4,07-6,62%. Dengan demikian aneka umbi terbukti merupakan pangan sumber karbohidrat yang kaya akan serat pangan dan secara fungsional lebih baik dari beras (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan adanya peluang bagi program pengolahan produk siap olah dalam bentuk beras dan ubi (Rasbi), yaitu Rasbi dari ubikayu dengan komposisi 70% tepung kasava + 30% tapioka dan Rasbi dari ubijalar dengan komposisi 80% tepung ubijalar + 20% pati ubijalar.

Tabel 3. Daya cerna pati *in vitro* dan serat pangan ubikayu, ubijalar, dan beras.

Komoditas/produk	Daya cerna pati (%)	Serat pangan (%)		
		Larut	Tidak larut	Total
Ubikayu segar	62,09	2,45	4,52	6,97
Tepung kasava	61,41	4,15	9,26	13,41
Tapioka (pati ubikayu)	68,52	6,92	4,75	11,67
Ubijalar segar	54,89	2,84	5,12	7,96
Tepung ubijalar	50,44	3,25	8,21	11,46
Pati ubijalar	59,27	5,27	4,24	9,51
Beras giling ^{a)}	62,31-78,02	0,86-3,12	1,97-4,97	4,07-6,62

Sumber: Widowati dan Herawati (2007); ^{a)}Widowati *et al.* (2007).

Rasbi kasava: dibuat dari 70% tepung kasava dan 30% tapioka.

Rasbi ubijalar: dibuat dari 80% tepung ubijalar dan 20% pati ubijalar.

Analisis pada 10 varietas beras.

Fungsi SPL terutama adalah memperlambat kecepatan pencernaan di dalam usus, memberikan rasa kenyang yang lebih lama, dan memperlambat kemunculan glukosa darah, sehingga insulin yang dibutuhkan untuk mentransfer glukosa ke dalam sel-sel tubuh dan diubah menjadi energi semakin sedikit. Fungsi tersebut sangat dibutuhkan oleh penderita diabetes (Eckel 2003, Astawan dan Wresdiyati 2004). Kandungan SPL pada ubikayu segar, tepung dan pati berturut-turut yaitu 2,45%, 4,15%, dan 6,92% dan pada ubijalar 2,84%, 3,15%, dan 5,27%, sedangkan pada beras berkisar antara 0,86-3,12%.

Fungsi utama SPTL adalah mencegah timbulnya berbagai penyakit, terutama yang berhubungan dengan saluran pencernaan, antara lain wasir, divertikulus, dan kanker usus besar (Astawan dan Wresdiyati 2004). Kandungan SPTL pada ubi segar, tepung dan pati ubikayu berturut-turut 4,52%, 9,26%, dan 4,75%, pada ubijalar 5,1%, 8,21%, dan 4,24%, sedangkan pada beras 1,97-4,97%. Proses pengolahan berpengaruh terhadap kandungan serat. Dalam bentuk tepung, kadar serat pangan total lebih tinggi dibanding bentuk pati karena proses pati, menghasilkan ampas padat (disebut onggok). Kadar SPL pati lebih tinggi dibanding tepung, karena dalam pembuatan pati sebagian besar SPTL terbuang dalam bentuk onggok. Dengan demikian penggunaan tepung kasava sebagai pangan pokok lebih baik dari padi (beras) sehingga konsumennya akan lebih sehat.

Daya Cerna Pati

Daya cerna pati merupakan kemampuan pati untuk dapat dicerna dan diserap oleh tubuh. Daya cerna pati dianalisis secara *in vitro*. Kandungan

pati dan komposisi amilosa/amilopektin berpengaruh terhadap daya cerna pati dari produk pangan sumber karbohidrat. Para ilmuwan berpendapat bahwa amilosa dicerna lebih lambat dibandingkan dengan amilopektin (Miller *et al.* 1992), karena amilosa merupakan polimer dari gula sederhana dengan rantai lurus. Rantai yang lurus ini menyusun ikatan amilosa yang solid sehingga tidak mudah tergelatinasi. Oleh karena itu, amilosa lebih sulit dicerna dibandingkan dengan amilopektin yang merupakan polimer gula sederhana, bercabang, dan mempunyai struktur terbuka. Berdasarkan karakteristik tersebut maka pangan yang mengandung amilosa tinggi memiliki daya cerna pati yang rendah.

Tabel 3 menunjukkan daya cerna pati *in vitro* aneka umbi relatif lebih rendah dibandingkan dengan beras giling (Widowati *et al.* 2007). Daya cerna pati *in vitro* pada ubi segar, tepung, dan pati ubikayu berturut-turut 62,09%, 61,41%, dan 68,52% dan pada ubijalar 54,89%, 50,44%, dan 59,27%, sedangkan pada beras berkisar antara 62,31-78,02%. Dengan demikian tapioka dapat berfungsi seperti SPL yang tinggi.

Indeks Glikemik

Salah satu konsep pengelolaan diabetes dari sisi pola makan adalah mengganti sumber karbohidrat pada menu makan dari beras ke aneka umbi, di antaranya ubikayu. Ubikayu dan aneka umbi dapat mengendalikan kadar glukosa darah. Dengan demikian aneka umbi merupakan komoditas sumber karbohidrat yang sesuai bagi penderita diabetes karena kadar glukosa darah relatif tetap rendah. Kadar glukosa dapat diukur dengan indeks glikemik (IG).

Pengertian IG adalah tingkatan pangan menurut efeknya terhadap kadar glukosa darah. Jenis pangan yang mempunyai IG tinggi, bila dikonsumsi akan meningkatkan kadar glukosa darah dengan cepat dan sebaliknya untuk pangan dengan IG rendah. IG pangan dikategorikan menjadi tiga, yaitu IG rendah (<50), sedang (50-70), dan tinggi (>70). Sebagai acuan adalah glukosa (IG = 100) (Jenkins *et al.* 1981, Rimbawan dan Siagian 2004).

Dalam pengaturan diet untuk menjaga kesehatan, pengetahuan tentang IG perlu dilengkapi dengan kadar karbohidrat dari jenis pangan, sehingga bisa dihitung beban glikemiknya. Untuk mengetahui kondisi riil dalam menu makan, maka pemahaman tentang IG perlu dipadukan dengan beban glikemik (BG). BG merupakan IG dikalikan dengan kandungan karbohidrat pangan tersebut, sehingga BG lebih mencerminkan kondisi riil dari pangan yang dikonsumsi (Tabel 4).

Tabel 4. Indeks glikemik beberapa pangan sumber karbohidrat.

Jenis pangan	Indeks glikemik	Ukuran saji (g)	Kadar KH (g/uk saji)	Beban glikemik
1. Jagung manis (Kanada)	59	150	33	20
2. Beras putih (India)	69	150	43	30
3. Beras Basmati putih	58	150	38	22
4. Parboiled rice, amilosa 12% (Bangladesh, var. BR2)	51	150	38	19
5. Ketan, amilosa 0-2%(Australia)	88	150	43	38
6. Beras putih instan, ditanak 6 menit (Australia)	87	150	42	36
7. Beras Jasmin, ditanak dalam <i>rice cooker</i> (Thailand)	109	150	42	46
8. Kenang panggang	73-97	150	30	22-29
9. Ubijalar ^{a)}	54-68	150	28	15-19
10. Ubikayu rebus ^{a)} (New Zealand)	29-45	150	36	Okt-16
11. Tapioka kukus 1 jam (India)	70	150	18	12
12. Tapioka rebus dengan susu (Canada)	81	150	18	14
13. Ubikayu ^{a)} rebus (Kenya)	46	150	27	12
14. Gari, adonan ubikayu panggang (Ghana)	56	150	27	15
15. Beras, amilosa tinggi, masak <i>rice cooker</i> [*]	48-86	150	38-48	20-42
16. Beras, amilosa rendah, masak <i>rice cooker</i> [*]	91-105	150	40-49	36-51
17. Ubijalar goreng ^{**a)}	47	150	28	14
18. Ubijalar rebus ^{**a)}	62	150	32	20
19. Ubijalar panggang ^{**a)}	80	150	29	24

Sumber: *Widowati *et al.* (2007); **Astawan dan Widowati (2005).

^{a)} Ubi segar.

PROSPEK PEMANFAATAN SEBAGAI BAHAN PANGAN FUNGSIONAL

Fungsi pangan yang utama (primer) bagi manusia adalah untuk memenuhi kebutuhan zat-zat gizi tubuh sesuai dengan jenis kelamin, usia, aktivitas fisik, dan bobot tubuh. Fungsi pangan yang kedua (sekunder) adalah memiliki citarasa dan penampakan yang baik. Meskipun kandungan gizi bahan pangan tersebut tinggi, namun jika citarasa dan penampakan tidak menarik maka akan ditolak oleh konsumen. Oleh karena itu, pelaku industri pangan saat ini sangat memperhatikan penampakan produk pangan, termasuk kemasannya. Konsep pengolahan produk olahan ubi segar agar dapat diterima konsumen disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Faktor pendorong pemanfaatan bahan pangan alternatif dalam diversifikasi pangan (Wargiono *et al.* 2004).

Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya hidup sehat, maka tuntutan konsumen terhadap bahan pangan bergeser. Selain dua fungsi pangan yang telah diuraikan di atas, pangan sebaiknya mempunyai tambahan fungsi, yaitu mempunyai efek fisiologis tertentu bagi tubuh. Pangan yang memenuhi ketiga fungsi tersebut dikenal sebagai pangan fungsional (Hasler 1998, Astawan 2003). Secara umum pangan bersifat fungsional bila mengandung komponen zat gizi atau nongizi yang dapat mempengaruhi secara positif satu atau sejumlah fungsi terbatas di dalam tubuh (Wijaya 1998). Di Indonesia, konsep pangan fungsional telah populer sejak satu dasawarsa yang lalu.

Ubi segar mengandung serat pangan lebih tinggi dibandingkan dengan beras, sedangkan daya cerna patinya relatif rendah. Hal ini dapat menjelaskan bahwa mengonsumsi ubi rebus akan terasa kenyang lebih lama dibandingkan dengan nasi. Dalam konteks metabolisme karbohidrat,

pangan yang mempunyai serat pangan (terutama SPL) tinggi dan daya cerna pati yang rendah akan memperlambat laju pengosongan lambung. Dengan kata lain, mengonsumsi ubi rebus cenderung tidak mudah lapar. Konsep ini sebenarnya yang digunakan Belanda dalam memberi menu makan para pekerja Indonesia di jaman kolonial. Saat itu belum berkembang apa yang disebut sifat fungsional pangan, atau fungsi ketiga dari pangan. Laju pengosongan lambung yang lambat sangat bermanfaat untuk mengendalikan bobot badan dan sebagai diet bagi penderita obesitas (kelebihan bobot badan). Kadar serat pangan yang bersifat tidak larut (SPTL) pada ubi juga cukup tinggi. Fungsi utama dari SPTL adalah mencegah timbulnya berbagai penyakit, terutama yang berhubungan dengan saluran pencernaan, antara lain wasir, divertikulus dan kanker usus besar.

Sifat fungsional lain dari ubi segar dan produk olahannya adalah nilai indeks glikemik yang relatif rendah dibandingkan dengan beras. Sifat ini sangat bermanfaat bagi penderita diabetes melitus, karena dapat mengendalikan kadar glukosa darah. Secara alamiah, individu berusia 40 tahun ke atas mengalami perubahan metabolisme di dalam tubuh, termasuk produksi dan fungsi insulin. Untuk menjaga kesehatan tubuh individu kelompok ini dianjurkan mengonsumsi pangan berindeks glikemik rendah.

Berdasarkan keunggulan tersebut sebenarnya ubikayu merupakan bahan pangan yang cukup baik, dan bisa disejajarkan dengan pangan pokok lainnya. Ubikayu bukan pangan kelas dua atau inferior. Banyak manfaat untuk kesehatan yang masih terpendam yang perlu dimasyarakatkan. Berbagai produk olahan dari tepung kasava menunjukkan bahwa inferioritas ubikayu bisa ditingkatkan menjadi makanan bergengsi, bahkan dapat dikembangkan sebagai pangan fungsional.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, M. 2003. Pangan fungsional untuk kesehatan yang optimal. Kompas 22 Maret 2003.
- Astawan, M. dan T. Wresdiyati. 2004. Diet sehat dengan makanan berserat. Solo: Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Astawan, M. dan S. Widowati. 2005. Evaluasi mutu gizi dan indeks glikemik ubijalar sebagai dasar pengembangan pangan fungsional. Lap. Hasil Penelitian RUSNAS Diversifikasi Pangan Pokok, IPB.
- Dahuri, R. 2007. Mewujudkan ketahanan pangan nasional. Media Indonesia, 30 Oktober 2007.
- Ditgizi. 1992. Komposisi kimia bahan makanan. Depkes. Jakarta.

- FAO. 2005. Harvested area productivity and production as well as export-import and domestik demand of cassava during the last 10 years. FAO. Stat.
- Hasler, C.M. 1998. Functional foods: their role in disease prevention and health Promotion. *Food Technology*. Vol 52(11):63-69.
- Hidayat, A., N. Zuraida, I. Hanarida, dan D.S. Damardjati. 1999. Cyanogen content of cassava root of 179 cultivars grown in Indonesia. RIFCB. Bogor.
- Jenkins, DJ., TM. Wolever, and RH. Taylor. 1981. Glycemic index of foods: a physiological basic for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34:362-366.
- Khudori. 2003. Mendongkrak gengsi singkong. *Koran Kompas*, 19 September 2003.
- Miller, JB. and . 1991. Low glycemic index foods improve long term glycemic control in NIDDM. *Diab Care* 14: 95-101.
- Riccardi, G., and AA. Rivellese. 1991. Effect of dietary fibre and carbohydrate on glucose and lipoprotein metabolism in diabetic patients. *Diab Care* 14: 1115-1125.
- Rimbawan dan A. Siagian. 2004. Indeks glikemik pangan. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sardesai, VM. 2003. Introduction to clinical nutrition. New York.: Marcel Dekker Inc., 339-354.
- Susenas. 1994-2003. Konsumsi kalori penduduk Indonesia menurut provinsi. BPS. Jakarta.
- Wargiono, J., S. Widowati, J.S. Munarso, U.G. Kartasasmita, dan S. Purba. 2004. Pengkajian dampak implementasi program satu hari tanpa konsumsi nasi beras padi. Analisis dan opsi kebijakan penelitian dan pengembangan tanaman pangan. Puslitbangtan. Monograf (2): 32-63.
- Widowati, S. 2000. Identifikasi bahan makanan alternatif dan teknologi pengolahannya untuk ketahanan pangan nasional. *Buletin AGROBIO* 3 (2): 45-50.
- Widowati, S., Suismono, Suarni, dan O. Komalasari. 2002. Buku petunjuk teknis: Proses pembuatan aneka tepung dari bahan pangan sumber karbohidrat lokal. Balit Pascapanen Pertanian. Jakarta.
- Widowati, S., B.A.S. Santosa, dan A. Budiyanto. 2007. Karakterisasi mutu dan indeks glikemik beras beramilosa rendah dan tinggi. Makalah dipresentasikan pada Seminar Padi. BB Penelitian Padi, Sukamandi. 15-16 Nopember 2007.

- Widowati, S. dan H. Herawati. 2007. Teknologi pengolahan beras *rrtifisial* bentuk mutiara dari bahan singkong dan ubijalar. Laporan Hasil Penelitian. BB Pascapanen 2007.
- Wijaya, H. 1998. Makanan fungsional tak sekedar memuaskan mulut dan perut. Buletin Teknologi dan Industri Pangan. Vol IX(1):55-58.
- Williams, S.R. 1989. Nutrition and diet therapy. 6th edition. Times Mirror/Mosby College, Publishing. St. Louis.

Bab 6

Sosial-Ekonomi

Keunggulan agronomis ubikayu merupakan kekuatan internal yang dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan keunggulan komparatif dalam usahatani tanaman pangan, baik pada lahan kering maupun lahan sawah tadah hujan.

Selain keunggulan agronomis, ubikayu juga mempunyai keunggulan fisiko-kimia karena dapat diolah menjadi aneka produk antara sebagai bahan baku industri hilir. Dengan demikian ubikayu merupakan komoditas ekonomi yang potensial dikembangkan dalam upaya peningkatan kesejahteraan petani dan perluasan lapangan kerja.

Permasalahan yang perlu diatasi dalam pengembangan ubikayu adalah penggunaan produk yang belum optimal, masih lebarnya senjang hasil, status komoditas, fluktuasi harga ubi di tingkat on-farm, dan belum adanya kepastian usaha. Dengan demikian diperlukan strategi dan kebijakan sistem pemasaran, pola kemitraan, dan dukungan jaminan produksi.

Kelayakan finansial ubikayu berdasarkan B/C rasio lebih besar dari satu pada tingkat input Rp 3,25-4,0 juta dan harga ubi segar Rp 300-350/kg dapat dicapai pada tingkat hasil 20-25 t/ha.

Kelayakan usahatani ubikayu secara teknis dapat dicapai dengan tersedianya teknologi dengan biaya produksi murah, varietas berdaya hasil pati tinggi, ukuran granula pati kecil,

pemanfaatan limbah industri sebagai sumber pupuk, pakan, dan campuran bahan baku industri pangan dan nonpangan.

Kelayakan penggunaan lahan untuk usahatani ubikayu tiap keluarga pada tingkat hasil 20 t/ha dan biaya produksi Rp 3,2 juta/ha adalah 5,47 ha, 2,93 ha, 1,30 ha, dan 0,93 ha masing-masing pada tingkat harga ubi di tingkat on-farm Rp 200, Rp 300, Rp 400, dan Rp 500 per kg.

Ubikayu sebagai Komoditas Ekonomi

Fachrur Rozi dan Heriyanto

PENDAHULUAN

Ubikayu merupakan tanaman dengan daya adaptasi yang luas, sehingga dapat membuka lapangan kerja dan meningkatkan kesejahteraan petani. Ubikayu yang selama ini menjadi komoditas inferior dapat menjadi unggulan apabila produk dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi inovasi. Di samping untuk pangan dan pakan, ubikayu dapat dikembangkan sebagai sumber energi alternatif (biofuel). Shintawaty (2006) melaporkan bahwa gasohol yang dapat menggantikan premium sebagai bahan bakar merupakan campuran antara bensin dan bioetanol. Bioetanol bersumber dari tanaman berpati dan bergula potensial seperti jagung, ubikayu, ubijalar, sagu, dan tebu. Biaya produksi untuk tiap liter etanol dari ubikayu lebih murah dibandingkan dengan bahan baku lainnya. Di samping bahan baku industri bioethanol, ubikayu juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan dan nonpangan, sehingga pengembangan industri berbasis ubikayu cukup prospektif.

Ubikayu umumnya diusahakan pada lahan kering marjinal sebagai tanaman alternatif bila padi, jagung, atau aneka kacang sudah tidak dapat berproduksi dengan baik. Dengan demikian, ubikayu masih menjadi komoditas sampingan (*secondary crop*) yang diusahakan secara kurang intensif. Pola kemitraan antara petani dengan industri dibuat berdasarkan azas saling butuh dan saling menguntungkan, yang disertai dengan sanksi untuk kedua pihak bila terjadi pelanggaran terhadap kesepakatan.

Permasalahan penting yang dihadapi petani ubikayu adalah rendahnya harga ubi, terutama pada saat panen raya. Panen raya umumnya terjadi pada periode Juli-Oktober. Di luar periode itu ada kelangkaan produksi sehingga aktivitas industri pengolah ubikayu menurun, sementara petani umumnya tidak menikmati harga yang layak karena belum panen.

Dalam bentuk segar, ubi mudah rusak (busuk) dan memerlukan banyak tempat sehingga posisi tawar petani lemah. Kelemahan internal tersebut perlu diatasi agar kontribusi usahatani ubikayu terhadap pendapatan petani dapat ditingkatkan.

PEMASARAN PRODUK

Sistem Pemasaran

Petani dan lembaga pemasaran mempunyai peranan yang menentukan dan saling mempengaruhi. Dalam pemasaran hasil pertanian, setiap mata rantai menghendaki tingkat keuntungan tertentu. Penyaluran barang dari produsen ke konsumen yang tidak efisien akan merugikan salah satu atau kedua pihak, yaitu petani menerima harga terlalu rendah sementara konsumen membayar harga yang terlalu tinggi. Saluran pemasaran dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: (a) jarak antara produsen dengan konsumen, makin jauh jarak, makin panjang saluran yang harus dilalui; (b) kemampuan (kapasitas) barang yang diperdagangkan atau skala produksi; (c) kemampuan (kapasitas) barang yang dikonsumsi atau skala konsumsi; (d) keadaan keuangan, dan (e) luasnya usaha penjual dan perlunya penggunaan fasilitas khusus untuk mengusahakan barang tersebut. Faktor-faktor yang berkaitan dengan sistem pemasaran produk adalah (1) struktur pasar, (2) margin, (3) segmentasi pasar, dan (4) fungsi pengolahan hasil dan pengembangan produk.

Struktur Pasar

Tiga unsur yang memegang peran penting dalam pemasaran produk adalah produsen, konsumen, dan lembaga pemasaran. Kenyataannya sering dijumpai transaksi antara produsen dan konsumen secara tidak langsung, tetapi melalui jasa pelayanan pemasaran. Kegiatan jasa ini biasanya dilakukan oleh lembaga-lembaga pemasaran. Kondisi unsur-unsur tersebut cukup besar pengaruhnya terhadap margin pemasaran.

Margin Pemasaran

Margin pemasaran merupakan selisih harga yang dibayarkan konsumen dengan harga yang diterima produsen. Dengan demikian, nilai margin pemasaran adalah jumlah biaya pemasaran yang merupakan balas jasa terhadap masukan yang dikeluarkan untuk kelancaran proses pemasaran dan keuntungan yang diperoleh lembaga niaga (Dahl and Humon 1977). Total margin pemasaran ubi segar berkisar antara 34-54%, cukup besar untuk rantai pemasaran yang pendek. Tingginya margin pemasaran tersebut disebabkan oleh tingginya biaya transportasi dalam pemasaran, berkisar antara 17-24%. Untuk menekan biaya pasar perlu dipilih segmen pasar yang tepat dalam pengembangan industri berbasis ubikayu dan produk turunannya.

Segmentasi Pasar

Produk olahan ubi seperti gaplek, pellet, dan chip banyak dipasarkan untuk ekspor. Tepung ubikayu (cassava) prospektif sebagai substitusi terigu, namun segmen pasarnya masih perlu digali. Pemakaian tepung kasava perlu disosialisasikan ke konsumen. Sebagian besar masyarakat hanya mengenal tepung seperti terigu, tapioka sebagai bahan baku industri kue, kerupuk, atau mie. Tepung kasava, selain lebih murah dari terigu dan tapioka, juga bisa digunakan sebagai substitusi seluruh maupun sebagian dari produk kue, kerupuk, maupun mie pada batas-batas penerimaan selera konsumen.

Dalam penajagan pasar, ada beberapa tanggapan masyarakat, yakni:

- Rumah tangga, 100% menerima aspek teknis penggunaan maupun harganya, sehingga perlu perluasan penyebaran sasaran rumah tangga (sosialisasi) melalui promosi atau publisitas.
- Industri rumah tangga, meskipun berskala usaha kecil tetapi jumlahnya cukup banyak. Usaha ini bergerak dalam produk kerupuk dan kue kering untuk segmen pasar menengah ke bawah. Tanggapan atas teknis penggunaannya tidak masalah, hanya kesesuaian harga belum dicapai. Realisasi langkah strategis perlu negosiasi intensif.
- Industri besar, mempunyai skala besar dan bergerak dalam produk roti, kue, dan mie yang berbentuk perusahaan dan *bakery*. Ada dua tanggapan, yaitu secara teknis produknya tidak bisa disubstitusi dengan tepung kasava, juga tidak kooperatif untuk mencoba menggunakan tepung ini. Hal ini bisa dimaklumi karena perusahaan *bakery*, misalnya, sudah mempunyai nama dan segmen pasarnya sudah ada sehingga tidak berani mengambil risiko.

Fungsi Pengolahan dan Pengembangan Produk

Spektrum pengembangan produk ubikayu lebih luas dibanding tanaman pangan lainnya. Di samping kalori, ubi juga mengandung gizi lain yang baik untuk pangan, pakan, dan industri tertentu. Dengan harga yang relatif murah, ubi segar cukup kompetitif sebagai bahan baku produk olahan.

Kebijakan Pemasaran

Perbaikan Struktur Pasar

Petani produsen ubi segar dengan skala usaha kecil yang berhadapan dengan industri pengolahan berskala besar memberikan kecenderungan monopsoni pasar. Artinya, kekuatan pasar lebih ditentukan oleh beberapa pembeli (industri) dalam penentuan barang maupun tingkat harganya. Arah

kebijakan yang diperlukan adalah pengembangan efisiensi pasar dengan perbaikan status petani ubikayu melalui bantuan permodalan dan perbaikan organisasi dan manajemen. Hal ini dapat dilakukan dengan perbaikan kemampuan KUD (Koperasi Unit Desa) dan kelompok tani.

Kebijakan Pasar Ekspor dan Domestik

Ekspor produksi olahan pada tahun 2005 hanya 10% dari total produksi nasional, sehingga kebijakan pemerintah yang diperlukan terkait dengan pemasaran adalah penggalakan atau promosi untuk ekspor. Ada beberapa kelemahan dalam perkembangan ekspor tersebut, di antaranya tingginya ketergantungan pada pasar internasional menyebabkan ketidak-tentuan pasar domestik. Kecilnya nilai tambah produk yang diekspor (seperti gaplek), tidak memperbaiki taraf hidup petani ubikayu.

Jika pasar domestik ubikayu dan produknya diperluas, maka orientasi pasar domestik dapat menjadi prioritas pengembangan produk ubikayu. Efektifnya pasar domestik biaya pemasaran menjadi murah, sehingga produk yang dipasarkan kompetitif.

Efisiensi Pemasaran

Besarnya margin membuat pemasaran produk menjadi tidak efisien dan merupakan masalah serius. Perbaikan perlu diarahkan pada distribusi dari margin yang proporsional untuk masing-masing pelaku pemasaran. Di pasar monopsoni, efisiensi berarti tingginya keuntungan pedagang atau pengolah (industri). Peranan pemerintah cukup penting untuk menata pasar melalui penetapan aturan dalam standarisasi, distribusi risiko, perlindungan produsen, stabilisasi harga, dan sebagainya.

Ada tiga macam arah kebijakan yang penting untuk mendukung pengembangan ekonomi ubikayu yaitu: (1) mengurangi faktor penghambat pasar, seperti infrastruktur, fasilitas, pengolahan, dan penyimpanan, baik fisik maupun pengaturan dan kelembagaannya; (2) perbaikan kondisi bisnis seperti daya saing, mengundang investor, bantuan kredit untuk petani dan usaha kecil, informasi pasar (mutu dan standarisasi); (3) pengembangan teknologi khususnya pengolahan ubi segar dan promosi produk.

Strategi Pemasaran Produk Baru

Produk-produk olahan baru biasanya merupakan substitusi produk yang sudah ada, sebagian atau seluruhnya (utuh). Sebagai contoh, tepung kasava dapat mengganti tepung terigu, sebagian atau seluruhnya untuk pembuatan produk-produk pangan. Produk olahan baru harus mempunyai keunggulan

dibanding produk yang sudah ada. Keunggulan tersebut merupakan modal pendukung pemasaran produk baru ke tengah masyarakat, sehingga strategi khusus perlu dirumuskan.

Strategi Ekonomis

Produk olahan baru harus mempunyai kelayakan baik ekonomis maupun teknis. Produk tepung kasava maupun tapioka dalam skala kecil (tingkat rumah tangga) mempunyai kelayakan teknis maupun ekonomis. Keunggulan tersebut merupakan potensi internal yang dapat mendukung pemasaran produk.

Strategi Kompetitif dalam Pasar

Menyesuaikan/menyelaraskan sumber daya yang dipunyai dengan kesempatan-kesempatan lingkungan. Artinya, produsen harus memahami kebutuhan dan keinginan konsumen serta memberikan kepuasan secara lebih efisien dan efektif daripada pesaing.

Produk pesaing tepung kasava adalah tepung terigu. Tepung kasava kompetitif dalam hal harga serta mempunyai keunggulan seperti kandungan serat, tidak mengandung gluten, sesuai untuk penderita sakit lambung, dan cocok untuk anak-anak hiperaktif (*autis*). Keunggulan banding tersebut juga merupakan kekuatan internal yang dapat mendukung pemasaran produk.

Strategi Publisitas

Ubikayu dipandang hanya merupakan pangan sambilan dan tidak dapat dijadikan makanan pokok maupun bahan baku industri. Paradigma yang berkembang tentang sisi gelap pangan ubikayu juga perlu diubah. Upaya meningkatkan kesadaran masyarakat akan *esensi* pemanfaatan ubikayu perlu dilakukan. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang ubikayu merupakan pekerjaan besar yang perlu penanganan cepat dan tepat.

Kemitraan dalam Pemasaran

Keterbatasan petani dalam pengembangan usahatani ubikayu mendorong perlunya kemitraan. Kemitraan selama ini belum berkembang dan hanya insidental, tidak dimulai dari tahap persiapan dan perencanaan serta tidak didasari atas kepentingan bersama. Kemitraan yang dilaksanakan hendaknya diikuti dengan bantuan pembinaan berupa peningkatan sumber daya manusia, teknik produksi, modal kerja, serta jaminan pemasaran yang menguntungkan dan berkesinambungan.

Menurut kebijakan pemerintah yang dituangkan dalam pedoman umum *Program Aksi Masyarakat Agribisnis Tanaman Pangan Tahun 2003* (Proksi Mantap 2003), pembinaan dalam pengembangan kawasan agribisnis tanaman pangan dilakukan melalui pendekatan rancang bangun sebagai berikut: (1) pengembangan pusat pertumbuhan, (2) pengembangan usaha, dan 3) pengembangan kemitraan.

Pengembangan pusat pertumbuhan merupakan upaya pengembangan usahatani yang memenuhi skala ekonomi sehingga memungkinkan tumbuh dan berkembangnya sistem dan usaha-usaha agribisnis yang berkelanjutan.

Pengembangan usaha merupakan upaya pengelolaan usahatani dengan menerapkan perpaduan rekayasa sosial, teknologi, serta ekonomi dan nilai tambah secara terencana dan berkelanjutan. Pengembangan usaha didasarkan atas kerjasama antar anggota kelompok tani maupun perorangan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dengan memanfaatkan potensi sumber daya secara terpadu. Melalui upaya ini petani/kelompok tani diharapkan akan berusahatani lebih profesional dan bertindak sebagai manajer dalam usahatannya.

Pengembangan kemitraan adalah upaya menumbuhkembangkan jalinan kerjasama antara petani dengan swasta mulai dari hulu sampai ke hilir (perusahaan saprodi, penangkar bibit, industri pengolahan, dan sebagainya), serta lembaga keuangan lainnya. Dengan adanya koordinasi antar pihak terkait tersebut, diharapkan hubungan sinergis antara subsistem agribisnis akan berjalan baik. Pemerintah daerah sebagai fasilitator diharapkan dapat berperan dalam keberhasilan kerjasama ini.

PENGEMBANGAN UBI SEGAR UNTUK INDUSTRI PANGAN

Salah satu agroindustri pangan yang keberadaannya sudah dikenal masyarakat Indonesia adalah industri tapioka. Pengusahaan tapioka merupakan alternatif pendayagunaan ubi segar. Industri tapioka mendukung upaya diversifikasi usaha sehingga menghasilkan produk yang mempunyai nilai ekonomi lebih tinggi.

Asnawi (2003) mengemukakan bahwa pemanfaatan ubi segar dapat melalui pengembangan industri pengolahan ubi segar menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi tinggi seperti tepung tapioka. Kebijakan pengembangan subsistem agroindustri pengolahan tapioka yang berbasis pada ekonomi rakyat dan pemberdayaan masyarakat desa dikenal dengan istilah Ittara (Industri Tepung Tapioka Rakyat). Ittara merupakan industri pengolahan tapioka berskala kecil dengan kapasitas 1-5 ton tepung tapioka/

hari. Ittara yang dikembangkan oleh Pemda bersama instansi terkait dan petani merupakan satu terobosan. Industri tersebut memiliki keunggulan seperti menggunakan teknologi dan proses yang sederhana serta modal investasi yang kecil dengan manajemen usaha yang tidak rumit.

Setiap tahun, produksi tepung tapioka yang dihasilkan adalah 1.300 ton dengan jumlah bahan baku 5.600 ton. Maka diperoleh nilai konversi 0,23 yang berarti dari setiap satu kilogram ubi segar dapat diolah menjadi 0,23 kg tepung tapioka. Nilai tepung tapioka yang dihasilkan dari setiap kilogram ubi segar adalah Rp 218,50. Dengan demikian, nilai tambah yang diperoleh dari tepung tapioka pada Ittara adalah Rp 57,91/kg ubi segar.

Kajian Rusitaningrum (2002) tentang agroindustri tapioka di Desa Pogalan menjelaskan bahwa skala usaha terbaik untuk dikembangkan adalah agroindustri tapioka skala kecil. Hal ini didasarkan pada perhitungan akhir B/C ratio > 1. Itu berarti bahwa untuk pengembangan agroindustri tapioka skala usaha kecil dianjurkan karena pendapatan dari skala usaha kecil lebih besar daripada skala rumah tangga.

Analisis Finansial Industri Tapioka

Analisis Penerimaan

Penerimaan agroindustri tapioka berasal dari penjualan tapioka sebagai produk utama dan hasil samping berupa ampas dan lamuk (Tabel 1). Produsen menjual tapung tapioka dengan harga Rp 2.500/kg atau Rp 125.000/karung. Ampas tapioka dijual dengan harga Rp 10.000/sak. Ampas ini biasanya digunakan sebagai pakan ternak. Sedangkan lamuk dijual seharga Rp 400/kg dan dapat digunakan sebagai campuran pembuatan kerupuk.

Tabel 1. Total penerimaan per proses produksi tapioka dari 2.208 kg ubikayu di Trenggalek, Jatim, 2007.

Produk	Jumlah tapioka	Harga jual (Rp)	Jumlah (Rp)
Tapioka	439,8 kg	2.500/kg	1.099.500
Ampas	10,96 sak	10.000/sak	109.600
Lamuk	7,72 kg	400/kg	3.008
Penerimaan total			1.212.188

Sumber: Diolah dari Data Primer (2007).

Tabel 2. Keuntungan per proses produksi tapioka di Trenggalek, Jatim, 2007.

Total penerimaan (Rp)	1.212.188
Total biaya (Rp)	1.005.473
Keuntungan (Rp)	206.715
Efisiensi usaha	1,205

Sumber: Diolah dari Data Primer (2007).

Analisis Keuntungan

Keuntungan merupakan selisih antara total penerimaan dengan total biaya produksi dari satu kali pengolahan Rp 2.208/kg ubi segar.

Tabel 2 menunjukkan bahwa total keuntungan yang diperoleh produsen tapioka per satu kali proses produksi adalah Rp 206.715. Dengan keuntungan tersebut agroindustri tapioka layak dijalankan dan dapat berkembang dengan baik.

Tingkat efisiensi usaha sebesar 1,205 berarti bahwa setiap investasi Rp 1.000 akan menghasilkan penerimaan sebesar Rp 1.205. Nilai efisiensi atau R/C rasio yang >1 merupakan indikasi bahwa agroindustri tapioka menguntungkan dan layak dikembangkan.

Analisis Nilai Tambah

Nilai tambah merupakan selisih antara nilai produk dan biaya bahan baku dengan sumbangan masukan lainnya. Analisis ini memberi perkiraan nilai tambah pada agroindustri tapioka, imbalan bagi tenaga kerja, dan imbalan bagi modal yang merupakan keuntungan produsen tapioka.

Usaha agroindustri tapioka mampu menyerap tenaga kerja sebesar 7,4 HOK dengan koefisien tenaga kerja 0,3364. Pendapatan atau upah tenaga kerja per proses produksi tapioka sebesar Rp 13.771,30. Imbalan tenaga kerja merupakan perkalian antara koefisien tenaga kerja dengan upah tenaga kerja. Besarnya imbalan tenaga kerja untuk setiap kg bahan baku adalah Rp 46,07 dengan bagian tenaga kerja 48,17%. Keuntungan yang diperoleh produsen agroindustri tapioka per kg bahan baku sebesar Rp 49,61 atau 51,83% dari nilai tambah.

Tabel 3. Rata-rata nilai tambah per proses produksi tapioka di Trenggalek, 2007.

Hasil produksi	439,8 kg
Bahan baku	2.208 kg
Tenaga kerja	7,4 HOK
Faktor konversi	0,2
Koefisien TK	0,3364
Harga produk	Rp 2.500/kg
Upah TK	Rp 13.771,3/HOK
Penerimaan dan keuntungan	
Harga bahan baku	Rp 398,80/kg
Sumbangan input lain	Rp 5,5168/kg
Nilai produk	Rp 500/kg
Nilai tambah	Rp 95,683/kg
Rasio nilai tambah	19,137%
Imbalan TK	Rp 46,07234/kg
Bagian TK	48,17%
Keuntungan	Rp 49.611/kg
Tingkat keuntungan	51,83%

Sumber: Diolah dari Data Primer (2007).

Strategi Pengembangan Industri Tapioka

Berdasarkan hasil identifikasi terhadap faktor-faktor internal dan eksternal pada agroindustri tapioka di daerah penelitian maka dapat disusun alternatif-alternatif strategi dengan menggunakan matriks SWOT (*strength, weakness, opportunity, threat*). Alternatif-alternatif tersebut antara lain:

Strategi S-O (ekspansif)

Strategi ini dibuat dengan memanfaatkan kekuatan yang dimiliki untuk menghadapi dan menangkap peluang yang ada. Strategi yang dapat digunakan antara lain:

1. Meningkatkan jumlah, efisiensi, dan mutu produk tapioka
Pangsa pasar tapioka yang masih luas membuka peluang yang besar bagi agroindustri tapioka untuk meningkatkan jumlah produksinya. Hal ini dikarenakan tapioka merupakan bahan yang banyak diperlukan bagi industri hilir. Peningkatan jumlah produk tapioka dapat dilakukan dengan peningkatan jumlah dan kualitas bahan baku. Sedangkan peningkatan mutu dan efisiensi dapat dilakukan dengan pemilihan bahan baku yang berkadar pati tinggi disertai perbaikan teknologi pengolahan.
2. Meningkatkan keberlanjutan produk tapioka
Upaya peningkatan keberlanjutan produksi tapioka tergantung pada jumlah bahan baku yang tersedia. Agar produksi dapat terus berjalan,

manajemen pasokan ubi segar yang tepat waktu dan kontinyu, karena ubi segar merupakan produk pertanian yang tidak tahan simpan.

3. Memperluas wilayah pemasaran

Wilayah pemasaran dapat diperluas dengan menemukan pasar baru. Informasi dapat diperoleh dari instansi atau pemda setempat yang mempunyai banyak informasi mengenai daerah yang potensial untuk pemasaran tepung tapioka.

4. Mempertahankan pelanggan yang sudah ada

Pelanggan merupakan elemen yang penting bagi pemasaran produk tapioka. Selama ini, produsen tapioka sudah mempunyai pelanggan, baik yang berada di daerah sekitar produksi maupun yang berada di luar kota. Untuk dapat mempertahankan pelanggan yang sudah ada, produsen harus berusaha memenuhi permintaan pelanggan tapioka dengan jumlah dan mutu yang baik.

Strategi W-O (diversifikatif)

Strategi ini diterapkan dengan memanfaatkan peluang yang dihadapi dengan meminimalkan kelemahan yang dimiliki. Strategi yang dapat digunakan antara lain:

1. Memperbaiki manajemen pencatatan penerimaan dan pengeluaran

Pengaturan besar biaya yang dikeluarkan selama proses produksi dan penerimaan dari hasil penjualan tapioka sangat perlu untuk mengetahui perkembangan kegiatan produksi. Selama ini, produsen lebih mengandalkan ingatan dan melakukan pencatatan sederhana. Tidak ada pemisahan antara kebutuhan produksi dan kebutuhan sehari-hari.

2. Memperluas hubungan dengan pemasok bahan baku

Pemasok bahan baku berperan penting dalam kegiatan produksi tapioka. Selama ini produsen sudah menjalin hubungan yang baik dengan pemasok bahan baku dari dalam kabupaten. Karena bahan baku yang tersedia tidak selalu cukup, produsen harus memperluas kerjasamanya dengan pemasok lain.

3. Meningkatkan kerja sama dengan Pemerintah Daerah (Pemda) dalam kegiatan pelatihan dan penyediaan peralatan produksi bagi produsen
Kerja sama dengan Pemda dan instansi terkait berhubungan dengan penyuluhan, pelatihan, dan pengawasan proses produksi terutama yang berkaitan dengan limbah cair.

Pengolahan ubi segar menjadi tapioka pada industri skala kecil masih menggunakan peralatan sederhana dan proses pengeringan tapioka tergantung pada cuaca yaitu sinar matahari, sehingga kualitas produknya belum memenuhi kualitas I SNI. Penggunaan peralatan modern dapat

mempercepat proses produksi sehingga kuantitas dan kualitas tapioka yang dihasilkan meningkat.

Strategi S-T (konsolidatif)

Strategi ini menggunakan kekuatan yang dimiliki untuk mengatasi ancaman:

1. Meningkatkan daya saing melalui peningkatan mutu
Agar produsen lebih berdaya-saing, mutu tepung tapioka harus selalu ditingkatkan dengan menggunakan bahan baku dan bahan penolong yang bermutu serta sumber daya manusia yang menguasai teknologi.
2. Mempertahankan kepercayaan pemasok bahan baku dan pelanggan
Produsen harus selalu menjaga kepercayaan pemasok bahan baku misalnya dengan pembelian tunai. Jika pembelian dilakukan secara kredit, maka produsen diharapkan melunasi pembayaran tepat waktu. Hubungan baik dengan pelanggan berhubungan dengan pemenuhan permintaan pelanggan tepat waktu dengan mutu tapioka yang baik.

Strategi W-T (defensif)

Strategi ini bersifat defensif dengan berusaha meminimalkan kelemahan untuk menghindari ancaman:

1. Bekerjasama dengan pemerintah atau lembaga keuangan untuk memperoleh pinjaman modal dengan bunga rendah.
2. Selama ini produsen masih ragu menggunakan bantuan lembaga keuangan karena takut tidak bisa mengembalikan pinjaman beserta bunganya tepat waktu. Oleh karena itu lembaga keuangan atau instansi terkait perlu menyediakan dana atau modal berbunga rendah dengan persyaratan yang mudah.

PENGEMBANGAN UBIKAYU SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Kelayakan Teknis Bahan Baku Industri Bioetanol

Peningkatan citra ubi segar hanya bisa dilakukan melalui diversifikasi produk. Perpres No. 5 tahun 2006 tentang pengembangan sumber energi terbarukan dari biomasa (biofuel) sebagai substitusi BBM (bahan bakar minyak) merupakan peluang besar bagi pengembangan pengolahan ubi segar menjadi bioetanol. Pemanfaatan bioetanol sebagai campuran premium telah dikenal luas di Eropa, Amerika, dan Brasil.

Beberapa laporan hasil penelitian tentang kelayakan teknis tanaman pangan sebagai bahan baku pembuatan etanol adalah:

- Ubi segar tersedia sepanjang tahun di wilayah beriklim basah yang didukung oleh ketersediaan lahan tidur potensial sekitar 7 juta ha (Wargiono 2008) sehingga keberlanjutan produksi bioetanol terjamin.
- Ubi segar mempunyai kadar pati yang cukup tinggi (25-30%) untuk produksi etanol dan mempunyai biaya produksi lebih murah dibanding dengan molases yang selama ini digunakan sebagai bahan baku etanol (Supriyanto 2006).
- Dari aspek lingkungan, limbah cair proses pembuatan etanol dari bahan baku ubi segar lebih mudah didegradasi dibanding limbah molases. Di samping itu, limbah padat dari pabrik etanol berbahan baku ubi segar (kulit, tanah, dan ampas) dapat dimanfaatkan lebih lanjut (Supriyanto 2006).
- Shintawaty (2006) melaporkan bahwa tanaman jagung merupakan unggulan untuk bahan utama industri bioetanol, namun biaya produksi tiap liter ethanol grade fuel dari ubi segar paling murah dibandingkan dengan bahan baku lainnya (Wargiono 2008). Ditinjau dari aspek ketersediaan, produksi jagung nasional lebih rendah dari permintaan, sehingga ubi segar diprioritaskan sebagai bahan baku utama untuk industri bioethanol (Perpres No. 5/2006).

Permintaan Ubi Segar sebagai Bahan Baku Industri Bioetanol

Keberlanjutan produksi bioetanol dari ubi segar harus terjamin. Hal ini dapat diketahui melalui pola permintaan pasar terhadap ubi segar dan komoditas pengganti ubikayu. Analisis elastisitas permintaan menunjukkan bahwa ubi segar masih dipandang oleh masyarakat sebagai komoditas *inferior*. Namun status inferior itu memberikan kelayakan finansial bagi komoditas ubikayu. Tingkat harga rendah ubi segar ini bersifat stabil dan permanen, sesuai elastisitas sendiri, elastisitas silang, maupun elastisitas pendapatannya:

- Nilai elastisitas sendiri dari ubi segar adalah -0,459688, artinya harga riil ubi segar berbanding terbalik dengan permintaan per kapita. Peningkatan 1% harga ubi segar akan menurunkan jumlah permintaannya sampai 46%. Hal ini dikarenakan ubi segar memiliki banyak pengganti (substitusi). Masyarakat akan menurunkan konsumsinya sampai 46% jika ada kenaikan harga ubi segar sebesar 1%, dan beralih ke komoditas lain. Dampak peningkatan mutu (bukan karena efek sektor perekonomian) pada harga ubi segar peluangnya kecil, sehingga ubi

segar bisa diterima sebagai pilihan bahan baku yang murah untuk industri bioetanol. Petani tidak perlu cemas harga jatuh, sementara ketahanan pangan menjadi meningkat karena produksi yang berlimpah.

- Nilai elastisitas silang ubi segar terhadap komoditas pangan lain relatif kecil seperti terhadap beras 0,009743; jagung 0,000182; ubijalar 0,000068; dan terhadap barang lain 0,662905. Kenaikan permintaan ubi segar akibat pengaruh kenaikan harga komoditas pangan lain tidak akan mempengaruhi permintaan ubi segar yang sudah ada, sehingga ketersediaannya untuk bioetanol tetap terkendali. Dengan kata lain, karena kebutuhan bahan baku yang besar, industri bioetanol sesungguhnya dapat berperan sebagai penyangga harga komoditas pertanian.
- Peningkatan pendapatan masyarakat tidak meningkatkan permintaan, tetapi menurunkan permintaan ubi segar, ditunjukkan dengan nilai elastisitas pendapatan yang -0,213210. Pola konsumsi masyarakat lebih mungkin bergeser dari beras ke aneka kentang dan tepung yang ditunjukkan belum tidak bisa mengangkat citra komoditas ubikayu. Diversifikasi ke produk bioetanol merupakan peluang untuk meningkatkan citra komoditas ubikayu.

Strategi Pengembangan Ubikayu sebagai Bahan Baku Industri Bioetanol

Peningkatan produktivitas ubikayu tetap perlu diupayakan karena adanya senjang yang besar antara potensi genetis dan produktivitas petani. Tanpa intensifikasi dan ekstensifikasi, maka pengadaan ubi segar sebagai bahan baku industri etanol akan berkompetisi dengan tanaman pangan lain. Tanaman ubikayu akan kalah bersaing dalam perebutan media tumbuh (areal/lahan). Dibandingkan dengan industri pangan, industri bioetanol lebih sensitif terhadap peningkatan harga (Yudiarto 2006). Biaya produksi 1 liter bioetanol hampir sama dengan harga 1 kg produk industri pangan. Padahal 1 liter etanol memerlukan ubi segar sekitar 5 kg setara 2 kg produk industri pangan. Industri bioetanol tidak layak dikembangkan bila harga ubi segar mencapai Rp 375/kg dan harga premium Rp 4500/liter (Cakra 2007). Namun harga premium akan naik ketika subsidi dicabut atau dikurangi, sehingga harga ubi segar sebagai bahan baku industri bioethanol bisa lebih tinggi dari Rp 375. Jadi industri etanol pasti akan kalah bersaing dan mencari bahan baku alternatif yang lebih murah. Upaya terobosan untuk mengatasi masalah tersebut adalah menekan harga ubi segar *on-farm* melalui peningkatan produktivitas.

Terwujudnya diversifikasi energi dengan pengembangan bioetanol tidak bisa terlepas dari dukungan dan keterlibatan pihak swasta dalam menerapkan dan mengembangkan industri bioetanol skala medium-besar. Hal itu terutama dalam hal pengolahan bahan baku sampai produk jadi bioetanol agar keberlanjutan produksi terjaga. Pengembangan skala usaha untuk industri bioetanol tidak mempunyai batasan yang tegas (Yudiarto 2006). Secara kasar, setiap kelipatan 10 kali kapasitasnya, biaya investasinya menurun separuhnya. Biaya investasi kilang bioetanol kapasitas 100 kl/hari berkisar antara Rp 2-3 milyar. Dengan harga etanol yang sama dihitung dengan bensin saja, pembangunan satu pabrik ukuran ini akan menghemat devisa untuk impor bensin sebesar 33.00 kl/tahun x Rp 5.450/liter atau Rp 179,85 milyar/tahun.

Citra ubi segar dapat ditingkatkan dengan diversifikasi produk secara komersial. Produk yang ekonomis dari ubi segar adalah tepung dan bioetanol. Dalam kompetisi sebagai bahan baku, komoditas ubikayu yang murah bisa diterima untuk industri pangan maupun industri bioetanol.

Beberapa keuntungan dari komoditas ubikayu sebagai sumber bahan baku yaitu: (1) murah, sehingga dapat menekan biaya produksi, (2) sebagai pangan, kenaikan pendapatan per kapita masyarakat menurunkan permintaan akan ubi segar, (3) sensitif dalam kenaikan harga dan mempunyai banyak substitusi, dan (4) elastisitas permintaan terhadap komoditas pangan lain kecil.

Pengembangan ubikayu diarahkan ke wilayah beriklim basah seperti Sumatera dan Kalimantan, baik secara intensifikasi maupun ekstensifikasi. Jika tidak demikian maka kebutuhan bahan bakunya untuk industri akan bersaing dengan tanaman pangan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Asnawi, Robert. 2007. Analisis fungsi produksi usahatani ubikayu dan industri tepung tapioka rakyat di Provinsi Lampung *on line). Available at <http://bbp2tp.litbang.deptan.go.id>. (verified 12 Agustus 2007).
- Cakra Harta Konsultan. 2007. Studi kelayakan pengembangan produk pertanian baru dari ubikayu. Ditkabi. Jakarta.
- Dahl, D.G. and J.W. Hammond. 1977. Marketing price analysis the agricultural industries. McGraw Hill Book Comp. New York.
- Ditprod. 2003. Pedoman umum program aksi masyarakat agribisnis tanaman pangan tahun 2003 (Proksi Mantap 2003). Pokok-pokok

- kebijaksanaan dan langkah strategis pembangunan tanaman pangan. Direktorat Jenderal Bina Produksi Tanaman Pangan. Deptan. Jakarta.
- FAO. 2001. The global cassava development strategy and implementation plan. Proceedings of Validation Forum on the Global Cassava Development Strategy in Rome, 26-28 April 2000. Vol. 3.
- FAO. 2002. Wolr agriculture. Official website ULR: [www:fao.go.id](http://www.fao.go.id).
- Hartoyo, K., Heriyanto, Sudaryono, D.M. Arsyad, Suharsono, dan IK. Tastra. 2003. Pemberdayaan agribisnis ubikayu mendukung ketahanan pangan. Balitkabi, Malang.
- Hobson, B. 1990. A review of relationship among demand elasticities. Research Associate. Colorado State University.
- Husodo, S. 2006. Pangan dan masa depan bangsa. *Dalam:* K. Puspanji, W. Rusastra, Dwi Praptomo, S. Mardianto, Suwaji, Dahlannudi, dan Wirajaswadi (Eds.). Pemasyarakatan Inovasi Teknologi Pertanian sebagai Penggerak Ketahanan Pangan Nasional. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Bogor.
- Karama, S. 2003. Potensi, tantangan dan kendala ubikayu dalam mendukung ketahanan pangan. *In:* Hartoyo, K., Heriyanto, Sudaryono, Darman M. Arsyad, Suharsono, dan I Ketut Tastra (Eds.). Pemberdayaan Agribisnis Ubikayu Mendukung Ketahanan Pangan. Balitkabi, Malang.
- Kotler, P. 1987. Principles of marketing. Third edition. Prentice-Hall. A Division of Simon & Schuster, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Manurung RMH. 2002. Program Direktorat Kacang-kacangan dan Umbi-umbian dalam rangka menunjang ketahanan pangan.
- Pakpahan, A., M. Gunawan, A. Djauhari, S.M. Pasaribu, A. Nasution, dan S. Priyatno. 1992. Cassava marketing in Indonesia. Center for Agro-Socioeconomic Research. Agency for Agricultural Research and Development. Bogor.
- Puslitbangtan. 1993. Potensi beberapa komoditas palawija. Badan Litbang Pertanian.
- Shintawaty. 2006. Prospek pengembangan biodiesel dan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif di Indonesia. Economic Review No. 203. Maret 2006.
- Suhatmini H. 2002. Pokok-pokok pikiran kebijakan pangan nasional dalam rangka otonomi daerah. *Dalam:* Widodo *et al.* (eds.) Kebijakan Pangan Nasional dalam Kerangka Otonomi Daerah. Magister Manajemen Agribisnis. UGM, Yogyakarta.

- Subandi, Y. Widodo, N. Saleh, dan L.W. Santoso. 2006. *Dalam: Didik H., Subandi, dan N. Saleh. (eds.). Prospek, Strategi, dan Teknologi Pengembangan Ubikayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan.* Puslitbangtan. Bogor.
- Supriyanto. 2006. Prospek, pengembangan industri bioetanol dari ubikayu. *Dalam: Didik H., Subandi, dan N. Saleh. (eds.). Prospek, Strategi, dan Teknologi Pengembangan Ubikayu untuk Agroindustri dan Ketahanan Pangan.* Puslitbangtan. Bogor.
- Tri Pranadji. 2003. Otonomi daerah dan daya saing agribisnis. Pelajaran dari Propinsi Lampung. Analisis Kebijakan Pertanian Vol. 1, No. 2, Juni 2003. PPSE. Bogor.
- Wargiono, J. 2008. Wilayah potensial pengembangan ubikayu sebagai bahan baku industri bioethanol. Seminar Puslitbangtan. Bogor.
- Wargiono, J. and N. Richana. 2008. Traditional and new uses of cassava in Indonesia. Proc. Regional Cassava Workshop. Vientiane, Laos.
- Yudiarto Arif dan Djuma'ali. 2006. Menimbang kelayakan bioetanol sebagai pengganti bensin. BPPT. Jakarta. [Http://www.Indobiofuel.Com](http://www.Indobiofuel.Com). Verified: 26 Juni 2006.

Kelayakan Usahatani Skala Keluarga Petani

S.M. Pasaribu, B. Sayaka, dan J. Hestina

STATUS USAHATANI

Usahatani Subsisten

Ubikayu termasuk tanaman pangan multi fungsi, yaitu sebagai bahan pangan dan pakan serta bahan baku aneka industri baik hulu maupun hilir. Permintaan untuk pangan meningkat dengan pertumbuhan tahunan 3,63%, sedangkan untuk multi industri menurun dengan pertumbuhan 19,62% selama dasawarsa terakhir (FAO 2005). Oleh karena itu, karakteristik usahatani dipengaruhi oleh penggunaannya, baik dalam bentuk ubi segar sebagai akhir usahatani maupun produk hasil olahan primernya.

Sebagai bahan pangan, ubikayu termasuk kelompok pangan inferior dengan elastisitas negatif terhadap masyarakat berpendapatan rendah dan menengah. Permintaan untuk pangan pokok tiap rumah tangga (lima jiwa/KK) relatif sedikit, yaitu sekitar 1.475 kg ubi segar per tahun atau setara dengan hasil usahatani pada luasan 0,16 ha lahan pada tingkat hasil rata-rata regional sebesar 9,3 t/ha (Tabel 1). Usahatani untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut adalah subsisten yang dicirikan oleh (1) pemenuhan kebutuhan pangan rumah tangga merupakan tujuan utama, (2) produktivitas rendah karena penggunaan input minimal dan pengelolaan kurang optimal, (3) respon terhadap teknologi anjuran lemah, (4) sifat sosial tinggi, (5) keuntungan usahatani bukan merupakan tujuan utama, dan (6) sebagian besar kegiatan usahatani dilakukan oleh tenaga kerja keluarga.

Walaupun usahatani subsisten dengan input minimal (murah) dapat memenuhi kebutuhan pangan keluarga, namun biaya produksi tiap kg ubi segar mahal. Hal tersebut disebabkan oleh produktivitas yang rendah, sehingga efisiensi penggunaan input rendah, dan sumbangan terhadap pendapatan rumah tangga petani juga rendah. Dengan demikian luas lahan per keluarga petani untuk usahatani ubikayu agar kontribusinya terhadap pendapatan keluarga lebih tinggi dari batas kemiskinan harus luas.

Kebutuhan ubi segar untuk pangan pokok tiap orang dewasa setahun berdasarkan angka kecukupan gizi sekitar 292 kg atau 1460 kg tiap rumah tangga petani dengan anggota keluarga lima orang. Berdasarkan kasus di Kabupaten Wonogiri (Jawa Tengah) dan daerah transmigrasi di Lampung Utara (Lampung) serta Landak (Kalimantan Barat) dengan luas lahan untuk

Tabel 1. Keragaan input-ouput usahatani ubikayu subsisten pada luasan 0,5 ha/kk.

Indikator	Wonogiri	Lampung Utara	Landak
• Produktivitas (t ubi segar)	4,25	5,90	3,25
• Biaya produksi (Rp/kg ubi)	221	229	159
• Keuntungan (Rp/Rp input)	1,53	1,88	1,57
• Pemenuhan Pangan (kg/kk/th) ¹⁾	1.610	1.873	1.926
• Kontribusi thd modal UT (Rp 000/0,5 ha) ²⁾	924	1.410	463

Sumber: Wargiono, 2001, 2007, 2008, dan Ditkabi, 2008 (diolah).

¹⁾Dihitung berdasarkan kesetaraan kalori sesuai AKG berbasis makanan dimasak.

²⁾Hasil (t/0,5 ha) minus kebutuhan pangan keluarga per tahun dikalikan harga ubi segar *farm-gate*.

usahatani ubikayu subsisten 0,5 ha//KK kebutuhan pangannya tercukupi namun tidak tersedia dana untuk pengadaan sarana produksi dan upah tenaga kerja (Tabel 1). Oleh karena itu, sebagian besar kegiatan usahatani dilakukan oleh tenaga kerja keluarga dan input yang digunakan minimal.

Kondisi tersebut menggambarkan bahwa wilayah yang didominasi oleh usahatani subsisten produktivitasnya cenderung rendah dan stagnan serta luas lahan garapannya sempit. Peningkatan produktivitas dan luas garapan dapat dipacu melalui penciptaan pasar lokal untuk ubi segar berupa industri berbahan baku ubi segar di setiap sentra produksi (Ditkabi 2008, Wargiono 2008). Terciptanya pasar lokal tersebut dapat mendorong pergeseran usahatani dari subsisten ke komersial.

Usahatani Komersial

Selain sebagai pangan dengan karakteristik inferior, ubi segar juga digunakan sebagai bahan baku industri. Industri berbahan baku ubi segar yang berfungsi sebagai pasar lokal tersebut merupakan jaminan kepastian pasar yang dapat digunakan sebagai dasar perhitungan input-ouput dalam usahatani komersial untuk mendapatkan keuntungan yang diharapkan. Keuntungan tinggi dapat diperoleh melalui peningkatan produktivitas, dan produktivitas tinggi dapat dicapai melalui penggunaan input dan pengelolaan optimal. Hal tersebut dapat terealisasi bila didukung oleh ketersediaan modal untuk pengadaan input dan teknologi produksi untuk pengelolaan tanaman dan tanah untuk usahatani. Oleh karena itu, tingkat adopsi teknologi dan respon terhadap perubahan harga hasil dan perubahan lingkungan relatif lebih tinggi untuk petani komersial dibandingkan dengan petani subsisten.

Produktivitas usahatani komersial petani pemasok bahan baku industri tapioka ITTARA, di Lampung dipengaruhi oleh luas lahan, populasi tanaman,

penggunaan pupuk urea dan SP36 dengan elastisitas masing-masing 0,13, 2,90, 0,11, dan 0,20. Populasi tanaman yang digunakan bersifat elastis yang berarti populasi tanaman dan jarak tanam masih belum optimal, sedangkan komponen lainnya tidak elastis (Asnawi 2002). Lahan kering di daerah tersebut umumnya miskin hara makro, namun pemupukan urea dan SP36 elastisitasnya rendah. Hal tersebut disebabkan oleh tidak diberikannya pupuk K, padahal dengan pemupukan 150 kg urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl/ha hasil dapat meningkat menjadi 30-40 t/ha (Wargiono 2006). Produktivitas merupakan resultan dari produksi tiap wilayah yang ketersediaannya sesuai dengan yang dibutuhkan oleh industri, sehingga pengaruh produktivitas tersebut cukup besar terhadap kinerja industri dan pendapatan petani.

Contoh pengaruh kinerja tersebut adalah pendapatan industri tapioka (ITTARA) di Lampung dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku dan minyak solar yang digunakan. Kedua input tersebut masing-masing mempunyai elastisitas 0,94 dan 0,11. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa kinerja industri sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku dan kelayakan harganya. Nilai tambah yang diperoleh ITTARA adalah Rp 65,75 per kg bahan baku atau 30,07% dibanding nilai produk. Sedangkan keuntungan yang diperoleh adalah Rp 57,97 per kg bahan baku. Keuntungan tersebut dapat ditingkatkan melalui peningkatan produktivitas yang dipengaruhi oleh cara usahatani dan penggunaan input.

Usahatani ubikayu monokultur secara komersial petani pemasok bahan baku industri tapioka (ITTARA di Lampung, dengan produktivitas 18 t/ha diperoleh keuntungan Rp 2,1 tiap Rp 1,0 biaya produksi usahatani.

Di Kabupaten Pati (Jawa Tengah) dan Trenggalek (Jawa Timur), serta Pontianak (Kalimantan Barat) dengan produktivitas 28 t/ha dan 22 t/ha serta 23 t/ha masing-masing memberikan keuntungan sebesar Rp 2,59, Rp 2,10, dan Rp 2,35 tiap Rp 1,0 biaya produksi untuk usahatani ubikayu monokultur. Biaya produksi untuk tiap kg ubi segar adalah Rp 116,5, Rp 143, dan Rp 149 masing-masing untuk Kabupaten Pati, Trenggalek dan Pontianak (Tabel 2). Perbedaan biaya produksi tersebut disebabkan oleh perbedaan biaya untuk sarana produksi.

Petani ubikayu di Kabupaten Trenggalek menggunakan pupuk kompos, urea dan SP36, sedangkan di Pati menggunakan pupuk kandang, urea, SP36, dan KCl, serta untuk Pontianak hanya menggunakan urea, SP36, dan KCl. Di Pati sebagian besar petani mempunyai usaha peternakan berupa penggemukan sapi, sehingga biaya untuk pupuk kandang hanya berupa biaya pengangkutan dari kandang ke lahan pertanaman ubikayu, sedangkan di Trenggalek biaya kompos terdiri dari biaya pengangkutan dan pembelian kompos. Untuk Pontianak hanya urea, SP36, dan KCl dengan harga 15-30%

Tabel 2. Keragaan input-output usahatani ubikayu komersial.

Indikator	Pati	Trenggalek	Pontianak
Input (Rp 000/ha)	3245	3150	3720
• Upah	1900	2540	2050
• Sarana produksi	1345	610	120
Output (Rp 000/ha)			
• Hasil ubi segar (t/ha)	28	22	23
• Nilai hasil (Rp 000/ha)	8400	6600	8.05
Keuntungan (Rp/Rp biaya produksi)	2.59	2.10	2.16

Sumber: Pasaribu (1985), Ditkabi (2008), Wargiono (2007) (diolah berdasarkan kondisi 2008).

lebih mahal dibandingkan dengan Pati dan Trenggalek disebabkan oleh kondisi infrastruktur yang kurang mendukung. Penggunaan pupuk urea, SP36 dan KCl di Pati masing-masing 200 kg, 100 kg, dan 50-100 kg/ha, di Trenggalek 75-100 kg, 30-50 kg, dan 0 kg/ha, dan di Pontianak 150-200 kg, 59-40 kg dan 50-100 kg. Oleh karena itu produktivitas di Pati 27% lebih tinggi dibandingkan dengan Trenggalek. Rataan luas garapan usahatani ubikayu di Trenggalek 0,65 ha per petani, sedangkan di Pati antara 0,5-2,5 ha/KK (Ditkabi 2008). Kegiatan usahatani pada lahan garapan sempit umumnya menggunakan tenaga kerja keluarga, sedangkan pada lahan garapan yang lebih luas menggunakan tenaga kerja luar keluarga. Jika tenaga keluarga turut diperhitungkan sebesar Rp 20.000 per HOK, maka biaya tenaga kerja sebesar Rp 2.540 ribu per hektar atau setara dengan 57% dari total biaya produksi. Jika tenaga kerja tidak diperhitungkan karena petani hanya menggunakan tenaga keluarga maka B/C rasionya menjadi 2,75 (Tabel 2).

Penggunaan input dan teknologi untuk mengelola tanah dan tanaman dalam upaya mendapatkan produktivitas yang tinggi selain dapat meningkatkan keuntungan juga biaya produksi tiap kg ubi segar lebih murah dibandingkan dengan usahatani subsisten, baik untuk kasus Jawa Tengah, dan Jawa Timur.

KELAYAKAN USAHATANI

Kelayakan Teknis

Indikator yang digunakan untuk mengukur kelayakan teknis dalam usahatani adalah kalori, energi dan fisiko-kimia. Oleh karena itu, penentuan kelayakan teknis berkaitan dengan penggunaannya.

Sebagai bahan pangan kelayakan teknis usahatani ubikayu indikatornya biaya produksi tiap kkal. Hasil perhitungan terhadap usahatani berdasarkan hasil studi kasus di Jawa Barat menunjukkan bahwa harga tiap kkal per hari dari ubikayu 25% dan 13% lebih murah dibandingkan dengan padi dan jagung (Wargiono 2000). Kecenderungan yang tidak berbeda bila analisis dilakukan terhadap padi sawah, jagung, dan ubikayu berdasarkan rata-rata produktivitas dan biaya produksi nasional tahun 2006 (Tabel 3).

Sebagai bahan baku industri kelayakan teknis usahatani ubikayu diukur berdasarkan efisiensi penggunaan energi dalam proses industri untuk menghasilkan suatu produk. Penggunaan tapioka dan produk turunannya sebagai bahan baku industri hilir kebutuhan energinya lebih murah dibandingkan dengan tanaman berpati lainnya merupakan salah satu contoh kelayakan teknis usahatani ubikayu sebagai bahan baku industri (Richana 2007).

Contoh lain dari kelayakan teknis usahatani ubikayu adalah biaya produksi tiap kl etanol dari ubikayu lebih murah dibandingkan dengan bahan berpati lainnya (Tabel 4). Ketersediaan varietas ubikayu dengan rendemen etanol tinggi seperti Adira-4, UJ-5, dalam usahatani ubikayu sebagai bahan baku industri bioetanol juga merupakan keunggulan teknis (Wargiono 2008).

Tabel 3. Biaya produksi kalori tanaman pangan.

Tanaman pangan	Hasil (kkal/ha/hari)	Biaya produksi (Rp/kkal)
Padi	91.797	14,35
Jagung	85.591	7,33
Ubikayu	90.813	6,04
Ubijalar	90.025	7,19

Sumber: BPS dan NBM (2003, diolah).

Tabel 4. Keragaan biaya produksi etanol dari aneka tanaman berpati.

Komoditas	Produktivitas		Harga bahan baku (US\$/l)
	Ubikayu (t/ha)	Etanol (lt)	
Padi	4,8	270	0.281
Jagung	3,5	270	0.405
Ubikayu	16,3	200	0.148
Ubijalar	10,4	130	0.538

Sumber: Wargiono (2008).

Kelayakan Finansial

Kelayakan finansial usahatani ubikayu menggunakan pendekatan B/C rasio, yaitu layak bila B/C rasionya lebih besar dari satu. Faktor yang mempengaruhi B/C rasio tersebut adalah produktivitas dan harga ubi segar *farm-gate* serta biaya produksi. Harga ubi segar *farm-gate* (di lahan petani) sebagai bahan baku industri ditentukan oleh kelayakan finansial dari industri tersebut, yaitu NPV positif, R/C lebih besar dari satu dan IRR lebih ebsar dari bunga bank komersial. Harga ubi segar yang secara finansial layak, baik untuk usahatani maupun industri berbasis ubi segar pada tahun 2008 adalah Rp 350/kg (Wargiono 2008).

Pada tingkat harga ubi segar *farm-gate* antara Rp 350/kg dan biaya produksi antara Rp 3.250.000-4.000.000/ha usahatani ubikayu layak secara finansial bila produktivitasnya antara 20-25 t/ha. Biaya produksi tersebut relatif tidak berbeda, baik pada usahatani komersial di daerah sentra produksi domestik maupun di Asia, demikian juga untuk produktivitasnya (Tabel 5). Oleh karena itu, usahatani subsisten walaupun biaya produksinya rendah, tetapi produktivitasnya juga rendah, sehingga secara finansial tidak layak karena B/C rasionya lebih rendah dari satu.

Kelayakan Luas Lahan

Kelayakan luas lahan garapan untuk usahatani tiap keluarga (KK) berdasarkan indikator hasil usahatani setahun lebih tinggi dari batas kemiskinan tahun 2007, yaitu minimal Rp 2.000.000 per kapita atau sekitar Rp 8.000.000 tiap keluarga dengan empat orang anggota keluarga (BPS 2007).

Tabel 5. Keragaan B/C rasio usahatani komersial dan subsisten pada ubikayu.

Usahatani/lokasi	Input (Rp000/ha)	Hasil (t/ha)	Output (Rp000/ha)	B/C rasio
Komersial				
• Indonesia				
• Jawa Tengah	3.245	25,0	7,5	1,34
• Lampung	3,86	23,7	8.295	1,15
• Kalimantan Barat	3,72	24,5	8.575	1,31
• Thailand	3,66	23,0	7,0	1,30
• Vietnam	3,88	23,5	8.225	1,12
Subsisten				
• Indonesia				
• Jawa Tengah		11,8	22,9	0,55
• Lampung		9,5	22,1	0,15
• Kalimantan Barat		7.20	29,0	0,66

Sumber: Howeller (2001), Wargiono (2008).

Tabel 6. Kelayakan luas lahan usahatani ubikayu.

Harga ubi segar (Rp/kg)	Luas lahan (ha/KK)
200	5,97
300	2,93
400	1,30
500	0,93

Dasar perhitungan:

Input : Rp 3.150.000/ha

Produktivitas : 22 t/ha

Output minimal : Rp 7.296.000/KK

Faktor yang mempengaruhi pendapatan dari usahatani adalah produktivitas, harga ubi segar *farm-gate* dan input. Berdasarkan pendapatan dari usahatani yang secara finansial layak, yaitu pada tingkat harga ubi segar *farm-gate* Rp 350/kg, produktivitas minimal 20 t/ha dan biaya produksi sekitar Rp 3.5000.000/ha. Luas lahan untuk usahatani ubikayu tiap keluarga yang pendapatan dari usahatannya lebih tinggi dari batas kemiskinan tergantung dari harga ubi segar di lahan petani (Tabel 5). Berdasarkan kelayakan finansial dari usahatani tiap ha pada tingkat produktivitas 20-25 t/ha dan biaya produksi antara Rp 3.250.000-4.000.000 maka luas lahan untuk usahatani ubikayu yang dapat memberikan hasil di atas batas kemiskinan pada keluarga tani dengan empat anggota keluarga adalah antara 5,97 ha/KK pada tingkat harga ubi segar Rp 200/kg dan 0,93 ha/KK pada tingkat harga ubi segar Rp 500/kg (Tabel 6).

Berkembangnya industri yang berperan sebagai pasar lokal dan dapat menjamin kepastian harga ubi segar antara Rp 300-400/kg dapat mendorong petani pemasok bahan baku dengan luas lahan usahatani ubikayu antara 1,0-3,0 ha/KK (Wargiono 2008). Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa usahatani yang didukung oleh pasar yang dapat menjamin kepastian harga ubi segar dapat meningkatkan kesejahteraan petani.

STATUS USAHATANI DALAM PENDAPATAN RUMAH TANGGA

Kecenderungan Produksi

Sebagai salah satu jenis tanaman pangan, ubikayu termasuk tanaman yang daya adaptasinya luas di antara tanaman aneka ubi dan umbi, sehingga merupakan tanaman penghasil karbohidrat potensial pada lahan marginal. Sebagaimana dilaporkan bahwa ubikayu merupakan sumber pangan bagi sebagian penduduk di negara berkembang disebabkan oleh hasilnya yang

Tabel 7. Perkembangan produksi ubikayu dunia.

Negara produsen utama	Produksi*) (juta t)	Pertumbuhan (%/th)
Nigeria	38,18	8,00
Brasil	26,65	10,17
Indonesia	19,46	2,52
Thailand	16,94	-6,12
Dunia	203,34	2,86

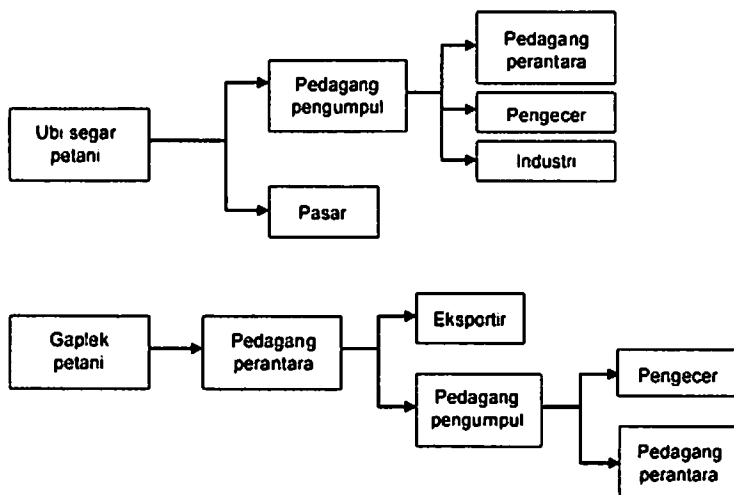
Sumber: FAO (2005). *)Tahun 2005.

tinggi, maka ketersediaannya sebagai bahan baku industri juga cukup potensial, sehingga dapat menyumbangkan pendapatan bagi rumah tangga (Tan 1983, Coursey 1983, Dixon 1982, Holteman dan Aten 1956). Indonesia termasuk negara produsen produk olahan ubi segar seperti tepung, gaplek, tapioka dan *chips/pellet*. Indonesia juga termasuk negara pengekspor produk tersebut di antara negara pengekspor utama seperti Brasil, Madagaskar, dan Thailand. Marjin yang diberikan atas pengolahan ubi segar tersebut cukup signifikan baik terhadap tambahan penghasilan bagi rumah tangga maupun pengusaha/pabrik pengolah. Permintaan dan peranan setiap produk tersebut berbeda, tergantung pada fungsi dan pemanfaatannya. Permintaan untuk pangan yang terus meningkat selama dasawarsa terakhir (SI 1995-2006) dan sebagai bahan baku industri skala petani, kelompok tani, koperasi dan skala medium sampai besar (CGIAR 2000), sehingga kontribusinya bagi peningkatan ekonomi wilayah cukup besar.

Empat negara produsen utama ubikayu di dunia adalah Nigeria, Brasil, Thailand, dan Indonesia. Luas areal dunia cenderung stagnan disebabkan oleh areal pertanian yang menurun di negara-negara produsen utama (Tabel 7). Luas areal tanam yang menurun tersebut menyebabkan produksi dunia juga cenderung stagnan atau meningkat dengan pertumbuhan 2,86%/tahun. Produksi ubikayu Indonesia yang cenderung melandai sedangkan permintaan domestik untuk produk olahan primer semakin meningkat menunjukkan bahwa ubikayu merupakan tanaman yang prospektif untuk dikembangkan dan besar peranannya dalam perekonomian negara, khususnya di pedesaan.

Pemasaran dan Dinamika Pendapatan

Hasil ubikayu dijual dalam bentuk ubi segar dan produk olahan. Untuk kebutuhan komersial, penjualan hasil tersebut mengikuti rantai pemasaran yang relatif pendek. Barret dan Damardjati (1984) menggambarkan rantai pemasaran untuk ubi segar dan gaplek sebagai berikut.



Gambar 1. Rantai pemasaran ubi segar dan gaplek.

Harga produk olahan primer seperti gaplek/chips, tepung kasava dan tapioka di pasar internasional berfluktuasi. Fluktuasi tersebut berpengaruh terhadap bahan bakunya, yaitu harga ubi segar *farm-gate*.

Harga ubi segar *farm-gate* yang berfluktuasi dan cenderung menurun antara tahun 1990-1997 baik di Lampung sebagai sentra industri tapioka maupun di Yogyakarta sebagai sentra industri gaplek skala RT yang produksinya digunakan sebagai pangan pokok dan ekspor berdampak negatif terhadap usahatani ubikayu.

Penurunan harga ubi segar yang diikuti oleh penurunan produktivitas (Tabel 8) menggambarkan bahwa penurunan harga ubi segar menurunkan pendapatan usahatani (Tabel 6), sehingga kemampuan pengadaan sarana produksi semakin terbatas yang ditandai dengan produktivitas yang terus menurun dengan pertumbuhan 1,44%/tahun untuk Lampung dan 1,62%/tahun untuk Yogyakarta.

Ubikayu termasuk sumber kalori inferior yang elastisitasnya negatif terhadap pendapatan rumah tangga, oleh karena itu peningkatan jumlah rumah tangga (RT) berpendapatan rendah akibat krisis ekonomi pada tahun 1998 menyebabkan permintaan ubi segar dan produk olahannya meningkat. Peningkatan permintaan yang tidak diikuti oleh peningkatan produksi karena produktivitasnya menurun menyebabkan harga ubi segar *on-farm* (*farm-gate*) meningkat drastis.

Peningkatan harga ubi segar dapat meningkatkan pendapatan keluarga dari usahatani ubikayu (Tabel 6), sehingga kemampuan pengadaan sarana

Tabel 8. Dinamika produktivitas dan harga ubi segar *farm-gate*.

Tahun/pertumbuhan	Harga ubi segar (Rp/kg)		Produktivitas (t/ha)	
	Lampung	Yogyakarta	Lampung	Yogyakarta
1988	75	73	12,7	11,3
1997	56	175	11,2	11,9
Pertumbuhan (%/th)	-0,53	11,68	-1,44	-1,62
1998	103	404	11,2	12,1
2007	443	665	19,4	14,7
Pertumbuhan (%/th)	2,15	3,02	7,38	2,21

Sumber: BPS (1990-2008).

produksi dalam usahatani juga meningkat. Peningkatan produktivitas dengan pertumbuhan 7,38%/tahun untuk Lampung dan 2,21%/tahun untuk Yogyakarta merefleksikan adanya perbedaan tingkat penggunaan sarana produksi dan pengelolaan untuk meningkatkan produktivitas. Peningkatan produktivitas antara tahun 1998-2007 dari 11,2 t/ha menjadi 19,4 t/ha untuk Lampung dan dari 12,1 t/ha menjadi 14,7 t/ha untuk Yogyakarta menggambarkan adanya perbedaan permintaan dan dominasi sistem usahatani. Di Lampung permintaan ubi segar sebagai bahan baku industri lebih dominan dibandingkan dengan untuk pangan, sedangkan di Yogyakarta sebaliknya.

Produktivitas tinggi merupakan salah satu komponen tercapainya produksi yang tinggi untuk menjamin ketersediaan bahan baku industri, dan produktivitas tinggi dapat dicapai melalui usahatani komersial. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa keberlanjutan ketersediaan ubi segar sebagai bahan baku industri tapioka di Lampung perlu didukung oleh dominasi usahatani komersial. Sedangkan di Yogyakarta permintaan ubi segar dan produk olahannya sebagai pangan lebih dominan dibandingkan untuk industri. Kondisi tersebut menggambarkan bahwa tipe wilayah tersebut didominasi usahatani subsisten, karena salah satu ciri utama usahatani tersebut adalah pemenuhan kebutuhan pangan keluarga.

Adanya perbedaan produktivitas yang disebabkan oleh perbedaan sistem usahatani (komersial dan subsisten) pengaruhnya cukup besar terhadap pendapatan keluarga.

Kontribusi Usahatani terhadap Pendapatan Keluarga

Ubikayu siklus pertanamannya panjang (6-12 bulan), sehingga terdapat waktu luang yang dapat digunakan untuk kegiatan produktif di luar usahatani ubikayu. Penggunaan waktu luang bervariasi antardaerah,

bergantung pada lapangan kerja regional yang tersedia. Jumlah yang dapat memanfaatkan waktu luang berdasarkan kasus di Jawa Tengah, Jawa Timur dan NTT masing-masing 26% pedagang, 5% jasa, 30% buruh tani, dan 10-20% pedagang dan peternak. Oleh karena itu, kontribusi usahatani ubikayu terhadap pendapatan keluarga juga bervariasi antardaerah.

Kebijakan pemerintah berupa Perpres No. 5/2006, tentang penggunaan bahan bakar nabati (BBN) sebagai alternatif terhadap pengganti bahan bakar minyak (BBM), akan diikuti oleh pengembangan industri biofuel, sehingga permintaan terhadap beberapa komoditas pertanian sebagai bahan baku akan mengalami peningkatan pada waktu mendatang. Ubikayu sebagai bahan baku industri bioetanol perlu didukung oleh peningkatan produksi agar ketersediaannya terjamin secara berkelanjutan. Peningkatan produksi dilakukan melalui peningkatan produktivitas dan perluasan areal tanam.

Perluasan areal tanam dan pengembangan industri bioetanol dapat menciptakan lapangan kerja. Dengan terciptanya lapangan kerja tersebut petani dapat memanfaatkan waktu luang dari usahatani ubikayu, sehingga pendapatannya meningkat.

Industri bioetanol tersebut berperan sebagai pasar lokal ubi segar, sehingga akan terjadi pergeseran usahatani subsisten ke komersial. Limbah industri tersebut dapat diolah menjadi pakan ternak ruminansia, sehingga dapat tercipta sistem usahatani terintegrasi ubikayu-ternak-industri yang sinergis, yaitu penggunaan limbah panen dan industri dapat meningkatkan bobot ternak dan pupuk kandang, penggunaan pupuk kandang dapat meningkatkan hasil ubi segar yang dapat menjamin ketersediaan bahan baku industri dan limbah industri sebagai pakan ternak. Usahatani komersial sistem integrasi ubikayu-sapi-industri dapat meningkatkan pendapatan petani (Tabel 9).

Tabel 9. Kontribusi usahatani ubikayu terhadap pendapatan keluarga.

Sumber pendapatan	UT/pendapatan (Rp 000/th)	
	Komersial	Subsisten
Pertanian (tanaman pangan)		
• Ubikayu	9.020	1.619
• Tanaman pangan lainnya	880	2.326
Tanaman perkebunan/industri	1.000	1.136
Tanaman hortikultura	1.582	20
Peternakan	3.005	2.648
Non-pertanian	228	503

Sumber: Ditkabi (2008).

DAFTAR PUSTAKA

- Asnawi, R. 2003. Analisis fungsi produksi usahatani ubikayu dan industri tepung tapioka rakyat di Provinsi Lampung. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* Vol. 6, No. 2, Juli 2003: 131-140.
- Bank Indonesia. 2008. www.bi.go.id. (Dikutip: 26 Maret 2008).
- Barret, D.M. dan D.S. Damardjati. 1984. Peningkatan mutu hasil ubikayu di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*: III(2). Pp. 41-42.
- Coursey, D.G. 1983. Potential utilization of major root crops with special emphasis on human, animal, and industrial uses. *Dalam*: E.D. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene, dan N.M. Manguhu (*ed.*): *Tropical root crops: Production and uses in Africa (Proceedings)*. IDRC, Ottawa. P. 28.
- CGIAR. 2000. Root and tuber crops in the global food system. CIP. Peru.
- Direktorat Jenderal P2HP. 2008. www.agribisnis.deptan.go.id. (Dikutip: 26 Maret 2008).
- Ditkabi. 2008. Studi pengembangan ubikayu untuk produk pertanian baru. Ditjentan. Jakarta.
- Dixon, J.A. 1982. Cassava in Indonesia: Its role and use as food. *Contemporary Southeast Asia*: III(4). pp. 361-371.
- Holleman, L.W.J. and A. Aten. 1956. Processing of cassava and cassava products in rural industries. UN-FAO Paper No. 54. Rome. Pp. 17-20 dan 100.
- Howeler, R.H. (*ed.*) 2003. Cassava research and development in Asia: Exploring new opportunities for an ancient crop. *Proc. Cassava Workshop*. Bangkok, Thailand.
- Pasaribu, S.M. 1985. Impact on farmers; income on alternative marketing and post-harvest processing possibilities: A study of rice and cassava in East Java Province, Indonesia. RSPR No. HS-85-4. Asian Institute of Technology. Bangkok.
- Sipahutar, A. 2008. www.bppt.go.id. (Dikutip: 26 Maret 2008).
- Statistik Indonesia. 2006. Neraca bahan makanan penduduk Indonesia. BPS, Jakarta.
- Tan, K. 1983. Increasing the potential of cassava through improved processing techniques and nutritional enrichment. *Dalam*: C.H. Hanf and G.W. Schiefer (*ed.*): *Planning and decision in agribusiness: Principles and experiences*. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam. Pp. 121-123 dan 127-128.

- Wargiono, J. and N. Richana. 2008. Traditional and new uses of cassava in Indonesia. Proc. Cassava Workshop. Vientiane, Laos.
- Wargiono, Suyamto, dan A. Hasanuddin. 2006. Teknologi produksi ubikayu mendukung industri bioetanol. Puslitbangtan. Bogor.
- WNPG. 2004. Ketahanan pangan dan gizi di era ekonomi daerah dan globalisasi. Pros. Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi. Ditgizi. Bogor.