

# KECIPIR

*Mutiara dari Tropis yang  
Terbaik*

Sosiawan Nusifera

# KECIPIR

*Mutiara dari Tropis yang  
Terabaikan*

Tinjauan pada aspek Botani, Agronomi,  
dan potensi sumber daya genetik



**UNPAD PRESS**

**Tim Pengarah**

Ganjar Kurnia  
Mahfud Arifin, Engkus Kuswarno  
Sulaiman Rahman Nidar

**Judul**

*Kecipir, Mutiara dari Tropis yang Terabaikan  
(Tinjauan pada Aspek Botani, Agronomi, dan  
Potensi Sumber Daya Genetik)*

**Penulis**

Sosiawan Nusifera

**Editor**

Wilson Nadeak

**Layout**

Sosiawan Nusifera



**UNPAD PRESS**

Copyright (C) 2012  
ISBN 978-602-8743-89-1

## PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, buku ini dapat diselesaikan dan diterbitkan di sela-sela kesibukan penulis dalam menuntaskan studi pada Program Doktor Ilmu Pertanian Universitas Padjadjaran. Buku ini mengulas tentang tanaman kecipir, dilihat dari tinjauan botani, agronomi, dan potensi sumber daya genetik. Buku ini ditulis berdasarkan pada hasil-hasil penelitian kecipir di negara-negara tropis termasuk Indonesia. Sebagian di antaranya merupakan hasil penelitian penulis dalam rangka menyelesaikan disertasi doktor.

Kecipir merupakan tanaman legum penghasil protein yang sudah lama dikenal, namun keberadaannya kini semakin terabaikan. Mungkin akan terkesan agak berlebihan ketika penulis menganalogikan kecipir dengan mutiara, namun tentu saja bukan tanpa alasan. Melalui buku ini, penulis mengemukakan berbagai fakta dan argumentasi tentang betapa tanaman ini sangat potensial terutama dalam upaya mewujudkan ketahanan pangan. Selain itu, memang menjadi salah satu tujuan penulis untuk menarik perhatian publik agar kembali melirik tanaman kecipir dan menggelitik pihak pembuat kebijakan agar mengintegrasikan kecipir ke dalam program pengembangan pangan prioritas untuk mencapai ketahanan pangan. Diharapkan kehadiran buku ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat, pemerintah, peneliti, mahasiswa dan pihak lain yang berkepentingan, tentang hal-hal yang menyangkut konstelasi tanaman kecipir.

Sejak ide untuk menulis buku ini muncul hingga buku ini dapat terselesaikan, penulis tidak terlepas dari bantuan dan kesempatan yang diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena

itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional yang telah memberikan bantuan dana penerbitan buku ini. Rasa terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Rektor Universitas Padjadjaran beserta Direktur Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran yang telah memfasilitasi penerbitan buku ini melalui UNPAD Press. Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Murdaningsih Haeruman K., Ir., M.Sc., Dr. Agung Karuniawan, Ir., M.Sc., dan Dr. Meddy Rachmadi, Ir., M.S., selaku tim promotor yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan naskah disertasi yang sebagian isinya merupakan sumber penulisan buku ini. Terima kasih juga disampaikan kepada Tim Editor UNPAD Press yang diketuai oleh Bapak Wilson Nadeak atas bantuannya dalam proses penerbitan buku ini. Dengan berbangga hati penulis juga menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada istri tercinta Sylvia Kartika W.B., S.E., M.Si., serta anak-anakku tersayang, Emery Fathan Zwageri, Edra Favian Everest, dan Estefania Larissa Khanza, atas doa, dukungan dan pengertian yang luar biasa yang menjadi energi bagi penulis untuk terus berkarya. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penyelesaian penulisan dan penerbitan buku ini.

Semoga buku ini dapat dijadikan referensi tambahan untuk berbagai kepentingan terutama yang terkait dengan upaya perwujudan ketahanan pangan.

Bandung, 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I. KETAHANAN PANGAN: KENDALA DAN STRATEGI PENCAPAIAN.....	1
Penurunan produksi komoditas pangan dan perubahan iklim global.....	3
Pangan Alternatif dan Diversifikasi Pangan.....	6
Eksplorasi Komoditas Pangan Alternatif.....	11
BAB II. KECIPIR YANG TERLUPAKAN.....	19
Etnobotani dan Manfaat Tanaman Kecipir.....	21
Kandungan Nutrisi Tanaman Kecipir.....	23
Potensi Industri Kecipir.....	32
BAB III. BOTANI TANAMAN KECIPIR.....	37
Taksonomi Kecipir.....	37
Morfologi Tanaman Kecipir.....	38
Lingkungan tumbuh dan distribusi geografis pertanaman kecipir.....	45
BAB IV. AGRONOMI TANAMAN KECIPIR.....	49
Perbanyak dan Penanaman.....	49
Pemupukan dan Pemeliharaan Tanaman.....	51
Hama dan Penyakit Tanaman.....	54
Perlakuan Pemangkasan Reproduksi.....	64
Panen Kecipir.....	68
BAB V. POTENSI SUMBER DAYA GENETIK TANAMAN KECIPIR.....	69
Metodologi Studi Variasi Genetik.....	70
Variasi Genetik dan Fenotipik Kecipir.....	96
DAFTAR PUSTAKA.....	107
GLOSARI.....	115
INDEKS.....	123

## DAFTAR TABEL

No	Judul	Hal
2.1	Perbandingan nilai gizi kecipir, kedelai dan kacang tanah	24
2.2	Komposisi kandungan nutrisi bagian tanaman kecipir	24
2.3	Perbandingan komposisi asam amino kecipir dan kedelai	27
2.4	Komposisi asam lemak dari kecipir, kacang tanah, dan kedelai	28
3.1	Daftar nama lain kecipir berdasarkan jenis bahasa dan wilayah geografis	39
5.1	Ciri pemertela (deskriptor) tanaman kecipir	83
5.2	Beberapa parameter statistika karakter morfologi agronomi tanaman kecipir	101
5.3	Beberapa parameter genetik karakter morfologi agronomi tanaman kecipir	102

## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Hal
3.1	Sketsa tanaman kecipir dan bagian-bagiannya	42
3.2	Variasi bentuk daun kecipir	43
3.3	Bentuk polong berdasarkan irisan melintang	44
3.4	Ubi akar kecipir	44
3.5	Nodul akar kecipir	45
4.1	Pertanaman kecipir dengan menggunakan ajir/turus	52
4.2	Berbagai serangga hama yang menyerang tanaman kecipir	55,56
4.3	Daun-daun epinasti dan layu akibat serangan <i>Pseudomonas solanacearum</i>	58
4.4	Perkembangan penyakit <i>false rust</i> pada tanaman kecipir; (A) 8 hari setelah inokulasi, dan (B) 14 hari setelah inokulasi (garis = 10 mm)	61
4.5	Kecipir yang terserang <i>Pseudocercospora psophocarpi</i> .	62
4.6	Penyakit bercak kering ( <i>Alternaria solani</i> ) yang menyerang kecipir	64
4.7	Peningkatan ukuran dan bobot akibat pemangkasan;(A) tidak dipangkas (B) dipangkas	67
5.1	Teritorial Pertanaman Kecipir	97
5.2	Variasi bentuk daun kecipir	103
5.3	Variasi warna biji kecipir	104
5.4	Variasi tipe polong kecipir	104,105
5.5	Variasi warna bunga kecipir	106

**BAB I****KETAHANAN PANGAN: KENDALA DAN STRATEGI PENCAPAIAN**

PADA Tahun 1987, *World Commission on Environment and Development* (WCED) menyerukan perhatian pada masalah besar dan tantangan yang dihadapi pertanian dunia, bahwa kebutuhan pangan saat ini dan mendatang harus terpenuhi. Suatu pendekatan baru untuk pengembangan pertanian diperlukan untuk menyikapi seruan tersebut dan pada beberapa tahun terakhir ini terlihat bahwa perhatian dunia terhadap pencapaian ketahanan pangan dirasakan semakin meningkat. Hal ini tidak lain disebabkan oleh karena pangan merupakan kebutuhan dasar yang permintaannya terus meningkat seiring dengan perkembangan jumlah penduduk dunia.

Dari perspektif sejarah istilah ketahanan pangan (*food security*) muncul dan dibangkitkan karena kejadian krisis pangan dan kelaparan. Istilah ketahanan pangan dalam kebijakan pangan dunia pertama kali digunakan pada tahun 1971 oleh PBB untuk membebaskan dunia terutama negara-negara berkembang dari krisis produksi dan suplay makanan pokok. Fokus ketahanan pangan pada masa itu menitikberatkan pada pemenuhan kebutuhan pokok dan membebaskan daerah dari krisis pangan yang tampak pada definisi ketahanan pangan oleh PBB sebagai berikut: *food security is availability to avoid acute food shortages in the event of wide spread crop failure or other disaster* (Syarief, Hidayat, Hardinsyah dan Sumali,

1999). Selanjutnya definisi tersebut disempurnakan pada Internasional Conference of Nutrition 1992 yang disepakati oleh pimpinan negara anggota PBB sebagai berikut: tersedianya pangan yang memenuhi kebutuhan setiap orang baik dalam jumlah dan mutu pada setiap saat untuk hidup sehat, aktif dan produktif.

Di Indonesia, secara formal dalam dokumen perencanaan pembangunan nasional, istilah kebijakan dan program ketahanan pangan diterapkan sejak tahun 1992 (Repelita VI) yang definisi formalnya dicantumkan dalam undang-undang pangan tahun 1996. Dalam pasal 1 undang-undang pangan tahun 1996, ketahanan pangan didefinisikan sebagai kondisi terpenuhinya pangan bagi rumah tangga yang tercermin dari tersedianya pangan yang cukup baik jumlah maupun mutunya, merata dan terjangkau (<http://www.theceli.com/dokumen/produk/1996/uu7-1996.htm>). Definisi ini menunjukkan bahwa target akhir dari ketahanan pangan adalah pada tingkat rumah tangga. Banyak definisi tentang ketahanan pangan, sering samar-samar dan kadang-kadang antara satu definisi dengan definisi yang lain kontradiktif (Barichello, 2000). Tampaknya definisi ketahanan pangan bervariasi berdasarkan sudut pandang permasalahannya.

Indonesia sebagai bagian dari wilayah dunia seyogyanya turut mengambil sikap terhadap wacana perlunya mencapai ketahanan pangan. Berdasarkan data Neraca Bahan Makanan (NBM) tahun 1999, Indonesia telah mencapai ketersediaan energi sebesar 3,194 kkal dan protein sebesar 83,35 gram (Sukandar et al., 2001). Angka ketersediaan energi dan protein tersebut berdasarkan Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi tahun 1998 telah melebihi kebutuhan energi dan protein yang diperlukan yaitu sebesar 2.550 kkal dan 50 gram protein (Napitupulu dan Tom Edward Marasi, 2000). Walaupun ketersediaan pangan Indonesia pada tingkat nasional telah melampaui kebutuhan pangan, tidak berarti bahwa kecukupan

pangan pada tingkat rumah tangga atau individu telah terpenuhi. Kondisi tersebut apabila tetap dibiarkan tanpa adanya intervensi dari pemerintah maka akan berakibat kehilangan satu generasi atau *lost generation*. Data tahun 1998 menunjukkan bahwa antara 49 sampai 53 persen rumah tangga di berbagai daerah mengalami defisit energi dimana konsumsi kurang dari 70 persen kebutuhan energi. Dari penelitian Latief, Latief et al., (2000) ditemukan bahwa pada tahun 1998 sejumlah 51,1 persen rumah tangga mengalami defisit konsumsi. Oleh karena itu, masalah ketahanan pangan sebenarnya sangat kompleks, multidimensi, dan tidak dapat dilihat hanya dalam kaca mata produksi.

### **Penurunan Produksi Komoditas Pangan dan Perubahan Iklim Global**

Meskipun ketahanan pangan tidak dapat dilihat hanya dalam satu dimensi saja, dimensi produksi tetap merupakan faktor yang sangat penting dalam upaya mencapai ketahanan pangan. Masalah yang krusial terkait produksi adalah adanya ketimpangan antara permintaan yang semakin meningkat dengan produksi beberapa komoditas tanaman tertentu. Hal ini sangat disayangkan tentunya terutama di tengah-tengah kesadaran masyarakat akan pentingnya nilai gizi yang diperoleh dari nabati, bagi kehidupan. Selain itu, adanya ketimpangan yang cukup besar antara nilai produksi dan kebutuhan tanaman berimplikasi pada kebijakan impor yang di satu sisi memang harus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat namun di sisi lain berdampak pada menurunnya pendapatan petani. Oleh karena itu, peningkatan produksi diperlukan untuk mencapai ketahanan pangan.

Dalam konteks produksi ketimpangan yang terjadi dapat disebabkan oleh beberapa hal. Berkurangnya luasan lahan-lahan produktif yang selama ini dimanfaatkan untuk kegiatan usaha tani sehingga luas tanam suatu komoditas berkurang.

Meningkatnya laju konversi lahan seiring dengan laju pembangunan infrastruktur. Selain itu, petani pun menjadi kurang bergairah untuk berusaha tani dengan optimal karena harga suatu komoditas menjadi turun akibat masuknya bahan pangan impor yang memang lebih murah. Faktor lain yang sangat penting dalam keberhasilan suatu usaha tani adalah lingkungan tumbuh sesuai bagi usaha tani tertentu. Aspek iklim dan cuaca sebagai salah satu anasir lingkungan yang sangat menentukan kualitas pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Perubahan iklim global (*Global climate change*) merupakan salah satu isu penting dewasa ini. Pada tahun 2002, *the Intergovernmental Panel for Climate Change* (IPCC) memperlihatkan bukti yang kuat dari adanya pemanasan global yang berlangsung semakin cepat. Kajian terakhir mereka, adalah menegaskan adanya hubungan antara aktivitas manusia dan pemanasan global. Sejak itu, banyak investor dan pelaku usaha tani di negara-negara berkembang telah menyadari bahwa kondisi sejauh mana pengaruh perubahan iklim pada temperatur dan pola distribusi curah hujan masih belum pasti, dan yang paling terkena dampaknya adalah masyarakat miskin dan kurang mampu. Kelompok paling rawan adalah penduduk negara-negara berkembang karena sebagian besar mereka menggantungkan nafkah utamanya dari sektor pertanian, sedangkan kapasitas adaptasinya terhadap perubahan iklim pada umumnya rendah. Fakta ini benar-benar terlihat terutama bagi komunitas masyarakat yang hidup di beberapa wilayah dataran kering, seperti Afrika, yang sangat mengandalkan sepenuhnya pada pertanian tadah hujan untuk kehidupan mereka. Merekalah yang saat ini paling rentan terhadap variabilitas dan kejutan iklim yang ada.

Sebagai salah satu negara berkembang, Indonesia juga mengalami perubahan iklim. Fakta-fakta tentang terjadinya perubahan iklim di Indonesia antara lain adalah meningkatnya temperatur rata-rata tahunan sebesar 0,3<sup>0</sup>C; menurunnya laju presipitasi keseluruhan sebesar 2 persen hingga 3 persen; berubahnya pola presipitasi (terjadinya penurunan jumlah curah hujan tahunan di wilayah selatan Indonesia dan meningkatnya



presipitasi di wilayah utara; presipitasi musiman (musim kemarau dan musim hujan) juga telah berubah, curah hujan musim penghujan di wilayah selatan Indonesia telah meningkat sementara curah hujan musim kemarau di wilayah utara telah menurun.

Dampak yang diamati dan diproyeksikan dari perubahan iklim ini adalah sebagai berikut. Menurunnya curah hujan selama waktu-waktu krisis dalam suatu tahun dapat berakibat pada risiko kekeringan yang tinggi, ketersediaan air yang tidak pasti, dan akibatnya adalah ketidakpastian memproduksi barang-barang pertanian, instabilitas ekonomi, dan masyarakat yang kekurangan gizi dan kelaparan hebat, menghambat usaha pengurangan kemiskinan dan ketidakamanan pangan; meningkatnya curah hujan selama musim hujan dalam setahun dapat mengakibatkan risiko banjir yang tinggi seperti banjir Jakarta dan beberapa tempat lainnya; kejadian *el nino* yang lebih hebat dan lebih sering akan menyebabkan kecenderungan terjadinya kekeringan dan banjir serta dapat mengakibatkan berkurangnya produksi makanan serta meningkatnya kelaparan, tertundanya musim hujan dan meningkatnya temperatur melebihi 2,5<sup>0</sup>C diproyeksikan secara substansial menurunkan hasil padi dan tanaman pangan penting lainnya.

Berdasarkan informasi di atas, dapat disimpulkan bahwa ketersediaan air merupakan aspek rentan sebagai akibat dari terjadinya perubahan iklim. Sampai batasan tertentu, fakta ini berkaitan dengan kerugian usaha tani dan produktivitas tanaman. Secara praktis, ini disebabkan oleh kekeringan yang berkepanjangan, meningkatnya banjir dan frekuensi angin atau badai yang lebih sering. Sebagaimana disebutkan di atas, produksi dan produktivitas pertanian yang menurun akan menyebabkan ketidakamanan pangan (*food insecurity*).

## Pangan Alternatif dan Diversifikasi Pangan

Masalah dan tantangan yang dihadapi Indonesia untuk mencapai status ketahanan pangan mantap cukup berat. Rata-rata rasio cadangan pangan (beras) terhadap penggunaan baru mencapai 4,38, padahal yang diperlukan untuk mencapai status mantap adalah 20 persen ke atas. Di sisi lain, angka kemiskinan juga masih cukup tinggi. Sebagai gambaran, angka kemiskinan tahun 2008 adalah sekitar 15,1 persen, dan perkiraan sementara untuk tahun 2009 adalah sekitar 14,2 persen; dan jika tak ada terobosan khusus diperkirakan angka kemiskinan tahun 2015 masih akan mencapai sekitar 10,6 persen atau 26,3 juta orang dimana 18,1 juta diantaranya adalah penduduk pedesaan (Sumaryanto, 2009). Dengan tingkat kemiskinan seperti itu, jumlah penduduk yang kurang mampu mengakses pangan masih sangat banyak. Pada tahun 2008 yang lalu, jumlah penduduk yang masih termasuk kategori sangat rawan pangan masih sekitar 25,1 juta orang (11,1 persen). Bagi Indonesia upaya yang harus ditempuh untuk memantapkan ketahanan pangan mencakup aspek kuantitatif maupun kualitatif. Pola konsumsi pangan penduduk negeri ini sangat terdominasi beras; padahal ketergantungan yang berlebihan terhadap satu jenis komoditas sangatlah rawan. Dari sisi konsumsi, mengakibatkan penyempitan spektrum pilihan komoditas yang mestinya dapat dimanfaatkan untuk pangan. Dari sisi produksi juga rawan karena: (i) pertumbuhan produksi padi sangat ditentukan oleh ketersediaan air irigasi yang cukup sedangkan air irigasi semakin langka, (ii) laju konversi lahan sawah ke nonsawah sangat sulit dikendalikan, dan (iii) kemampuan untuk melakukan perluasan lahan sawah (*new construction*) sangat terbatas karena biaya investasinya semakin mahal, anggaran sangat terbatas, dan lahan yang secara teknis-sosial-ekonomi layak dijadikan sawah semakin berkurang.

Berdasarkan fakta dan kondisi tersebut, diperlukan rencana aksi strategis untuk usaha pencapaian ketahanan

pangan. Strategi yang diperlukan adalah alternatif lain dari upaya peningkatan produksi yang telah dan masih terus dilakukan. Terkait dengan hambatan yang disebabkan oleh adanya anomali cuaca dan perubahan iklim global, beberapa strategi yang disarankan adalah meningkatkan usaha penyimpanan air (*water storage*), efisiensi dan reprioritasi penggunaan air yang ada, diversifikasi pangan dan investasi tanaman yang toleran salinitas, cekaman kelebihan dan kekurangan air.

Sebagai negara yang berada di wilayah tropika, Indonesia dianugerahi keanekaragaman hayati yang sangat melimpah. Di daratan maupun lautan tersedia berbagai macam jenis dan spesies yang potensial untuk dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan baik sebagai bahan baku industri maupun bahan pangan. Namun demikian, tak dapat disangkal bahwa meskipun upaya pemanfaatannya telah dilakukan namun, perkembangannya sangat lambat dan sangat jauh dari harapan. Dalam konteks penyediaan pasokan, diversifikasi adalah salah satu cara adaptasi yang efektif untuk mengurangi risiko produksi akibat perubahan iklim dan kondusif untuk mendukung perkembangan industri pengolahan berbasis sumber daya lokal. Pada sisi konsumsi, diversifikasi pangan memperluas spektrum pilihan pangan dan kondusif untuk mendukung terwujudnya pola pangan harapan. Dengan kata lain, diversifikasi pangan dapat mendukung stabilitas ketahanan pangan sehingga dapat dipandang sebagai salah satu pilar pemantapan ketahanan pangan. Oleh karena itu, akselerasi diversifikasi pangan sebagaimana diamanatkan dalam Perpres No. 22 Tahun 2009 harus dapat diwujudkan.

Dilihat dalam konteks ketersediaan pangan, Sumaryanto (2009) menyatakan bahwa kontribusi diversifikasi dalam peningkatan kapasitas produksi terjadi melalui: (1) peningkatan luas baku lahan dan sumber daya pesisir untuk memproduksi pangan, (2) perbaikan distribusi spasial sumber daya lahan dan

air untuk memproduksi pangan, dan (3) peningkatan produktivitas air untuk pangan. Secara ringkas dapat dijelaskan sebagai berikut.

### **Peningkatan Luas Baku Lahan dan Sumber Daya Pesisir**

Untuk Memproduksi Pangan Luas lahan di Indonesia yang telah digunakan (BPS, 2004) adalah sekitar 73,4 juta hektare. Dari jumlah itu, luas lahan sawah adalah sekitar 7,7 juta hektare (10,5 persen), sedangkan lahan kering (tegalan, ladang huma, dan sebagainya) adalah sekitar 14,9 juta hektare (20,3 persen). Pada tahun 2006 luas lahan sawah di Indonesia meningkat menjadi sekitar 7,89 juta hektare. Secara spatial yang terletak di Pulau Jawa adalah 3,24 juta hektare (41,1 persen), sedangkan di Luar Pulau Jawa sekitar 4,56 juta hektare bahwa 2,34 juta hektare (50,3 persen) diantaranya terletak di Pulau Sumatera.

Selama pangan hanya terfokus pada beras maka kapasitas lahan untuk pangan sangat tergantung pada luas lahan sawah saja. Walaupun beberapa varietas padi lahan kering berdaya hasil tinggi memang telah dikembangkan namun masih terpaut jauh dari varietas padi sawah. Begitu pula dengan teknik budi daya, meskipun telah dikembangkan alternatif teknik budi daya yang relatif hemat air (SRI), teknologi ini pun masih dinilai memiliki pro dan kontra dan masih sulit untuk dapat diterima secara luas oleh masyarakat petani mengingat budi daya padi sawah bukan hanya dianggap dapat berproduksi lebih baik tetapi juga merupakan tradisi. Hasil penelitian di bidang agronomi dan ekonomi juga memperoleh kesimpulan bahwa usahatani padi akan lebih produktif jika ditanam di lahan tergenang daripada di tanah kering (De Datta, 1981; Bhuiyan et al, 1998). Hal itu berimplikasi bahwa konversi lahan sawah harus ditekan dan meskipun biaya investasinya sangat mahal namun perluasan lahan sawah juga harus dipacu. Beban berat

seperti itu dapat dikurangi jika kita memperluas spektrum pangan (diversifikasi) sehingga kebergantungan terhadap beras berkurang. Jika konsumsi pangan lebih terdiversifikasi (dan tidak mengarah ke gandum yang adaptasinya masih rendah di wilayah Indonesia) maka terjadi peningkatan permintaan pangan berbahan baku jagung, sorghum, umbi-umbian, kacang-kacangan, rumput laut, dan sebagainya. Hampir semua jenis komoditas dapat diusahakan di wilayah beriklim tropis dan karena itu, dapat kita produksi sendiri. Diiringi dengan perbaikan kinerja pemasaran, kenaikan permintaan tersebut memungkinkan terbentuknya insentif yang memadai bagi petani produsen palawija pangan nonberas untuk memproduksi lebih banyak. Akhirnya, akan semakin banyak sumber daya pertanian lahan kering dan sumberdaya pesisir yang terposisikan sebagai sentra-sentra produksi pangan.

### **Perbaikan Distribusi Spasial Lahan Penghasil Pangan**

Selama persepsi kita terhadap pangan hanya fokus pada beras maka selama itu pula sebaran spasial sentra-sentra produksi pangan berimpit dengan sebaran spasial lahan sawah. Padahal sebagian besar lahan sawah terletak di wilayah yang berpenduduk padat. Bahkan lebih dari 40 persen lahan sawah terletak di Pulau Jawa dan karena itu unit-unit usahatannya terdominasi oleh petani kecil dengan luas garapan kurang dari 0,5 hektare. Mengingat permintaan lahan untuk keperluan lain (pemukiman, prasarana) juga terus meningkat maka persaingan penggunaan lahan antarsektor juga semakin sengit. Ditambah dengan kinerja administrasi pertanahan yang masih lemah maka spekulasi dan konflik di bidang pertanahan juga tinggi dan hal ini ikut berkontribusi pula pada meningkatnya biaya sosial dalam pembangunan ekonomi secara keseluruhan.

Lahan kering yang potensial (terutama di luar Pulau Jawa) untuk memproduksi pangan nonberas masih cukup

banyak tersedia. Biaya per hektare yang dibutuhkan untuk membangunnya sebagai kawasan pertanian produktif juga jauh lebih rendah daripada lahan sawah karena tidak memerlukan adanya waduk atau bendungan skala besar maupun jaringan irigasi yang secanggih sistem irigasi teknis. Jika ditunjang pula dengan pengembangan infrastruktur transportasi, pasar, listrik, industri pengolahan hasil pertanian, permodalan, dan sumber daya manusia maka kawasan lahan kering yang subur di berbagai wilayah di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua mempunyai prospek sebagai sentra-sentra produksi pangan baru. Dengan demikian sentra-sentra produksi pangan menjadi lebih tersebar ke berbagai pelosok tanah air dan potensial sebagai landasan terbentuknya pusat pertumbuhan baru dalam pembangunan ekonomi secara umum.

### **Meningkatnya Produktivitas Sumberdaya Air**

Urgensi peningkatan produktivitas air untuk pertanian merupakan implikasi dari sumber daya air yang semakin langka dan terutama di sebagian besar negara berkembang diprediksikan akan menyebabkan turunnya pertumbuhan produksi pangan (World Bank, 1993; Rosegrant *et al.*, 2002). Berbagai teknik telah dikembangkan dan layak diaplikasikan (Barker and Kijne, 2001). Untuk memasyarakatkannya, *International Water Management Institute* (IWMI) mencanangkan gerakan "more crop per drop" (IWMI, 2000). Untuk konteks Indonesia, berbagai upaya untuk meningkatkan efisiensi irigasi sesungguhnya sudah cukup lama dilakukan namun perkembangannya belum sesuai harapan. Hal ini merupakan implikasi dari akar permasalahannya yang ternyata lebih banyak berkenaan dengan aspek sosial kelembagaan, sedangkan yang ditempuh seringkali terfokus ke aspek teknis. Pasandaran (2005) menyatakan bahwa untuk memperbaiki kondisi saat ini maupun untuk menjawab tantangan di masa

yang akan datang, diperlukan adanya perubahan pendekatan dan terkait dengan itu diperlukan adanya reformasi irigasi. Sejak dasawarsa 90-an para internasional di bidang pangan dan irigasi semakin tertarik melakukan pengkajian tentang prospek pemanfaatan jenis tanaman yang hemat air sebagai sumber pangan masa depan. Dalam konteks demikian itu, usahatani padi konvensional cenderung menjadi inferior karena dengan teknologi dan budaya bercocok tanam padi masyarakat yang selama ini diaplikasikan, usahatani termasuk kategori boros air. Hasil penelitian menyebutkan bahwa untuk menghasilkan 1 Kg beras membutuhkan air 1900 – 5000 liter, sedangkan untuk kentang dan gandum masing-masing hanya membutuhkan 500 – 1500 liter, dan 900 – 2000 liter (Pimental et al., 1997; Tuong and Bhuiyan, 1994). Dengan kata lain, diversifikasi pangan ke komoditas nonberas dapat berkontribusi nyata untuk meningkatkan produktivitas air untuk pertanian.

### **Eksplorasi Komoditas Pangan Alternatif**

Kebutuhan manusia atas pangan terus-menerus meningkat dalam jumlah dan macamnya, apalagi dengan munculnya konsep dan diversifikasi pangan dalam rangka pencapaian ketahanan pangan. Oleh karena itu, tersedianya variabilitas sumber daya genetik tanaman untuk pangan dan pertanian menjadi sangat penting. Kepentingan ini telah mendorong para peneliti khususnya pemulia tanaman untuk merakit varietas baru tanaman dengan mutu yang lebih baik dan dengan nilai nyata yang lebih tinggi.

Di satu pihak, petani mengembangkan varietas secara tradisional dengan jangka waktu penggunaan yang relatif lebih lama, sehingga varietas yang dikembangkan selalu dilestarikan dan dirawat secara turun-temurun. Di pihak lain, pemulia tanaman pangan selalu berusaha untuk merakit varietas baru yang lebih produktif, dalam waktu yang relatif lebih singkat dengan menggunakan teknologi modern. Dalam upaya

pemuliaan tanaman, tidak jarang varietas modern hasil pemuliaan akan menggeser varietas lama. Perkembangan pembuatan varietas baru ini berlangsung terus-menerus, sehingga varietas modern lama akan menjadi varietas lama yang akan tergeser oleh varietas yang lebih modern, dengan akibat makin menyusutnya keanekaragaman sumber daya genetik.

Terkait dengan semakin menyusutnya sumber daya genetik pada koleksi yang ada, diperlukan berbagai sumber daya genetik baru baik dari dalam negeri, maupun yang tidak tersedia di dalam negeri untuk pemuliaan tanaman dalam memenuhi kebutuhan dasar rakyat dan pencadangan di masa mendatang. Beruntung Indonesia dianugerahi kekayaan sumber daya hayati yang melimpah. Pengembangan sumber daya genetik tanaman dilakukan melalui kegiatan konservasi, eksplorasi, evaluasi, dokumentasi, dan selanjutnya pemanfaatan plasma nutfah. Selain eksplorasi di dalam negeri, Indonesia juga tetap perlu melakukan kerja sama global untuk dapat mengakses sumber daya genetik dari negara lain.

Sehubungan dengan program pemuliaan sebagai salah satu upaya peningkatan produksi, terkadang pemulia dihadapkan pada kendala daya adaptasi tanaman tertentu yang merupakan hasil introduksi dari wilayah-wilayah subtropis sehingga sampai taraf tertentu sulit sekali meningkatkan produktivitas tanaman secara genetik, jangankan untuk melebihi bahkan untuk menyamai produktivitas di wilayah asalnya. Pada kondisi itu, sebaiknya upaya pemuliaan dialihkan ke komoditas alternatif yang berasal dari wilayah tropis sendiri. Oleh karena itu, eksplorasi sumber daya genetik bertujuan tidak hanya memperluas variabilitas genetik pada spesies tertentu untuk tujuan perbaikan varietas tanaman, namun eksplorasi genetik juga dapat diartikan sebagai upaya menggali potensi tanaman tertentu baik secara agronomis maupun genetik yang selama ini terabaikan. Eksplorasi ini sangat berhubungan

dengan upaya diversifikasi pangan. Dengan semakin banyaknya informasi tentang potensi agronomis dan potensi industri berbagai tanaman yang selama ini terabaikan (*neglected*), usaha-usaha untuk meragamkan jenis pangan masyarakat akan lebih mudah.

### **Beberapa Sumber Pangan Alternatif**

Mencermati fenomena global di bidang pangan, maka budaya mengonsumsi jenis makanan berbahan baku impor perlu diperbaiki melalui berbagai kampanye dan promosi. Jepang sebagai negara besar dan maju pun sudah mulai berpikir untuk mengubah pola konsumsi pangannya, dengan tidak menggantungkan pangan impor (gandum dan daging) ke arah konsumsi pangan berbasis sumber daya lokal. Oleh sebab itu, Indonesia sebagai negara berkembang dengan penduduk yang banyak harus mulai melakukan diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal. Selain itu, pengembangan tanaman (rekayasa genetik melalui pemuliaan) akan menjadi lebih mudah karena tanaman yang dikembangkan adalah asli wilayah tropis sehingga kendala adaptasi tidak akan ditemui.

#### *1. Sorgum, Sumber Bahan Pangan Alternatif*

Saat ini, Indonesia diprediksi akan mengalami krisis pangan. Namun, sorgum (sejenis tanaman jagung-jagungan) bisa menjadi salah satu sumber pangan alternatif. Selain kandungan proteinnya cukup tinggi, budi daya sorgum pun relatif mudah. Mungkin, tidak banyak orang yang mengenal sorgum sebagai bahan pangan. Sebab, hanya sebagian masyarakat tertentu di Indonesia yang mengonsumsi bahan pangan yang konon aslinya dari Afrika itu. Sorgum atau dalam bahasa daerah disebut *cantel* atau *canthel* ini sudah dikembangkan Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi

Isotop dan Radiasi Badan Tenaga Atom dan Nuklir Nasional (P3TIR-Batan).

Sorgum memang belum terlalu familiar bagi sebagian masyarakat Indonesia. Namun, melihat ketahanannya terhadap panas bahkan tetap mampu menghasilkan panen yang melimpah meski di lahan kering, sorgum bisa menjadi sumber pangan potensial. Terutama jika melihat kandungan proteinnya yang lebih tinggi jika dibandingkan padi. Sebagai perbandingan, kandungan protein pada sorgum per 100 gram mengandung kalori 332 dan protein 11,0, sedangkan 100 gram padi hanya mengandung protein 6,8 dan kalori 360. Kini dengan teknologi radiasi nuklir, Batan sudah mengembangkan benih sorgum potensial dengan hasil melimpah dan siap untuk ditanam petani. Benih sorgum itu tahan panas maupun air. Dengan usia tanam lebih pendek dibandingkan sorgum biasa. Tanaman yang memiliki jumlah spesies lebih dari 30 jenis dan hibrida dua spesies itu bisa dipanen hingga tiga kali dalam sekali tanam. Selain itu, biji dari tanaman yang penampilannya mirip jagung itu bisa dimanfaatkan sebagai campuran tepung gandum. Batangnya juga bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak sapi layaknya batang jagung.

Sorgum biasanya dijadikan panganan atau makanan pokok pengganti beras di beberapa daerah. Biasanya, sorgum itu disajikan dengan direbus layaknya nasi, kemudian dicampur kelapa muda. Sementara itu, di sela-sela tanaman padi, sorgum itu bisa ditanam. Namun, tujuan utamanya memang untuk memanfaatkan lahan yang tidak produktif dan kering di Indonesia. Berarti, sorgum bisa dimanfaatkan untuk substitusi gandum. Pertama-tama, secara perlahan, sorgum dicampur biji gandum terlebih dahulu. Setelah masyarakat terbiasa, baru tepung biji sorgum murni bisa diperkenalkan kepada masyarakat.

## 2. Ubi jalar sebagai diversifikasi produk Pangan

Kita terlena untuk banyak mengonsumsi berbagai *residual goods*, yaitu produk-produk kelebihan dari berbagai negara dengan harga murah yang justru mematikan industri dalam negeri sendiri. Makanan pokok untuk masyarakat idealnya bersumber dari bahan baku lokal, agar biaya transportasinya dapat ditekan. Saat ini, masyarakat Indonesia yang hidup di daerah tropis yang gandum sulit bisa tumbuh, menjadi pemakan mie dari gandum terbesar setelah RRC. Sebenarnya, begitu banyak jenis umbi-umbian lainnya selain gandum yang bisa tumbuh dengan baik di Indonesia dan bisa menjadi alternatif menuju ketahanan pangan.

Ubi jalar merupakan salah satu dari 20 jenis pangan yang berfungsi sebagai sumber karbohidrat. Ubi jalar bisa menjadi salah satu alternatif untuk mendampingi beras menuju ketahanan pangan. Pilihan untuk menyosialisasikan ubi jalar, bukan pilihan tanpa alasan, berikut kelebihan dan potensi ubi jalar :

- (1) Sesuai dengan agroklimat sebagian besar wilayah Indonesia.
- (2) Mempunyai produktivitas yang tinggi, sehingga menguntungkan untuk diusahakan.
- (3) Mengandung zat gizi yang berpengaruh positif pada kesehatan (prebiotik, serat makanan dan antioksidan).
- (4) Potensi penggunaannya cukup luas dan cocok untuk program diversifikasi pangan.

Produktivitas ubi jalar cukup tinggi dibandingkan dengan beras maupun ubi kayu. Ubi jalar dengan masa panen 4 bulan

dapat berproduksi lebih dari 30 ton/ha, bergantung pada bibit, sifat tanah dan pemeliharannya. Walaupun saat ini rata-rata produktivitas ubi jalar nasional baru mencapai 12 ton/ ha. Tetapi masih lebih besar, jika kita bandingkan dengan produktivitas gabah kurang lebih 4,5 ton/ha atau ubi kayu kurang lebih 8 ton/ha, padahal masa panen lebih lama dari masa panen ubi jalar. Penelitian mengenai ubi jalar pun kini semakin banyak dan berkembang, karena mempunyai kandungan gizi yang bermanfaat bagi kesehatan. Karbohidrat yang dikandung ubi jalar masuk dalam klasifikasi Indeks glikemik rendah (*Low Glycemix Index*) .

Negara-negara maju telah lama memanfaatkan ubi jalar sebagai produk olahan bernilai gizi tinggi dan secara ekonomis memiliki peluang pasar yang besar. Pendirian industri yang menggunakan bahan baku dasar ubi jalar, akan menjadi peluang yang cukup baik bagi dunia usaha di Indonesia. Selain mendukung dan menyukseskan program diversifikasi pangan, juga mendatangkan keuntungan bagi pelakunya, serta membuka lapangan pekerjaan baru untuk masyarakat sekitarnya. Diperlukan sosialisasi yang terus-menerus dan kerja sama yang baik antara semua pihak untuk mengembangkan pangan dari ubi jalar ini. Pemerintah harus berani membuat kebijakan yang mendukung percepatan program ini, seperti contohnya Korea Selatan. Selain memberikan berbagai subsidi dan mengeluarkan kebijakan proteksi, Pemerintah Korea Selatan juga mewajibkan sehari tanpa beras dalam seminggu.

## 3. Kecap sebagai alternatif sumber protein nabati

Sejauh ini, kedelai merupakan tanaman legum penghasil protein yang sangat populer di kalangan masyarakat di berbagai belahan dunia. Di Indonesia, kedelai telah memegang peran penting untuk memenuhi kebutuhan protein masyarakat melalui berbagai bentuk olahannya seperti tempe, kecap, tahu, dan lain-

lain. Tingginya kebutuhan kedelai yang terindikasi oleh meningkatnya nilai impor pada satu sisi merupakan wujud kesadaran masyarakat akan pentingnya nilai gizi dalam kehidupan, namun pada sisi lain, memberikan implikasi pada semakin eksklusifnya kedelai yang ditandai dengan meningkatnya harga kedelai. Kondisi semacam ini sangat rawan akan intervensi politik yang indikasinya mulai terlihat pada kebijakan impor yang berimplikasi pada ketidakpuasan salah satu pihak, dalam hal ini petani kedelai. Pada sisi lain, ketergantungan kepada impor dapat melumpuhkan industri rakyat seperti kerajinan tempe dan tahu terutama sekali ketika harga pasar dunia meningkat dengan tajam (*Kompas*, 19 Januari 2008).

Peningkatan produksi kedelai merupakan salah satu upaya untuk mengurangi nilai impor kedelai. Namun demikian, upaya ini ternyata masih belum mampu memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat. Rendahnya produksi kedelai nasional jika dibandingkan dengan negara produsen kedelai lainnya, secara agronomis terkait dengan aspek adaptasi mengingat kedelai merupakan tanaman asli subtropis. Oleh karena itu, muncul asumsi yang menyatakan bahwa produksi kedelai di Indonesia tidak akan mengalahkan produksi kedelai negara subtropis yang merupakan negara asalnya. Dari sisi pemuliaan (rekayasa genetik), asumsi semacam itu bukanlah dogma (Baihaki, komunikasi pribadi). Usaha-usaha pemuliaan dalam meningkatkan daya hasil kedelai masih memungkinkan. Namun demikian, telah banyak riset adaptasi kedelai ke wilayah tropis namun sampai saat ini belum mencapai hasil yang kompetitif dengan kedelai dari negara-negara subtropis. Sudah saatnya berpikir bahwa negara-negara tropis basah seperti Indonesia mengandalkan sumber protein nabati dari tanaman alternatif yang asli tropis. Oleh karena itu, diperlukan perhatian yang lebih besar bagi upaya pengembangan tanaman alternatif penghasil protein.

Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*) merupakan salah satu tanaman legum yang memiliki potensi besar dalam memenuhi kebutuhan protein masyarakat wilayah tropis. Sejak tahun 1970-an, kecipir telah dinobatkan sebagai "a possible soybean for the tropics" dan disebut juga sebagai "supermarket on a stalk" karena banyak bagian-bagian tanamannya yang dapat dimanfaatkan untuk dikonsumsi langsung (*National Academy of Science*, 1981). Kandungan gizi pada biji kecipir mencapai kisaran 29,8 – 39 persen protein, 15 – 18 persen lemak, dan 23,9 – 42 persen karbohidrat (Tadera *et al.*, 1984; Amoo *et al.*, 2006), suatu nilai yang sangat kompetitif dengan tanaman kedelai ataupun kacang tanah.

Sebagaimana halnya kedelai, kecipir dapat dijadikan tempe dan tahu serta dijadikan minuman (susu). Selain itu, polong muda kecipir dapat dijadikan sayur yang kaya vitamin A. Kecipir juga menghasilkan ubi yang dapat dimakan segar serta diolah menjadi tepung, dibuat keripik, dan sebagainya. Berdasarkan potensi tersebut, sangat beralasan untuk memberikan perhatian kepada kecipir melalui usaha pengembangan yang lebih terarah. Informasi lebih lanjut mengenai tanaman kecipir akan disajikan pada bab berikut.

**BAB II****KECIPIR YANG TERLUPAKAN**

BERBAGAI jenis tanaman legum atau kacang-kacangan telah melekat dalam keseharian masyarakat dunia. Tanaman tersebut memiliki peran yang cukup luas baik sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri. Berbagai produk olahan dari tanaman kacang-kacangan sangat populer dalam kehidupan masyarakat. Beberapa spesies tanaman legum telah sangat dekat dengan keseharian masyarakat dunia terutama masyarakat Indonesia. Spesies legum tersebut antara lain, kacang tanah, kedelai, kacang buncis, kacang hijau, dan sebagainya. Spesies tersebut dikonsumsi baik secara langsung maupun diolah dalam berbagai bentuk

Sejauh ini, kedelai merupakan tanaman legum penghasil protein yang sangat populer di kalangan masyarakat di berbagai belahan dunia termasuk di Indonesia. Di Indonesia, kedelai telah lama memegang peran penting dalam memenuhi kebutuhan pangan dan protein masyarakat melalui berbagai bentuk olahannya seperti tempe, kecap, tahu, dan lain-lain. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk, permintaan kedelai pun meningkat dari tahun ke tahun. Sayangnya, meningkatnya permintaan ini tidak dapat diimbangi oleh produksi dalam negeri. Hal ini tentu saja berkonsekuensi pada adanya kebijakan mengimpor yang kecenderungan nilainya terus meningkat. Tingginya kebutuhan kedelai yang juga terindikasi oleh meningkatnya nilai impor, pada satu sisi

merupakan wujud kesadaran masyarakat akan pentingnya nilai gizi dalam kehidupan, namun pada sisi lain, memberikan implikasi pada semakin eksklusifnya kedelai yang ditandai dengan meningkatnya harga kedelai. Kondisi semacam ini sangat rawan akan intervensi politik yang indikasinya mulai terlihat pada kebijakan impor yang berimplikasi pada ketidakpuasan salah satu pihak, dalam hal ini petani kedelai. Pada sisi lain, kebergantungan kepada impor dapat melumpuhkan industri rakyat seperti kerajinan tempe dan tahu terutama sekali ketika harga pasar dunia meningkat dengan tajam.

Sebagaimana telah diungkapkan sebelumnya, bahwa tingginya nilai impor sangat berhubungan dengan rendahnya produksi. Rendahnya produksi kedelai nasional dapat disebabkan oleh berbagai faktor. Berkurangnya luas tanam kedelai akibat konversi lahan produktif untuk keperluan pembangunan infrastruktur, dapat merupakan salah satu penyebab rendahnya nilai produksi kedelai nasional. Selain itu, rendahnya kualitas proses budi daya yang dilakukan kebanyakan petani (boleh jadi ini disebabkan oleh tingginya biaya sarana produksi) juga berhubungan dengan rendahnya nilai produksi. Salah satu upaya untuk mengurangi nilai impor kedelai adalah melalui peningkatan produksi kedelai. Namun demikian, upaya ini ternyata masih belum mampu memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat. Upaya peningkatan produksi melalui ekstensifikasi dengan beberapa alasan tampaknya sudah tidak memungkinkan lagi, terkait dengan meningkatnya laju konversi lahan produktif. Pada sisi lain, berbagai usaha intensifikasi seringkali dihadapkan pada kendala tingginya harga sarana produksi pertanian sehingga tidak dapat dijangkau oleh mayoritas petani yang modal usahanya kecil. Upaya lain yang dianggap potensial adalah dengan merekayasa genetik tanaman untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Upaya merekayasa tanaman dianggap



jauh lebih efisien dibandingkan dengan rekayasa lingkungan tumbuh yang jauh lebih tinggi biayanya.

Rendahnya produktivitas dan produksi kedelai jika dibandingkan dengan negara-negara produsen kedelai lainnya, secara agronomis terkait dengan aspek adaptasi mengingat kedelai merupakan tanaman asli subtropis. Oleh karena itu, muncul asumsi yang menyatakan bahwa produksi kedelai di Indonesia tidak akan mengalahkan produksi kedelai negara-negara subtropis yang merupakan negara asalnya. Dari sisi pemuliaan (rekayasa genetik), asumsi semacam itu bukanlah merupakan dogma (Baihaki, komunikasi pribadi). Usaha-usaha pemuliaan dalam meningkatkan daya hasil kedelai masih memungkinkan. Namun demikian, telah banyak riset adaptasi kedelai ke wilayah tropis namun sampai saat ini, belum mencapai hasil yang kompetitif dengan kedelai dari negara-negara subtropis. Sudah saatnya berpikir bahwa negara-negara tropis basah seperti Indonesia mengandalkan sumber protein nabati dari tanaman alternatif yang asli tropis. Oleh karena itu diperlukan perhatian yang lebih besar bagi upaya pengembangan tanaman alternatif penghasil protein.

Salah satu tanaman legum alternatif penghasil protein adalah tanaman kecipir. Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*) merupakan salah satu tanaman legum yang memiliki potensi besar dalam memenuhi kebutuhan protein masyarakat wilayah tropis. Sejak tahun 1970-an, kecipir telah dinobatkan sebagai "a possible soybean for the tropics", sebuah ungkapan untuk menyatakan bahwa tanaman ini berpotensi untuk menggantikan posisi atau setidaknya alternatif pendamping kedelai sebagai sumber pangan dan sumber protein.

### Etnobotani dan Manfaat Tanaman Kecipir

"*Supermarket on stalk*", begitulah kalangan peneliti agronomis memberi julukan pada tanaman ini karena dalam

kecipir terdapat karakteristik menarik dari berbagai tanaman komersial seperti kacang hijau, kacang tanah, bayam, jamur, kedelai, toge dan kentang. Sedangkan, Theodore Hymowitz, seorang agronomis dari Universitas Illinois mengatakan kecipir ibarat es krim *Cone* yang dapat kita makan seluruh bagiannya (Brody, 1982). Hampir seluruh bagian dari kecipir mengandung nilai nutrisi dan dapat dikonsumsi oleh manusia, mulai dari bunga, daun hingga ubi dan bijinya.

Di negara-negara tempat terdapat budi daya kecipir, polong adalah bagian tanaman yang paling populer. Polong muda telah digunakan secara luas sebagai sayuran di Asia Tenggara termasuk Indonesia. Di beberapa wilayah di Indonesia dimana polong muda kecipir dikonsumsi langsung dalam bentuk sayuran segar (direbus) atau lalapan (mentah), polong muda kecipir sering juga digunakan sebagai salah satu bahan dalam pecel (makanan khas Jawa). Pecel kecipir termasuk jenis makanan yang cukup populer sebagai alternatif salad (RETA, 2004). Meskipun kandungan energinya rendah, sayuran polong kecipir sangat bermanfaat karena banyak mengandung mineral dan vitamin (*National Academy of Science*, 1981).

Biji kecipir yang masih muda seringkali dikonsumsi dalam bentuk sup dan kari. Sedangkan, biji yang telah matang dikonsumsi seperti kacang tanah yaitu digongseng atau dibakar. Di Sumatera Barat dan beberapa wilayah lainnya, biji kecipir digoreng dan dicampur dengan cabe giling dan ikan teri sebagai teman makan nasi. Sebagaimana halnya kedelai, biji kecipir juga dapat diolah menjadi berbagai makanan tradisional khas Asia Tenggara seperti tempe, tahu dan miso (Brody, 1984). Selain itu, biji kecipir juga dapat dijadikan tauco. Belakangan ini, tauco kecipir terlihat semakin banyak digemari (Margono et al., 2000).

Daun muda kecipir dapat dimakan sebagai sayuran mentah. Umumnya tiga set daun yang terletak di bagian teratas

yang dikonsumsi karena bagian ini adalah bagian yang paling lembut (Brody, 1982). Selain rasanya yang agak manis, daun-daun muda memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan daun dewasa. Daun kecipir memiliki kandungan mineral dan vitamin A yang cukup tinggi. Kandungan vitamin A pada daun kecipir adalah yang tertinggi yang pernah tercatat di antara daun-daun sayuran hijau dari tanaman tropis lainnya (*National Academy of Science*, 1981).

Sebagaimana halnya daun, bunga kecipir juga dapat dikonsumsi sebagai sayuran. Bunga memiliki rasa yang agak manis yang disebabkan oleh kandungan nektarnya. Jika dikukus ataupun digoreng, warna dan konsistensinya mirip seperti jamur. Meskipun jika dilihat dari kandungan nutrisinya nilai bunga kecipir tidaklah begitu penting, kandungan protein bunga cukup tinggi terutama sekali jika dibandingkan dengan bunga-bunga tanaman tropis lainnya yang telah umum dikonsumsi sebagai sayuran seperti pisang (*Musa paradisiaca*) dan *Sesbania grandiflora* (*National Academy of Science*, 1981).

Kecipir merupakan salah satu legum yang akarnya dapat bermodifikasi menjadi ubi (*tuberous roots*). Di beberapa wilayah di Myanmar, dataran tinggi Papua New Guinea dan pulau-pulau di Pasifik Selatan, ubi kecipir cukup populer dan dikonsumsi baik dalam bentuk mentah maupun dimasak. Ubi kecipir dapat direbus, dikukus, maupun dibakar sebelum dikonsumsi.

### Kandungan Nutrisi Tanaman Kecipir

Legum pada umumnya telah memainkan peran penting dalam memenuhi kebutuhan hidup masyarakat terutama kebutuhan pangan dan gizi. Beberapa spesies legum telah sangat populer di kalangan masyarakat dan salah satunya disebabkan oleh kandungan nutrisi yang baik. Dalam konteks pemenuhan gizi dan nutrisi manusia, kecipir memiliki kualitas

kandungan nutrisi yang sangat baik dan kompetitif dengan legum-legum lainnya yang telah lebih dulu populer seperti kedelai, kacang hijau dan kacang tanah. Perbandingan nilai beberapa komponen nutrisi penting di antara kecipir, kedelai dan kacang tanah, tersaji pada Tabel 2.1. Terkecuali batang dan akar, seluruh bagian tanaman kecipir dapat dikonsumsi dan mengandung nutrisi yang sangat tinggi. Kandungan nutrisi pada berbagai bagian tanaman kecipir tersaji pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1. Perbandingan nilai gizi kecipir, kedelai dan kacang tanah

Nilai Gizi	Kecipir	Kedelai	Kacang Tanah
Energi (kal)	375-410	400,0	548,0
Protein (g)	29,8-37,4	35,1	23,4
Lemak (g)	15-18,3	17,7	45,3
Karbohidrat (g)	25,2-38,4	32,0	21,0
Serat (g)	3,7-9,4	4,2	2,1
Air (g)	8,7-24,6	4,0	7,5

Sumber : *National Academy of Science* (1981)

Tabel 2.2. Komposisi kandungan nutrisi bagian tanaman kecipir

Nutrisi	Polong Belum Matang (%)	Biji (%)	Ubi (%)	Daun (%)	Bunga (%)
Air	76-92	2-3	55-65	64-78	84
Protein	2-3	29-37	12-15	6-15	5.5
Lemak	0.2-0.3	15-20	0.5-1.1	0.7-1.1	0.9
Karbohidrat	3.1-3.8	3.6-28	27		
Serat	1.2-2.6	5-12.5	17		
Abu	0,5 - 2	3,5 - 4	1		

Sumber : *National Academy of Science* (1981)

### **Polong**

Polong merupakan bagian tanaman yang khas terdapat pada kebanyakan tanaman berjenis kacang-kacangan atau leguminose. Pada hampir semua tanaman kacang-kacangan yang umum dikonsumsi oleh masyarakat, polong adalah bagian tanaman yang dipanen. Demikian pula pada tanaman kecipir, polong merupakan bagian tanaman yang paling populer di hampir semua negara yang masyarakatnya membudidayakan tanaman ini. Boleh jadi ini disebabkan polong adalah bagian termudah yang dapat digunakan sebagai makanan. Komposisi nutrisi polong muda tidak berbeda nyata dengan polong-polong hijau dari tanaman legum lainnya. Kadar protein rata-rata polong muda 2,4 g per 100 g. Sebaliknya, kadar energi polong muda relatif rendah. Meskipun demikian, mengonsumsi sayuran dari kecipir memberikan manfaat yang besar karena polong memiliki kandungan mineral dan vitaminnya. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian, polong muda tidak memberikan efek berbahaya dan tidak memiliki senyawa antinutrisi.

### **Biji**

Biji yang telah masak (tua) merupakan bagian tanaman yang memiliki kadar nutrisi paling tinggi dibandingkan bagian tanaman lainnya. Kualitas nutrisinya terutama sekali terlihat dari kadar proteinnya yang tinggi (30 – 42%) dan komposisi asam aminonya yang baik. Biji juga mengandung minyak/lemak yang dapat dicerna sebesar 15 – 20 persen. Kecuali kedelai dan kacang tanah, belum ada legum-legum lainnya yang dapat menandingi tingginya kadar protein dan lemak pada kecipir.

Biji kecipir mengandung protein dan energi nutrisi kira-kira sama banyak dengan kedelai. Seperti halnya kacang pada umumnya, biji kecipir yang telah masak (tua) mengandung senyawa/substansi antinutrisi namun kadarnya agak lebih

sedikit jika dibandingkan dengan kedelai. Komposisi asam amino kecipir juga mirip dengan kedelai (Tabel 2.3). Sebagaimana kebanyakan legum lainnya, biji kecipir relatif kekurangan asam amino yang mengandung sulfur. Khusus untuk asam amino lysin, kadarnya pada biji kecipir lebih tinggi daripada kedelai sehingga kecipir berpotensi sebagai suplemen dalam diet sereal yang pada umumnya berkadar lysin rendah. Untuk kebutuhan produksi pakan yang umumnya berbahan baku biji-biji sereal seperti jagung, kekurangan lysin dipenuhi dengan menambahkan biji kecipir dalam komponen pakan tersebut.

Tabel 2.4 memperlihatkan perbandingan komposisi asam lemak minyak kecipir, kedelai, dan kacang tanah. Kualitas nutrisi minyak kecipir sedikit lebih rendah dibandingkan kedelai. Komposisi asam lemaknya menyerupai komposisi yang ada pada kacang tanah yang sama-sama banyak memiliki asam lemak jenuh rantai panjang. Namun demikian, sekitar 60 persennya merupakan asam lemak tak jenuh. Kecipir mengandung asam behenat (*behenic acid*). Meskipun ini dapat mengurangi daya cerna, asam behenat tidak berdampak terhadap terjadinya penyakit tertentu. Percobaan pengaruh makanan yang mengandung lemak kecipir yang dilakukan pada anak-anak yang kekurangan gizi (malnutrisi) dan yang tidak selama periode empat bulan, tidak menunjukkan adanya efek penyakit tertentu bahkan kesemua anak-anak tersebut tumbuh dengan baik (Cerny, 1980).

Berbeda halnya dengan kedelai, kecipir tidak hanya mengandung asam lemak tak jenuh yang tinggi (khususnya asam linoleat), tetapi juga kandungan asam linolenatnya rendah sehingga stabilitas minyak kecipir lebih tinggi. Minyak kecipir juga mengandung tokoferol (vitamin E) yang tinggi. Tokoferol merupakan antioksidan yang meningkatkan pemanfaatan vitamin A dalam tubuh manusia. Beberapa genotipe

menunjukkan bahwa kandungan tokoferol kecipir lebih tinggi daripada minyak kedelai ataupun minyak jagung.

Tabel 2.3 Perbandingan komposisi asam amino kecipir dan kedelai

Asam Amino	Kecipir (%)	Kedelai (%)
cystin	1.6-2.6	1.2
Lisin	7.4-8.0	6.6
Histidin	2.7	2.5
Arginin	6.5-6.6	7.0
Asam Aspartik	11.5-12.5	8.3
Threonin	4.3-4.5	3.9
Serin	4.9-5.2	5.6
Asam Glutamik	15.3-15.6	18.5
Prolin	6.9-7.6	5.4
Glisin	4.6	3.8
Alanin	4.3	4.5
Valin	4.9-5.7	5.2
Metionin	1.2	1.1
Isoleusin	4.9-5.1	5.8
Leusin	8.6-9.2	7.6
Tyrosin	3.2	3.2
Fenilalanin	4.8-5.8	4.8

Sumber : *National Academy of Science* (1981)

Ekstraksi minyak dari biji kecipir dapat menghasilkan makanan berprotein tinggi. Dari hasil pengujian yang ekstensif di berbagai dunia, diketahui bahwa anak-anak yang diberi makanan dari kecipir, hampir tidak ada yang merasakan kembung atau susah buang angin. Hasil analisis memperlihatkan bahwa kadar rafinose dan stachyose (gula yang menyebabkan buang angin) lebih sedikit dibandingkan dengan kedelai.

Tabel 2.4. Komposisi asam lemak dari kecipir, kacang tanah, dan kedelai

Asam Lemak	Winged bean	Peanut	Soybean
14: 0 Myristic	0.1-0.4	0.1-0.5	0.1-0.3
16: 0 Palmitic	7.4-9.8	7.3-12.9	6.8-11.5
16: 1 Palmitoleic	0.1-0.8	0.9-2.4	0.1-1.0
18: 0 Stearic	2.8-6.9	2.6-6.3	1.4-5.5
18: 1 Oleic	24.5-41.6	42.0-65.7	22.0-55.0
18: 2 Linoleic	27.2-31.3	16.8-38.2	49.8-60
18: 3 Linolenic	1.0-2.0	1.5	2-10
20: 0 Arachidic	1.3-2.2	0.6-2.4	0.3-0.4
20: 1 Gadoleic	2.5-4.0	1.1-1.4	0.6
22:0 Behenic	6.1-15.9	1.8-3.5	0.1-0.3
22: 1 Erucic	0-0.8	-	-
24: 0 Lignoceric	1.0-3.4	0.8-1.5	-
Solidifying point, Â°C	8-15	0-3	7- 12
Iodine Value	82-95	81-106	125-138
% Unsaponifiable matter	2.4-2.9	0.4-1.0	0.7-1.6
Saponification value	176	188-196	188-196
% Free fatty acids	0.5	2.7	0.9

Sumber : *National Academy of Science* (1981)

### *Ubi*

Kecipir merupakan salah satu legum yang dapat menghasilkan ubi. Meskipun terbentuknya ubi tidak selalu terjadi sebagaimana halnya pada bengkuang, salah satu legum penghasil ubi. Pada kondisi lingkungan yang mendukung, akar utama tanaman kecipir dapat bermodifikasi menjadi ubi. Ubi kecipir mengandung kadar protein yang tinggi, 8 persen – 20 persen (dari bahan kering), dibandingkan dengan ubi singkong, kentang, dan kebanyakan tanaman ubi-ubian lainnya. Bukan hanya kadar proteinnya yang tinggi, tetapi kecipir juga

memiliki karbohidrat dengan kadar yang tinggi. Ini merupakan kombinasi yang jarang terjadi sehingga menjadikan kecipir berbeda di antara tanaman ubi-ubian tropis lainnya. Meskipun komposisi protein ubi kecipir terlihat kurang lengkap karena kekurangan asam amino bersulfur, namun jumlah protein total yang tinggi menjadikan ubi kecipir makanan yang bernilai tinggi terutama di daerah-daerah tempat tanaman penghasil karbohidrat (namun defisien protein), seperti ubi singkong dan ubi jalar, merupakan makanan pokok.

### ***Daun dan pucuk***

Kecambah dan daun kecipir dapat dikonsumsi sebagai sayuran hijau, baik secara mentah maupun dimasak. Umumnya, hanya tiga daun bagian atas yang dimakan karena memang daun-daun ini yang paling lembut dan rasanya yang agak manis. Kadar protein kasar daun-daun kecipir menyerupai kadar yang ada pada daun-daunan lainnya yang biasa dikonsumsi seperti daun singkong dan talas. Daun-daun muda memiliki kadar protein yang lebih tinggi dibandingkan daun-daun dewasa.

Daun memiliki kadar asam amino lysin yang relatif rendah, sebaliknya kadar asam amino triptofannya cukup tinggi, dibandingkan daun-daun pada umumnya. Bahkan untuk keperluan pakan yang berbasis jagung misalnya, penambahan sedikit daun kecipir dapat meningkatkan kadar triptofan sehingga kualitas pakan menjadi lebih baik.

Pemberian sayur daun kecipir dalam menu makanan anak-anak yang baru disapih dan anak-anak pra-sekolah sangat bermanfaat karena terdapatnya kandungan mineral yang tinggi, khususnya beta karoten prekursor vitamin A. Jumlah vitamin A ekuivalen pada daun kecipir (mencapai 20000 SI per 100 g) adalah yang tertinggi yang pernah tercatat pada daun-daun hijau tanaman tropis. Namun demikian, di Indonesia, konsumsi

berlebihan daun kecipir dalam bentuk mentah dilaporkan dapat menyebabkan pusing, mual dan kembung. Hal ini disebabkan oleh adanya sianogenik glikosida dalam jumlah kecil di bagian batang. Meskipun belum ada laporan dari negara lain tentang adanya efek berbahaya, tidak direkomendasikan mengonsumsi daun kecipir secara berlebih dalam bentuk *mentah* terutama untuk anak kecil. Oleh karena itu, jika dimasak dengan baik, daun kecipir akan aman dikonsumsi bahkan dalam jumlah banyak.

### ***Bunga***

Bagian tanaman lainnya yang dapat dikonsumsi adalah bunga. Bunga kecipir memiliki rasa yang manis karena mengandung nektar. Jika diolah dengan cara dikukus atau digoreng, bunga kecipir memperlihatkan warna dan konsistensi seperti jamur. Meskipun secara kuantitas nutrisi pada bunga tidak begitu penting, kadar protein bunga cukup tinggi terutama jika dibandingkan dengan bunga-bunga tanaman tropis lainnya yang biasa dikonsumsi manusia seperti bunga pisang (jantung pisang).

### ***Senyawa Antinutrisi***

Salah satu kendala dari pemanfaatan biji tanaman legum sebagai bahan pangan ataupun pakan adalah adanya senyawa-senyawa yang menurunkan nilai nutrisi biji tanaman legum dan jika dikonsumsi dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang bisa jadi fatal baik bagi manusia maupun hewan. Senyawa-senyawa tersebut disebut dengan senyawa antinutrisi atau faktor antinutrisi. Jenis dan kadar senyawa antinutrisi dalam biji tanaman legum bervariasi berdasarkan spesiesnya.

Beberapa jenis senyawa antinutrisi telah diidentifikasi pada organ-organ utama tanaman kecipir. Senyawa-senyawa

tersebut antara lain adalah sebagai berikut.

#### *Proteinase inhibitor (TI dan CI)*

Kehadiran TI (*Trypsin inhibitor*) pertama kali dilaporkan pada tahun 1954 sedangkan CI (*Chymotrypsin Inhibitor*) pada awal tahun 1970. Namun demikian, studi-studi yang mendalam tentang kedua inhibitor ini baru mulai dilakukan sekitar awal tahun 1980-an. Jika dibandingkan dengan kedelai, aktivitas TI memperlihatkan perbedaan komposisi TI. Pada kedelai, TI non-protein tersusun dari 27 persen – 55 persen aktivitas total TI sedangkan pada kecipir hanya 5 persen – 14 persen. TI terkonsentrasi pada bagian kotiledon biji. Pada sisi lain, kadar TI dan CI pada ubi kecipir lebih kurang sama jika dibandingkan dengan biji.

#### *Phytohemagglutinins (PHA) atau Lektin*

Adanya phytohemagglutinin atau lektin pada kecipir pertama kali dilaporkan pada tahun 1948.

#### *Tannin*

Meskipun tidak terlalu banyak studi yang dilakukan terhadap kadar tannin pada biji kecipir, berdasarkan studi tersebut diketahui bahwa terdapat kadar tannin yang bervariasi pada genotipe-genotipe kecipir yang ada. Lumen dan Salamat (1980) menganalisis dua genotipe kecipir dan menemukan bahwa kadar tannin tertinggi terdapat pada bagian tengah biji (*seed hull*) atau kira-kira tiga kali kadar tannin yang terdapat pada kotiledon. Meskipun dengan memasaknya terlebih dahulu, kadar tannin tersebut tidak dapat dikurangi. Kedua peneliti tersebut juga menyimpulkan bahwa tannin memegang peran yang lebih penting pada kecipir yang diproses dengan pemanasan dibandingkan dengan TI protein yang labil terhadap panas. Sebaliknya, Price et al. (1980) tidak menemukan tannin pada empat genotipe yang ditelitinya. Demikian pula Tan et

al.(1983) mendapatkan bahwa tidak satu pun dari 16 genotipe yang dikoleksi dari Malaysia, Papua Nugini, dan Thailand, mengandung tannin.

#### **Potensi Industri Kecipir**

Telah lama dipahami bahwa jenis kacang-kacangan dan biji-bijian seperti kacang kedelai, kacang tanah, biji kecipir, koro, kelapa dan lain-lain merupakan bahan pangan sumber protein dan lemak nabati yang sangat penting perannya dalam kehidupan. Sebagaimana telah diungkap pada bagian sebelumnya, dalam banyak aspek kecipir memiliki potensi yang luar biasa terutama sebagai bahan pangan yang bernilai gizi tinggi. Potensi kecipir sangat bersaing dengan jenis kacang-kacangan lainnya seperti kacang kedelai dan kacang tanah. Berdasarkan kemiripan karakteristik kecipir dengan kedelai ataupun dalam aspek-aspek tertentu dengan kacang tanah, kecipir pun memiliki potensi industri yang sebanding dengan jenis kacang-kacangan tersebut. Berbagai bentuk pengolahan pada kedelai yang telah dikembangkan lebih lanjut dalam skala industri pada dasarnya juga dapat diterapkan pada kecipir.

Protein kacang kecipir mengandung jenis-jenis asam amino esensial yang sebanding dengan biji kedelai. Keuntungan dari penggunaan kedelai dan kecipir adalah karena nilai proteinnya yang tinggi dan hampir setara. Namun demikian protein dari jenis kacang-kacangan dan polong-polongan (famili *Leguminosae*) pada umumnya memiliki faktor pembatas, yaitu kekurangan asam amino metionin dan sistein, sehingga pemanfaatan protein oleh tubuh tidaklah efisien. Salah satu cara untuk menghilangkan faktor pembatas tersebut adalah dengan mengombinasikan bahan kedelai tersebut dengan bahan pangan lainnya yang memiliki kandungan asam amino metionin dan sistein yang cukup besar, misalnya beras. Dengan kombinasi tersebut maka kekurangan asam amino dari salah

satu bahan akan dapat diisi oleh kelebihan asam amino dari bahan yang lainnya. Beras (*Oryza sativa*) merupakan makanan pokok hampir 90 persen penduduk Indonesia, areal penyebaran tanaman padi hampir terdapat di seluruh Indonesia. Beras memiliki nilai gizi yang cukup baik sehingga asam amino pembatas pada kacang kecipir dapat diganti dengan asam amino yang berasal dari beras. Selain beras, penambahan bahan lain seperti wijen, jagung atau menir adalah sangat baik untuk menjaga kelengkapan dan keseimbangan asam amino produk pangan yang berasal dari kecipir.

Permasalahan lainnya yang muncul adalah kacang-kacangan dan umbi-umbian cepat sekali terkena jamur (afolatoksin) sehingga mudah menjadi layu dan busuk. Untuk mengatasi masalah ini, bahan tersebut perlu diawetkan. Salah satu bentuk pengawetan bahan pangan adalah dengan cara mengolah bahan tersebut menjadi jenis produk olahan baru. Selain dapat mengawetkan kecipir, pengolahan kecipir menjadi jenis produk olahan baru dapat meningkatkan nilai ekonomis komoditas tersebut. Pemanfaatan kecipir yang masih minim sebatas diolah sebagai sayur saja menjadikan nilai ekonomi jenis sayuran ini masih rendah. Sebagaimana kedelai, kecipir dapat diolah menjadi bahan makanan seperti tahu dan tempe, serta minuman seperti bubuk dan susu kedelai.

Salah satu produk olahan kedelai yang juga dapat diterapkan pada kecipir adalah tempe. Kombinasi kecipir dan beras sebagai bahan baku pembuatan tempe dapat meningkatkan nilai gizi tempe. Pembuatan tempe dari kecipir dan beras diharapkan akan dapat meningkatkan mutu dan daya cerna protein tempe (penambahan *metionin* dan *sistein* yang berasal dari beras). Berdasarkan proses pembuatannya, tempe kecipir merupakan kecipir yang sudah mengalami proses fermentasi. Fermentasi dalam pembuatan tempe mampu menguraikan protein pada bahan baku menjadi asam-asam amino yang relatif mudah diserap oleh tubuh. Proses fermentasi

kecipir ini mengubah sifat kecipir menjadi lebih baik dari sebelumnya. Pada tempe, kuatnya enzim proteolitik dari *Rhizopus* (Cendawan /jamur tempe) menyebabkan cepatnya hidrolisis protein menjadi asam amino. Oleh karena itu, perubahan ini dianggap dapat memperbaiki daya cerna tempe. Selain itu, fermentasi juga dapat menghilangkan zat anti nutrisi yang terdapat pada bahan baku baik kedelai ataupun kecipir.

Tempe hasil fermentasi kecipir seringkali memperlihatkan adanya variasi baik dari segi rasa, tekstur, dan bau. Adanya perbedaan dari tiap ragam tempe dapat disebabkan senyawa-senyawa atau asam organik yang terbentuk selama proses fermentasi berbeda jumlahnya. Hal ini memengaruhi bau khas tempe, sehingga bau dari tempe yang dihasilkan dari tiap ragam tempe juga berbeda. *Rhizopus* bila ditumbuhkan pada karbohidrat menghasilkan senyawa asam fumarat, asam laktat dan asam suksinat yang bereaksi dengan senyawa lain hasil penguraian substrat dan menghasilkan senyawa yang memberikan aroma atau bau yang khas.

Produk olahan kedelai lainnya yang juga dapat berasal dari kecipir adalah tauco. Tauco adalah salah satu jenis makanan tradisional yang khas, mempunyai nilai gizi yang baik serta mempunyai aroma yang khas pula. Tauco seringkali digunakan sebagai bumbu penyedap makanan. Dengan pengolahan biji kecipir menjadi tauco biji kecipir, diharapkan daya serap kecipir di pasaran semakin meningkat dan menjadi peluang usaha yang menghasilkan.

Melalui teknik pengolahan tertentu, biji kecipir juga dapat diolah menjadi minuman susu dan yoghurt kecipir. Selain itu, minuman pengganti kopi juga dapat diproduksi dari biji kecipir (Brody, 1982). Keseluruhan bagian tanaman beserta ampas bijinya dapat dijadikan makanan ternak. Atas dasar kandungan gizinya yang tinggi terutama protein, kecipir juga dapat dijadikan sebagai bahan baku pakan ternak. Sebagaimana telah diungkap sebelumnya, kecipir kekurangan asam-asam

amino tertentu yang juga dibutuhkan bukan hanya oleh tubuh manusia tapi juga oleh ternak. Dalam industri pakan ternak, kekurangan asam amino tersebut umumnya disuplai dengan cara menambahkan atau mengombinasikan kacang-kacangan dengan tanaman sereal terutama jagung. Kombinasi jagung dan kacang-kacangan sebagai bahan pakan ternak diakui dapat mencukupi kebutuhan nutrisi ternak dalam jumlah dan kualitas yang memadai.

Bagian lain yang tidak kalah besar potensinya adalah ubi. Ubi kecipir populer di Myanmar. Begitu pula di dataran tinggi Papua, ubinya dimanfaatkan dengan cara direbus, dikukus, digoreng ataupun dibuat kue (Brody, 1984). Kecipir juga menghasilkan ubi yang dapat dimakan segar serta diolah menjadi tepung, dibuat keripik, dan sebagainya. Potensi ubi kecipir sebagai sumber pangan sangat prospektif. Ubi kecipir mengandung 4 – 6 persen protein, 9,5 – 19,6 persen pati, dan 68 – 75 persen bahan kering. Berdasarkan kandungan tersebut, dengan asumsi produksi ubi  $6 \text{ t ha}^{-1}$  (Eagleton, 1999) tanaman kecipir diproyeksikan mampu menghasilkan bahan kering 4 – 4,5  $\text{t ha}^{-1}$  dengan rata-rata 0,24 – 0,36 ton protein, dan 0,57 – 1,2 ton pati per hektarnya. Nilai produksi ini sangat kompetitif dengan potensi produksi pati dan protein ubi bengkuang yang hanya sekitar 1,05 t – 3,85 t pati dan 0,21 t – 0,77 t protein (Nusifera dan Karuniawan, 2007).

Dari hasil analisis, kandungan gizi terutama protein tepung baik yang berasal dari biji kecipir ataupun ubi kecipir cukup tinggi. Oleh karena itu, kecipir atau dalam hal ini tepung kecipir berpotensi digunakan sebagai bahan baku biskuit. Berdasarkan data uji laboratorium yang dilakukan, kandungan protein biskuit kecipir memenuhi standar mutu biskuit (SNI 01-2973-1992) tahun 1992, sedangkan kandungan gizi protein biskuit tersebut adalah 16,94 persen. Hasil uji organoleptik pun menunjukkan bahwa biskuit (*cookies*) berbahan baku tepung kecipir cukup disukai konsumen (Pamungkas, 2008).



## BAB III

### BOTANI TANAMAN KECIPIR

#### Taksonomi Kecipir

KECIPIR adalah tanaman legum yang telah diakui berasal dari wilayah tropis. Di berbagai wilayah tropis dunia termasuk Indonesia, kecipir memiliki ragam nama di setiap daerahnya. Di Sumatera, kecipir dikenal juga dengan nama kacang botol, kacang embing, atau kacang belimbing. Sedangkan di Jawa Barat, masyarakat menyebutnya jaat. Di Bali kecipir dikenal dengan nama kelongkang, di Ternate dan Manado disebut juga dengan biraro (wikipedia, 2008). Sedangkan istilah kecipir dalam berbagai bahasa lainnya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Kecipir masuk ke dalam genus *Psophocarpus* yang keseluruhannya terdiri atas sembilan spesies. Kesembilan spesies tersebut adalah *P. palustris*, *P. scandens*, *P. lancifolius*, *P. monophyllus*, *P. grandiflorus*, *P. tetragonolobus*, *P. necker*, dan *P. lecomtei* dan *P. lukafuensis*. Nama *Psophocarpus* berasal dari bahasa Yunani, *psophos* berarti suara (*noise*), dan *karpos* berarti buah, sehingga *psophocarpus* dapat diartikan buah yang saat matang berbunyi ketika pecah (Allen dan Allen, 1988). Hampir semua spesies dalam genus tersebut diduga berasal dari Madagaskar, dari Afrika Tropis. Dari kesembilan spesies tersebut, hanya *P. palustris* dan *P. tetragonolobus* yang telah umum dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Taksonomi lengkap tanaman kecipir menurut *National Academy of Science* (1981) adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivision	: Spermatophyta
Division	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Subclass	: Rosidae
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Sub famili	: Faboideae
Genus	: <i>Psophocarpus</i>
Species	: <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> D.C

Spesies kecipir memiliki nama lain *Dolichos tetragonolobus* L. Stickman, *Botor tetragonoloba* Kuntze, *Lotus quadrangularis* Rumph. Melalui publikasinya Ramirez (1960) menyatakan bahwa kecipir memiliki kromosom berjumlah  $2n=26$ . Dua puluh tahun kemudian, Pickersgill (1980) merevisi pernyataan Ramirez, bahwa ternyata kromosom kecipir berjumlah  $2n=18$ . Dengan metode studi kariotipe yang lebih maju, hasil penelitian Pickersgill tersebut dikonfirmasi lebih lanjut oleh Chaowen *et al.* (2004).

#### Morfologi Tanaman Kecipir

Kecipir merupakan tumbuhan merambat dan membentuk semak (*herbaceous*). Jika diberi ajir atau turus, kecipir mampu mencapai tinggi tiga sampai empat meter. Sketsa tanaman kecipir dan bagian-bagiannya tersaji pada Gambar 3.1. Sebagaimana tanaman legum pada umumnya, kecipir memiliki daun tiga dalam satu tangkai daun (*petiolus*) yang disebut trifoliat. Daun pada umumnya berbentuk bundar telur, ujung daun meruncing dengan dua daun penumpu kecil. Meskipun demikian, terdapat variasi bentuk daun berdasarkan rasio antara panjang dan lebar daunnya (ovat hingga lanset). Sketsa variasi

bentuk daun tersaji pada Gambar 3.2. Batang kecipir umumnya berwarna hijau meskipun beberapa genotipe memiliki batang dengan bayang warna ungu, merah muda, ataupun cokelat.

Tabel 3.1 Daftar nama lain kecipir berdasarkan jenis bahasa dan wilayah geografis

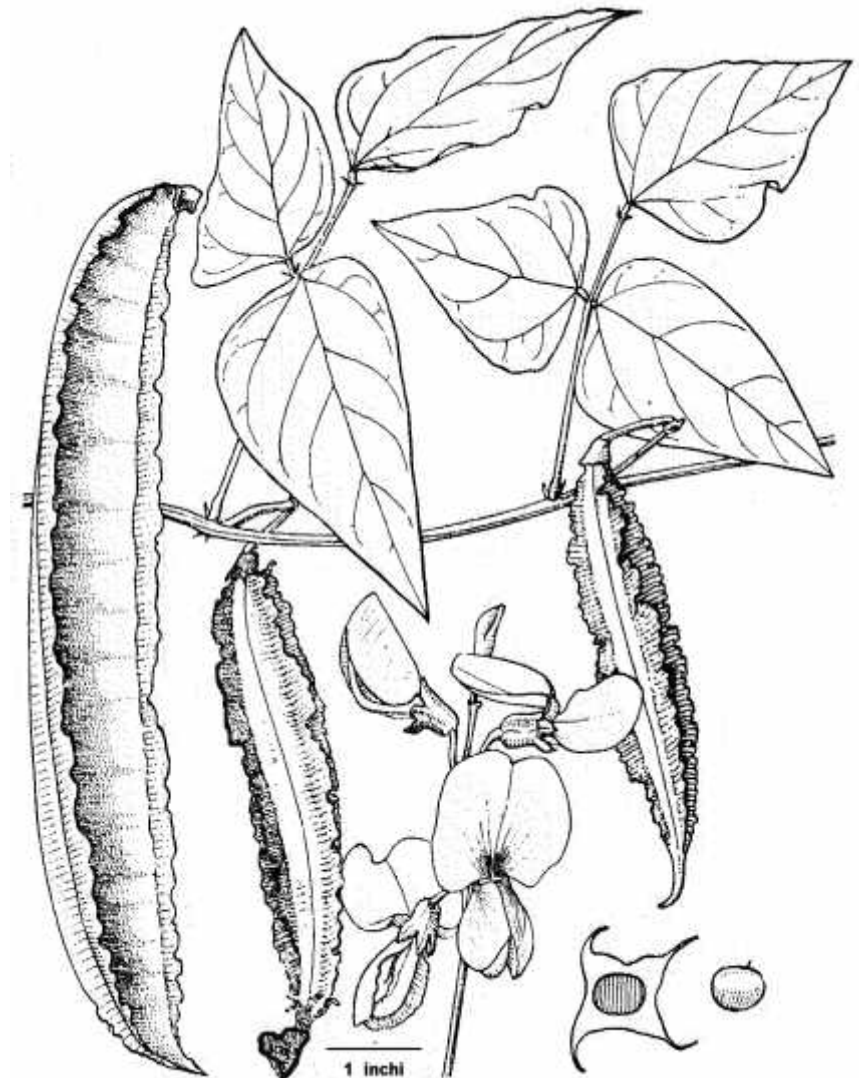
Name	Language	Geographical site	Reference
Agimong	Metlba	New Guinea	73
Amale	Ibanag	Philippines	48
Asparagus bean	English		48
Asparagus pea	English		4
Batang-baimbing	Sulu	Philippines	48
Beyed	Bontok	Philippines	48
Borbai Krui	Brous	Cambodia	42
Buligan	Ifugao, Bontok	Philippines	48
Calamimis	Tagalog	Philippines	7
Calongcan		Bali	10
Charkoni-sem	Hindi	India	37
Chaud haari-phali	Hindi	India	37
Cigarillas	Tagalog, Pangasinan	Philippines	48
Culebet		Banda	10
Dara-dhambala	Singhalese	Sri Lanka	44
Four-angled bean	English		60
Goa bean	English		20
Haricot de la foret	French		25
Haricot dragon	French		42
Jaat	Sundanese	Indonesia	10
Kachang belimbing		Malaya	10
Kachang belimbing		Sumatra	10
Kachang embing		Sumatra	10
Kachang kelisah		Malaya	10
Kadjang-outan		New Guinea	25
Kamaluson	Bisaya	Philippines	48
Katjang botor	Sundanese	Indonesia	56
Ketjeper		Indonesia	49
Ksang borong		Sumatra	69
Mamila bean	English		44
Mauritius bean	English		10
Mpir	Buang	New Guinea	25
Pai-myeet		Burma	55
Pallaing	Iloko	Philippines	2
Parupagulung	Bikol	Philippines	48
Pois carre	French		36
Prabaiy	Khmer	Cambodia	42
Princess bean	English		44
Seguidilla	Tagalog	Philippines	2
Tua-pu	Thai	Thailand	14
Winged bean	English		19
Winged pea	English		4

Bunga berjumlah dua sampai sepuluh, dalam satu tandan yang berasal dari satu ketiak, berwarna lembayung muda atau putih dengan beragam perpaduan lembayung muda, krem, biru dan merah. Buah polong bersegi empat atau bujursangkar jika dilihat secara melintang dengan empat buah sayap yang permukaannya berkisar dari halus hingga menggergaji. Meskipun demikian terdapat variasi bentuk penampang melintang polong (Gambar 3.3). Lebar sayap polong berkisar antara 0.3-1 cm. Polong umumnya berwarna hijau namun kadang-kadang bervariasi mulai dari kuning-hijau, krem, hingga ada yang lurik merah atau ungu. Panjang polong berkisar dari 6 – 66 cm. Tiap polong berisi 5-20 biji. Jumlah biji per polong tidak selalu berhubungan dengan panjang polongnya karena kadangkala dalam polong yang panjang, sekat antarbiji di dalamnya cukup lebar sehingga bijinya lebih jarang. Biji berbentuk agak membulat dengan bobot sekitar 0.6-1 g. Terdapat variasi pada warna biji antara lain berwarna cokelat, kuning, cokelat gelap, hitam, putih, baik bermotif maupun tidak (*National Academy of Science*, 1981). Selain itu, akar tanaman kecipir dapat bermodifikasi menjadi ubi bergantung pada genotipe dan lingkungan tumbuh. Rata-rata ubi berbentuk lonjong, mirip dengan ubi singkong dengan panjang mencapai 16 cm dan diameter mencapai 5 cm (Gambar 3.4).

Tanaman kecipir dapat mengembangkan nodul akar dalam jumlah yang relatif besar (Gambar 3.5). Rata-rata genotipe menghasilkan jumlah nodul lebih banyak dibandingkan dengan tanaman legum lainnya. Berdasarkan studi nodulasi yang dilakukan di wilayah Thailand, satu tanaman kecipir dapat menghasilkan sebanyak 1000 nodul akar. Meskipun demikian, jumlah nodul per tanaman bervariasi bergantung pada kondisi lingkungan tumbuh dan jumlah populasi bakteri *Rhizobia* di dalam tanah. Studi nodulasi yang dilakukan Massefield (1957) di Kuala Lumpur, Malaysia,

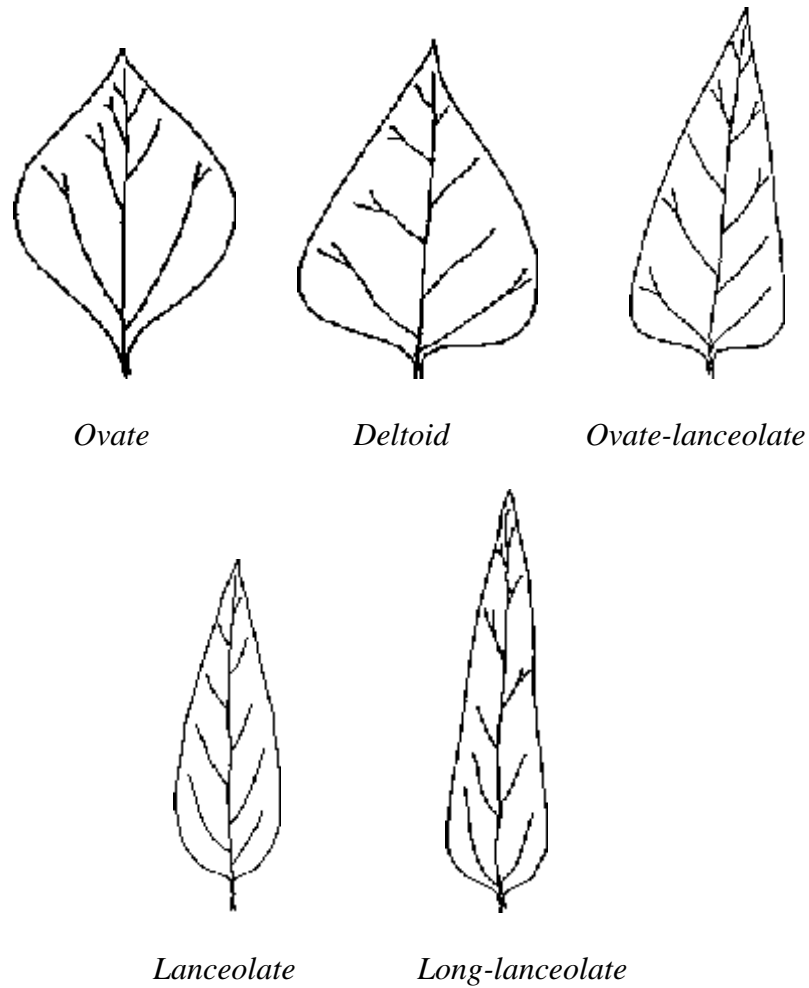
menginformasikan bahwa bobot nodul yang dihasilkan per hektarnya adalah 673 kg dengan rata-rata per tanaman 441 nodul. Bobot nodul terbesar adalah sekitar 0,53 g sedangkan yang lainnya rata-rata di atas 0,4 g. Tingginya kadar protein pada biji, polong, daun dan ubi bisa jadi berhubungan dengan kapasitas tanaman yang luar biasa dalam memfiksasi nitrogen bebas di udara.

Reaksi fisiologi dan agronomi dari isolat-isolat bakteri dari tanaman kacang mengindikasikan bahwa tipe rhizobia yang menginfeksi tanaman tersebut adalah *slow growing bacteria*. Bakteri dalam kategori ini memiliki waktu regenerasi lebih lambat dibandingkan kelompok lainnya yaitu *fast-growing bacteria*. Selain itu, jika ditinjau dari aspek genetik, gen pengendali karakter nodulasi (*nod* dan *nif*) pada *fast growing bacteria* terletak pada plasmid (kromosom kecil yang berbentuk lingkaran) sedangkan pada *slow growing* terletak pada kromosom biasa. Berbeda halnya dengan kedelai yang memerlukan strain yang spesifik untuk menginfeksi akarnya, kisaran bakteri rhizobia yang dapat menginfeksi akar kacang lebih luas dan banyak tersedia di kebanyakan tanah tropis. Oleh karena itu, nodulasi dapat terjadi dengan baik di mana saja tanaman itu dibudidayakan



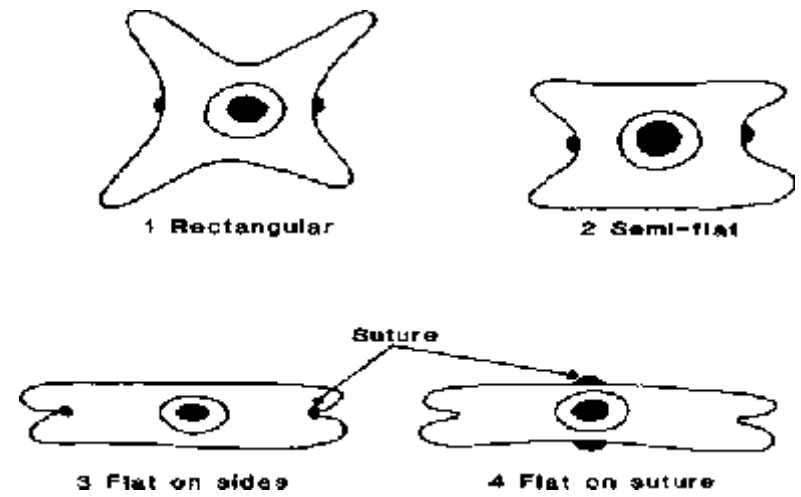
Sumber: National Academy of Science (1981)

Gambar 3.1. Sketsa tanaman kacang dan bagian-bagiannya



Sumber: *International Board on Plant Genetic Resources*(2004)

Gambar 3.2. Variasi bentuk daun kacang



Sumber: *International Board on Plant Genetic Resources* (2004)

Gambar 3.3 Bentuk polong berdasarkan irisan melintang.



Sumber: Nusifera (2010)

Gambar 3.4. Ubi akar kacang.

## Lingkungan Tumbuh dan Distribusi Geografis Pertanaman Kecipir

Kecipir telah lama diakui sebagai tumbuhan asli dari wilayah tropis. Meskipun telah banyak spekulasi, daerah asal kecipir masih tetap dalam perdebatan. Setidaknya terdapat empat situs wilayah yang dianggap memiliki kemungkinan sebagai wilayah asal yaitu Papua Nugini, Mauritius, Madagaskar, dan India. Sementara pusat diversitas yang terbesar adalah Papua Nugini dan Indonesia, meskipun belakangan telah ditemukan banyak genotipe di Negara Thailand dan Bangladesh.

Dari generasi ke generasi, kecipir telah dibudidayakan di wilayah tropik basah dari Asia Tenggara dan Asia Selatan yaitu India, Sri Lanka, Bangladesh, Myanmar, Malaysia, Thailand, Vietnam, Laos, Kamboja, Filipina, Indonesia dan Papua Nugini.



Sumber : National Academy of Science (1981)

Gambar 3.5. Nodul akar kecipir

## Syarat Lingkungan Tumbuh

Kecipir dapat tumbuh dengan baik di daerah sekitar khatulistiwa. Secara tradisional, kecipir telah lama dibudidayakan di wilayah dengan kisaran garis lintang  $20^{\circ}$  lintang utara (Bangladesh, Thailand bagian utara, dan Myanmar bagian utara) hingga  $10^{\circ}$  lintang selatan (Malanesia dan Pulau Komoro). Namun demikian, pada dekade-dekade terakhir tanaman kecipir telah berhasil diintroduksi ke daerah beriklim subtropis dan iklim sedang (*warm temperate*), misalnya di daerah Florida (Gainesville,  $20^{\circ}$ LU dan Homestead,  $25^{\circ}$ LU), Taiwan,  $25^{\circ}$ C, Australia Barat (Perth,  $32^{\circ}$ LS) dan Queensland (Brisbane,  $27^{\circ}$ LS). Di Thailand, beberapa tanaman kecipir diketahui dapat berbunga di luar musim. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun tanaman ini jelas berhari pendek, ada genotipe tertentu yang dapat berbunga dan menghasilkan biji di wilayah beriklim sedang.

Tanaman kecipir dibudidayakan pada berbagai tempat dan ketinggian hingga di dataran tinggi Papua Nugini dengan ketinggian mencapai 2.200 meter di atas permukaan laut. Namun demikian, berbagai percobaan di daerah dataran tinggi (di atas 1600 m) memperlihatkan bahwa perkecambahan dan pertumbuhan kurang baik sehingga terjadi penundaan pembungaan.

Agar kecipir tumbuh dengan baik, diperlukan kelembaban yang cukup dan terdistribusi dengan baik selama periode pertumbuhannya. Secara tradisional, kecipir dibudidayakan di wilayah-wilayah dengan curah hujan tahunan 700 – 4000 mm. Kecipir tumbuh dengan baik pada wilayah lembab dan hangat dengan curah hujan tahunan 2500mm atau lebih namun tidak toleran terhadap kondisi air yang berlebihan. Sehingga kecipir dapat tumbuh dengan baik pada beragam jenis lahan yang berdrainase baik. Pada sisi lain, sebenarnya kecipir juga memiliki toleransi terhadap kekeringan. Sejarah mencatat pada

saat terjadi kekeringan yang parah di Thailand pada Tahun 1979, ketika lahan jagung mengalami puso, lahan kecipir masih mampu bertahan meskipun kebanyakan tanaman tidak dapat tumbuh dan menghasilkan dengan baik.

Tanaman kecipir memperlihatkan toleransi yang cukup luas terhadap berbagai kondisi tanah. Kecipir tumbuh dengan baik pada tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah dan tanah lempung berpasir ataupun tanah liat. Sebaliknya, kecipir tidak dapat tumbuh dengan baik pada tanah-tanah yang sangat alkalin atau tanah-tanah yang sangat masam. Kisaran pH tanah yang ideal bagi pertumbuhan kecipir adalah 4,5 – 5,5. Bagaimanapun, pada tanah yang masam (kurang dari pH 4,5), tanaman tetap sangat rentan terhadap keracunan aluminium.

Kebanyakan genotipe kecipir merupakan tumbuhan berhari pendek. Induksi perbungaan memerlukan kondisi hari pendek dengan panjang waktu kurang dari 12 jam. Tanggapan pada panjang hari bervariasi tergantung pada genotipe, temperatur dan intensitas cahaya. Selain dipengaruhi oleh faktor genotipe, induksi ubi akar juga memerlukan hari pendek. (Stephen, 2000).

Tanaman kecipir dapat bertahan pada suhu yang relatif tinggi, namun sebaliknya hampir tidak pernah mampu bertahan pada suhu dingin (*frost*). Terkait dengan proses pertumbuhan dan perkembangan kecipir, peran suhu sama pentingnya dengan panjang hari terutama dalam mengendalikan proses pembungaan. Temperatur siang di atas 32<sup>0</sup>C dan di bawah 18<sup>0</sup>C yang berkelanjutan dapat menghambat pembungaan meskipun pada kondisi hari pendek (*short day length*). Temperatur siang hari sekitar 27<sup>0</sup>C dan malam 18<sup>0</sup>C merupakan temperatur optimal untuk pertumbuhan dan perkembangan reproduktif.


**BAB IV**

## AGRONOMI TANAMAN KECIPIR

### Perbanyak dan Penanaman

SECARA umum, kecipir merupakan tanaman menyerbuk sendiri (*self-pollinated*) yang bersifat kleistogami (penyerbukan terjadi sebelum bunga mekar). Meskipun demikian, kehadiran jenis lebah tertentu dalam jumlah yang memadai di sekitar tanaman dapat menyebabkan terjadinya penyerbukan silang dengan persentase bervariasi bahkan pernah terjadi kasus hingga mencapai 20 persen. Setelah terjadi penyerbukan, selanjutnya bunga tersebut berkembang menjadi polong. Perkembangan polong terdiri atas dua tahap. Tahap pertama, polong berkembang hingga mencapai ukuran maksimum. Waktu yang diperlukan untuk tahap ini sekitar 20 hari. Tahap kedua, selama kurang lebih 44 hari, terjadi pengembangan dan pengerasan biji serta diikuti dengan pengerasan polong hingga mengering (*National Academy of Science*, 1981).

Perbanyak kecipir umumnya adalah melalui biji. Individu tanaman baru dapat muncul secara alami dari biji yang berasal dari polong kering yang telah pecah. Selain dari biji, ubi yang tertinggal di pertanaman kecipir lambat laun dapat menghasilkan tunas baru pada bagian pangkalnya yang kelak dapat tumbuh menjadi individu tanaman baru. Jika sengaja dibudidayakan, tanaman ini ditanam sebagai tanaman tunggal atau umumnya secara tumpangsari. Namun demikian, di

banyak negara terutama Indonesia, kecipir belum dibudi dayakan dalam skala luas apalagi untuk tujuan komersial. Kecipir biasanya masih ditanam dalam plot atau petak berukuran kecil, di pinggir lahan, di pagar ataupun di pekarangan rumah.

Dormansi benih berhubungan dengan usaha benih untuk menunda perkecambahannya, hingga waktu dan kondisi lingkungan memungkinkan untuk melangsungkan proses tersebut. Roberts (1972) menyebutkan bahwa dormansi dapat terjadi meskipun benih viabel, benih tidak berkecambah pada kondisi yang sudah memenuhi syarat untuk berkecambah (suhu, air dan oksigen yang cukup). Dormansi dapat terjadi pada kulit benih maupun pada embrio. Benih yang telah masak dan siap untuk berkecambah membutuhkan kondisi klimatik dan tempat tumbuh yang sesuai untuk dapat mematahkan dormansi dan memulai proses perkecambahannya. *Pre-treatment* skarifikasi digunakan untuk mematahkan dormansi kulit benih, sedangkan stratifikasi digunakan untuk mengatasi dormansi embrio. Sebelum dilakukan penanaman, biasanya biji terlebih dahulu diskarifikasi dengan menggunakan kertas ampelas yang halus dengan tujuan memecah dormansi yang disebabkan oleh kulit biji yang relatif keras. Selain itu, upaya memecah dormansi juga dapat dilakukan dengan merendam biji selama semalam baik dalam air ataupun larutan asam sulfur. Pada tanah yang lembab, secara normal biji akan mengalami imbibisi (pembengkakan) dalam waktu empat sampai lima hari dan akan berkecambah dalam waktu tujuh sampai empat belas hari setelah tanam. Dengan perlakuan skarifikasi, proses ini dapat dilalui dengan waktu yang lebih cepat.

Penanaman kecipir sebaiknya dilaksanakan di awal musim hujan dengan harapan masa panen adalah awal musim kemarau. Hal ini disebabkan karena umumnya polong yang telah kering berkemungkinan besar untuk pecah jika intensitas cahaya dan panas terlalu tinggi. Selain itu, jika polong yang

telah masak masih terkena air hujan, biji dalam polong tersebut berkemungkinan untuk berkecambah di dalam polong (*Sprouting*). Biji ditanam dengan jarak tanam yang bervariasi berdasarkan skala pengusahaannya. Di berbagai negara, yang masyarakatnya menanam kecipir secara tunggal, jarak tanam yang direkomendasikan adalah sekitar satu meter antarbaris dan 25 – 70 cm di dalam baris. Biji ditanam pada kedalaman sekitar dua sampai tiga centimeter. Karena kecipir adalah tanaman merambat, setelah tanaman membentuk sulur, sulur ditautkan ke ajir atau turus dengan tinggi 1,5-2,5 meter (Gambar 4. 1) untuk mendapatkan hasil biji yang maksimum. Di beberapa negara, penggunaan ajir ternyata tidak hanya meningkatkan hasil biji, pada genotipe tertentu, penggunaan ajir juga memperlihatkan kenaikan hasil ubi. Namun demikian, bila yang akan diproduksi hanya ubinya, kecipir ditanam pada bedengan yang tidak diberi ajir atau tongkat penahan. Ajir tidak digunakan atas dasar alasan efisiensi biaya.

### **Pemupukan dan Pemeliharaan Tanaman**

Pemupukan adalah salah satu bagian dari teknik budi daya tanaman yang bertujuan memenuhi kebutuhan hara dan nutrisi tanaman baik dengan cara meningkatkan kandungan unsur hara tanah melalui penambahan bahan pupuk ke dalam tanah maupun secara langsung melalui daun (*foliar application*). Pada dasarnya tanaman kecipir relatif tidak memerlukan pemupukan. Sebagaimana umumnya tanaman legum, kecipir menghasilkan nodula akar yang dapat memfiksasi nitrogen udara untuk selanjutnya dimanfaatkan dalam berbagai proses fisiologis tanaman. Meskipun demikian, untuk meningkatkan produktivitas tanaman, aplikasi pemupukan bisa dilakukan. Pemberian pupuk kandang sekitar 10 ton per hektare umum dilakukan sebulan sebelum penanaman yaitu pada saat pengolahan tanah. Pemberian pupuk kandang dimaksudkan

untuk memperbaiki struktur tanah sehingga menjadi lebih gembur. Struktur tanah yang gembur diperlukan terutama sekali ketika ingin memproduksi ubi. Selain pupuk kandang, ketika tanaman memasuki usia tiga minggu setelah tanam, pemberian pupuk anorganik NPK juga bisa dilakukan dengan dosis 5 g per tanaman. Jika ingin menggunakan pupuk tunggal, dosis yang diberikan adalah sekitar 100 kg per hektare Urea, 150 kg per hektare SP-36, dan 150 kg per hektare KCl. Dosis ini merupakan rekomendasi umum yang didekati dari dosis rekomendasi tanaman legum-legum lainnya. Untuk tujuan efisiensi, dosis aplikasi pupuk bisa lebih bervariasi berdasarkan pada variasi kesuburan tanah tempat kecipir akan dibudi dayakan. Artinya jumlah bahan pupuk yang ditambahkan secara umum merupakan selisih antara kandungan hara yang tersedia di tanah dengan estimasi kebutuhan hara tertentu tanaman untuk proyeksi hasil tertentu.



Sumber: Nusifera (2010)

Gambar 4.1. Pertanaman kecipir dengan menggunakan ajir/turus.



Pemeliharaan tanaman meliputi penjarangan dan penyulaman, penyiangan gulma, penyiraman, dan pengendalian hama penyakit. Tanaman yang disisakan setelah dilakukan penjarangan adalah satu atau dua tanaman per lubang tanam. Penyulaman (menanam ulang di lubang tanam yang tidak terlihat adanya kecambah yang muncul ke permukaan tanah) dilakukan apabila terdapat tanaman yang tidak tumbuh atau mati. Penyiangan (membuang atau membersihkan gulma atau tanaman liar yang ada di sekitar tanaman yang diusahakan) dilakukan apabila terdapat gulma di sekitar tanaman. Pada musim kemarau, intensitas gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman kecipir tidak terlalu tinggi sehingga penyiangan bisa dilakukan kira-kira dua minggu sekali. Sebaliknya, pada saat musim hujan, intensitas gulma yang muncul jauh lebih tinggi dibandingkan dengan musim kemarau, sehingga intensitas penyiangan pun perlu ditingkatkan. Beberapa jenis gulma yang muncul di pertanaman kecipir di Jatinangor Sumedang adalah teki (*Cyperus rotundus*), putri malu (*Mimosa pudica*), jukut borang (*Mimosa invisa*), nanangkaan (*Euphorbia hirta*), goletrak (*Borreria alata*). Penyiangan dilakukan secara manual, yaitu dengan mencabut gulma dengan tangan (*hand picking*) dan secara mekanik, yaitu dengan menggunakan kored atau cangkul. Biasanya saat melakukan penyiangan dengan cangkul, tanah sedikit digemburkan dan dibumbun sehingga pertanaman terlihat seperti bedengan-bedengan yang rapi dan bersih dari gulma. Bedengan-bedengan ini juga berfungsi untuk mengendalikan drainase sehingga tidak terjadi genangan air karena kecipir relatif tidak tahan terhadap genangan air.

Penyiraman dilakukan setiap hari terutama sekali pada tahap perkecambahan. Hal ini diperlukan karena tahap ini merupakan tahap kritis tanaman kecipir, jika tidak tersedia air yang cukup, biji akan menjadi busuk. Selanjutnya, ketika tanaman muda telah muncul ke permukaan, penyiraman dilakukan untuk menjaga kelembaban tanaman selama

pertumbuhannya hingga tanaman cukup dewasa. Ketika tanaman telah cukup dewasa, penyiraman dilakukan dengan intensitas yang lebih rendah atau bila dirasa perlu, karena pada dasarnya tanaman kecipir relatif toleran terhadap kondisi kekeringan.

### Hama dan Penyakit Tanaman

Selama periode pertumbuhan dan perkembangan tanaman, adakalanya terjadi serangan organisme pengganggu tanaman baik yang berupa serangan hama maupun penyakit. Sebenarnya, bila dibudi dayakan di kebun campuran (*mixed garden*), kecipir biasanya bebas dari hama dan penyakit. Namun demikian, kecipir diketahui rentan terhadap sejumlah hama dan penyakit terutama bila ditanam secara tunggal. Tingkat serangan hama dan penyakit tersebut bervariasi dari suatu negara dengan negara lainnya bergantung pada wilayah geografis dan iklimnya.

Pada tahap awal pertumbuhan kecipir, kadang-kadang terjadi serangan lalat bibit *Ophiomyia phaseoli* yang cukup serius. Kutu kacang berwarna hitam, *Aphid craccivora*, seringkali ditemukan pada bagian pucuk tanaman muda. Hama penggerek polong, *Maruca testualis* adalah hama yang secara luas menyerang ujung batang, bunga dan polong di beberapa negara. *Lampides boeticus*, *Nezara viridula*, *Mylabris pustulata* dan *Heliothis armigera* adalah hama lainnya yang juga menyerang bunga dan polong. Selain *Ophiomyia phaseoli*, beberapa serangga hama yang menyerang bagian daun terutama daun-daun muda di antaranya adalah belalang (*Valanga nigricornis*), *Planococcus citri*, *Tetranychus sp.*, dan *Polyphagotarsonemus latus*.

Hama lain yang juga menyerang kecipir adalah jenis ulat keket (*Chrysodeixis chalsites* atau *Plusia ephaltes*) (Gambar 4.2). Bagian yang dirusak oleh hama tersebut tidak

hanya daun, melainkan juga bunga dan buah. Apabila yang diserang adalah bagian daun, yang tersisa hanya tulang daunnya saja. Sedangkan bunga dan buah yang terserang menjadi tidak normal pertumbuhannya. Pengendalian hama serangga ini secara kimiawi tidak direkomendasikan khususnya bagi pertanian subsisten meskipun beberapa jenis pestisida telah banyak diujikan dalam skala plot percobaan. Skrining genotipe-genotipe yang resisten terhadap serangan hama merupakan metode pengendalian yang paling menjanjikan terutama karena tersedianya plasma nutfah yang sangat beragam.



*Plusia chalcites*



*Valanga nigricornis*



*Aphis craccivora*



*Maruca testualis*



*Nezara viridula*



*Mylabris pustulata*



*Heliothis armigera*



*Planococcus citri*



*Tetranychus*



*Polyphagotarsonemus latus*

Gambar 4.2. Berbagai serangga hama yang menyerang tanaman kecipir.

Pada sisi lain, terdapat berbagai penyakit yang menyerang tanaman yang dapat disebabkan oleh beberapa organisme seperti nematoda, bakteri, cendawan dan virus. Di Indonesia dan beberapa negara lain seperti Papua Nugini dan Pantai Gading, telah dilaporkan adanya serangan *Meloidogyne javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria*. Kadangkala serangan *Pratylenchus brachyurus* juga terjadi meskipun dalam jumlah yang sedikit (Fortuner et al., 1979). Tanaman yang terserang memperlihatkan adanya pembengkakan ubi yang tidak beraturan sehingga ubi tidak lagi bisa dikonsumsi. Serangan ini tidak saja dapat mereduksi secara signifikan hasil ubi, tapi juga mereduksi hasil dari bagian tanaman lainnya seperti polong, daun, dan sebagainya. Untuk mencegah terjadinya serangan nematoda yang telah terinfestasi di tanah, pada saat tanam di lubang tanam diberikan pestisida karbofuhuran (nematisida).

Bakteri yang menyerang tanaman kecipir adalah *Pseudomonas solanacearum*. Bakteri ini menyebabkan munculnya gejala layu pada batang dan daun sehingga memperlihatkan kecenderungan epinasti (Gambar 4.3).

Organisme lainnya yang menyebabkan penyakit pada kecipir adalah virus. Setidaknya ada tiga jenis virus yang telah teridentifikasi menyerang tanaman kecipir.

- (1) *Psophocarpus necrotic mosaic virus*. Daun tanaman yang terserang memperlihatkan gejala nekrotik dan terdistorsi dengan pola mosaik yang jarang-jarang. Permukaan daun berkurang dan tanaman tidak berkembang. Tingkat keparahan serangan bergantung pada kapan saat terjadinya infeksi. Pada tanaman dewasa yang terserang, jumlah bunga berkurang dan akibatnya hasil biji pun berkurang.

Penyakit ini ditransmisikan secara mekanik dari genus *Psophocarpus* ke *Psophocarpus* dan dari beberapa anggota *Leguminosae* lainnya serta *Solanaceae*. Selain *Psophocarpus*, satu-satunya

tanaman inang lain yang memperlihatkan gejala adalah *Canavalia ensiformis* sedangkan tanaman lainnya yang terinfeksi tidak memperlihatkan gejala yang serupa. Transmisi tidak terjadi melalui biji namun tampaknya terjadi melalui daun yang terinfeksi.



Gambar 4.3. Daun-daun epinasti dan layu akibat serangan *Pseudomonas solanacearum*.

(2). *Psophocarpus ringspot mosaic virus*

Virus kedua yang tercatat dapat menginfeksi kecipir adalah *Psophocarpus ringspot mosaic virus*. Virus ini memperlihatkan gejala serangan berupa lingkaran cincin (*ringspot*) berwarna hijau muda. Spot tersebut seringkali menyatu membentuk mosaik kuning. Meskipun reduksi hasil yang disebabkan oleh virus ini masih belum diketahui dengan pasti, diperkirakan reduksi hasil berkisar antara 10% hingga 20%.

Virus ini dapat dengan mudah ditransmisikan secara mekanik antar spesies dalam genus *Psophocarpus*. Kisaran inang dari virus ini cukup luas karena virus ini mampu menginfeksi tanaman dalam famili Leguminosae, Solanaceae, dan Chenopodiaceae. Biji yang dipanen dari tanaman yang terinfeksi dapat mentransmisikan virus dengan laju sekitar 1%. *Aphis craccivora* adalah serangga yang diketahui mentransmisikan penyakit ini dengan cara non persisten. Non persisten artinya adalah virus menempel pada stylet serangga vektor selama beberapa jam saja, dan ketika serangga tersebut menghisap makanan pada tanaman lain, virus akan tinggal di tanaman tersebut.

Secara serologis virus ini berkaitan dengan cucumber mosaic virus (CMV). Beberapa karakteristiknya memberikan keyakinan bahwa virus ini termasuk cucumovirus. Meskipun demikian, terdapat beberapa perbedaan dalam hal kisaran inang dan gejala antara isolat kecipir dan isolat legum lainnya. Oleh karena itu, virus ini dianggap sebagai virus CMV strain *Psophocarpus* (Fortuner et al., 1979).

(3). *Psophocarpus leaf-curl disease* (keriting daun)

Tanaman yang terserang penyakit ini memperlihatkan gejala, daun menjadi berwarna hijau gelap, menebal dan menggulung ke bawah.

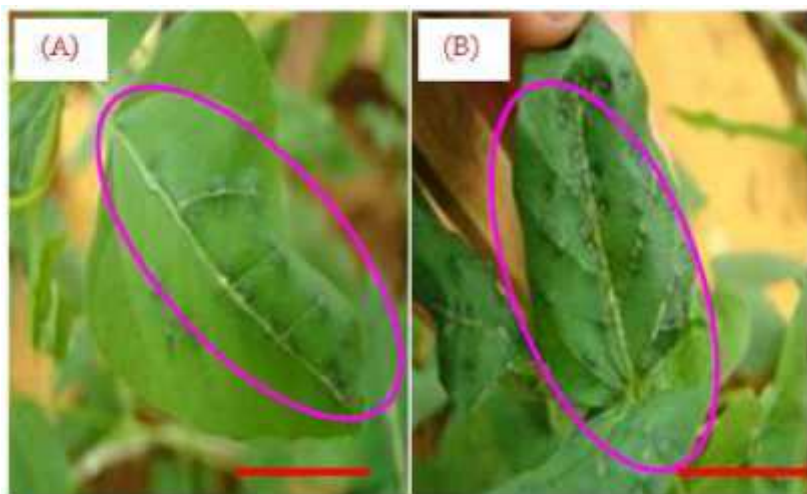
Pertumbuhan apeks terhenti dan banyak bunga yang gugur. Penyakit ini tentu saja sangat berpengaruh pada produksi polong dan biji. Daun-daun muda yang muncul kemudian untuk sementara bebas dari gejala serangan, namun demikian suatu ketika akan muncul kembali. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan agen penyebab penyakit yang memang agak lambat.

Meskipun gejala serangan mengarah pada dugaan adanya virus, semua metode transmisi yang lazim seperti mekanik, pencangkakan, dan pemurnian tidak mampu membuktikan kehadiran virus pada tanaman yang terserang penyakit tersebut. Demikian pula dengan transmisi serangga ataupun biji, sehingga masih belum bisa disimpulkan adanya agen virus untuk penyakit ini. Namun demikian, kesamaan gejala dengan keriting daun okra yang ditransmisikan oleh lalat putih, tetap mengarah pada hipotesis adanya virus. Pada sisi lain, untuk menyimpulkan bahwa gejala tersebut akibat adanya gangguan fisiologis juga tidak mungkin karena tidak ada perlakuan kimiawi ataupun pestisida yang digunakan sebelumnya.

Agen penyakit lainnya adalah cendawan. Masih belum banyak informasi tentang sensitivitas kecipir terhadap cendawan patogenik. Salah satu serangan cendawan memperlihatkan gejala noda daun berbentuk poligonal dan nekrotik cokelat, dengan lebar beberapa sentimeter, tersebar secara tidak teratur pada daun. Noda yang baru terbentuk dikelilingi area klorotik. Jaringan daun di dalam noda itu sendiri pertama-tama kuning muda dan kemudian berubah menjadi cokelat dan nekrotik. Pada noda yang lebih besar, jaringan daun mengerut, robek dan gugur sehingga daun menjadi berlubang. Di bawah mikroskop, jaringan nekrotik memperlihatkan struktur konidia yang diidentifikasi sebagai

*Colletotrichum gloeosporioides*. Saat ini, penyakit yang disebabkan oleh cendawan ini belum menyebabkan reduksi hasil yang nyata karena hanya daun-daun tua yang diserang.

Cendawan parasit obligat *Synchytrium psophocarpi* menyebabkan penyakit karat 'false' atau tumor oranye (orange gall) (Gambar 4.4). Gejalanya yang terlihat adalah munculnya pustul oranye muda di sepanjang tulang daun-daun muda dan pada batang, polong, dan mahkota bunga. Infeksinya menyebabkan gejala hiperplasia atau pembentukan tumor dengan percabangan abnormal pada buku. Penyakit ini memengaruhi produksi polong dan hasil biji. Serangan akan lebih parah terutama selama musim hujan.



Gambar 4.4. Perkembangan penyakit *false rust* pada tanaman kacang; (A) 8 hari setelah inokulasi, dan (B) 14 hari setelah inokulasi (garis = 10 mm).

*Pseudocercospora psophocarpi* adalah cendawan yang menyerang daun. Gejala awalnya adalah munculnya noda atau spot kuning pada permukaan atas daun. Permukaan bawah daun berwarna keputihan yang kemudian berubah menjadi abu-abu

hingga akhirnya menjadi hitam ketika daun menjadi dewasa. Gejala ini diikuti dengan nekrosis di keseluruhan daun (Gambar 4.5). Penyakit ini sangat merugikan terutama sekali di musim hujan. Sejauh ini, kacang diyakini sebagai satu-satunya inang untuk penyakit ini.



Gambar 4.5. Kacang yang terserang *Pseudocercospora psophocarpi*.

Kacang juga dimungkinkan untuk terserang penyakit embun tepung (*powdery mildew*). Gejala penyakit ini adalah munculnya tambalan berupa tepung putih pada daun. Penyakit ini dilaporkan hanya baru pada tahap oidium dan sejauh mana tingkat kerusakan secara ekonomis yang ditimbulkannya, masih belum ada laporan.

Penyakit lainnya yang disebabkan cendawan adalah busuk kerah (*collar rot*). Penyakit ini menyerang bibit yang berumur tiga sampai empat minggu. Gejalanya adalah layunya daun yang berakhir pada kematian tanaman. Wilayah hipokotil tanaman yang terserang umumnya mengerut dengan luka

nekrotik pada pangkal batang. Cendawan yang berasosiasi dengan penyakit ini adalah *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium semitectum*, *Fusarium equiseti*, *Fusarium moniliforme* dan *Rhizoctonia solani*. Penyakit ini dipengaruhi oleh tipe tanah, kedalaman lubang tanam, dan kerapatan inokulum. Untuk pencegahan dan pengendalian penyakit ini, sebaiknya penanaman dilakukan dengan lubang tanam yang dangkal dan pada tanah berdrainase baik.

Cendawan lain yang bisa merusak pertanaman kacang cendawan *Woronella psophocarpis*. Serangan cendawan ini mengakibatkan buah menjadi keriput, meringkel, dan ada bagian yang bengkak dan mengandung air. Selanjutnya, buah akan menjadi mudah patah. Ketika pucuk tanaman yang terserang, pembentukan bunga akan terganggu. Pada akhirnya, hasil buah dan biji juga akan sangat berkurang. Aplikasi fungisida dapat menghentikan serangan cendawan ini.

Penyakit lain yang menyerang tanaman kacang di lahan percobaan adalah penyakit bercak kering yang disebabkan cendawan *Alternaria solani*. Penyakit ini juga disebut dengan penyakit bercak daun. Daun terlihat ada bercak – bercak cokelat tua sampai hampir hitam. Daun yang diserang, tepinya menjadi tidak rata, bergerigi, atau pecah tidak teratur. Kadang-kadang daun berlubang karena bercak – bercak itu mengering, lalu jatuh. Jika serangan menghebat, daun akan menguning dan kering (Gambar 4.6).



Gambar 4.6. Penyakit bercak kering (*Alternaria solani*) yang menyerang kacang.

### Perlakuan Pemangkasan Reproduksi

Selain biji dan polong yang telah umum dikenal, kacang juga menghasilkan ubi yang dapat dimakan segar serta diolah menjadi tepung, dibuat keripik, dan sebagainya. Potensi ubi kacang sebagai sumber pangan sangat prospektif. Ubi kacang mengandung 4 – 6 persen protein, 9,5 – 19,6 persen pati, dan 68 -75 persen bahan kering. Berdasarkan kandungan tersebut,

dengan asumsi produksi ubi 6 t ha<sup>-1</sup> (Eagleton, 1999) tanaman kecipir diproyeksikan mampu menghasilkan bahan kering 4 – 4,5 t ha<sup>-1</sup> dengan rata-rata 0,24 – 0,36 ton protein, dan 0,57 – 1,2 ton pati per hektarnya. Nilai produksi ini sangat kompetitif dengan potensi produksi pati dan protein ubi bengkuang yang hanya sekitar 1,05 t – 3,85 t pati dan 0,21 t – 0,77 t protein.

Berdasarkan potensi tersebut, sangat beralasan untuk memberikan perhatian kepada kecipir melalui usaha rekayasa teknologi budi daya untuk meningkatkan hasil ubi. Sejauh ini, masih belum banyak terdapat referensi mengenai sistem budi daya tanaman kecipir terutama sekali yang terkait dengan aspek teknik budi daya yang lebih spesifik. Salah satu teknik budi daya yang telah lama dikenal adalah pemangkasan (*pruning*). Pemangkasan dilakukan untuk berbagai tujuan seperti estetika, merangsang pembungaan, membentuk tajuk produktif, dan mengurangi daun-daun yang bersifat parasit fotosintat, yaitu daun yang ternaungi. Selain itu, pemangkasan salah satu dari organ tanaman juga dilakukan dengan tujuan mengurangi kompetisi asimilat antarorgan tertentu.

Salah satu pemangkasan yang berpotensi meningkatkan hasil ubi pada tanaman penghasil ubi (*tuberous root*) adalah pemangkasan sink reproduktif atau pemangkasan reproduktif. Pemangkasan reproduktif adalah pembuangan organ reproduktif yaitu bunga ataupun polong. Biji dan ubi akar merupakan *sink* (limbung) reproduktif dan *sink storage*. Zamski (1996) menyatakan bahwa terdapat suatu sistem yang kompetitif antar-*sink* di dalam tanaman. Kemampuan *sink* untuk menarik asimilat disebut dengan *sink strength*. *Sink strength* tiap-tiap organ *sink* akan berbeda berdasarkan fase pertumbuhan tanaman. *Sink* reproduktif merupakan *sink* yang memiliki *sink strength* yang paling kuat dibandingkan *sink* lainnya. Pada fase vegetatif, terjadi akumulasi pati pada bagian akar (*sink storage*) yang akhirnya akan membentuk ubi. Setelah tanaman memasuki fase reproduktif, asimilat akan ditarik ke

*sink* reproduktif (biji) (Ho, 1988). Oleh karena itu, pemangkasan *sink* reproduktif diasumsikan akan mengalihkan distribusi asimilat ke *sink storage* (ubi). Dengan demikian, hasil ubi akan meningkat.

Berdasarkan hasil penelitian penulis, pemangkasan yang dilakukan dengan intensitas seminggu sekali sejak saat tanaman mulai berbunga hingga sebelum panen, berpengaruh terhadap peningkatan hasil dan komponen hasil ubi (Gambar 4.7). Namun demikian, pengaruh pemangkasan tersebut bergantung pada genotipe yang digunakan dan musim penanaman. Beberapa genotipe kecipir yang dievaluasi memperlihatkan adanya peningkatan bobot ubi akibat perlakuan pemangkasan sebaliknya juga ada genotipe yang memberikan respons negatif terhadap pemangkasan. Tampaknya, pola redistribusi asimilat ke organ-organ tertentu dipengaruhi oleh faktor genetik. Pada genotipe yang memberikan respons negatif, aliran asimilat lebih diarahkan ke bagian-bagian pupus (daun dan sulur), sehingga daun-daun menjadi lebih rimbun beberapa waktu setelah tanaman dipangkas.

Pada populasi tanaman yang tidak diberi perlakuan pemangkasan, tampak bahwa rata-rata bobot ubi pada musim kemarau justru lebih tinggi dibandingkan pada musim hujan. Namun, beberapa genotipe, memperlihatkan adanya peningkatan bobot ubi. Boleh jadi hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan komposisi genetik yang mengatur arah distribusi asimilat dalam merespons perubahan kondisi lingkungan, terutama sekali dalam hal ini adalah perubahan kelembaban tanah dan intensitas cahaya matahari. Selain itu, berbagai faktor lain seperti temperatur, panjang hari, dan praktik budi daya lainnya juga menentukan produksi ubi.

Pada sisi lain, pengaruh pemangkasan reproduktif bergantung pula pada musim tanam. Pemangkasan yang dilakukan pada pertanaman yang diusahakan pada musim kemarau tidak memperlihatkan peningkatan bobot ubi yang

nyata. Sebaliknya, pada musim hujan bobot ubi bertambah akibat pemangkasan. Kondisi tercekam pada musim kemarau, terutama cekaman kekurangan air dan tingginya intensitas cahaya matahari menyebabkan tanaman tidak mampu memberikan respons positif terhadap pemangkasan. Secara umum, kondisi cekaman menyebabkan meningkatnya intensitas menutupnya stomata sehingga absorpsi CO<sub>2</sub> yang merupakan bahan dasar fotosintesis menjadi berkurang. Hal ini berakibat pada berkurangnya laju fotosintesis sehingga produksi fotosintat pun berkurang.



(A)



(B)

Gambar 4.7 Peningkatan ukuran dan bobot akibat pemangkasan;(A) tidak dipangkas (B) dipangkas.

## Panen Kecipir

Setidaknya terdapat tiga komponen penting dari kecipir yang biasanya dipanen oleh masyarakat. Hingga saat, polong muda kecipir adalah organ tanaman yang paling biasa dipanen. Ketika tanaman memasuki fase perkembangan polong, sekitar dua minggu setelah bunga keluar atau sekitar sembilan sampai dua belas minggu setelah tanam, polong muda sudah dapat dipanen. Panen dapat dilakukan secara rutin seminggu sekali karena sifat pertumbuhannya yang semi determinit sehingga bunga akan muncul terus-menerus. Panen dapat terus dilakukan hingga tanaman berumur lima sampai enam bulan karena jika melewati umur itu produktivitas tanaman sudah jauh berkurang. Selama periode panen tersebut, pertanaman dalam luasan satu hektare dapat menghasilkan 35 ton lebih polong segar. Selanjutnya, tanaman harus diremajakan kembali. Peremajaan tanaman dilakukan dengan memangkas batang utama pada bagian sekitar 30 cm dari pangkal batang. Selain itu, peremajaan dapat dilakukan dengan membongkar tanaman dan menggantinya dengan kembali menanam biji.

Komponen lain yang dipanen adalah polong tua dengan tujuan mendapatkan biji. Biji dipanen untuk berbagai tujuan dan bentuk pengolahan. Polong tua mulai dapat dipanen saat tanaman memasuki usia sekitar enam bulan setelah tanam. Dalam satu hektare, dengan asumsi populasi sekitar 200000, tanaman kecipir dapat menghasilkan lebih dari dua ton biji bahkan dalam skala percobaan (plot kecil) mampu mencapai tiga hingga lima ton.

Ubi dapat dipanen pada usia lima sampai dua belas bulan setelah tanam bergantung pada genotipenya, faktor lingkungan, dan praktik budi dayanya. Namun demikian, ubi umumnya dipanen sebelum tanaman menghasilkan biji matang. Hasil panen ubi per hektarnya berkisar mulai 5,5 ton hingga mencapai 12 ton (*National Academy of Science*, 1981).



**BAB V****POTENSI SUMBER DAYA GENETIK  
TANAMAN KECIPIR**

SEBAGAI bagian dari sistem ekologi, keberadaan berbagai jenis makhluk hidup dalam sebuah keseimbangan, memiliki peran yang sangat penting guna menjamin keberlangsungan sistem kehidupan yang ada. Kesemua elemen atau subsistem dalam sistem tersebut membentuk interaksi yang meskipun kompleks namun harmonis dan seimbang. Namun demikian, sejalan dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan bahan makanan mengiringi peningkatan jumlah populasi manusia, terjadi eksploitasi terhadap subsistem lain yang intensitasnya semakin meningkat dari abad ke abad.

Untuk mengurangi laju eksploitasi yang berlebihan yang bermuara pada terganggunya keseimbangan yang ada, diperlukan strategi yang bijak dalam memenuhi kebutuhan pangan manusia. Salah satu bentuk strategi tersebut adalah diversifikasi. Melalui diversifikasi, tuntutan untuk konversi lahan atau hutan untuk produksi komoditas tertentu guna mencapai ketahanan pangan dapat dikurangi. Eksplorasi komoditas pangan alternatif merupakan upaya nyata sebagai implikasi dari strategi diversifikasi. Ketersediaan sumber daya hayati yang memadai merupakan faktor penentu yang mempermudah pelaksanaan diversifikasi.

Pemanfaatan sumber daya hayati dapat dioptimalkan melalui program pengembangan tanaman yang lebih terarah. Sumber daya genetik dapat didefinisikan sebagai seluruh material yang tersedia untuk pengembangan spesies tanaman

yang telah dibudidayakan (Becker, 1993). Dalam pemuliaan tanaman klasik, jika tidak dalam konteks seleksi untuk adaptasi pada lingkungan spesifik, sumber daya genetik dapat pula dianggap sebagai material yang tidak digunakan pemulia dalam waktu segera (Hallauer and Miranda, 1981). Menurut konsep gen pool yang lebih ekstensif, sumber daya genetik dapat dibagi menjadi gen pool primer, gen pool sekunder, tersier dan gen yang sudah diisolasi (Becker, 1993). Gen pool primer terdiri atas spesies tanaman itu sendiri dan spesies lainnya yang dapat disilangkan dengannya. Gen pool sekunder tersusun atas spesies-spesies yang lebih sulit disilangkan dengan tanaman target, yaitu bila persilangan kurang berhasil (persentase kernel yang viabel rendah) dan ketika progeni hasil persilangan sebagiannya steril. Gen pool tersier terdiri atas spesies yang hanya dapat digunakan dengan menggunakan teknik khusus seperti penyelamatan embrio (*embryo rescue*) atau fusi protoplas. Kelas ke empat dari sumber daya genetik adalah gen yang secara khusus telah berhasil diisolasi, dapat berasal dari spesies tanaman yang sekerabat atau tidak, dari hewan atau mikroorganisme. Kepentingan berbagai kelas sumber daya genetik berbeda ini untuk pengembangan tanaman bergantung pada spesies tanaman target. Pada jagung (*Zea mays*) misalnya, variasi genetik gen pool primer begitu luas sehingga gen pool sekunder dan tersier jarang digunakan. Pada sisi lain, variasi genetik gen pool primer *rapeseed* (*Brassica napus*) sangat kecil dan pemulia harus mentransfer sifat-sifat penting dari spesies *Brassica* lainnya dari gen pool sekunder dan tersier ke dalam spesies tersebut.

**Metodologi Studi Variasi Genetik**

Kajian terhadap pola variasi genetik dalam suatu populasi tanaman telah memberikan kontribusi yang penting terhadap berbagai studi dalam biologi evolusi, genetika

konservasi, pemuliaan tanaman dan genetika ekologi. Nilai dari kajian tersebut tidak hanya berkaitan dengan kuantifikasi jumlah dan distribusi variasi genetik dalam populasi tapi juga terhadap penyelidikan proses yang memengaruhi pola variasi genetik. Tanaman khususnya, memberikan sumber informasi yang kaya terkait proses dan pola yang memberikan karakteristik diversitas genetik dalam populasi.

Variasi genetik dalam populasi tanaman dapat diukur dengan menggunakan berbagai bentuk pendekatan. Pendekatan tersebut mencakup: (i) penilaian karakter kuantitatif seperti biji, laju pertumbuhan dan waktu atau umur berbunga; (ii) polimorfisme yang diwariskan seperti warna bunga dan mencakup alel-alel lethal resesif; (iii) Penyusunan (*rearrangements*) kembali kromosom seperti translokasi dan inversi; (iv) variasi protein, melalui elektroforesis isozim tertentu; dan (v) variasi DNA inti dan organel lain. Aplikasi marka molekuler untuk menyelidiki variasi genetik populasi dimulai dengan pengembangan elektroforesis protein dan analisis variasi isozim sekitar tiga dekade yang lalu. Berikutnya, marka-marka berbasis susunan DNA saat ini telah tersedia dan telah memberikan peluang untuk memurnikan pendekatan dalam studi variasi populasi dan studi perubahan mikroevolusi. Saat ini, telah tersedia set data yang ekstensif tentang variasi genetik populasi dari berbagai spesies tanaman untuk variasi allozim dan yang lebih baru lagi marka-marka berbasis DNA seperti RAPD, AFLP, SSR, dan sebagainya.

### ***Variasi marka kuantitatif dan marka molekuler***

Sebelum mengulas berbagai marka molekuler yang ada sekarang untuk studi genetika populasi dan evolusi pada tanaman, penting untuk mempertimbangkan apakah variasi lokus tunggal berdasarkan marka-marka ini mewakili seluruh genom. Kebanyakan studi variasi genetik dalam suatu populasi

berdasarkan marka genetika molekuler mempertimbangkan marka tersebut secara selektif netral atau mendekati netral. Asumsi ini, meskipun bisa jadi benar pada beberapa kasus, tidak selalu demikian. Lagi pula, jika mereka secara efektif netral, ukuran variasi genetik populasi berdasarkan marka ini tidak akan merefleksikan tindakan seleksi pada bagian genom lainnya. Sebagai gantinya, variasi genetik dalam populasi dapat diselidiki dengan mengkaji variasi kuantitatif yang kendalanya poligenik bahwa lokus-lokus, dan efek lingkungan pada lokus itu, berkontribusi terhadap variasi kuantitatif sifat-sifat yang sedang dipelajari tersebut.

Meskipun analisis pola variasi genetik dari marka molekuler semakin hari semakin populer karena semakin efektif dari segi biaya, sayangnya bukti-bukti kesesuaian dari dua ukuran diversitas genetik ini masih samar-samar. Sejumlah studi menyatakan bahwa korelasi keduanya rendah (Reed dan Frankham, 2001). Oleh karena itu, pertanyaan kuncinya adalah sejauh mana variasi marka molekuler dan variasi kuantitatif berkorelasi? Seringkali diasumsikan bahwa berbagai ukuran variasi genetik berkorelasi positif, namun terdapat beberapa alasan mengapa antara ukuran diversitas berdasarkan marka molekuler dan sifat-sifat kuantitatif kurang sejalan. Kurang sejalanannya marka molekuler dan variasi genetik kuantitatif disebabkan oleh efek nonaditif, diferensial seleksi, laju mutasi yang berbeda, pengaruh lingkungan pada karakter kuantitatif, dan pengaruh variasi genetik pada regulasi gen. Bukti-bukti semakin kuat bahwa dalam populasi sedikit sekali asosiasi antara taraf variasi genetik yang diestimasi oleh heterozigositas marka molekuler dan heritabilitas sifat-sifat hidup. Ini mengimplikasikan bahwa marka molekuler netral tidak mungkin memberikan indikasi yang jelas potensi evolusi pada ahli biologi konservasi dan evolusi. Dalam sebuah meta analisis, Reed dan Frankham (2001) mendapati bahwa tidak ada

korelasi yang kuat antara variasi marka molekuler dan sifat kuantitatif dari 19 studi baik terhadap hewan maupun tanaman. Marka molekuler terutama sekali merefleksikan pengaruh penghanyutan genetik dan tidak merefleksikan secara akurat proses evolusi adaptif, potensi evolusi, atau diferensiasi di antara populasi yang disebabkan oleh seleksi alam. Dengan demikian, karena korelasi antara variasi dari kedua marka yang rendah, ditekankan bahwa variasi karakter kuantitatif dikaji secara langsung ketika mempelajari proses yang melibatkan seleksi.

### ***Marka molekuler dalam genetika populasi tanaman***

Selama beberapa dekade terakhir, penggunaan marka molekuler netral telah mendominasi studi pada struktur genetik populasi dan pola geografis variasi genetik di tanaman. Sejumlah marka yang ada saat ini memberikan fleksibilitas yang tinggi bagi peneliti untuk memanfaatkan suatu marka pada skala temporal dan spasial yang bervariasi. Marka ini bisa berkisar dari variasi geografis yang luas hingga skala yang lebih kecil dari struktur genetik metapopulasi. Teknik marka molekuler yang populer untuk studi genetika populasi meliputi isozim dan serangkaian teknik berbasis DNA seperti *restriction fragment length polymorphism* (RFLP), *random amplified polymorphic DNA* (RAPD), *amplified fragment length polymorphism* (AFLP), dan *microsatellites or simple sequence repeats* (SSRs). Beberapa dari marka tersebut seperti Isozim, RFLP dan Mikrosatelit, bersifat kodominan dan dapat dianalisis sebagai marka lokus tunggal, sedangkan yang lainnya seperti RAPD dan AFLP adalah marka multilokus yang dominan.

#### ***Isozymes (allozymes)***

Isozim adalah teknik penandaan molekuler dengan menggunakan basis protein. Elektroforesis isozim telah

memberikan kontribusi yang besar sekali pada riset genetika populasi, sistematika, dan evolusi, serta biologi konservasi tanaman. Meskipun marka-marka berbasis DNA terus berkembang, allozim tetap menjadi alat yang penting dan handal untuk studi variasi genetik dan proses evolusi dalam populasi tanaman. Sebenarnya ada dua macam sistem penanda dengan menggunakan dasar variabilitas enzim yaitu, isozim dan allozim. Istilah isozim mengacu pada enzim-enzim yang dikode oleh beberapa alel yang berbeda pada suatu lokus gen. Sedangkan allozim adalah istilah yang digunakan untuk merujuk pada enzim-enzim yang dikode oleh beberapa alel yang berbeda yang terletak pada beberapa lokus gen. Namun, dalam penggunaannya, istilah isozim seringkali dimaksudkan untuk kedua istilah tersebut.

Teknik ini umumnya menggunakan sumber protein yang berasal dari biji. Pertimbangan penggunaan biji didasarkan atas alasan bahwa biji merupakan material yang banyak mengandung protein dan tersedia dalam jumlah yang memadai untuk keperluan analisis. Beberapa contoh enzim yang sering digunakan untuk analisis adalah esterase, acid phosphatase, catalase, aldehyde dehidrogenase, dan sebagainya. Secara umum, teknik ini terdiri atas beberapa tahap yaitu ekstraksi protein, pemisahan protein dengan gel elektroforesis, visualisasi protein, dan pewarnaan gel, serta analisis pola fragmen. Beberapa kelemahan dari teknik ini antara lain (Jamsari, 2007).

- a. Adanya problem komigrasi, yang berarti adanya kemungkinan bahwa protein yang berbeda akan memiliki laju migrasi yang sama, sehingga kemungkinan bisa diidentifikasi sebagai satu jenis protein yang sama.
- b. Kompleksitas pola fragmen. Dua puluh macam atau lebih fragmen individu dapat dipisahkan pada satu macam profil protein.

## c. Variasi intraspesifik

Beberapa prinsip pertimbangan dalam penggunaan sistem marka berbasis enzim adalah:

- a. Apakah organismenya memiliki komposisi alel homozigot atau heterozigot pada lokus gen-nya.
- b. Struktur kuarterner dari enzim, apakah bersifat monomerik, dimerik, trimerik atau lainnya.
- c. Jumlah lokus dari gen
- d. Variasi alel per lokus.

Allozim dikontrol oleh alel kodominan yang berarti memungkinkan untuk membedakan antara homozigot dan heterozigot. Untuk enzim dalam bentuk monomerik yang hanya mengandung satu polipeptida, tanaman yang homozigot pada lokus tersebut akan menghasilkan satu fragmen sedangkan individu akan menghasilkan dua fragmen. Untuk enzim yang bersifat dimerik yang terdiri atas dua polipeptida, individu homozigot akan menghasilkan satu fragmen, sedangkan individu heterozigot akan menghasilkan tiga fragmen yang memiliki asosiasi polipeptida secara acak. Untuk enzim-enzim yang bersifat multimerik yang polipeptidanya ditentukan oleh banyak macam lokus, maka untuk enzim yang bersifat heteromer akan menghasilkan pola fragmen yang lebih kompleks. Oleh karena itu, manakala analisis isozim menghadapi kompleksitas seperti itu, hal yang harus dilakukan adalah dengan melakukan analisis genetik lanjutan (Jamsari, 2007).

### *RFLP (restriction fragment length polymorphism)*

Marka molekuler ini merupakan salah satu marka berbasis DNA. Tahapan utama dalam analisis RFLP adalah.

- a. Isolasi DNA
- b. Pemotongan DNA menjadi fragmen yang lebih pendek dengan menggunakan enzim restriksi.

- c. Pemisahaan fragmen-fragmen DNA dengan gel elektroforesis.
- d. Transfer DNA dari gel membran/filter ke nilon.
- e. Visualisasi fragmen DNA dengan menggunakan probe yang diberi label.
- f. Analisis hasil

Dalam pelaksanaan analisis ini, pemilihan DNA probe dan enzim restriksi sangat berperan untuk menentukan kualitas dan keberhasilan teknik RFLP. Pemilihan DNA probe dapat dilakukan dari sumber-sumber berikut.

- a. Pustaka DNA genomik anonim yang dipilih.
- b. Pustaka cDNA
- c. DNA yang dihasilkan dari luar inti sel (sitoplasma).

Karakteristik probe untuk sistem marka RFLP biasanya bersifat lokus spesifik, dan juga spesies spesifik sehingga untuk spesies lain, probe tersebut terkadang tidak dapat dipakai. Hal ini tentu saja akan memakan banyak waktu dalam penemuan probe yang sesuai untuk masing-masing spesies meskipun kadang-kadang probe dari genus yang berhubungan masih bisa digunakan.

Keunggulan sistem marka RFLP adalah hasilnya umumnya bersifat reproduibel sehingga dapat dipakai oleh beberapa macam laboratorium. Sistem marka ini bersifat kodominan sehingga individu heterozigot dapat dibedakan dengan yang homozigot. Salah satu kelemahan sistem RFLP adalah sangat membutuhkan banyak waktu dan cukup mahal selain membutuhkan tenaga ahli untuk operasionalisasinya. Selain itu, jika probe yang bersifat *single copy* untuk lokus tertentu tidak ada, maka dibutuhkan waktu yang cukup panjang untuk menyeleksi probe-probe yang tepat dari pustaka DNA genomik atau pustaka-pustaka cDNA.

*RAPD (random amplified polymorphism DNA)*

RAPD adalah sistem marka berbasis DNA pertama yang menggunakan aplikasi PCR. Prinsip dasar sistem marka ini adalah amplifikasi fragmen DNA yang bersifat anonim dengan menggunakan satu atau dua *arbitrary primer* yang terdiri atas 8 – 10 nukleotida. Jadi tidak ada informasi sama sekali tentang produk PCR yang dihasilkannya. Beberapa hal penting yang perlu dipertimbangkan jika menggunakan sistem marka ini adalah:

- a. Pada umumnya, setiap satu primer bisa menghasilkan 6-12 fragmen PCR. Oleh karena itu, teknik ini cukup cepat menyeleksi polimorfisme. Akan tetapi terkadang primer yang tersedia tidak berhasil menampilkan fragmen PCR dari materi-materi tertentu.
- b. Kemudahan dan ekonomis. Teknik RAPD termasuk teknik yang mudah karena tidak memerlukan langkah hibridisasi atau autoradiografi atau keahlian bertaraf tinggi untuk operasionalisasinya. Unit harga per uji nya juga rendah. Hal ini yang membuat sistem marka RAPD cukup populer.
- c. Sistem marka RAPD bersifat dominan sehingga tidak dapat digunakan untuk membedakan antara genotipe homozigot dan heterozigot.
- d. Untuk hasil yang reproduibel, seluruh parameter harus distandardisasi terlebih dahulu. Itulah sebabnya sistem ini cukup sensitif terhadap perubahan kondisi.
- e. Masalah komigrasi. Selalu ada kemungkinan bahwa fragmen DNA yang berbeda memiliki berat molekul yang sama sehingga teridentifikasi sebagai satu fragmen yang sama.

*AFLP (amplified fragment length polymorphism)*

AFLP bisa disebut sebagai sistem marka yang merupakan gabungan antara spesifitas marka RFLP dengan kemudahan dari sistem PCR. Marka ini sangat sensitif dalam mendeteksi polimorfisme di seluruh genom sehingga dalam perkembangannya menjadi sangat populer karena kelebihanannya dibandingkan marka lain.

Prinsip dasar teknik AFLP meliputi tiga tahap yaitu:

1. Restriksi DNA dengan enzim restriksi endonuklease
2. Ligasi DNA yang telah direstriksi dengan adaptor yang sesuai dengan enzim yang digunakan saat restriksi.
3. Pre-amplifikasi dengan menggunakan satu nukleotida yang bersifat selektif pada ujung 5'nya
4. Amplifikasi dengan dua atau lebih basa nukleotida yang bersifat selektif.
5. Deteksi fragmen. Deteksi fragmen dapat dilakukan dengan sistem radioaktif, silver staining (pewarnaan) atau saat ini dapat juga dilakukan dengan pelabelan menggunakan senyawa yang sensitif dengan sinar ultraviolet dengan polyacrilamide gel electroporesis (PAGE).
6. Interpretasi hasil

Dengan membandingkan sistem marka ini dengan yang lainnya, beberapa keunggulan yang dapat diidentifikasi adalah:

1. Bersifat sensitif untuk mendeteksi polimorfisme.
2. Sangat reproduibel.
3. Aplikasinya sangat luas. Meskipun pada dasarnya sistem marka ini bersifat dominan, pada kondisi tertentu adalah mungkin untuk membedakan antara individu homozigot dan heterozigot.
4. Sistem marka ini bersifat multilokus, sehingga dalam sekali *running* sekitar 70 – 80 lokus dapat dideteksi sekaligus.

Sebaliknya, selain berbagai keunggulan yang telah dikemukakan di atas, beberapa kelemahan dari marka AFLP adalah:

1. Sistem marka AFLP cukup mahal, bukan hanya bahan yang dibutuhkan lebih banyak dibandingkan marka lainnya, investasi awalnya pun membutuhkan peralatan dengan biaya yang cukup tinggi.
2. Membutuhkan penanganan oleh tenaga ahli.
3. Seperti halnya sistem penanda lain, problem komigrasi juga masih sering dijumpai.

#### *Mikrosatelit atau SSR (simple sequence repeats)*

Marka mikrosatelit atau SSRs saat ini dikenal sebagai salah satu marka genetik yang paling bermanfaat dalam studi populasi tanaman. Mikrosatelit terdiri atas pengulangan (repeat) dari sekuens pendek, biasanya satu hingga enam basa. Wilayah ini sering muncul secara acak pada untaian genom tanaman dan hewan. Oleh karena itu, sekuens tersebut memperlihatkan variasi yang ekstensif antara individu dalam populasi dan selanjutnya dikembangkan untuk tujuan pemuliaan secara luas, biologi konservasi dan genetika populasi, analisis paternitas dan pemetaan gen (Jarne dan Lagoda, 1996). Secara khusus, dalam studi genetika populasi tanaman, marka ini terbukti ideal untuk mengkaji aliran gen (*geneflow*) di antara populasi, dan juga sesuai untuk analisis perkawinan dalam populasi.

Sayangnya, manfaat penting marka kodominan ini tidak diimbangi oleh usaha dalam pengembangannya. Informasi sekuens diperlukan untuk merancang primer yang sesuai dan informasi tersebut umumnya hanya tersedia dalam jumlah terbatas untuk spesies penting secara komersial. Untuk kebanyakan spesies tanaman, mikrosatelit hanya dapat dikembangkan dari klon-klon yang diisolasi melalui konstruksi dan skrining pustaka genomik. Hal ini berlawanan dengan

marka polimorfis lainnya seperti AFLP dan RAPD dengan primer general yang telah tersedia.

Satu pendekatan yang telah berhasil digunakan pada beberapa kelompok hewan melibatkan amplifikasi lokus mikrosatelit lintas spesies. Bagaimanapun, pendekatan ini kurang begitu berhasil pada tanaman karena pola umum menunjukkan bahwa amplifikasi antarspesies mikrosatelit tanaman akan dibatasi spesies yang berkerabat sangat dekat meskipun transferabilitas yang lebih luas terlihat dalam famili Vitaceae.

#### ***Karakterisasi Morfologi Agronomi Kecipir***

Pengelolaan plasma nutfah tanaman meliputi eksplorasi, konservasi, rejuvenasi, karakterisasi, dan diakhiri dengan evaluasi. Selain untuk kepentingan pengelolaan plasma nutfah, kegiatan karakterisasi juga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan analisis diversitas berdasarkan pendekatan karakter morfologi dan agronomi. Proses karakterisasi aksesori plasma nutfah memerlukan pembakuan pemertela (daftar deskriptor) yang mencakup karakter kualitatif dan kuantitatif. Karakter kualitatif merupakan hasil observasi terhadap karakter yang diukur secara kualitatif atau bersifat kualitatif, seperti warna bunga, warna daun, dan bentuk daun. Oleh karena itu, pada kelompok karakter kualitatif dikenal adanya kategori sifat dari suatu deskriptor. Karakter kuantitatif adalah karakter yang dalam observasinya diukur secara kuantitatif, seperti tinggi tanaman, panjang daun, umur panen, dan diameter bunga. Ciri pemertela kecipir telah disusun oleh IBPGR (*International Board of Plant Genetic Resources*) pada tahun 1979 dan direvisi pada tahun 1982 (Tabel 5.1). Karakterisasi terhadap lebih dari 100 aksesori kecipir Papua Nugini menunjukkan adanya keanekaragaman genetik yang luas (Prasanna, 2007).

Pusat bank gen internasional plasma nutfah kecipir berada di Filipina, yaitu *The Institute of Plant Breeding*,

University of Philippines, Los Banos. Pusat bank gen kedua berada di Universitas Papua Nugini dan IITA di Nigeria. Sejumlah lembaga juga bergerak dalam bidang plasma nutfah kecipir, antara lain: 1) *Bangladesh Agricultural Research Institute*, Joydevpur, Dacca, 2) *Thai National Bank Gene, Thailand Institute of Scientific and Technological Research*, Bangkok, Thailand; 3) *Kerala Agricultural University*, Vellanikkara, Thrissur, Kerala, India, 4) *National Bureau of Plant Genetic Resources*, Pusa Complex, New Delhi, India, dan 5) *Faculty of Agriculture, University of Peradeniya*, Sri Lanka.

Revisi daftar deskriptor kecipir memuat beberapa ketentuan yang bersifat internasional tentang penyekoran atau pengodean *deskriptor state* (IBPGR, 1982) sebagai berikut:

- 1) Satuan pengukuran dalam unit metrik.
- 2) Deskriptor berupa variabel kontinu yang disajikan dalam skala 1–9. Pendeskriptor dapat juga menyajikannya dengan skala 3, 5, dan 7.
- 3) Ada/tidaknya karakter disajikan dengan + (ada) dan 0 (tidak ada).
- 4) Untuk koleksi aksesori plasma nutfah yang tidak seragam (contoh: koleksi campuran, segregasi genetik), pengisian deskriptor dilakukan dengan cara sebagai berikut: deskriptor yang bersifat kontinu digunakan nilai rata-rata dan simpangan bakunya; sebaliknya, untuk deskriptor yang bersifat diskontinu hanya digunakan nilai rata-ratanya.
- 5) Apabila data tidak ada (deskriptor tidak dapat diterapkan) maka digunakan “0”.
- 6) Pengosongan dilakukan apabila data belum tersedia.
- 7) Bagan warna *Royal Horticultural Society Colour Chart*, *Methuen Handbook of Colour*, dan *Munsell Colour Charts for Plant Tissues*, direkomendasikan untuk karakterisasi karakter warna.

Ciri pemertela sebagaimana tertera pada Tabel 5.1 dapat digunakan untuk mendeskripsikan aksesori kecipir di Indonesia, dan dapat diperluas, bergantung pada keragaman aksesori kecipir.

### ***Eksplorasi dan Pengumpulan Data Aksesori***

Sebagaimana telah diungkap sebelumnya, aktivitas eksplorasi memiliki arti penting bagi para peneliti terutama para pemulia. Meskipun demikian, tujuan eksplorasi tidaklah sama antarkolektor botani dan kolektor plasma nutfah. Bagi para pemulia, eksplorasi plasma nutfah bertujuan memperluas variabilitas genetik yang pada akhirnya dapat menunjang proses seleksi yang dilakukan. Sedangkan kolektor botani akan mengumpulkan tumbuhan dengan melihat keseragamannya atau kebenarannya menurut tipe.

Tabel 5.1. Ciri pemertela (deskriptor) Tanaman Kecipir

No	Stadia	Karakteristik	Kriteria	Skor
1	Saat berbunga	Jlh tanaman saat berbunga:	Jarang	3
			Sedang	3
			Banyak	7
2.	Vegetatif akhir	Ukuran Daun	Kecil	3
			Sedang	5
			Besar	7
3	Vegetatif akhir	Bentuk daun	Ovate	1
			Deltoid	2
			Ovat-lanceolate	3
			Lanceolate	4
			Long-lanceolate (lihat Gb. 3.2)	5
4	Vegetatif akhir	Warna batang	Hijau	1
			Ungu kehijauan	2
			Ungu	3
			Lainnya	4
5	Panen	Umbi	Tidak ada	0
6	Panen	Diameter ubi	Ada	+
			Kecil(<2cm)	3
			Sedang(2-3cm)	5
7	Fase berbunga	Warna kelopak bunga	Besar (>3cm)	7
			Hijau	1
			Kehijauan	2
			Ungu	3
8	Fase berbunga	Warna Mahkota	Lainnya	4
			Putih	1
			Biru muda	2
			Biru	3
9	Menjelang polong kering	Warna polong utama	Lainnya	4
			Krem	1
			Hijau	2
			Merah muda	3
			Ungu	4
10	Menjelang polong kering	Bintik pada polong	Lainnya	5
			Tidak ada	0
			Ada	+
11	Menjelang polong kering	Warna sayap polong	Hijau	1
			Ungu	2
			Lainnya	3
12	Menjelang polong kering	Tekstur permukaan polong	Halus	3
			Sedang	5
			Kasar	7

No	Stadia	Karakteristik	Kriteria	Skor
13	Menjelang polong kering	Bentuk Polong (lihat Gb. 3.3)	Rectangular	1
			Semi flat	2
			Flat on sida	3
			Flat on suture	4
14		Polong pecah	Tidak ada	0
			Sedikit	3
			Sedang	5
			Banyak	7
15		Panjang polong		(cm)
16	Panen	Warna biji	Krem	1
			Coklat muda	2
			Coklat	3
			Ungu	4
			Hitam	5
			Coklat hitam	6
			Lainnya	7
17		Warna hilum	Putih	1
			Hitam	2
			Lainnya	3
18		Bentuk biji	Bulat	1
			Oval	2
			Lainnya	3
19		Permukaan biji	Halus	1
			Berkerut	2
20	Bunga pertama	Umur berbunga		Hst
21		Lama berbunga		(hari)
22	2 Minggu setelah berbunga	Hasil polong per tan.		(g)
23	Panen	Jumlah polong per tan.		
24	Panen	Jumlah biji per polong		
25	Panen	Bobot 100 biji		(g)
26	Panen	Hasil biji per tan.		(g)
27	Panen	Persentase <i>Shelling</i>		(%)

Sumber : IBPGR (1982)

Pentingnya pengumpulan tanaman tidak hanya didasarkan pada tanamannya saja tetapi juga pada data yang mendukung dari tumbuhan tersebut. Oleh sebab itu, tidak mengherankan bila



akhirnya Vavilov dan para ilmuwan lainnya merasakan pentingnya data nilai keanekaragaman tanaman budi daya yang dikoleksi begitu pula dengan kerabat liarnya. Dari data yang dikumpulkan itulah Vavilov dapat merumuskan hipotesis tentang pusat asal usul (*center of origin*) suatu tanaman budi daya. Konsep yang dijalankan Vavilov ini belakangan diterapkan oleh kolektor plasma nutfah lainnya.

Seorang pemulia melakukan eksplorasi dengan harapan dapat mengumpulkan sebanyak mungkin variasi genetik dari suatu tanaman, kejarangan gen atau kekompleksan gen. Marshall dan Brown (1975) dikutip Widjadja dan Poerba (2004) telah menjelaskan bahwa pengambilan contoh sebaiknya mengikuti strategi pengambilan contoh yang optimum hingga 95 persen data dapat tercakup, dan semua alel yang ada dalam populasi pada frekuensi lebih dari 5 persen dapat tercakup. Untuk tujuan ini, perlu dipertimbangkan struktur populasi jenis dan persebaran ekogeografisnya. Oleh sebab itu, pengumpulan plasma nutfah harus mengikuti strategi pengumpulan sampel yang terbagi dalam tanaman berbiji, tanaman vegetatif, tanaman buah dan pohon serta tanaman pakan ternak.

#### *Strategi pengumpulan sampel*

Strategi pengumpulan data harus didasarkan pada pengetahuan yang luas tentang pola keanekaragaman genetik suatu populasi. Akan tetapi informasi yang demikian sangatlah terbatas. Umumnya, informasi yang ada lebih menunjukkan pada variasi geografinya. Faktor ekologi merupakan faktor penentu yang sangat berpengaruh pada variabilitas genetik dan banyak jenis menunjukkan ekotipe sebagai bentuk respons dari adaptasi terhadap lingkungannya yang berbeda. Hal ini juga merupakan ciri lingkungan pertanian, dan agroekotipe merupakan faktor yang paling mudah untuk membedakan pada kultivar primitif. Faktor iklim juga berpengaruh pada ciri perkembangannya. Pola akibat iklim seperti itu biasanya

menunjukkan pola variasi garis ketinggian sedangkan secara topografi atau edapik menentukan pola persebaran menurut garis ketinggian. Oleh sebab itu, variasi pola persebaran yang dipengaruhi oleh faktor tersebut sangat berpengaruh pada banyaknya sampel yang dievaluasi.

Setiap koleksi dapat hanya berupa sebuah sampel kecil dari seluruh variasi yang ada. Pola variasi geografi dan semua ciri seperti ketahanan terhadap penyakit, karakter morfologi, serta perbedaan yang dapat dilihat secara visual harus didokumentasikan dengan baik. Koleksi yang memperlihatkan sifat fisiologi yang diinginkan seperti toleran terhadap kekeringan ataupun ketahanan terhadap penyakit harus dikoleksi secara terpisah.

Ada perbedaan pendapat antarkolektor plasma nutfah tentang apakah tanaman yang tahan penyakit dapat diseleksi di lapangan, ataukah ketahanan hanya dapat diperoleh dari beberapa pengamatan dari suatu percobaan pengujian. Perbedaan yang mengemuka ini perlu diperhatikan sehingga seorang kolektor harus menggunakan matanya untuk melihat apakah terdapat hal-hal yang menarik dari perbedaan fenotipe yang ada. Dalam pengumpulan sampelnya, sebaiknya dilakukan pengumpulan sampel yang selektif dan setiap variasi yang tampak dikoleksi dan disimpan terpisah, karena hal ini akan bermanfaat bagi pemulia tanaman sebagai sumber gen. Seringkali tanaman yang demikian akan membawa alel yang jarang ditemukan. Pemisahan sampel yang selektif ini juga atas pertimbangan risiko hilangnya alel yang jarang dengan harapan dikemudian hari dapat dimanfaatkan oleh pemulia. Marshall dan Brown (1975) dikutip Widjadja dan Purba (2004) juga menjelaskan bahwa tujuan dari konservasi genetika adalah untuk mengoleksi dan mengonservasi hanya gen kompleks yang mudah beradaptasi. Padahal konservasi alel yang jarang cukup penting sebab alel yang demikian justru yang berhubungan misalnya dengan karakter ketahanan terhadap

penyakit yang mungkin sedang dicari-cari oleh pemulia. Sedangkan gen yang mudah beradaptasi pada umumnya mudah patah selama proses pemuliaan berjalan.

#### *Lokasi Koleksi*

Ada empat macam lokasi koleksi yang dapat ditemukan yaitu kebun petani, kebun buah, pasar tradisional, dan habitat liarnya (hutan atau semak). Kebanyakan strategi pengambilan sampel dilakukan di kebun petani, dan di sinilah koleksi kultivar primitif tanaman pangan dapat ditemukan. Koleksi yang telah disebutkan di atas berhubungan dengan koleksi tanaman berbiji seperti gandum yang seringkali ditanam pada daerah yang sangat luas dan dari sini dapat dilakukan pengumpulan sampel. Di kebun buah terutama penting untuk tanaman sayuran, buah, rempah, penyegar, dan tanaman obat. Di daerah-daerah yang terjadi erosi genetik dan budi daya kultivar modern tersebar luas, maka halaman rumah merupakan salah satu tempat yang dapat menjadi sumber keanekaragaman genetik yang penting.

Terkadang kolektor berkunjung ke suatu daerah yang baru selesai panen, sehingga mengumpulkan koleksi dari toko pertanian dimungkinkan untuk dilakukan. Pengumpulan semacam ini seringkali penting untuk koleksi tanaman budi daya yang perbanyakannya secara vegetatif. Selain itu, mungkin perlu mengunjungi pasar tradisional untuk mendapatkan koleksi di pasar meskipun jumlah informasi yang diperoleh di pasar boleh jadi sangat sedikit dibandingkan dengan informasi yang diperoleh langsung dari petani. Beberapa kultivar mungkin tidak pernah dijual di pasar dan hanya dimakan sendiri. Oleh karena itu, sangatlah penting bila eksplorasi dilakukan sebanyak mungkin bahkan sampai ke daerah terpencil guna memperbesar peluang diperolehnya variabilitas. Karena tentu saja, di daerah-daerah yang telah terjadi erosi genetik, sisa keanekaragaman tanaman budi daya

mungkin masih dapat ditemukan di daerah terpencil. Kerabat liarnya seringkali tumbuh dalam populasi yang terpisah, dalam hal ini koleksi sampel dalam jumlah besar mungkin dapat mengambil jenis itu di lokasi tertentu.

Persebaran lokasi koleksi harus didukung oleh pertimbangan iklim dan ekologi, bila variasinya sangat besar koleksi harus dilakukan lebih sering. Ketika rencana koleksi ke suatu daerah akan dilakukan, diperlukan adanya pengetahuan tentang variasi persebaran tanaman yang akan dikoleksi. Ketika tidak ada dan mungkin dilakukan, koleksi dilakukan lebih dari setahun dan dianjurkan menggunakan cara pengumpulan penyisiran. Bila pada tahun sebelumnya tanaman budi daya menunjukkan variasi yang lebih banyak maka daerah tersebut dapat didatangi kembali. Pada kenyataannya, keputusan demikian hanya dapat dilakukan berdasarkan hasil evaluasi plasma nutfah di sebuah stasiun percobaan.

Koleksi yang meliputi daerah yang luas akan memperoleh lebih banyak keanekaragaman yang berhubungan dengan adaptasi dan geografi serta perbedaan mikogeografi lingkungan. Oleh karena itu, jika waktu yang diperlukan tidak cukup, lebih baik berusaha untuk mengoleksi lebih dari satu lokasi dalam satu hari daripada mengoleksi beberapa tanaman pada satu lokasi.

#### *Data dokumentasi lapangan*

Data yang diperoleh selama koleksi mungkin sangat penting bagi pemulia karena pemulia sangat bergantung pada sebagian informasi hasil koleksi. Informasi ini diharapkan tidak hanya terdiri atas evaluasi, tetapi juga rincian tentang di mana koleksi dilakukan, kapan, nomor seleksi dan surat yang diberikan oleh kolektornya. Informasi lain yang dibutuhkan pada waktu koleksi adalah identifikasi setiap plasma nutfah yang dikoleksi. Hal ini sangat penting terutama bila koleksi

beredar untuk komunitas internasional dan untuk mencegah kebingungan dan duplikasi plasma nutfah.

Informasi lain yang perlu dicatat adalah waktu koleksi yang boleh jadi digunakan untuk identifikasi secara taksonomi. Identifikasi taksonomi ini diperlukan setidaknya sampai evaluasi yang cermat dilaksanakan. Selanjutnya, informasi yang hanya dapat ditulis pada waktu koleksi sehubungan dengan sumber plasma nutfahnya, misalnya habitat liar, kebun petani, toko petani, pasar dan lain-lain. Informasi tentang kondisi habitat seperti tipe tanah dan curah hujan sebaiknya juga didokumentasikan.

Waktu yang dibutuhkan untuk mencatat selama koleksi bergantung pada situasi dan kondisi di lokasi. Ada informasi yang harus dicatat tanpa memperhatikan waktu, tetapi rincian informasi mungkin dianggap sebagai informasi sekunder yang penting untuk beberapa orang. Oleh karena itu, diusahakan waktu yang dihabiskan seminimum mungkin sehingga waktu yang dibutuhkan untuk koleksi dapat dioptimalkan. Lembar catatan koleksi yang berisi informasi yang diperlukan dapat didesain sedemikian rupa agar dapat digunakan pada masa yang akan datang dan memudahkan entri data ke database.

### ***Analisis Diversitas Genetik***

Analisis diversitas dan kekerabatan genetik dalam spesies tanaman merupakan komponen yang penting dalam program pengembangan tanaman karena menyediakan informasi tentang diversitas genetik, dan merupakan *platform* untuk sampel berstrata dari populasi pemuliaan. Kajian yang akurat akan taraf dan pola diversitas genetik bisa tidak ternilai harganya dalam pemuliaan tanaman untuk berbagai aplikasi mencakup (i) analisis variabilitas genetik dalam kultivar, (ii) identifikasi kombinasi tetua yang bervariasi untuk mendapatkan progeni yang bersegrasi dengan variabilitas genetik maksimum

guna keberhasilan seleksi selanjutnya, (iii) introgresi gen-gen yang diinginkan dari berbagai plasma nutfah ke dalam sebuah komposisi genetik. Sebuah pemahaman tentang kekerabatan genetik di antara galur murni dapat digunakan secara khusus dalam persilangan terencana untuk mendapatkan individu heterotik. Analisis diversitas genetik dalam koleksi plasma nutfah dapat memfasilitasi pengklasifikasian aksesori dan identifikasi subset dari aksesori inti (*core accession*) dengan pemanfaatan untuk tujuan pemuliaan yang spesifik.

Studi diversitas genetik adalah proses yang dengan itu variasi di antara individu atau kelompok individu atau populasi dianalisis dengan metode yang spesifik atau kombinasi dari beberapa metode. Data dapat merupakan hasil dari berbagai pengukuran dan pada banyak kasus, merupakan kombinasi dari tipe variabel yang berbeda. Set data yang berbeda telah digunakan oleh peneliti untuk menganalisis diversitas genetik tanaman. Data dapat berupa data pedigree, data biokimia melalui analisis isozim dan belakangan adalah data marka molekuler. Karena setiap set data tersebut memberikan jenis informasi yang berbeda, pilihan metode analitis bergantung pada tujuan dari eksperimen, tingkat resolusi yang dibutuhkan, sumber daya dan infrastruktur teknologi yang tersedia, serta kendala operasional dan waktu jika ada.

### ***Strategi sampling***

Diversitas genetik pada tanaman budi daya dapat dianalisis pada level berbeda: genotipe individu seperti galur inbred atau galur murni atau klon, populasi, aksesori plasma nutfah, dan spesies. Strategi pengambilan sampel untuk setiap kasus di atas akan bervariasi. Hal ini terutama disebabkan oleh perbedaan sifat material genetiknya. Berlawanan dengan galur murni (*inbred*) strategi sampling untuk analisis diversitas genetik pada level populasi lebih rumit karena berbagai faktor

mencakup pautan (*linkage*), silang dalam (*inbreeding*), migrasi, dan diferensiasi subpopulasi. Berdasarkan teori statistika genetik, formula analitik telah dikembangkan untuk mengestimasi varians *sampling* beberapa ukuran keragaman genetik. Secara umum, varians *sampling* ukuran diversitas secara khusus bergantung pada jumlah individu sampel per populasi, jumlah lokus sampel, komposisi alelik dan genotipik populasi, sistem perkawinan, dan ukuran populasi efektif (Nei dan Chesser, 1983). Nilai varians *sampling* estimat diversitas yang luas adalah karena variasi level diversitas di antara lokus terhadap genomnya. Galat *sampling* (*sampling error*) yang berkaitan dengan *sampling* lokus akan berkurang jika set lokus yang sama dimonitor dalam setiap populasi spesies.

Frankel et al. (1995) menyatakan bahwa dua konsep variasi genetik dapat diterapkan pada level populasi yaitu (i) *richness* dari populasi atau sampelnya, dan (ii) *evenness* atau frekuensi tipe atau alel yang berbeda dalam populasi atau sampel yang dianalisis. Marshall dan Brown (1975) merekomendasikan bahwa ukuran sampel 59 atau lebih gamet berbeda (dipastikan oleh sampel acak dari 50 individu) dianggap cukup besar untuk mencapai probabilitas 95 persen dapat mendeteksi seluruh alel dengan frekuensi 5 persen atau lebih.

#### *Estimasi jarak genetik*

Jarak genetik adalah perbedaan antara dua kesatuan yang dapat digambarkan oleh variasi alelik (Nei, 1973). Selanjutnya, Nei (1987) mengelaborasi definisi ini menjadi besarnya perbedaan gen-gen antara populasi atau spesies yang diukur dengan beberapa kuantitas numerik tertentu. Definisi yang lebih luas dikemukakan oleh Beaumont et al. (1998), yaitu suatu ukuran kuantitatif dari perbedaan genetik, baik pada taraf

sekuens atau frekuensi alel, yang dihitung antarindividu, populasi atau spesies.

Jarak genetik atau similaritas genetik antara dua genotipe, populasi, atau individu dapat dihitung dengan berbagai ukuran statistik dengan bergantung pada set data. Jarak *euclid* adalah statistik yang paling umum digunakan untuk mengestimasi jarak genetik antarindividu melalui data morfologi. Gowers (1971) menggambarkan sebuah koefisien umum untuk mengukur jarak genetik antara individu berdasarkan tipe karakter berbeda, seperti kualitatif dan kuantitatif. Untuk karakter kualitatif, jarak antara dua individu diberi skor 0 (kapan pun jika ada kesesuaian) dan 1 (kapan pun jika tidak ada kesesuaian). Untuk karakter kuantitatif, jarak antara dua individu dihitung sebagai perbedaan nilai sifat dibagi kisaran nilai sifat dari seluruh individu. Metode ini mengonversi jarak untuk karakter kuantitatif menjadi sebuah nilai yang spesifik dengan skala 0 sampai 1. Cara ini pada gilirannya dapat memungkinkan penggunaan baik karakter kualitatif maupun kuantitatif secara serentak untuk menghasilkan sebuah matriks jarak.

Untuk data yang bersumber dari analisis molekuler, terdapat berbagai ukuran jarak genetik untuk digunakan dalam analisis diversitas genetik. Untuk data marka molekuler yang produk amplifikasinya dapat disetarakan dengan alel, seperti kasus marka *Simple Sequence Repeats* (SSRs) dan *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP), frekuensi alel dapat dihitung. Meskipun frekuensi alel dapat dihitung untuk beberapa marka molekuler, data kebanyakan digunakan untuk menghasilkan matriks biner untuk analisis statistik. Ukuran jarak genetik atau similaritas genetik yang umum digunakan dengan menggunakan data biner adalah (i) Koefisien Nei dan Li ( $GD_{NL}$ ) (1979), (ii). Koefisien Jaccard ( $GD_J$ ) (1908), (iii) Koefisien *simple matching* ( $GD_{SM}$ ) (Sokal dan Michener, 1958), dan (iv) Jarak Roger yang dimodifikasi ( $GD_{MR}$ ).

Jarak genetik Jaccard ( $GD_J$ ) hanya mempertimbangkan kesesuaian antara pita atau alel yang muncul dan mengabaikan pasangan di mana pita-alel tidak ada pada kedua individu. Sebaliknya,  $GD_{NL}$  mengukur proporsi pita-alel yang digunakan bersama akibat diwariskan dari tetua yang umum, dan mewakili proporsi pita-alel yang ada dan digunakan bersama (*shared*) pada kedua individu dibagi dengan rata-rata proporsi pita-alel yang ada pada setiap individu.  $GD_{SM}$ , ukuran jarak euclid, mempertimbangkan kesesuaian dan ketidaksesuaian, dan memberikan bobot yang sama untuk keduanya dalam mengestimasi jarak genetik.  $GD_{MR}$ , ukuran jarak euclid lainnya, mempertimbangkan setiap lokus yang diskor sebagai sebuah dimensi ortogonal.

#### *Metode Multivariat*

Dengan meningkatnya ukuran sampel material pemuliaan dan akses plasma nutfah yang digunakan dalam program pemuliaan tanaman, metode untuk mengklasifikasikan dan membuat tingkatan variabilitas genetik adalah mengasumsikan signifikansi yang memadai. Penggunaan algoritma statistika multivariat yang ada merupakan strategi penting untuk mengklasifikasikan plasma nutfah, mengelompokkan variabilitas untuk akses dalam jumlah besar, atau menganalisis kekerabatan genetik di antara material pemuliaan. Teknik analisis multivariat, yang secara serentak menganalisis pengukuran ganda pada setiap individu yang tengah dievaluasi, telah digunakan secara luas dalam analisis diversitas genetik baik berdasarkan data morfologi, biokimia, atau marka molekuler). Di antara algoritma ini, saat ini, analisis kluster, analisis komponen utama (PCA) dan analisis koordinat utama (PCoA), adalah yang paling sering digunakan.

Analisis kluster (*Cluster analysis*) merujuk pada sekelompok teknik multivariat yang tujuan utamanya adalah

untuk mengelompokkan individu atau objek berdasarkan karakteristik yang dimilikinya, sehingga individu dengan deskripsi yang serupa secara matematis dikumpulkan dalam kluster yang sama (Hair, et al., 1995). Kluster yang dihasilkan seharusnya memperlihatkan homogenitas internal (dalam kluster) yang tinggi dan heterogenitas eksternal yang tinggi (antarkluster). Oleh karena itu, jika klasifikasi berhasil, individu dalam kluster akan lebih dekat ketika diplot secara geometri dan kluster yang berbeda akan terpisah lebih jauh.

Ada dua tipe umum metode pengklasteran: (i) metode berbasis jarak, dimana matriks jarak pasangan digunakan sebagai input untuk analisis dengan algoritma pengklasteran tertentu (Johnson dan Wichern, 1992), yang berakhir dengan representasi grafik (seperti dendrogram) di mana kluster dapat secara visual diidentifikasi; (ii) metode berbasis model, yang observasi dari setiap kluster diasumsikan diperoleh acak dari model parametrik, dan inferensi tentang parameter yang sesuai dengan setiap kluster dan keanggotaan kluster dari setiap individu ditampilkan bersama-sama dengan menggunakan metode statistik seperti *maximum likelihood* atau metode Bayesian.

PCA dan PCoA dapat digunakan untuk menghasilkan diagram tebar individu dengan 2 atau 3 dimensi, yang melalui itu jarak geometri antarindividu dalam plot merefleksikan jarak genetik di antara mereka dengan distorsi minimal. PCA didefinisikan sebagai sebuah metode untuk mereduksi data untuk mengklarifikasi hubungan antara dua atau lebih karakter dan untuk membagi ragam total karakter asli menjadi variabel baru yang lebih sedikit dan tidak berkorelasi satu sama lain. Ini akan memungkinkan visualisasi perbedaan antara individu dan identifikasi grup yang mungkin dibentuk. PCA dapat dilakukan pada dua jenis matriks data, matriks varians-kovarians dan matriks korelasi. Dengan karakter berbeda skala, matriks korelasi dengan data terstandarisasi lebih disukai. Jika

karakter berskala sama, matriks varians-kovarians dapat digunakan. Dari kedua tipe ini, seseorang dapat mempertimbangkan bahwa dengan matriks varians-kovarians, perubahan absolut di antara individu dapat dipelajari. Tetapi dengan matriks korelasi, hanya perbedaan relatif terhadap data terstandarisasi yang dapat diinterpretasikan.

PCoA adalah metode penskalaan atau ordinasi yang bermula dari matriks similaritas atau dissimilaritas antara satu set individu dan bertujuan menghasilkan plot grafis berdimensi rendah yang jarak antartitik dalam plot mendekati dissimilaritas aslinya. Oleh karena itu, matriks similaritas awal atau dissimilaritas untuk PCoA berbeda dari PCA, yang dimulai dengan matriks data awal. Ketika terdapat karakter yang relatif sedikit dan tidak ada data hilang, output PCA dan PCoA akan serupa. Bagaimana pun, Rohlf (1972) menemukan bahwa dalam PCoA, perlakuan pada data hilang lebih memuaskan daripada PCA. Dalam PCA, setiap data hilang digantikan dengan nilai rata-rata untuk karakter yang bersangkutan ketika menghitung matriks input untuk analisis. Oleh karena itu, seseorang akan berharap bahwa individu-individu dengan banyaknya data hilang akan mengelompok lebih dekat ke *centroid* dari kelompok ketika menggunakan PCA dibandingkan PCoA. Untuk mengatasi masalah data hilang pada PCA, koefisien antara dua individu sebaiknya dihitung secara independen hanya dengan menggunakan karakter-karakter yang telah dicatat untuk kedua individu. PCoA lebih direkomendasikan daripada PCA apabila terdapat banyak data hilang, dan bila terdapat kasus bahwa individu lebih sedikit dibandingkan karakternya.

Ketika dua atau tiga komponen utama pertama menjelaskan sebagian besar variasi, PCA dan PCoA menjadi teknik yang berguna untuk mengelompokkan individu dengan presentasi diagram tebar. Dalam PCA dan PCoA, ketika data asli tidak berkorelasi, beberapa PCA pertama biasanya tidak

banyak menjelaskan variasi aslinya. Pada kasus tersebut, kajian terhadap kekerabatan genetik dengan berbasis dua atau tiga komponen utama pertama dapat mengakibatkan interpretasi yang menyesatkan. Untuk menghindari distorsi tersebut, analisis kekerabatan genetik di antara individu harus didasarkan pada jumlah komponen utama yang optimal yang menjelaskan jumlah variasi maksimum data asli.

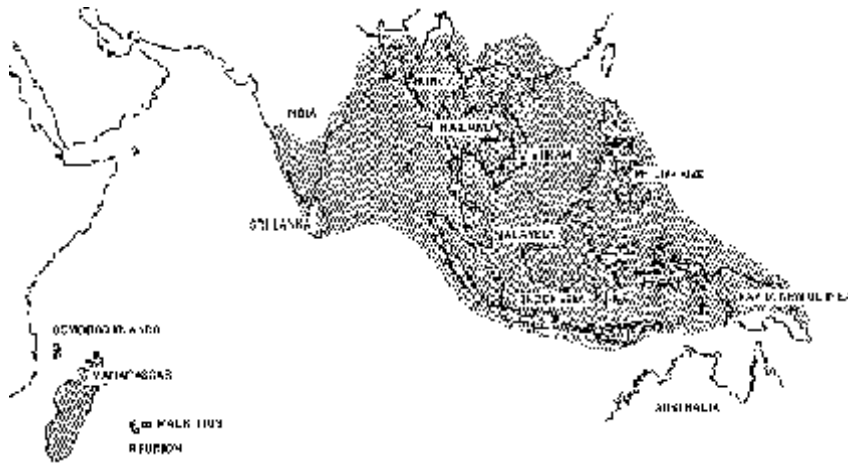
### Variasi Genetik dan Fenotipik Kecipir

Pada hakikatnya, pemuliaan tanaman adalah usaha untuk merakit keragaman genetik menjadi suatu jenis baru yang memiliki keunggulan dari jenis-jenis yang telah ada. Oleh karena itu, dalam memuliakan suatu komoditas tanaman, adanya variabilitas atau keragaman genetik merupakan prasyarat utama agar tujuan pemuliaan dapat dicapai (Fehr, 1987). Secara teoretis, keragaman genetik yang luas akan menentukan keberhasilan proses seleksi karena secara teknis nilai keragaman genetik menentukan nilai kemajuan genetik (Baihaki, 2000). Untuk mendukung program pemuliaan tersebut, diperlukan adanya studi yang berkelanjutan terhadap diversitas genetik baik pada taraf ekosistem, spesies, maupun individu (*gen*). Coates dan Byrne (2005) mengungkapkan bahwa sejauh ini studi tentang pola variasi genetik telah memberikan kontribusi penting terhadap berbagai bidang seperti konservasi genetik, pemuliaan tanaman dan genetika ekologis. Studi tersebut tidak hanya terkait dengan kuantifikasi jumlah dan distribusi variasi genetik dalam populasi tetapi juga penyelidikan tentang proses yang memengaruhi pola variasi genetik tersebut.

Selain informasi diversitas genetik, pola sebaran geografis variasi genetik juga bermanfaat bagi pihak-pihak terutama yang terlibat dalam manajemen dan konservasi sumber daya genetik baik untuk spesies komersial maupun

spesies yang menjadi target konservasi. Hal ini disebabkan strategi koleksi dan pemeliharaan sumber daya genetik tanaman komersial mengandalkan pemahaman tentang pola dan distribusi variasi genetik di antara populasi asal terhadap wilayah ekogeografis yang berbeda.

Pusat asal (*Center of origin*) tanaman kecipir adalah meliputi wilayah Asia Tenggara, India dan Madagaskar (National Academy of Science, 1981). Daerah penyebaran kecipir mulai dari Afrika Timur, India hingga Papua New Guinea, sedangkan pusat asal usulnya dari Indocina-Indonesia dan Afrika Timur. Pusat dari keanekaragaman terbesar terletak di Indonesia dan Kepulauan Papua New Guinea (Gambar 5.1). Sebelum diketahui potensinya, kecipir tumbuh sebagai tanaman hortikultura di Afrika Timur, bagian-bagian dari India, Sri Lanka, Thailand, Indo-China, Malaysia, Indonesia, Filipina dan beberapa kepulauan di Pasifik. Sekarang sudah diperkenalkan ke daerah tropika, dan beberapa daerah subtropika (Prohati, 2007).



Gambar 5.1 Teritorial Pertanaman Kecipir

Berkaitan dengan cukup luasnya wilayah penyebaran tanaman kecipir di Asia, hal ini berdampak pada koleksi-koleksi yang ada yang ternyata memperlihatkan variasi yang cukup luas pada berbagai karakter morfologi seperti ukuran dan bentuk daun, warna bunga, panjang, warna dan bentuk polong, bentuk sayap dan tekstur permukaan polong, bentuk, warna dan ukuran biji, ukuran dan ubi. Selain itu, terdapat juga variasi karakter fisiologis seperti waktu berkecambah, umur berbunga, pembentukan polong, masaknya biji, dan terbentuknya ubi. Variasi kadar protein, lemak dan komponen lainnya pada biji ataupun bagian tanaman lain juga terlihat dari koleksi yang ada (*National Academy of Sciences*, 1981).

*National Academy of Sciences* (1981) telah mendapatkan 500 aksesi kecipir di Thailand, 200 di Bangladesh, dan lebih dari 100 aksesi di Indonesia. Di Indonesia, kecipir dapat dijumpai di sebagian besar wilayah Indonesia, karena kecipir dapat tumbuh mulai dari wilayah bercurah hujan tinggi sampai dengan tanah berpasir bahkan tanah kapur. Kecipir bisa hidup di tanah dengan bahan organik rendah, lempung, berpasir, maupun tanah kering. Daya tahan kecipir terhadap kekeringan juga baik (Stephen, 2000). Berdasarkan data *National Academy of Science* (1981) di atas serta asumsi tingginya variasi kondisi geografis di wilayah Indonesia, proses adaptasi kecipir diasumsikan telah menghasilkan variasi fenotipe dan genotipe yang cukup luas.

Studi pendahuluan pada 24 aksesi kecipir asal Jawa memperlihatkan bahwa genotipe kecipir asal Jawa memperlihatkan diversitas genetik yang luas. Hasil analisis gugus menunjukkan bahwa beberapa aksesi kecipir asal luar Jawa yang juga disertakan pada pengujian tersebut tampak berkerabat dekat dengan aksesi asal Jawa. Fakta ini dapat dikatakan sejalan dengan apa yang pernah disinyalir oleh Hymowitz dan Boyd (1977) yang menyatakan bahwa meskipun masih dalam perdebatan, selain Papua Nugini, boleh jadi Jawa

khususnya Jawa barat merupakan pusat asal atau setidaknya pusat keragaman kecipir.

Hingga saat ini, Laboratorium Pemuliaan Tanaman Unpad telah memiliki 33 aksesori tambahan sehingga total koleksi menjadi 57 aksesori kecipir yang berasal dari berbagai wilayah di Indonesia mencakup Pulau Sumatera (14 aksesori), Jawa (32 aksesori), Kalimantan (2 aksesori), Sulawesi (2 aksesori) dan Timor (2 aksesori) serta dari gene bank IITA (*International Institute for Tropical Agriculture*) di Ibadan Nigeria (5 aksesori). Wilayah tersebut memiliki kondisi geografis yang bervariasi. Aksesori-aksesori tersebut terutama sekali yang berasal dari Jawa dan Sumatera diduga memiliki variasi yang cukup luas. Penambahan aksesori dalam konteks penelitian ini dimaksudkan untuk membandingkan kecipir asal Sumatera dan asal Jawa serta untuk melihat sejauh mana kecipir yang berasal dari wilayah lain berkerabat dengan kecipir asal Jawa dan Sumatera. Selain itu, penambahan juga dimaksudkan untuk memperkuat dugaan awal sebagaimana hasil studi pendahuluan. Untuk memverifikasi dugaan tersebut, diperlukan analisis diversitas terhadap aksesori yang telah ada.

Hasil karakterisasi 57 aksesori kecipir tersebut memperlihatkan bahwa terdapat diversitas genetik yang cukup luas dari aksesori kecipir yang ada di Indonesia. Simpulan ini dapat digeneralisasi berdasarkan pendapat Warburton, et al. (2002) bahwa dengan minimal 48 individu sampel, analisis diversitas sudah dapat dianggap mewakili populasi yang ada di Indonesia. Analisis diversitas didasarkan pada kurang lebih 35 karakter morfologi agronomi. Beberapa karakter yang diobservasi memperlihatkan determinasi yang signifikan dalam menentukan variasi total aksesori-aksesori yang dievaluasi.

Berdasarkan hasil analisis variansi pada karakter yang diukur secara kuantitatif, karakter yang merupakan determinan terhadap keragaman antara lain adalah jumlah trifoliat, panjang daun, lebar daun, diameter batang, panjang putik, panjang

kelopak, panjang mahkota, panjang putik, panjang benang sari, bobot 100 biji, jumlah biji per polong, diameter ubi, bobot ubi per tanaman, dan bobot ubi tunggal. Hasil analisis statistika deskriptif tersaji pada Tabel 5.2 dan hasil analisis parameter genetik tersaji pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 juga memperlihatkan bahwa karakter-karakter panjang daun, lebar daun, panjang tangkai kelopak, panjang polong, jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong, umur berbunga dan bobot biji, memiliki variabilitas genetik yang luas, sedangkan karakter yang lainnya tidak. Meskipun demikian, variabilitas penampilan fenotipik terlihat luas untuk semua karakter yang diukur secara kuantitatif. Nilai heritabilitas karakter tersebut berkisar dari rendah hingga tinggi. Heritabilitas adalah suatu parameter genetik yang merupakan tolok ukur sejauh mana variasi yang muncul lebih disebabkan oleh variasi genetik dibandingkan oleh variasi lingkungan.

Karakter lainnya yang diukur secara kualitatif (*categorical data*) memperlihatkan adanya variabilitas yang luas. Berdasarkan parameter indeks diversitas (Shannon dan Wiener), karakter warna biji, bentuk polong, warna bunga, warna polong, warna sayap polong, bentuk daun, dan tekstur sayap polong memperlihatkan variabilitas yang luas di antara 57 aksesori kecipir yang dievaluasi. Di antara 57 aksesori kecipir, beberapa aksesori memperlihatkan warna biji hitam, putih, coklat tua, dan coklat muda. Terdapat beberapa aksesori dengan bentuk polong persegi empat, semi flat (agak datar), flat ke samping, dan flat pada suture (belahan/sambungan). Daun-daun rata-rata berbentuk ovat, deltoid, dan ovat lanset. Namun demikian, tidak ditemukan aksesori dengan bentuk daun lanset, dan lanset panjang (*long lanceolate*). Tekstur sayap polong rata-rata berbentuk halus, namun beberapa aksesori ada yang bertekstur medium dan kasar. Warna bunga 57 aksesori rata-rata putih namun ada yang biru, biru muda dan ada juga yang



berwarna ungu. Rata-rata aksesi memperlihatkan warna polong hijau yang berkisar dari hijau tua hingga hijau muda. Dua aksesi memperlihatkan warna ungu pada polongnya, sedangkan warna sayap polong adalah hijau yang juga berkisar dari hijau tua hingga hijau muda dan dua aksesi berwarna ungu. Variasi beberapa karakter tersebut tersaji pada Gambar 5.2, 5.3, 5.4. dan 5.5 .

Tabel 5.2 Beberapa parameter statistika karakter morfologi agronomi tanaman kecipir.

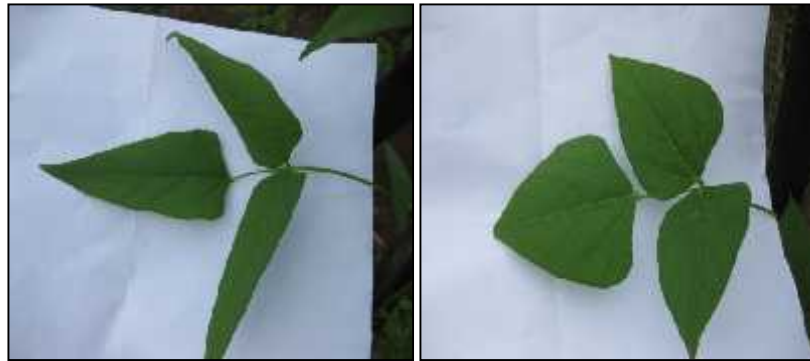
Karakter	Rata2	min	max	stdev
Panjang daun (cm)	7.118	5.015	9.720	0.803
Lebar daun (cm)	5.216	3.958	6.445	0.591
Jumlah trifoliat	33.044	20.140	48.400	5.804
Panjang petiolus (cm)	6.176	4.815	7.345	0.630
Panjang tangkai bunga (cm)	1.070	0.567	1.600	0.194
Panjang kelopak (cm)	1.417	1.183	1.600	0.083
Lebar Kelopak (cm)	1.039	0.800	1.383	0.130
Panjang mahkota depan	3.120	2.023	4.303	1.326
Panjang benangsari (cm)	3.155	2.907	3.419	0.080
Panjang putik (cm)	3.666	3.283	5.308	0.263
Panjang polong (cm)	21.455	14.865	39.825	4.004
Lebar polong (cm)	2.052	1.535	6.095	0.590
Jumlah polong per tan	11.657	2.500	53.000	9.301
Jumlah biji per polong	11.863	9.100	17.167	1.714
Umur berbunga (hst)	87.129	53.000	124.000	18.218
Bobot biji per tan (g)	31.137	12.200	79.890	10.718

Tabel 5.3 Beberapa parameter genetik karakter morfologi agronomi tanaman kecipir.

Karakter	Varians G	Varians F	Heritabilitas
Panjang daun (cm)	0.577*	1.009*	0.572 (t)
Lebar daun (cm)	0.717*	1.055*	0.680 (t)
Jumlah trifoliat	70.53	155.15*	0.455 (s)
Panjang petiolus (cm)	0.386	0.911*	0.424 (s)
Panjang tangkai bunga (cm)	1.215	4.880*	0.249 (s)
Panjang kelopak (cm)	0.002	0.014*	0.126 (r)
Lebar Kelopak (cm)	0.020	0.056*	0.363 (s)
Panjang mahkota depan	0.020	0.070*	0.287(s)
Panjang benangsari (cm)	0.008	0.029*	0.265 (s)
Panjang putik (cm)	0.005	0.033*	0.147 (r)
Panjang polong (cm)	24.835*	29.593*	0.839 (t)
Lebar polong (cm)	0.022	0.056*	0.400 (s)
Jumlah polong per tan	2.71*	9. 5*	0.223 (r)
Jumlah biji per polong	2.471*	4.445*	0.556 (t)
Umur berbunga (hst)	115.95*	229.750*	0.505 (t)
Bobot biji per tan (g)	26.560*	50.560*	0.525 (t)

Keterangan : \* variabilitas luas

(r= rendah; s=sedang; t=tinggi)



Ovat-lanset

Deltoid



Ovat

Gambar 5.2 Variasi bentuk daun kecipir

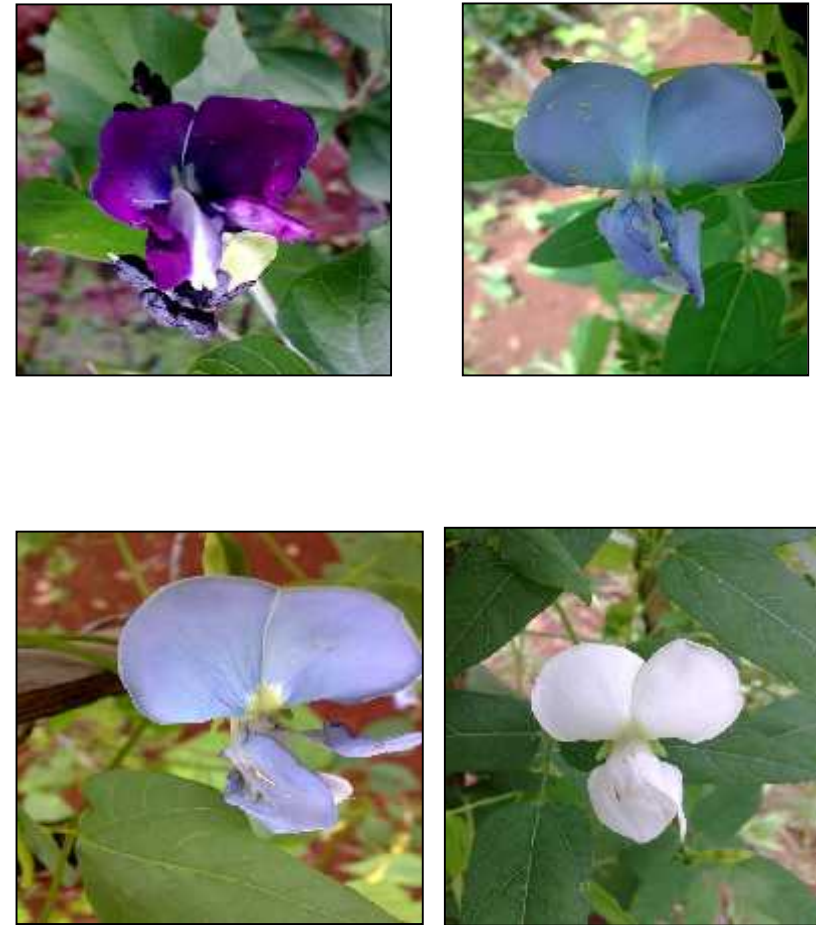


Gambar 5.3 Variasi warna biji kecipir





Gambar 5.4 Variasi tipe polong kecipir



Gambar 5.5 Variasi warna bunga kecipir

**DAFTAR PUSTAKA**

- Baihaki, A. 2000. Teknik Analisis Rancangan Pemuliaan. Kumpulan Materi Latihan teknik Pemuliaan dan Hibrida, Unpad Jatinangor.
- Barichello, Rick, 2000. Evaluating Government Policy for Food Security: Indonesia. University of British Columbia. Berlin
- Barker, R., and J.W. Kijne. 2001. Improving Water Productivity in Agriculture: A Review of Literature. Background paper prepared for SWIM Water Productivity Workshop, November 2001, International Water Management Institute (IWMI), Colombo
- Beaumont, M.A., K.M. Ibrahim, P. Boursot, and M.W. Bruford. 1998. Measuring genetic distance. p. 315–325. *In* A. Karp et al. (ed.) Molecular tools for screening biodiversity. Chapman and Hall, London.
- Becker H. 1993. Pflanzenzüchtung. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Bhuiyan, S.I., T. P. Tuong, and L. J. Wade. 1998. Management of Water as A Scarce Resource: Issues and Options in Rice Culture. *In*: N.G. Dowling, S.M. Greenfield, and K.S. Fischer (Eds.). Sustainability of Rice in the Global Food System. Pasific Basin Study Center, International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos.
- BPS. 2009. Pendataan Usahatani 2009 (PUT09). Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Bradford, K.J., and T.C. Hsiao. 1982. Physiological responses to moderate water stress. *In*: Lange, O.L., P.S. Nobel, C.B. Osmond, H. Ziegler (Eds): *Encyclopedia Plant Physiology, Vol. 12B. Springer-Verlag, Berlin*
- Brody, J.E. 1982. Winged bean hailed as a potent weapon against malnutrition. New York Times, 23 February 1982.
- Chaowen, S., J. Liu, Z. Xiong, and Y. Song. 2004. Karyotype analysis of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC by chromosome banding and fluorescence in situ hybridization. *Caryologia* Vol. 57, no. 4: 387-394.
- Coates, D. J. and M. Byrne. 2005. Genetic variation in plant populations: assessing cause and pattern. *In*: R.J. Henry (Ed). Plant Diversity and Evolution; genotypic and phenotypic variation in higher plants. CAB International.
- De Datta S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley and Sons, New York.
- De Lumen, b.O. and L. A. Salamat. 1980. Trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and the possible role of tannin. *J. Agric. Food Chem.* 28:533-536.

- Eagleton, G. 1999. Winged bean in Myanmar, revisited. *Economic Botany* 53(3):342-352.
- Elisabeth A. Widjadja dan Yuyu S. Poerba. 2004. Pengumpulan Data Plasma Nutfah dan Genetika. Dalam: Rugayah, E.A. Widjadja, dan Praptiwi. 2004. Pedoman Pengumpulan Data Keanekaragaman Flora. Pusat Penelitian Biologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Fehr, W. R. 1987. Principles of Cultivar Development, Vol 1, Theory and Technique. Macmillan Publishing Co., New York.
- Frankel, O.H., A.H.D. Brown, and J.J. Burdon. 1995. The conservation of plant biodiversity. Cambridge Univ Press, Cambridge, London.
- Hallauer A.R . and Miranda J.B. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Ames: Iowa State University Press
- Ho, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in *sink* organs in relation to *sink* strength. In W.R. Briggs, R.L. Jons, and V. Walcot (Eds.). *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 1988. 39:355-378.
- Hymowitz, T and J. boyd. 1977. Origin, ethnobotany, and agricultural potential of winged bean-*Psophocarpus tetragonolobus*. *Economic Botany* 31: 180 – 188.
- IBPGR. 2004. Revised Descriptor List For Winged Bean .
- International Water Management Institute (IWMI). 2000. Water Issues for 2025: A Research Perspective.

- International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka
- Jamsari. 2007. Bioteknologi Pemula, Prinsip Dasar dan Aplikasi Analisis Molekuler. Unri Press, Pekanbaru.
- Krisnawati, A. 2010. Keragaman genetik dan potensi pengembangan kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) di Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Vol. 29, No. 3. Balitbangtan, Jakarta.
- Latief, D., Atmarita, Minarto, Abas Basuni dan Robert Tilden, 2000. *Konsumsi Pangan Tingkat Rumah Tangga Sebelum dan Selama Krisis Ekonomi*. Widyakarya Nasional Pangan dan Gizi.VII. Lembaga Ilmu pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Margono, T., D. Suryati, S. Hartinah. 2000. Tauco dari biji kecipir. Buku Panduan Teknologi Pangan, Pusat Informasi Wanita dalam Pembangunan PDII-LIPI.
- Napitupulu, Tom Edward Marasi, 2000. *Pembangunan Pertanian dan pengembangan Agroindustri*. Wibowo, R. (Editor). Pertanian dan pangan. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta
- National Academy of Science. 1981. The Winged Bean A High Protein Crop For The Tropics. Secod Edition. National Academic Press.
- Nei, M. 1987. Molecular Evolutionary Genetics. Columbia University Press, New York.

- Nei, M., and R.K. Chesser. 1983. Estimation of fixation indices and gene diversities. *Ann. Hum. Genet.* 47:253–259.
- Nei, M., and W.H. Li. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonuclease. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA.* 76:5269 – 5273.
- Nusifera, S. dan A. Karuniawan. 2007. Potensi Hasil dan Kualitas Hasil Ubi 16 Genotip Bengkuang (*Pachyrhizus erosus* L. Urban) di Jatinangor pada Dua Musim. *Prosiding Simposium PERAGI IX di Bandung, 15- 17 November 2007.*
- Pamungkas, E.S. 2008. Pemanfaatan Tepung Ubi Kayu dan Tepung Biji Kecipir sebagai Substitusi Terigu dalam Pembuatan Cookies. *Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret (tidak dipublikasikan).*
- Pasandaran, E. 2005. Reformasi Irigasi Dalam Kerangka Pengelolaan Terpadu Sumberdaya Air. *Naskah Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama Bidang Ekonomi Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta*
- Pimental, D., J. Houser, E. Preiss, O. White, H. Fang, L. Mesnick, T. Barsky, S. Tariche, J. Schreck, and S. Albert. 1997. Water Resources: Agriculture, the environment, and The Society. *Biosciences* 47(2): 97 - 106.
- Reed, D.H. and R. Frankham. 2001. How closely correlated are molecular marker and quantitative measures of genetic variation? A meta-analysis. *Evolution*, 55 (6) : 1095 – 1103.

- Renaud Fortuner, Claude Fauquet, and Maurice Lourd. 1979. Disease of winged bean in Ivory Coast. *Plant Dis. Repr.* 63: 194-199
- RETA 6067. 2004. Winged Bean vegetable mixture or “Pecel Kecipir”. A publication of AVRDC, 3 November 2004.
- Roberts, E.H. 1972. Storage environment and the control of viability. Pages 14–58 *in* Viability of seeds (Roberts EH,ed.). London, UK: Chapman and Hall.
- Rosegrant, M.W., X. Cai, and S.A. Cline. 2002. *World Water and Food to 2025: Dealing With Scarcity.* International Food Policy Research Institute (IFPRI), Wahington, D.C.
- Stephens, J.M. 2000. *Winged Bean* . College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii.
- Sukandar, Dadang., Dodik Briawan, Yayat Heryatno, Mewa Ariani dan Meilla Dwi Andestina, 2001. *Kajian Indikator Ketahanan Pangan Tingkat Rumah Tangga: di Propinsi Jawa Tengah.* Pusat Studi Kebijakan Pangan dan Gizi (PSKPG) Lembaga Penelitian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sumaryanto. 2009. DIVERSIFIKASI SEBAGAI SALAH SATU PILAR KETAHANAN PANGAN. Seminar Memperingati Hari Pangan Sedunia yang diselenggarakan di Jakarta pada Tanggal 1 Oktober 2009.

- Syarief, Hidayat, Hardinsyah dan Sumali, 1999. Membenahi Konsep Ketahanan Pangan Indonesia. Thaha, Hardinsyah dan Ala (Editor). Pembangunan Gizi dan Pangan Dari Perspektif Kemandirian Lokal. Perhimpunan Peminat Gizi dan Pangan (PERGIZI PANGAN) Indonesia dan Center For Regional Resource Development & Community Empowenment. Bogor.
- Tadera, K, T. Taniguchi, M. Teramoto, M. Arima, F. Yagi, A. Kobayashi, T. Nagahama, and K. Ishihata. 1984. Protein and Starch in tubers of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.). DC) and Yam bean (*Pachyrhizus erosus* L. Urban). Mem. Fac. Agr. Kagoshima University, 20: 73 – 81.
- Warburton, M.L., X. Xianchun, J. Crossa, J. Franco, A.E. Melchinger, M. Frisch, M.Bohn, and D. Hoisington. 2002. Genetic characterization of CYMMYT inbred maize lines and open pollinated population using large scale fingerprinting methods. Crop Sci. 42: 1832-1840.
- World Bank. 1993. Water Resources Management: A World Bank policy paper. World Bank, Washington, D.C.
- Zamski, E. 1996. Anatomical and Physiological Characteristic of Sink Cells. In E. Zamski and A. A. Schaffer (Eds.). Photoassimilate Distribution in Plants and Crops; Source-Sink Relationships. Marcel Dekker, Inc.

## GLOSARI

- Ajir : Bilah bambu yang digunakan untuk menegakkan tanaman. Umum digunakan untuk tanaman yang merambat ataupun tanaman yang mengalami kerebahan akibat presipitasi ataupun faktor lainnya. Disebut juga dengan turus.
- Alel : Satu seri bentuk (dua atau lebih) dari suatu gen (cistron) yang berada pada lokus tertentu dalam suatu kromosom. Jika terdapat lebih dari dua bentuk dalam satu lokus diistilahkan dengan multipel alel (alel ganda).
- Diversitas genetik : variasi nukleotida, gen, kromosom atau seluruh genom suatu organisme dalam suatu populasi. Dalam konteks biodiversitas, dapat juga didefinisikan sebagai derajat sejauh mana individu yang satu berbeda dengan individu yang lainnya dalam suatu populasi
- Eksplorasi : upaya untuk mencari dan memperoleh plasma nutfah di lokasi-lokasi yang diduga memiliki sumber daya genetik tanaman tertentu untuk berbagai tujuan.
- Elektroforesis : pergerakan molekul-molekul bermuatan dalam larutan yang diberi medan listrik. Larutan umumnya dibuat dalam medium poros seperti kertas saring, selulosa asetat (rayon), atau gel yang terbuat dari pati, agar, atau poliakrilamid. Elektroforesis biasanya digunakan untuk memisahkan molekul-molekul dari campuran berdasarkan perbedaan muatan listrik dan ukuran molekul.
- Etnobotani : ilmu yang mempelajari bagaimana hubungan antara manusia dan tanaman.
- Fenotipe : Karakteristik yang dapat diamati dari suatu sel atau organisme seperti ukuran, bentuk, fungsi metabolik dan perilakunya. Fenotipe merupakan refleksi atau hasil ekspresi dari suatu susunan gen dalam suatu genotipe.
- Sampling error* : Variabilitas yang disebabkan oleh terbatasnya jumlah sampel
- Galur Murni : Populasi tanaman yang genotipenya bersifat homozygous homogenous
- Genetic drift* : disebut juga dengan hanyutan genetik yaitu perubahan secara acak frekuensi alel dalam suatu populasi dari satu generasi ke generasi berikutnya.
- Genotipe : Konstitusi genetik (susunan gen) dari suatu individu baik sel ataupun organisme yang berbeda karakteristik morfologi ataupun fisiologinya



(fenotipe). Dalam studi genetika, genotipe yang berbeda sering disimbolkan dengan komposisi huruf yang berbeda

**Heritabilitas** : sebuah ukuran atau parameter genetik yang mengukur derajat sejauh mana suatu fenotipe dipengaruhi oleh genetik sehingga dapat diseleksi. Heritabilitas merupakan proporsi antara varians genetik dan varians fenotipe.

**Hifa** : Filamen dari individu yang menyerupai benang atau miselium jamur

**Inbred** : Tanaman yang dihasilkan dari serangkaian fertilisasi sendiri (selfing) selama beberapa generasi. Atau dapat disebut juga dengan individu homozygous.

**Inbreeding** : Persilangan yang terjadi antara dua individu atau lebih yang secara genetik berkerabat dekat atau bahkan sama.

**Karakterisasi** : Aktivitas untuk mendeskripsikan karakter-karakter dalam tanaman melalui kegiatan observasi dan pengukuran yang maksudnya untuk menghasilkan deskripsi populasi, aksesori ataupun genotipe tanaman.

**Kromosom** : Sebuah struktur yang mirip untaian benang yang terdiri atas kromatin dan membawa informasi genetik yang tersusun dalam sebuah sekuens linier.

**Kultivar** : sekelompok tanaman yang memiliki perbedaan-perbedaan baik secara genetik maupun fenotipik dengan kelompok lainnya dimana perbedaan ini muncul akibat campur tangan manusia melalui aktivitas pemuliaan tanaman.

**Legum** : Istilah lain untuk tanaman kacang-kacangan atau tanaman yang termasuk dalam famili *Leguminosae*

**Linkage (pautan)** : asosiasi yang lebih besar dari dua atau lebih gen dibandingkan dari probabilitas yang mungkin terjadi akibat perpasangan bebas (*independent assortment*). Dua gen dikatakan terpaut ketika gen-gen tersebut berada pada kromosom yang sama. Semakin dekat jaraknya dalam suatu kromosom semakin terpaut kedua gen tersebut.

**Marka** : suatu karakter atau gen yang berdasarkan tautannya dapat digunakan untuk mengindikasikan kehadiran gen lain. Marka DNA adalah segmen pencari pada DNA. Marka kuantitatif adalah karakter-karakter kuantitatif yang variasinya dalam populasi dapat dijadikan pencari bagi keragaman populasi tersebut.

**Menyerbuk sendiri** : terjadinya transfer pollen (serbuk sari) ke stigma (kepala putik) pada tanaman yang sama.

**Mutasi** : Perubahan struktur atau jumlah material genetik pada gen atau kromosom dari

- suatu organisme. Mutasi dapat terjadi secara alami maupun buatan. Mutasi buatan dapat dilakukan dengan menggunakan mutagen baik fisik maupun kimia.
- Neglected crop* : Tanaman-tanaman yang ditanam terutama di pusat asal atau pusat keragamannya oleh petani-petani tradisional, yang bagi mereka tanaman-tanaman tersebut masih berarti penting untuk memenuhi kebutuhan komunitas lokalnya. Beberapa spesies mungkin terdistribusi secara global tapi cenderung berada pada ceruk-ceruk khusus pada ekologi lokal serta sistem produksi dan konsumsi lokal. Meskipun demikian, tanaman ini masih belum dikarakterisasi dengan baik dan masih diabaikan dalam kegiatan riset dan konservasi.
- PAGE* : *Poly Acrylamide Gel Electrophoresis*. Sebuah metode untuk memisahkan protein dan asam amino berdasarkan ukuran molekulnya (molekul bergerak melalui gel yang diberi medan listrik)
- Pangan Alternatif : Komoditas atau spesies yang memiliki potensi sebagai sumber pangan maupun gizi yang dapat diakses dengan mudah oleh masyarakat dalam upaya diversifikasi pangan
- Pemuliaan : Ilmu, teknologi, dan seni untuk memanipulasi genetik tanaman sehingga

- sifat-sifat tanaman tersebut menjadi lebih mulia dalam rangka memenuhi kebutuhan manusia yang kecenderungannya semakin meningkat.
- Polimorfisme : keberadaan dua atau lebih bentuk yang secara genetik berbeda satu sama lain. Pada konteks marka kuantitatif, polimorfisme hanya terkait dengan bentuk morfologi karena bisa jadi bentuk yang berbeda dihasilkan dari genetik yang sama atau sebaliknya.
- Pre-treatment* : Perlakuan awal yang dilakukan pada benih sebelum benih siap ditanam. Perlakuan dapat dilakukan secara fisik maupun kimia.
- Sink* : Organ tanaman yang menerima suplai fotosintat. Meskipun belum populer, dalam bahasa Indonesia disebut dengan limbung.
- Skrining : Pencarian yang sistematis terhadap genotipe yang memiliki sifat-sifat tertentu. Skrining biasanya dilakukan dalam suatu populasi yang variabilitas genetiknya luas terutama untuk karakter-karakter yang dimaksud.
- Underutilized crop* : Tanaman yang dulunya ditanam secara luas namun atas dasar alasan-alasan tertentu telah ditinggalkan. Petani dan konsumen kurang memanfaatkan tanaman ini karena kurang kompetitif dibandingkan spesies tanaman lain dalam

---

lingkungan pertanian yang sama. Penurunan tanaman-tanaman ini dapat mengerosi basis genetik dan dapat menghapus peluang untuk memanfaatkan sifat-sifat khusus yang mungkin dimiliki untuk adaptasi dan pengembangan tanaman.

- Variabilitas : Individu-individu dalam populasi yang berbeda genotipenya baik akibat mekanisme mutasi, rekombinasi maupun seleksi.
- Varians Genetik : sebagian dari nilai varians fenotipik yang disebabkan oleh bervariasinya genotipe-genotipe individu dalam suatu populasi. Varians genetik terbagi atas varians genetik aditif, dominan, dan epistasis. Jumlah dari semua varians tersebut diistilahkan dengan varians genetik total.
- Varietas : sekelompok tanaman yang memiliki perbedaan-perbedaan baik secara genetik maupun fenotipik dengan kelompok lainnya dimana perbedaan ini muncul secara alami. Pada sisi lain, perbedaan yang ada belum cukup kuat untuk membentuk spesies baru.

## DAFTAR INDEKS

- |   |   |
|---|---|
| <p style="text-align: center;"><b>A</b></p> <p>Acak, 75, 79, 91, 94</p> <p>Acid, 26, 74</p> <p>Aflatoksin, 33</p> <p>AFLP, 71, 73, 78, 79, 80</p> <p>Afrika, 4, 13, 37, 97</p> <p>Agroekotipe, 85</p> <p>Agroklimat, 15</p> <p>Agronomi, 8, 41, 80, 99, 101, 102</p> <p>Air, 5, 6, 7, 8, 10, 14, 46, 50, 51, 53, 63, 67</p> <p>Ajir, 38, 51, 52</p> <p>Akresi, 80, 81, 82, 90, 93, 98, 99, 100</p> <p>Aldehyde dehidrogenase, 74</p> <p>Alel, 71, 74, 75, 85, 86, 91, 92, 93</p> <p>Allozim, 71, 74, 75</p> <p><i>Alternaria solani</i>, 63, 64</p> <p>Alternatif, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 21, 22, 69</p> <p>Analisis klaster, 93</p> <p>Antioksidan, 15, 26</p> <p><i>Aphid craccivora</i>, 54, 55</p> <p>Aroma, 34</p> | <p>Asam amino, 25, 26, 27, 29, 32, 33, 35</p> <p style="text-align: center;"><b>B</b></p> <p>Bahan baku, 7, 15, 16, 19, 33, 34, 35</p> <p>Bahasa, 13, 37, 39</p> <p>Bakteri, 40, 41, 57</p> <p>Bali, 37</p> <p>Bangladesh, 45, 46, 81, 98</p> <p>Bank, 80, 99</p> <p>Bau, 34</p> <p>Bayesian, 94</p> <p>Bengkuang, 28, 35, 65</p> <p>Benih, 14, 50</p> <p>Beras, 6, 8, 9, 11, 14, 15, 16, 32, 33</p> <p>Bibit, 16, 54, 62</p> <p>Biji, 14, 18, 22, 24, 25, 27, 30, 31, 32, 34, 35, 40, 41, 46, 49, 50, 51, 53, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 68, 71, 74, 98, 100, 101, 102, 104</p> <p>Biokimia, 90, 93</p> <p>Biologi, 70, 72, 74, 79</p> <p>Biraro, 37</p> <p>Biskuit, 35</p> <p><i>Borreria alata</i>, 53</p>                            |
| <p>Botani, 82</p> <p>Budaya, 11, 13</p> <p>Bumbu, 34</p> <p>Bunga, 22, 23, 24, 30, 40, 49, 54, 55, 57, 60, 61, 63, 65, 68, 71, 80, 98, 100, 101, 102, 106</p>   | <p style="text-align: center;"><b>C</b></p> <p><i>Canavalia ensiformis</i>, 58</p> <p>Cantel, 13</p> <p><i>Canthel</i>, 13</p> <p>Cendawan, 34, 57, 60, 61, 62, 63</p> <p><i>Chrysodeixis chalsites</i>, 54</p> <p><i>Climate change</i>, 4</p> <p><i>Collar rot</i>, 62</p> <p><i>Colletotrichum gloeosporioides</i>, 61</p> <p><i>Cyperus rotundus</i>, 53</p> <p style="text-align: center;"><b>D</b></p> <p>Data, 2, 3, 35, 71, 81, 82, 84, 85, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 98, 100</p> <p>Daun, 22, 23, 24, 29, 38, 41, 43, 51, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 80, 98, 99, 100, 101, 102, 103</p> <p>Definisi, 1, 2, 91</p> <p>Deltoid, 43, 100, 103</p> <p>Dendrogram, 94</p> <p>Deskriptor, 80, 81, 83</p> <p>Dimerik, 75</p> |
| <p>Distribusi, 4, 7, 9, 45, 66, 71, 96, 97</p> <p>Diversifikasi, 6, 7, 9, 11, 13, 15, 16, 69</p> <p>Diversitas, 45, 71, 72, 80, 89, 90, 92, 93, 96, 98, 99, 100</p> <p>DNA, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78</p> <p>Dokumentasi, 12, 88</p> <p><i>Dolichos tetragonolobus</i>, 38</p> <p>Dormansi, 50</p>   | <p style="text-align: center;"><b>E</b></p> <p>Ekologi, 69, 71, 85, 88</p> <p>Ekosistem, 96</p> <p>Eksplorasi, 69</p> <p>Eksplorasi, 11, 12, 69, 80, 82, 85, 87</p> <p>Ekstensifikasi, 20</p> <p>Ekstraksi, 74</p> <p><i>el nino</i>, 5</p> <p>Elektroforesis, 71, 74, 76</p> <p>Elektroforesis, 73</p> <p><i>Embryo rescue</i>, 70</p> <p>Endonuklease, 78</p> <p>Enzim, 34, 74, 75, 76, 78</p> <p>Esterase, 74</p> <p>Estimasi, 91</p> <p>Etnobotani, 21</p> <p><i>Euclid</i>, 92, 93</p> <p><i>Euphorbia hirta</i>, 53</p> <p>Evaluasi, 12, 80, 88, 89</p>   |

- Evenness, 91  
Evolusi, 70, 71, 72, 73, 74
- F**
- False*, 61  
Famili, 32, 38, 59, 80  
Fenotipe, 86, 98  
Fermentasi, 33, 34  
Filipina, 45, 80, 97  
Fisiologi, 41, 86  
*Flat*, 100  
Fokus, 1, 9  
*Foliar*, 51  
*Food*, 1, 5  
*Food security*, 1  
Fragmen, 74, 75, 76, 77, 78  
*Frost*, 47  
Fumarat, 34  
*Fusarium*, 63  
*Fusarium equiseti*, 63  
*Fusarium moniliforme*, 63  
*Fusarium semitectum*, 63
- G**
- Galat, 91  
Galur murni, 90  
Gandum, 9, 11, 13, 14, 15, 87  
Gejala, 57, 58, 59, 60, 61  
Gel, 74, 76, 78  
Gen pool, 70  
Genom, 71, 78, 79, 91  
Genotipe, 26, 31, 39, 40, 45, 46,  
47, 51, 55, 66, 77, 90, 92, 98  
Genus, 37, 38, 57, 59, 76  
Geografi, 86, 88  
Geografis, 39, 54, 73, 96, 98, 99  
Gizi, 3, 5, 15, 16, 17, 18, 20, 23,  
24, 26, 32, 33, 34, 35  
Global, 3, 4, 7, 12, 13  
Gulma, 53
- H**
- Hama, 53, 54, 56  
*Hand picking*, 53  
Hayati, 7, 12, 69  
*Heliothis armigera*, 54, 56  
Hemat air, 8, 11  
Heritabilitas, 72, 100, 102  
Heteromer, 75  
Heterozigot, 75, 76, 77, 78  
Hibrida, 14
- I**
- IBPGR, 80, 81  
Iklim, 3, 4, 5, 7, 46, 85, 88  
Imbibisi, 50  
Impor, 3, 4, 13, 17, 19, 20  
Inbred, 90  
*Inbreeding*, 91  
Indeks diversitas, 100  
India, 45, 81, 97  
Indonesia, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12,  
13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22,

- 29, 33, 37, 45, 50, 57, 82, 97,  
98, 99  
Industri, 7, 10, 13, 15, 16, 17, 19,  
20, 32, 35  
Inversi, 71  
Irigasi, 6, 10  
Isozim, 71, 73, 75, 90
- J**
- Jaat, 37  
Jamur, 22, 23, 30, 33, 34  
Jarak euclid, 93  
Jarak genetik, 91, 92, 93, 94  
Jawa, 8, 9, 22, 37, 98, 99
- K**
- Kacang-kacangan, 9, 19, 25, 32,  
33, 35  
Kalimantan, 10, 99  
Kamboja, 45  
Karakter kualitatif, 80, 92  
Karakter kuantitatif, 71, 72, 73,  
80, 92  
Karakterisasi, 80, 81, 99  
Karbohidrat, 15, 16, 18, 24, 29,  
34  
Kariotipe, 38  
Keanekaragaman, 7, 12, 80, 85,  
87, 88, 97  
Kebijakan, 1, 2, 3, 16, 17, 19  
Kecipir, 16, 18, 21, 22, 23, 24,  
25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32,  
33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41,  
42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50,  
51, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 60,  
61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 80,  
81, 82, 83, 96, 97, 98, 99, 100,  
101, 102, 103, 104, 105, 106  
Kedelai, 16, 17, 18, 19, 20, 21,  
22, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32,  
33, 34, 41  
Keket, 54  
Kelongkang, 37  
Kemarau, 5, 50, 53, 66  
Kentang, 11, 22, 28  
Ketahanan pangan, 1, 2, 3, 6, 7,  
11, 15, 69  
Kleistogami, 49  
Kodominan, 73, 75, 76, 79  
Koefisien, 92  
Koefisien Jaccard, 92  
Koefisien Nei, 111  
Koleksi, 12, 81, 86, 87, 88, 89,  
90, 97, 98, 99  
Komigrasi, 74, 77, 79  
Komoditas, 3, 6, 9, 11, 12, 33,  
69, 96  
Komposisi, 24, 25, 26, 27, 28,  
29, 31, 66, 75, 90, 91  
Konservasi, 12, 71, 72, 74, 79,  
80, 86, 96  
Konsumsi, 3, 6, 7, 9, 13, 29  
Kontribusi, 7, 70, 74, 96  
Konvensional, 11  
Konversi, 4, 6, 8, 20, 69

Krisis, 1, 5, 13  
 Kromosom, 38, 41, 71  
 Kualitatif, 6, 80, 92, 100  
 Kuantitatif, 6, 71, 72, 73, 80, 91, 92, 99, 100  
 Kultivar, 85, 87, 89

**L**

Laboratorium, 35, 76, 99  
 Lahan, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 20, 46, 50, 63, 69  
 Laktat, 34  
 Lalat, 54, 60  
*Lampides boeticus*, 54  
 Lanceolate, 43  
 Laos, 45  
 Layu, 33, 57, 58  
*Leaf-curl disease*, 59  
 Legum, 16, 18, 19, 21, 23, 25, 26, 28, 30, 37, 38, 40, 51, 59  
 Leguminosae, 32, 57, 59  
 Lektin, 31  
 Lemak, 18, 24, 25, 26, 28, 32, 98  
 Lethal, 71  
 Lingkungan, 4, 21, 28, 40, 45, 46, 50, 66, 68, 70, 72, 85, 88, 100  
 Linkage, 91  
 Lokasi, 87, 88, 89  
 Lokus, 71, 73, 74, 75, 76, 78, 80, 91, 93  
*Long-lanceolate*, 43

**M**

*M. incognita*, 57  
*Macrophomina phaseolina*, 63  
 Madagaskar, 37, 45, 97  
 Malaysia, 32, 40, 45, 97  
 Malnutrisi, 26  
 Maluku, 10  
 Manado, 37  
 Marka, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 90, 92, 93  
 Marka kodominan, 79  
 Marka kuantitatif, 71  
*Maruca testualis*, 54, 55  
 Masam, 47  
 Matriks, 92, 94, 95  
 Mauritius, 45  
*Meloidogyne*, 57  
*Meloidogyne javanica*, 57  
 Menyerbuk sendiri, 49  
 Metionin, 32, 33  
 Metode, 38, 55, 60, 90, 92, 93, 94, 95  
 Migrasi, 74, 91  
 Mikrosatelit, 73, 79, 80  
*Mimosa invisa*, 53  
*Mimosa pudica*, 53  
 Minyak, 25, 26, 27  
 Molekuler, 71, 72, 73, 75, 90, 92, 93  
 Morfologi, 38, 80, 86, 92, 93, 98, 99, 101, 102  
*Mosaic virus*, 57, 59  
 Multivariat, 93

Mutasi, 72  
 Myanmar, 23, 35, 45, 46  
*Mylabris pustulata*, 54, 56

**N**

Nabati, 3, 16, 17, 21, 32  
 NBM, 2  
*Neglected*, 13  
*Nezara viridula*, 54  
 Nodul, 40  
 Nutrisi, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 34, 35, 51

**O**

*Ophiomyia phaseoli*, 54  
 Organ, 30, 65, 66, 68  
 Organik, 34, 47, 98  
 Organisme, 57  
 Organoleptik, 35  
 Ovate, 43

**P**

*P. lancifolius*, 37  
*P. lukafuensis*, 37  
*P. monophyllus*, 37  
*P. necker*, 37  
*P. palustris*, 37  
*P. scandens*, 37  
*P. tetragonolobus*, 37  
 Padi, 5, 6, 8, 11, 14, 33  
 PAGE, 78  
 Pakan, 14, 26, 29, 30, 34, 85  
 Palawija, 9  
 Pangan, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 23, 30, 32, 33, 35, 37, 64, 69, 87  
 Pantai Gading, 57  
 Papua Nugini, 32, 45, 46, 57, 80, 81, 98  
 Parameter, 77, 94, 100, 101, 102  
 Parametrik, 94  
 Pautan, 91  
 PCA, 93, 94, 95  
 PCoA, 93, 94, 95  
 PCR, 77, 78  
 Pemangkasian, 64, 65, 66, 67  
 Pemeliharaan, 51, 53, 97  
 Pemerintah, 3, 16  
 Pemulia, 11, 12, 70, 82, 85, 86, 88  
 Pemuliaan, 12, 13, 17, 21, 70, 71, 79, 87, 89, 93, 96, 99  
 Pemupukan, 51  
 Penanaman, 49, 50, 51, 63, 66  
 Penyakit, 26, 53, 54, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 86  
 Penyelamatan embrio, 70  
 Perbanyakan, 49  
 Pertumbuhan, 4, 6, 10, 46, 47, 54, 60, 65, 71  
 Pesisir, 7, 8, 9  
 Petani, 3, 4, 8, 9, 11, 14, 17, 20, 87, 89

Phosphatase, 74  
 Phytohemagglutinins, 31  
 Pita, 93  
*Planococcus citri*, 54  
 Plasma nutfah, 12, 55, 80, 81, 82, 85, 86, 88, 89, 90, 93  
*Plusia ehaleites*, 54  
 Pola, 4, 7, 13, 57, 66, 70, 72, 73, 74, 75, 80, 85, 89, 96  
 Polimorfisme, 71, 77, 78  
 Polipeptida, 75  
 Polong, 18, 22, 24, 25, 32, 40, 41, 44, 49, 50, 54, 57, 60, 61, 64, 65, 68, 98, 100, 101, 102, 105  
*Polyphagotarsonemus latus*, 54, 56  
 Populasi, 40, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 79, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 96, 97, 99  
 Potensi, 12, 15, 18, 21, 32, 35, 65, 72, 73  
*Powdery mildew*, 62  
*Pratylenchus brachyurus*, 57  
 Prebiotik, 15  
 Primer, 70, 77, 79  
 Produksi, 1, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 17, 19, 20, 21, 26, 35, 60, 61, 65, 66, 67, 69  
 Produktivitas, 5, 8, 10, 12, 15, 16, 20, 21, 51, 68  
 Proteolitik, 34  
 Protoplas, 70  
*Pseudocercospora psophocarpi*, 61, 62

**R**

Radiasi, 14  
 Ragam, 34, 37, 94  
*Random*, 73, 77  
*RAPD*, 71, 73, 77, 80  
*Rapeseed*, 70  
 Rekayasa, 13, 17, 21, 65  
 Restriksi, 75, 76, 78  
*RFLP*, 73, 75, 76, 78, 92  
*Rhizoctonia solani*, 63  
*Rhizopus*, 34  
*richness*, 91  
*ringspot mosaic*, 59  
*root*, 65  
*running*, 78

**S**

*Sampling*, 90  
 Sawah, 6, 8, 9, 10  
 Seleksi, 70, 72, 73, 82, 88, 90, 96  
*Semi flat*, 100  
 Serangan, 54, 55, 57, 58, 59, 60, 63  
 Serat, 15, 24  
*Sesbania grandiflora*, 23  
 Singkong, 28, 29, 40  
*Sink* reproduktif, 65  
*Sink storage*, 65  
 Sistein, 32, 33  
 Sorgum, 9, 13, 14

Spesies, 7, 12, 14, 19, 23, 37, 59, 69, 71, 76, 79, 80, 89, 90, 91, 96  
*Sprouting*, 51  
 SRI, 8  
*SSRs*, 73, 79, 92  
 Stabilitas, 7, 26  
 Statistika, 91, 93, 100, 101  
 Strategi, 7, 85, 90  
 Studi, 31, 38, 40, 70, 71, 72, 73, 74, 79, 90, 96, 98, 99  
 Studi, 48, 84, 108, 115, 118  
*Subtropis*, 12, 17, 21, 46  
 Suksinat, 34  
 Sulawesi, 10, 99  
 Sulfur, 26, 50  
 Sumatera, 8, 10, 22, 37, 99  
 Sumber daya, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 69, 90, 96  
 Susu, 18, 33, 34  
*Synchytrium psophocarpi*, 61

**T**

Taksonomi, 37, 89  
 Tannin, 31  
 Tauco, 22, 34  
 Teknologi, 8, 11, 13, 14, 65, 90  
 Tempe, 16, 18, 19, 22, 33, 34  
 Temperatur, 4, 5, 47, 66  
 Tepung, 14, 18, 35, 62, 64  
 Ternate, 37  
*Tetranychus sp.*, 54  
 Thailand, 32, 40, 45, 46, 47, 81, 97, 98  
 Tokoferol, 26  
 Toleran, 7, 46, 54, 86  
 Translokasi, 71  
 Tropis, 9, 12, 13, 15, 17, 18, 21, 23, 29, 30, 37, 41, 45  
*Tuberous*, 23, 65

**U**

Ubi, 15, 16, 18, 22, 23, 24, 28, 31, 35, 40, 41, 44, 47, 49, 51, 52, 57, 64, 65, 66, 68, 98, 100  
 Ubi jalar, 15, 16, 29  
 Ulat, 54  
 Umbi-umbian, 9, 15, 33  
 Undang-undang, 2  
 Unpad, 99

**V**

*Valanga nigricornis*, 54, 55  
 Varians, 91, 94, 99, 102  
 Variasi genetik, 70, 71, 72, 73, 74, 85, 91, 96, 100  
 Varietas, 8, 11, 12  
 Vavilov, 85  
 Viabel, 50, 70  
 Vietnam, 45  
 Virus, 57, 59, 60  
 Vitamin, 18, 22, 23, 26, 29

**W**

*World*, 1, 10

*Worunella psophocarpi*, 63

**Y**

Yoghurt, 34

**Z**

Zat, 15, 34

*Zea mays*, 70



