

Buku II



# Peranan IPTEKS

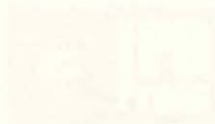
dalam Pengelolaan Pangan,  
Energi, SDM, dan Lingkungan  
yang Berkelanjutan

Pemikiran Guru Besar IPB

Pemikiran Guru Besar IPB (Buku II)

Peranan IPTEKS dalam  
Pengelolaan Pangan, Energi,  
SDM dan Lingkungan yang  
Berkelanjutan

  
A. Sandana



Pemikiran Guru Besar IPB (Buku II)

Peranan IPTEKS dalam  
Pengelolaan Pangan, Energi,  
SDM dan Lingkungan yang  
Berkelanjutan



Pemikiran Guru Besar IPB (Buku II)  
Peranan IPTEKS dalam  
Pengelolaan Pangan, Energi, SDM dan Lingkungan  
yang Berkelanjutan

Tim Penyunting

- Ketua : Prof. Dr. Ir. Sumardjo, MS  
Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Ari Purbayanto, M.Sc  
Anggota : Prof. Dr. Ir. Surjono Hadi Sutjahjo, MS  
Prof. Dr. drh. Arief Boediono  
Prof. Dr. Ir. Toto Toharmat, M.Sc  
Prof. Dr. Ir. E.K.S. Harini Muntasib, MS  
Prof. Dr. Ir. Tineke Mandang, MS  
Prof. Dr. Ir. Alex Hartana, M.Sc  
Prof. Dr. Ir. Bonar M. Sinaga, MA.

- Editor Bahasa : Endah Nur Rahmi, SP  
Desain Cover : Andri Alamsyah  
Lay Out : Mita Nasri

Copyright © 2009  
Penerbit IPB Press  
Kampus IPB Taman Kencana Bogor  
Cetakan Pertama: Oktober 2009

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang  
Dilarang memperbanyak buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit

Dicetak oleh Percetakan PT.Gramedia  
Isi di luar tanggung jawab Percetakan

ISBN: 978-979-493-378-6

# DAFTAR ISI

Daftar Isi	v
Kata Sambutan Rektor IPB	ix
Kata Sambutan Ketua Dewan Guru Besar IPB	xiii
Kata Sambutan Ketua HA IPB	xv
Kata Pengantar Tim Penyunting	xix
Ringkasan	xxiii
<b>BIDANG IPTEKS</b>	
Infrastruktur Lahan Sawah Menuju Pertanian Berkelanjutan dalam Rangka Ketahanan Pangan Nasional (Asep Sapei)	3
Teknik Pengawetan Tanah dan Air (Sukandi Sukartaamadja)	9
Inovasi Teknik Pengukuran Non-destruktif Teknologi <i>Machine Vision</i> dan Kegunaannya dalam Bidang Pertanian (Tineke Mandang)	14
Simulasi Pengeringan Gabah pada Ruang Pengering Semi Silinder Mendatar (Atjeng M. Syarief)	22
Pengembangan Bidang Ilmu Mikrobiologi Pangan dalam Menyikapi Masalah Keamanan Pangan dan Tren Pangan Fungsional (Betty Sri Laksmi Jenie)	40
Sentuhan Teknologi Pangan untuk Peningkatan Nilai Tambah Produk Minyak Sawit Indonesia (Tien R Muchtadi)	50
Peran Oseanografi Fisik dalam Perikanan dan Kelautan (Mulia Purba)	59
Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi untuk Industri Kelautan di Indonesia (Bonar P. Pasaribu)	67
Eksplorasi dan Pemanfaatan Laut dalam ( <i>Deep Sea</i> ) Indonesia: Tantangan Teknologi, Peluang dan Program Strategis (Indra Jaya)	79
Teknologi Tepat Guna dalam Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Berbasis Sumberdaya Perikanan (Mulyono S. Baskoro)	88
Pembibitan Ternak: Salah Satu Upaya Membangun Kemandirian Penyediaan Bahan Pangan (Muladno)	98

Bioteknologi dalam Pertanian Berkelanjutan : Mencapai Ketahanan, Keamanan dan Kedaulatan Pangan (Meity Suradji Sinaga)	105
Aplikasi Bioteknologi Tanah dalam Mendukung Pertanian yang Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan (Iswandi Anas)	115
Peran Teknologi Proses Agroindustri untuk Meningkatkan Ketahanan Energi Nasional (Erliza Hambali)	123
Gas Hidrogen Sebagai Alternatif Energi Ramah Lingkungan (Purwantiningsih Sugita)	138
Pengelolaan Sumberdaya Alam (Hutan) yang Lestari Perlukah Dilakukan ? (Bambang Hero Saharjo)	143
Pergeseran Paradigma Pengurusan Hutan Berbasis Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh: Implikasinya Terhadap Pengurusan Hutan di Indonesia (I Nengah Surati Jaya)	151
Pengelolaan Hutan Produksi Lestari di Indonesia dengan Penerapan Multisistem Silvikultur (Andry Indrawan)	162
Perekat Hayati untuk Komposit Lignoselulosa (Surdiding Ruhendi)	170
Pengelolaan Limbah B3 (Nastiti Siswi Indrasti)	183
Analisis Sedimen Terpadu Sebagai Alat Penetapan Status Pencemaran Laut (Harpasis S. Sanusi)	192
Pengembangan Teknologi Penangkapan Ikan Ramah Lingkungan Melalui Pendekatan Fisiologi-Tingkah Laku Ikan (Ari Purbayanto)	198
Satwa Liar Indonesia dan Tantangannya Bagi Pakar Konservasi (Ani Mardiasuti)	208
Kayu Sebagai Bio-material dan Permasalahannya (I Ketut N. Pandit)	215
Usaha Peningkatan Kesehatan Masyarakat Melalui Program Pengendalian Mastitis Subklinik (Mirnawati B. Sudarwanto)	221
Standarisasi Balai Inseminasi Buatan Daerah Melalui Akreditasi Nasional (Tuty L. Yusuf)	226
Pengembangan dan Aplikasi Bioteknologi Embrio pada Kloning Reproduksi dan Terapi (Arief Boediono)	232
Kerangka Sistem Pengambilan Keputusan Cerdas untuk Manajemen Rantai Pasok Bisnis dan Industri Pertanian (Marimin)	239
Pendugaan Fungsi Kepekatan Nonparametrik (Aunuddin)	254

**BIDANG KEBIJAKAN PEMBANGUNAN**

Sistem Pengelolaan Sumberdaya Air Kerkelanjutan, dalam Suatu Daerah Aliran Sungai (Affendi Anwar)	267
Strategi Pemecahan Masalah Ketahanan Pangan dari Sisi Produksi dan Distribusi Pangan (Sumardjo)	277
Peranan Pemuliaan Tanaman dalam Perspektif Pembangunan Pertanian Berkelanjutan (Surjono Hadi Sutjahjo)	291
Konsep dan Pemikiran untuk Menyongsong Revolusi Hijau Kedua (Ahmad Sulaeman)	300
"Merajut Jaring, Membentangkan Layar.....!" (Daniel R. Monintja)	314
Peningkatan Ketersediaan Pakan Nasional (Toto Toharmat)	326
NKRI yang Berwawasan Agromaritim (Soewarno T. Soekarto)	335
Reforma Agraria: Membangun Jalan Perubahan Menuju Tatanan Sosial yang Berkeadilan (Endriatmo Soetarto)	343
Meningkatkan Manfaat Keanekaragaman Hayati Bagi Kesejahteraan Manusia (Hadi S. Alikodra)	354
Tata Kelola Ekowisata (E.K.S. Harini Muntasib)	367
Masa Depan Manajemen Kawasan Hutan Konservasi (Sambas Basuni)	377
Perspektif Minawisata Bahari dalam Pengelolaan Terpadu Pulau-pulau Kecil Berbasis Ekosistem dan Masyarakat (Dietrich Geoffrey Bengen)	386
Peran Insitusi Pendidikan dalam Membangun Masyarakat Kampus yang Sehat (Clara Meliyanti Kusharto)	396
Bioetika Penelitian Biomedis dan Biosains dalam Penggunaan Hewan Laboratorium (Dondin Sajuthi)	406

## BIDANG PENDIDIKAN TINGGI

Konvergendi dalam Transformasi Perguruan Tinggi (Herry Suhardiyanto)	417
Mewujudkan IPB Sebagai Pendidikan Tinggi dengan Ilmu yang Lebih Bermanfaat (Hardjanto)	431
Niat Menjadi Dosen? Jadilah Dosen yang Baik dan Profesional (Utomo Kartosuwondo)	439
Biologi Molekul untuk Generasi Masa Kini dan Masa Depan (Alex Hartana)	451
Arah Pengembangan Pendidikan dan Penelitian Ilmu-ilmu Tanah untuk Mendukung Pertanian dan Lingkungan Hidup Berkelanjutan (Budi Mulyanto)	462
Tentang Tim Penyunting	477
Indeks Penulis	479



# Biologi Molekul untuk Generasi Masa Kini dan Masa Depan

Alex Hartana

Departemen Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB

Biologi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari kehidupan organisme, mulai mikrob, tumbuhan, hewan, sampai biologi manusia, sehingga Biologi boleh dikatakan merupakan induk dari ilmu-ilmu Pertanian dan Kedokteran. Oleh karena itu pengetahuan Biologi seharusnya menjadi pengetahuan dasar (*basic sciences*) bagi cabang ilmu-ilmu terapan tersebut.

Organisme hidup berinteraksi dengan lingkungannya yang berupa materi tidak hidup seperti gas dalam atmosfer, air, dan sinar matahari. Interaksi ini merupakan dasar suatu ekosistem yaitu hierarki tertinggi dalam suatu struktur organisasi kehidupan yang bisa dibuat. Suatu **ekosistem**, seperti hutan hujan tropika, mengandung semua organisme yang hidup dalam suatu daerah tertentu dengan komponen bukan hidup seperti tanah, udara, air, dan sinar matahari. Di bawah struktur organisasi ekosistem, semua makhluk hidup dalam hutan hujan tropika membentuk suatu **komunitas**. Dalam komunitas organisme hutan hujan tropika terdiri dari berbagai spesies makhluk hidup, salah satunya adalah spesies tupai terbang yang membentuk suatu **populasi**. Populasi tupai terbang merupakan kumpulan individu tupai terbang yang disebut kumpulan **organisme**.

Struktur di bawah organisme dalam tubuh seekor tupai terbang terdapat banyak **sistem organ**, seperti sistem pernapasan, sistem pencernaan, dan sistem saraf. Setiap sistem organ terdiri dari **organ-organ**, sebagai contoh organ utama dari sistem saraf adalah otak, yang terdiri kumpulan **jaringan** saraf. Dan setiap jaringan merupakan sekelompok **sel** yang serupa. Sel merupakan unit kehidupan yang terpisah dari lingkungannya yang dibatasi oleh membran. Setiap jaringan mempunyai fungsi yang khusus yang ditampilkan oleh sel penyusunnya. Jaringan saraf yang membentuk sebagian besar otak, terdiri dari sel-sel saraf.

Koordinasi otot untuk meluruskan kaki tupai waktu loncat melayang merupakan hasil jaringan komunikasi yang kompleks dari jutaan sel saraf yang membentuk jaringan saraf dalam otak.

Hierarki terakhir dari struktur organisasi biologi berupa molekul kimia. Sebagai contoh adalah DNA (*deoxyribonucleic acid*) yang merupakan molekul kimia pembentuk cetak biru suatu organisme, dan molekul penting yang diwariskan dari tetua ke zuriatnya, yang disebut gen. Molekul kimia merupakan kumpulan partikel terkecil kimia yang disebut atom.

Hierarki kehidupan tersusun dari molekul sampai ekosistem. Sel terbentuk dari banyak molekul, suatu jaringan memerlukan banyak sel, beberapa jenis jaringan membentuk suatu organ, dan seterusnya organisme sampai menjadi suatu ekosistem. Kebanyakan pakar biologi biasanya mengkhususkan mempelajari kehidupan pada salah satu tingkat tertentu, sebagai contoh seorang peneliti menganalisis postur tubuh tupai terbang hanya memusatkan pada tingkat organisme. Akan tetapi untuk mengerti postur melayang, mungkin diperlukan mempelajari pada tingkat sistem organ, interaksi antar otot dan tulang sehingga peneliti yang sama kerap kali perlu bekerja lebih dari satu tingkatan dalam hierarki kehidupan.

Banyaknya Spesies tumbuhan di muka bumi ini diduga relatif mendekati setengah juta. Konservasi sumberdaya genetika untuk spesies tersebut merupakan pekerjaan yang memerlukan banyak waktu dan perlu berkelanjutan sehingga bisa menjemukan. Sebagian besar spesies tumbuhan relatif belum dimanfaatkan oleh manusia, dan sebagian kecil saja yang sudah dibudidayakan. Dengan bertambahnya populasi manusia, maka lahan untuk perumahan dan lapangan pekerjaan bertambah sehingga lahan tempat tumbuh spesies tumbuhan berkurang, dan kemungkinan beberapa spesies tersebut punah sebelum teridentifikasi. Usaha manusia untuk melestarikan plasma nutfah tumbuhan sebagian bisa berupa biji yang disimpan, dan sebagian lagi harus dalam bentuk tumbuhan hidup hasil koleksi secara *ex situ* di kebun koleksi atau secara *in situ* di tempat semula tumbuhan tersebut ditemukan. Karena banyaknya varietas dari spesies tumbuhan yang sama, atau spesies yang berbeda yang harus dikonservasi, maka perlu dibatasi banyaknya nomor tumbuhan atau biji koleksi agar tidak terdapat duplikasi dari varietas atau spesies tumbuhan yang sama. Untuk mengetahui ada tidaknya duplikasi varietas atau spesies yang sama, maka setiap tumbuhan contoh dalam koleksi perlu diketahui identitasnya. Identitas yang biasa dipakai untuk membedakan varietas atau spesies tumbuhan adalah sifat tumbuhan yang bisa diamati oleh pancaindera secara mudah seperti morfologi daun, warna bunga, bentuk biji, dan warna buah. Akan tetapi ciri morfologi tersebut belum menjamin kalau fenotipenya sama mempunyai genotipe sama, sehingga ada kemungkinan dua nomor contoh tumbuhan yang berbeda tetapi karena menampakkan fenotipe yang sama pada beberapa sifat, dianggap duplikasi

contoh yang perlu dipilih salah satu saja dalam koleksi. Sebaliknya fenotipe yang berbeda di dua lokasi yang berbeda berdasarkan ciri morfologi, belum tentu berbeda genotipenya. Oleh karena itu perlu teknik lain yang bisa melacak dengan lebih akurat untuk membedakannya. Perkembangan teknologi dengan peralatan yang mutakhir telah berkembang dengan pesat di bidang biologi molekular, sehingga keragu-raguan membedakan tumbuhan di tingkat sel, jaringan, organ, dan individu, bisa diatasi dengan bantuan teknik molekular.

## Penelitian Biologi pada Tingkat Molekul

Kemajuan teknologi telah mendorong kemajuan penelitian dalam bidang Biologi secara umum, terutama penelitian pada tingkat molekul. Sebagai contoh pengamatan fenotipe suatu sifat pada mulanya terbatas pada sifat yang bisa diamati dengan menggunakan pancaindera, tanpa memerlukan peralatan dan teknologi yang modern. Teknologi dan kemajuan peralatan analisis telah memungkinkan terjadinya terobosan memvisualkan molekul biologi seperti penanda DNA yang mempunyai keragaman sebagai fenotipe suatu sifat, dan berkembangnya teknologi rekombinan DNA.

Suatu sifat tanaman yang bisa diamati dengan pacaindera dinamakan **fenotipe**. Kalau suatu sifat mempunyai lebih dari satu fenotipe, maka sifat tersebut bisa dipelajari pola pewarisannya. Sifat yang fenotipenya diwariskan dari satu generasi ke generasi berikutnya kemungkinan ditentukan oleh gen, lingkungan, dan atau interaksi gen dan lingkungan. Konstitusi genetik yang menentukan suatu fenotipe tanaman disebut **genotipe**, dan suatu fenotipe tertentu bisa merupakan ekspresi dari lebih satu genotipe (genotipe AA dan Aa menampilkan fenotipe A yang sama kalau gen alel A dominan terhadap alel a, misalnya untuk fenotipe warna bunga ungu kacang kapri). Bila suatu sifat mempunyai lebih dari satu kelas fenotipe maka sifat itu disebut mempunyai **polimorfisme**. Sebagai contoh sifat warna bunga tanaman kacang kapri mempunyai polimorfisme, fenotipenya ada yang ungu dan putih. Polimorfisme suatu sifat bisa mempunyai lebih dari dua fenotipe seperti pada sifat reaksi anti gen dan antibodi darah manusia yang dikelompokkan fenotipenya ke dalam empat kelas golongan darah: A, B, AB, dan O.

Dengan menggunakan bentuk polimorfisme tujuh sifat tanaman kacang kapri (*Pisum sativum*) yang masing-masing mempunyai dua fenotipe, Mendel melakukan percobaan persilangan, dan dari hasil percobaan ini Mendel menjelaskan tentang **unit dasar** yang menentukan pewarisan sifat tanaman tersebut, yang sekarang dikenal dengan istilah **gen**. Kodrat dari gen dan bagaimana gen menentukan fenotipe suatu sifat merupakan sesuatu yang menarik untuk dipertanyakan dan dibahas, sebagai contoh bagaimana alel dari suatu gen menghasilkan biji keriput atau licin. Bagaimana gen bekerja atau berfungsi?.

Hipotesis satu-gen-satu-enzim merupakan suatu penjelasan yang menerangkan fungsi gen dalam mengontrol fenotipe, yaitu satu gen mengontrol berfungsi tidaknya satu enzim. Hipotesis ini dikemukakan oleh George Beadle dan Edward Tatum pada tahun 1940 yang menganalisis mutan cendawan *Neurospora* hasil iradiasi.

Struktur fisik bahan genetik atau gen yang mengontrol pewarisan suatu sifat telah diketahui yaitu suatu molekul DNA. Pelacakan molekul DNA tertentu dari tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan teknik biologi molekuler dengan bantuan alat elektroforesis dan dengan atau tanpa bantuan reaksi berantai polimerase (*Polymerase Chain Reaction* (PCR)).

## Hubungan Genotipe dan Fenotipe

Hubungan gen dan enzim yang diterangkan dalam hipotesis satu-gen-satu-enzim menerangkan hubungan gen dengan enzim dalam suatu reaksi biokimia, dan seperti yang belum menerangkan hubungan gen dengan fenotipe suatu sifat seperti keriput-licin, bulat-lonjong, dan sebagainya. Oleh karena itu hubungan genotipe dan fenotipe perlu memperhatikan model berikut ini:

1. Karakteristik atau sifat suatu organisme ditentukan oleh fenotipe dari setiap bagian yang membentuk organisme itu, yang pada dasarnya ditentukan oleh fenotipe jaringan yang terdiri dari sel-sel.
2. Fenotipe dari suatu sel ditentukan oleh bahan kimia di dalamnya, yang reaksinya ditentukan oleh enzim-enzim yang mengkatalisis reaksi-reaksi metabolisme (sel seperti wadah tempat terjadinya reaksi kimia yang dikatalisis oleh enzim).
3. Fungsi dari suatu enzim bergantung pada sekuen linier asam amino yang menyusunnya, karena enzim adalah suatu molekul protein.
4. Kehadiran enzim dan protein struktural lainnya dalam suatu sel ditentukan oleh **genotipe sel**.
5. Gen atau DNA menentukan sekuen linier asam amino dalam polipeptida yang menjadi protein atau enzim. Jadi gen atau genotipe sel menentukan **fenotipe sel**.

Dari model hubungan genotipe dan fenotipe tersebut, maka boleh dikatakan bahwa apa pun bentuk sifat suatu organisme yang fenotipenya bisa diamati, bergantung pada unit dasar yang menyusun fenotipe itu yaitu sel. Genotipe sel akan menentukan fenotipe sel, fenotipe sel-sel menyusun fenotipe jaringan, yang pada akhirnya akan menampilkan fenotipe organisme tersebut.

## Polimorfisme Isozim dan Elektroforesis

Polimorfisme sifat morfologi tanaman seperti warna bunga, warna biji, bentuk biji, bentuk daun, pada umumnya terbatas fenotipenya, dan ada kalanya baru bisa diamati setelah tanaman berbunga atau berbuah dan berbiji, sehingga untuk tanaman bertahunan memerlukan waktu cukup lama sampai bisa diamati. Sifat morfologi seperti bunga dan buah akan sulit digunakan untuk pemeriksaan benih atau bibit suatu varietas tanaman. Oleh karena itu perlu dicari sifat yang fenotipenya polimorfik dan bisa dilacak dari bagian tanaman apa saja dan pada stadium benih.

Isozim atau isoenzim adalah enzim yang mempunyai bentuk polimorfik dalam suatu organisme atau spesies tanaman yang sama tetapi mengkatalisis reaksi metabolisme yang sama. Polimorfisme isozim berupa molekul-molekul protein berbeda yang fenotipenya dapat ditampilkan dalam bentuk pita-pita dan pola pita yang berbeda dengan menggunakan gel elektroforesis yang diwarnai dengan pewarna yang spesifik untuk setiap enzim.

Enzim yang akan dielektroforesis dapat diekstrak dari berbagai bagian jaringan tanaman, pada umumnya dari jaringan tanaman yang aktifitas enzim dan metabolismenya tinggi seperti daun muda, batang yang sukulen, bagian terminal akar, kecambah, atau embrio dan kotiledon. Polen dan biji atau bagian dari biji bisa juga digunakan. Akan tetapi perlu diperhatikan dari jaringan tanaman yang berbeda harus dalam kondisi fisiologi dan ontogenetik yang sama agar mendapatkan hasil elektroforesis yang sama. Keadaan fisiologi dan lingkungan berbeda bisa mempengaruhi fenotipe hasil elektroforesis dari jaringan tanaman yang sama.

Pemisahan molekul protein atau enzim dengan menggunakan elektroforesis memerlukan media pendukung seperti gel pati atau gel poliakrilamida. Gel pati lebih disukai dalam banyak penelitian analisis isozim dibandingkan gel poliakrilamida, karena gel pati lebih sederhana dalam mempersiapkannya, menggunakan bahan kimia tak beracun, peralatannya relatif lebih murah, dan lebih mudah memasukkan contoh enzim ke dalam gel. Contoh enzim hasil ekstraksi tidak perlu disentrifugasi untuk gel pati, lempengan gel pati bisa disayat secara horizontal menjadi beberapa lempengan yang masing-masing bisa untuk memeriksa enzim yang berbeda, sehingga dalam sekali elektroforesis bisa diperiksa lebih dari satu enzim untuk contoh-contoh tanaman yang sama dalam waktu yang sama.

## Polimorfisme Isozim dan Kegunaannya dalam Pertanian

Isozim mempunyai kelebihan sebagai penanda atau marka genetik dibandingkan marka genetik yang diketahui sebelum ini. Isozim umumnya memperlihatkan pola pewarisan Mendelian, ekspresinya kodomin, penetrasinya

penuh, dan tidak dijumpai pleiotropisme dan epistasis. Karena isozim adalah molekul protein, maka isozim akan mencerminkan langsung kalau terjadi perubahan dalam sekuen DNA melalui perubahan komposisi asam aminonya.

Sifat kodominan dan berpenetrasi penuh dari isozim menggambarkan biokimia dan genetik isozim sederhana. Suatu lokus isozim didefinisikan sebagai gen structural untuk suatu kemampuan enzim mengkatalisis suatu reaksi biokimia tertentu. Jika gen diekspresikan, maka aktifitas hasil pewarnaan merupakan suatu metode langsung untuk menampakkan produk dari dua alel dari suatu gen.

Dengan dasar genetika seperti tersebut di atas, isozim digunakan dalam banyak kegiatan analisis bidang biologi tumbuhan. Isozim digunakan untuk menganalisis sistem persilangan tumbuhan: apakah menyerbuk sendiri (autogami), menyerbuk terbuka (alogami), apomiksis, kombinasi dari kedua sistem tersebut, atau ketiga sistem tersebut dijumpai. Isozim juga bisa dipakai untuk melihat keragaman genetik di dalam dan antar populasi tanaman. Dalam suatu populasi pohon kelapa yang secara morfologi homogen dan berasal dari suatu tempat yang sama, secara isozim memperlihatkan keragaman. Dalam sistematika tumbuhan isozim membantu membedakan spesies tanaman yang secara klasifikasi taksonomi sukar dibedakan jika hanya berdasarkan morfologinya.

Dalam bidang pemuliaan tanaman, isozim digunakan untuk penanda hasil persilangan atau sebagai salah satu ciri varietas tanaman, pembuatan hibrida memerlukan penanda genetik untuk menjamin benih atau bibit yang dihasilkan betul-betul hasil silangan dari dua tetua yang diinginkan, oleh karena itu benih tersebut harus mempunyai kombinasi pola pita isozim tertentu dari kedua tetuanya (kodominan). Varietas tanaman sebaiknya mempunyai marka atau penanda isozim, agar benih yang dijual belikan terjamin kebenarannya. Ketahanan terhadap suatu penyakit atau hama tertentu diinginkan dalam merakit varietas tanaman unggul. Pengujian sifat ketahanan seringkali menimbulkan masalah keragu-raguan, oleh karena itu pelacakan kemungkinan keterpautan antara fenotipe sifat ketahanan tersebut dengan fenotipe pola pita isozim akan membantu menghilangkan keragu-raguan dengan cara mempergunakan marka pola pita isozim sebagai penanda ketahanan atau kerentanan tanaman dalam program seleksi. Keterpautan fenotipe isozim dengan karakter yang mempunyai nilai ekonomi pada tanaman bertahunan (perennial) akan membantu untuk menyeleksi tanaman tersebut pada tingkat bibit atau benih sehingga lebih cepat.

Pada tanaman yang diperbanyak secara vegetatif, okulasi dan penyambungan, marka isozim bisa digunakan sebagai penanda batang bawah atau batang atas yang benar diinginkan. Kultur jaringan membantu memperbanyak benih secara vegetatif dan diharapkan bibit yang dihasilkan seragam secara genetik. Untuk menjamin keseragaman atau kebenaran bibit yang dihasilkan dari perbanyakan secara kultur jaringan, pemeriksaan isozim sebagai penanda

bisa dilakukan pada keadaan tanaman masih berupa bibit, kalau-kalau ada kekhawatiran telah terjadi variasi somaklonal yang sukar dilacak secara morfologi pada stadium tanaman muda.

## Molekul DNA sebagai Marka Varietas Tanaman

Suatu kelemahan isozim sebagai marka atau penanda molekul adalah jumlah polimorfismenya tidak sebanyak yang bisa diperoleh marka molekul DNA. Oleh karena itu dengan perkembangan teknologi dan alat yang cepat, mudah dipelajari dan didapat walaupun lebih mahal, peneliti biologi molekul banyak yang beralih ke penggunaan marka DNA. Gen sudah dibuktikan dan dipercayai strukturnya berupa molekul DNA. Di dalam sel tanaman, DNA diketemukan dalam inti (nukleus), kloroplas, dan mitokondria. Keragaman molekul DNA dapat dilacak dengan menggunakan teknik biologi molekul. Teknik ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanaman dengan cara melacak keberadaan sekuen-sekuen DNA yang spesifik atau kombinasi sekuen DNA yang unik sebagai identitas tanaman tertentu. Biasanya tidak memerlukan menyekuen atau mengetahui urutan basa yang menyusun DNA tersebut, tetapi bisa berdasarkan penghibridan asam nukleat atau reaksi berantai polimerase (*polymerase chain reaction* (PCR)). Teknik yang berdasarkan penghibridan contohnya adalah RFLP (*restriction fragment length polymorphism*), sedangkan teknik yang berdasarkan reaksi berantai polimerase (PCR) di antaranya adalah RAPD (*Random amplified polymorphic DNA*), SSR (*Simple (short) sequence repeat*) atau 'microsatellites', AFLP (*Amplification fragment length polymorphism*), dan beberapa metode lainnya. Teknik yang berdasarkan PCR mempunyai keunggulan dalam kecepatan dan kepekaan, tetapi dalam beberapa hal teknik dengan penghibridan bisa lebih murah untuk dilaksanakan.

Keputusan memilih metode yang hendak dipakai untuk penggunaan tertentu akan bergantung pada kesulitan dalam membedakan yang harus dilakukan, dan faktor waktu, fasilitas dan dana yang tersedia. Tidak ada metode yang sekarang ada yang akan merupakan pilihan terbaik dalam semua keperluan, dan penerapan praktis yang berhasil dari teknik biologi molekul untuk mengidentifikasi tanaman memerlukan kefleksibelan dalam memilih protocol. Kodrat dari contoh tanaman seperti ukuran, umur, dan tempat penyimpanan akan menentukan teknik yang dapat digunakan. Beberapa teknik memerlukan pengisolasian DNA yang sangat murni dengan hati-hati dengan jumlah banyak, sedangkan teknik yang lainnya dari ekstrak kasar tanaman contoh sudah cukup bisa dilaksanakan.

## ***Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)***

Analisis RFLP pada DNA genom tanaman meliputi kegiatan: Mengisolasi DNA, memotong DNA dengan suatu enzim restriksi, memisahkan sekuen-sekuen DNA dengan menggunakan elektroforesis gel agarose, memindahkan DNA ke membran, menghibrid DNA dengan menggunakan probe berlabel, dan terakhir melacak DNA yang dikehendaki sebagai marka. Enzim restriksi merupakan enzim restriksi endonuklease yang akan memotong situs-situs spesifik pada DNA contoh (empat pasang basa atau lebih). Probe adalah sekuen DNA yang spesifik yang dibuat untuk menghibrid DNA target yang hendak dilacak berupa sekuen DNA dari contoh yang tidak diketahui. Jika penghibridan DNA terjadi berarti contoh DNA tersebut memiliki pasangan basa dari probe dan merupakan marka sebagai penciri tanaman yang dikehendaki. Marka molekul DNA hasil penghibridan tersebut dapat dilihat dan diidentifikasi karena probe yang dipakai berlabel radioaktif atau non-radioaktif. Teknik analisis ini memerlukan probe spesifik yang sudah diketahui dan tersedia, biasanya berasal dari spesies tanaman yang sedang dipelajari atau dianalisis.

Kebaikan RFLP adalah marka ini kodrat pewarisannya bersifat kodominan, yang memungkinkan fenotipe dari genotipe homozigot bisa dibedakan dari heterozigotnya. Dan keuntungan yang lainnya, homologi yang diharapkan tercatat antara fragmen-fragmen polimorfik, karena menggunakan probe yang sama (berbeda dibandingkan RAPD). Akan tetapi kelemahannya analisis RFLP memerlukan banyak waktu dan tenaga, dan terlalu lambat untuk mengevaluasi populasi besar yang bersegregasi dalam program pemuliaan tanaman komersial. Selain itu analisis RFLP memerlukan jumlah DNA genom yang cukup banyak untuk menyiapkan blot *Shouthern*.

## **Reaksi Berantai Polimerase (PCR)**

Teknik PCR merupakan salah satu metode analisis yang banyak digunakan dalam biologi molekuler tanaman untuk mencari marka molekul. Metode ini tidak memerlukan jumlah contoh DNA banyak, dan reaksi berantai polimerase ini menggunakan sepasang primer yang urutan basanya acak atau yang dirancang berdasarkan sekuen pengapit DNA spesifik yang hendak diamplifikasi dalam mesin PCR dengan menggunakan protocol dan mengikuti prosedur dari perusahaan yang membuat. Akan tetapi prosedur ekstraksi DNA tanaman tertentu, tahapan dan banyaknya siklus reaksi amplifikasi berulang PCR sebaiknya perlu dioptimumkan agar hasil yang diperoleh bisa diulang dengan hasil yang sama untuk primer tertentu yang sama.

*Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)* adalah salah satu metode analisis untuk mencari marka molekul DNA yang menggunakan PCR dengan



primer-primer acak oligonukleotida pendek (-10 nukleotida) sebagai pembuat marka molekul. Agar hasil RAPD bisa diulang kembali, diperlukan penyediaan contoh tanaman dan isolasi DNA dengan konsisten. DNA hasil isolasi harus memenuhi persyaratan mutu kualitas dan kuantitas tertentu yang baik untuk PCR. Sebagai marka molekul dari suatu spesies tanaman, metode RAPD memerlukan penyeleksian primer acak yang memberikan hasil polimorfisme yaitu pita RAPD yang dihasilkan lebih dari satu pita yang berbeda, sedangkan untuk mencari marka molekul untuk suatu varietas tanaman, selain menyeleksi primer juga harus disurvei bahwa pita atau pita-pita RAPD yang akan menjadi marka harus spesifik hanya ditemukan di varietas tanaman itu, atau jika marka itu ditemukan di varietas lain, harus ada ciri lainnya sebagai pembeda.

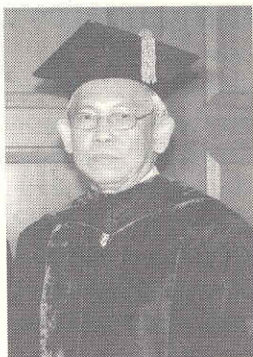
Metode RAPD memerlukan elektroforesis gel agarosa dalam memisahkan fragmen DNA hasil PCR, dan pita RAPDnya ditampakkan dengan pewarnaan etidium bromide, yang dilihat di atas lampu sinar ultra violet. Jika hasil PCR dielektroforesis menggunakan gel poliakrilamida dan pewarnaan perak nitrat maka disebut *DNA amplification fingerprinting* (DAF). Teknik DAF biasanya menggunakan primer lebih pendek (-6-8 nukleotida), menghasilkan pita DNA yang lebih tajam dan jelas karena resolusi gel poliakrilamida lebih tinggi, akan tetapi gel agarosa yang digunakan untuk metode RAPD lebih sederhana dan mudah dibuat. Dibandingkan RFLP, analisis RAPD/DAF lebih menguntungkan karena (i). tidak memerlukan prosedur yang mahal dan tenaga yang intensif, (ii). tidak memerlukan pustaka genom untuk mengembangkan probe, (iii). untuk setiap reaksi PCR jumlah DNA contoh diperlukan sedikit (-100 ng vs. 10  $\mu$ g untuk RFLP), dan (iv). tidak diperlukan informasi sekuen DNA untuk merancang primer (sedangkan SSR memerlukan ).

Genom tanaman umumnya mempunyai sekuen-sekuen DNA berulang sederhana, dua atau tiga-nukleotida, yang disebut SSR (*Simple (atau Short) sequence repeat*) juga dikenal sebagai STR (*short tandem repeat*) atau '*microsatellite*'. PCR yang menggunakan primer untuk sekuen pengapit DNA berulang ini dapat menghasilkan polimorfisme marka molekul DNA. Keterbatasan penggunaan metode SSR dalam mengidentifikasi tanaman adalah kesukaran mengkloning dan menyekuen daerah pengapit SSR.

## Daftar Pustaka

- Campbell NA, Mitchell LG, Reece JB. 2006. *Biology: Concepts and Connections*. 4<sup>th</sup> ed. Addition Wesley Longman, Inc. San Francisco.
- Griffiths AJF, Wessler SR, Lewontin RC, Gelbart WM, Suzuki DT, Miller JH. 2005. *An Introduction To Genetic Analysis*. 8<sup>th</sup> ed. WH Freeman & Co. New York
- Henry RJ. 1997. *Praktical Applications of Plant Molecular Biology*. Chapman & Hall. New York
- Hohan Jain S, Brar DS, Ahloowalia BS (eds.). 2002. *Molekular Techniques in Crop Improvement*. Kruwer Acad. Publish. Dordrecht. The Netherlands.
- Soltis DE & Soltis PS. 1989. *isozymes in Plant Biology*. Advaces in Plant Sciences Series. Vol 4. Dioscorides Press. Portland, Oregon.

## BIODATA PENULIS



**Prof. Dr. Ir. Alex Hartana, M.Sc.**

lahir di Purwakarta pada tanggal 30 Desember 1949. Pada tahun 1954 bersekolah di sekolah berbahasa Mandarin pada tahun 1957 pindah ke Sekolah Rakyat No. 17 bernama SR Purwaayu 1957-1963 di Purwakarta. Melanjutkan ke SMP Negeri di Purwakarta tahun 1963-1965, lulus SMAK II di Jakarta (1965-1968). Ia melanjutkan pendidikan sarjana di Fakultas Pertanian IPB pada tahun 1969. Di tingkat 4 Sarjana Muda II tahun 1973/1974, diangkat menjadi Asisten Muda dan menjadi calon pegawai negeri di Departemen Agronomi Fakultas Pertanian IPB. Wisuda sebagai Sarjana Pertanian diperoleh pada Agustus 1975.

Pindah dari Departemen Agronomi ke Departemen Botani untuk mengembangkan bidang Genetika. Tahun 1977-1980 menjadi Sekretaris Departemen Botani Fakultas Pertanian IPB. Pada tahun 1981 mendapat tugas belajar S2 dan S3 di University of Wisconsin, Madison, Amerika Serikat yang diselesaikan tahun 1986 dalam bidang Genetika dan Pemuliaan Tanaman. Kembali ke Indonesia bergabung dengan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) IPB. Pada tahun 1987 menjadi Kepala Laboratorium Biologi Tumbuhan, Pusat Studi Ilmu Hayat IPB, dan pernah menjadi Sekretaris Jurusan Biologi Fakultas Matematik dan IPA IPB tahun 1988-1991, Ketua Departemen Biologi FMIPA IPB 2004-2008. Pada tahun 2006 mendapat Penghargaan dan Satyalencana Pengabdian 30 Tahun dari Pemerintah RI.

Hibah penelitian kompetitif yang pernah didapat: Basic Sciences Award, Competitive Research Grant, Coconut Genetic Research Project (Analisis keragaman dan pewarisan pola pita isozim serta analisis asam lemak tanaman kelapa) 1992-1994, XXI World Bank, Basic Science University Project, dan Competitive Research Grant, Coconut Genetic Research Project, 1992/1993, Agricultural Research Management Project. Hibah Bersaing I, 1992-1997 Pemuliaan Tanaman Ubijalar. D2P-Dikti: Competitive Research Grant, Sweet Potato Genetic Research Project, 1994/1995, 1993/1994, Life Sciences Inter-University Center IPB XVII World Bank Project. Competitive Research Grant, Hibah Tim Pascasarjana (URGE), 1997-2000, Molecular Genetic Analysis of Indonesian Coconut Germplasm, D2P-Dikti- World Bank Project.