

KETERSEDIAAN PLASMA NUTFAH UNTUK PERBAIKAN VARIETAS PADI

Aan Andang Daradjat¹, Sudiati Silitonga², dan Nafisah¹

¹Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi
dan Sumber Daya Genetik Pertanian

1. PENDAHULUAN

Padi termasuk tanaman kuno (*old crop*) yang usianya hampir sama dengan budi daya pertanian sekitar 10.000 tahun yang lalu. Hal ini mungkin terjadi karena kemampuan tanaman padi yang beradaptasi luas. Tanaman padi dapat tumbuh pada tanah kering, tanah tergenang dan air dalam.

Bukti-bukti arkeologi, analisis palynologi serta literatur kuno menunjukkan bahwa tanaman padi pertama kali didomestikasi dan dibudi dayakan di lembah dataran sedang Yangzi, Provinsi Hunan, Cina sekitar tahun 7500–8500 SM. Tanaman tersebut kemudian menyebar secara perlahan-lahan ke Asia Tenggara dan Asia Selatan pada kira-kira tahun 4000 SM. Dari India tanaman tersebut masuk ke Timur Tengah (sekitar tahun 3000 SM). Dari Cina tanaman tersebut menyebar ke arah Timur yaitu Korea dan Jepang sekitar tahun 2500 SM. Dari Timur Tengah tanaman tersebut berkembang ke Mesir dan daerah Mediteran sekitar tahun 1000–2000 SM (Greenland, 1997).

Menurut Ting (1957) dalam Sharma (2003) tanaman padi berasal dari dataran tinggi Yunnan dan Provinsi Guichu di Cina bagian Selatan. Berdasarkan persilangan delapan varietas sub Himalaya yang berasal dari ekotipe yang berbeda, Morinaga (1968) menduga bahwa kaki pegunungan Himalaya merupakan daerah pusat domestikasi padi (Sharma, 2003). Berdasarkan variasi enzim esterase pada 2.752 varietas asli yang berasal dari Asia Selatan, Asia Tenggara, dan Asia Timur diketahui bahwa variasi genetik padi dari Myanmar Utara, Yunnan, Thailand, dan Laos adalah yang paling tinggi. Menurut Chang (1976), seleksi awal tanaman padi dapat terjadi secara sendiri-sendiri dan hampir bersamaan di berbagai tempat di dalam atau di daerah yang berdekatan dengan daerah sabuk pusat keragaman genetik padi dari Lembah Sungai Gangga di kaki pegunungan Himalaya, melalui Myanmar bagian atas, Thailand bagian Utara, Laos, Vietnam Utara, ke bagian Barat Daya dan Selatan Cina, yang kemudian disebut sebagai *homeland* tanaman padi.

Padi adalah tanaman sereal yang bernilai sosial, politik dan ekonomi, karena merupakan bahan makanan pokok bagi lebih dari setengah penduduk dunia. Untuk mempertahankan keseimbangan antara permintaan dan produksi padi, maka hampir semua negara penghasil padi berupaya menstabilkan laju kenaikan

produksi melalui peningkatan produktivitas tanaman. Sebab itu diperlukan inovasi varietas unggul baru dalam bentuk kerjasama regional dan global.

Perakitan varietas modern bergantung pada ketersediaan keragaman genetik tanaman. Karakter-karakter unggul yang diperlukan untuk memperbaiki varietas yang telah ada, hampir semuanya dipunyai oleh varietas tradisional yang ditanam petani, dan terseleksi selama beberapa generasi, serta sejumlah spesies liar. Sebab itu meskipun varietas modern saat ini telah diadopsi secara luas oleh petani, namun keberadaan varietas tradisional harus dipertahankan karena masih berguna, walaupun selama ini belum dimanfaatkan. Uraian berikut ini akan mengungkap pengelolaan plasma nutfah, keragaman genetik, pemanfaatan dan sumbangannya terhadap ketahanan pangan nasional.

2. KERAGAMAN GENETIK PLASMA NUTFAH PADI

Bukti-bukti botani, arkeologi, bahasa dan kebudayaan menunjukkan bahwa tanaman padi berasal dari satu atau lebih daerah yang memanjang dari lembah Indus di Pakistan sampai lembah Yangtze di Cina pada awal periode neolitik. Pada periode tersebut, kondisi iklim dan ekologi daerah mendukung untuk pertumbuhan spesies keturunannya dan kemudian menyebar ke daerah-daerah yang lebih luas daripada daerah penyebaran saat ini (Sharma, 2003). Dalam proses domestikasi dan penyebarannya selama ribuan tahun terjadi proses seleksi oleh petani, sehingga terbentuk keragaman genetik yang amat luas yang dicerminkan oleh besarnya jumlah varietas padi yang ada sekarang ini. Jackson (1995) memperkirakan adanya 140.000 varietas padi termasuk varietas primitif dan varietas budi daya.

Keanekaragaman hayati didefinisikan sebagai total keanekaragaman dan variabilitas sistem dan organisme pada tingkat bioregional, lanskap (*landscape*), ekosistem dan individu pada berbagai tingkat organisme dari spesies, populasi dan individu serta pada tingkat gen (Heywood, 1995), sedangkan IPGRI (1993) mendefinisikan sumber daya genetik sebagai bahan genetik tanaman yang memiliki nilai aktual dan potensial sebagai suatu sumber bahan perbaikan varietas untuk generasi sekarang dan yang akan datang. Hawkes *et al.* (2000) mengelompokkan bahan genetik tanaman tersebut menjadi beberapa golongan:

- a. Bentuk-bentuk primitif tanaman budi daya atau varietas lokal, merupakan hasil pertanian tradisional yang berkembang dengan menggunakan praktek pertanian tradisional.

- b. Varietas modern adalah plasma nutfah yang penting ketika varietas ini sudah tidak beredar lagi dimasyarakat.
- c. Varietas yang tidak terpakai lagi, adalah varietas yang dihasilkan oleh pemulia yang sudah tidak memiliki nilai komersial, tetapi masih memiliki gen yang berguna untuk pemuliaan.
- d. Galur pemuliaan atau stok genetik, yaitu materi yang digunakan untuk membentuk varietas modern dengan cara pemuliaan tanaman atau seleksi
- e. Ras gulma adalah kelompok tumbuhan yang terjadi sebagai bagian dari kompleksitas tanaman-gulma di dalam pusat gen atau di manapun juga. Gulma ini mungkin memiliki gen yang berguna dari spesies padi liar.
- f. Kerabat spesies liar, adalah kelompok tanaman yang terbentuk di daerah pusat gen tanaman yang dibudidayakan atau tidak dibudidayakan.
- g. Spesies liar lainnya, adalah spesies tanaman yang memiliki nilai guna untuk manusia sebagai tanaman obat, estetika, dan berguna untuk pemulia tanaman di masa yang akan datang, karena mungkin memiliki gen yang mungkin tidak tersedia pada tanaman yang telah dibudidayakan.

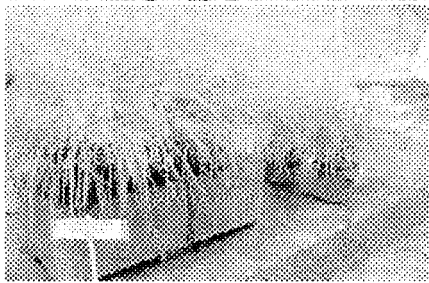
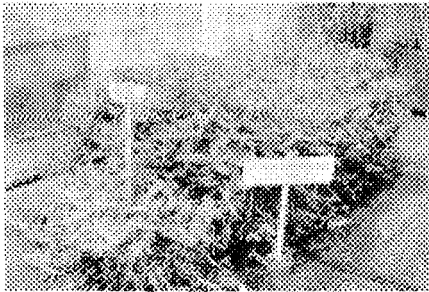
Dua spesies padi yang dibudi dayakan manusia yaitu *Oryza sativa* ($2n = 24$, AA) dikenal sebagai padi Asia, dibudidayakan hampir di seluruh bagian dunia, sedangkan *O. glaberrima* ($2n = 24$, AA), dikenal sebagai padi Afrika, hanya dibudidayakan di sebagian daerah di Afrika Barat.

Selain itu terdapat 22 spesies padi lainnya yang sebagian besar termasuk padi liar yang memiliki jumlah kromosom $2n = 24$ atau $4n = 48$, dengan genom AA, BB, CC, BBCC, CCDD, EE, FF, GG, HHJJ, dan HHKK (Vaughan, 1994; 2003; Aggarwal *et al.*, 1997; Ge, 1999). Spesies padi liar tersebut tersebar di seluruh dunia kecuali Antartika (Tabel 1).

Dua kerabat dekat spesies *O. sativa* adalah *O. nivara* dan *O. rufipogon* yang tersebar di Asia Selatan, Asia Tenggara, dan Asia Timur. Kedua jenis padi tersebut adalah diploid ($2n = 24$) dan memiliki genom yang sama (AA) dan turunan mereka bersifat fertil sebagian. Spesies *O. glaberrima*, berkerabat dekat dengan *O. barthii*. Kedua spesies itu adalah padi semusim yang bersifat diploid ($2n = 24$, AA). Diduga nenek moyang dari *O. sativa* adalah *O. rufipogon* tetap hidup sebagai padi tahunan (*perennial*) dan *O. nivara* sebagai padi semusim, sedangkan *O. glaberrima* diduga berasal dari *O. longistaminata* yang hidup sebagai tanaman tahunan, dan *O. barthii* yang hidup sebagai tanaman semusim. Spesies padi liar memiliki banyak kelemahan misalnya tanaman kerdil, perawakan seperti rumput, hasil sangat rendah namun sangat berguna sebagai sumber gen untuk cekaman biotik (hama dan penyakit) dan abiotik.

Tabel 1. Jumlah kromosom, konstitusi genom dan sifat potensial yang berguna spesies *Oryza* (Brar and Khush, 2002)

Species	2n	Genom	Distribusi	Sifat Berguna
O. sativa complex				
<i>O. breviligulata</i> A. Chev et Roehr (<i>O. barthii</i>)	24	AgAg	Afrika	Resisten wereng hijau, HDB, toleran kekeringan
<i>O. longistaminata</i> A. Chev. et Roehr.	24	AlAl	Afrika	Resisten HDB, nematode, toleran kekeringan
<i>O. meridionalis</i> Ng	24	AmAm	Australia tropik	Kemampuan memanjang, toleran kekeringan
<i>O. glumaepatula</i> Steud.	24	AgpAgp	Amerika Selatan dan Tengah	Kemampuan memanjang
O. officinalis complex				
<i>O. punctata</i> Kotschy ex Steud.	24, 48	BB, BBCC	Afrika	Resisten wereng cokelat, zigzag leafhopper
<i>O. minuta</i> J.S. Presl. ex C.B. Presl.	48	BBCC	Filipina	Resisten penyakit HDB, blas, hama wereng
<i>O. officinalis</i> Wall ex Watt	24	CC	Papua Nugini	cokelat, wereng hijau, toleran hawar pelepah
<i>O. rhizomatis</i> Vaughan	24	CC	Asia tropik dan sub tropik, Australia tropik	Resisten thrips, wereng cokelat, wereng hijau, wereng punggung putih, HDB, dan lempuh batang
<i>O. eichingeri</i> A. Peter	24	CC	Sri Lanka	Toleran kekeringan
	24	CC	Asia Selatan dan Amerika Selatan, Afrika Timur	Resisten wereng cokelat, wereng punggung putih, dan wereng hijau
<i>O. latifolia</i> Desv.	48	CCDD	Amerika Selatan dan Tengah	Resisten wereng cokelat, produksi biomassa tinggi
<i>O. alta</i> Swallen	48	CCDD	Amerika Selatan dan Tengah	Resisten penggerek batang, produksi biomassa tinggi
<i>O. grandiglumis</i> (Doell) Prod.	48	CCDD	Amerika Selatan dan Tengah	Produksi biomassa tinggi
<i>O. australiensis</i> Domin. (Mor. ex Steud.) Baill.	24	EE	Australia Tropis	Resisten wereng cokelat, HDB, toleran kekeringan, adaptasi terhadap tanah aerobik
O. meyeriana complex				
<i>O. granulata</i> Nees et Arn. ex Watt	24	GG	Asia Selatan dan Tenggara	Toleran naungan, adaptatif terhadap tanah aerobik
<i>O. meyeriana</i> (Zoll. Et)	24	GG	Asia Selatan	Toleran naungan
O. ridleyi complex				
<i>O. longiglumis</i> Jansen	48	HHJJ	Papua, Indonesia dan Papua Nugini	Resisten blas, HDB
<i>O. ridleyi</i> Hook. F.	48	HHJJ	Asia Selatan	Resistan HDB, blas, penggerek, lalat bibit
Belum terklasifikasi				
<i>O. brachyantha</i> A. Chev. et Roehr.	24	FF	Afrika	Resisten HDB, penggerek kuning, penggulus daun, lalat bibit, tanah laterite
<i>O. schlechteri</i> Pilger	48	HHKK	Papua Nugini	Stoloniferous



Genus kerabat dari *Oryza sativa*.



Oryza alta.

3. PEMANFAATAN PLASMA NUTFAH

Salah satu komoditas yang aksesori koleksi plasma nutfahnya tersimpan paling banyak di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian (BB Biogen) adalah padi. Jumlah aksesori koleksi plasma nutfah padi yang hingga kini tersimpan di BB Biogen adalah sekitar 4.000 aksesori, sekitar 2.500 aksesori tersimpan di Balai Besar Penelitian Tanaman Padi sebagai duplikat koleksi dan “*working collection*”, serta sekitar 8.964 aksesori dikonservasi di *Internasional Rice Research Institute* (IRRI). Plasma nutfah sebanyak itu terdiri atas varietas padi lokal, galur harapan, galur-galur elit, varietas unggul, introduksi dan spesies padi liar.

Sebagian dari koleksi Plasma Nutfah padi tersebut telah dikarakterisasi dan dievaluasi ketahanannya terhadap cekaman biotik seperti hama wereng batang cokelat, ganjur, penyakit blas, hawar daun bakteri, hawar daun jingga, daun hawar daun bergaris putih, dan toleransinya terhadap keracunan terhadap Fe, Al, dan kekeringan.

Data paspor, hasil karakterisasi dan evaluasi disimpan dalam database dan dapat diakses melalui website www.indoplasma.or.id. Cara tersebut diharapkan dapat mempermudah para pengguna mengakses informasi keunggulan aksesori plasma nutfah sebagai sumber gen untuk perakitan varietas baru, maupun perbaikan sifat varietas padi unggul yang telah ada.

3.1 Pengelolaan Plasma Nutfah

Pengelolaan Plasma Nutfah Pertanian meliputi kegiatan-kegiatan berikut: (1) eksplorasi dan koleksi; (2) rejuvenasi dan karakterisasi; (3) evaluasi; (4) konservasi; (5) dokumentasi dan pertukaran informasi.

3.1.1 Eksplorasi dan Koleksi

Eksplorasi dan pengumpulan plasma nutfah telah dilakukan di seluruh Provinsi di Indonesia namun masih terbatas hanya pada daerah-daerah yang mudah dijangkau. Eksplorasi masih jarang dilakukan pada daerah-daerah yang sulit dijangkau seperti daerah rawa, pasang surut dan padi liar di pedalaman-pedalaman hutan karena membutuhkan dana yang banyak. Namun demikian, dalam rangka kerja sama Badan Litbang Pertanian dengan IRRI, ORSTOM, dan Universitas Cornell (USA) eksplorasi spesies padi liar telah dilakukan di Kabupaten Merauke dekat Taman Nasional Wasur. Kegiatan tersebut telah berhasil mengoleksi sejumlah spesies padi liar seperti, *O. officinalis*, *O. longiglumis*, *O. rufipogon*, dan *O. meridionalis*. Pada saat melakukan eksplorasi dan koleksi plasma nutfah, sejumlah informasi seperti yang tercantum dalam formulir pengumpulan data Tabel 2, perlu dikumpulkan dan dicatat.

Informasi tentang daerah asal aksesori koleksi plasma nutfah padi yang tersimpan di Bank Gen BB Biogen dicantumkan pada Tabel 3.

3.1.2 Rejuvenasi dan Karakterisasi Plasma Nutfah

Rejuvenasi adalah salah satu kegiatan dalam pengelolaan plasma nutfah yang bertujuan memperbaiki daya tumbuh (daya berkecambah) benih-bebib plasma nutfah yang telah mengalami deteriorasi akibat penyimpanan dalam jangka panjang. Dalam proses rejuvenasi tersebut aksesori plasma nutfah yang daya berkecambahnya <50% ditanam di lapangan. Bersamaan dengan proses rejuvenasi tersebut dapat dilakukan karakterisasi sifat-sifat agronomi dan morfologi tanaman. Karakterisasi sifat-sifat morfologi dan atau agronomi aksesori plasma nutfah didasarkan pada pedoman yang telah dikeluarkan oleh IBPGR atau UPOV. Berdasarkan pada daftar karakter (*descriptor list*) yang dikeluarkan oleh UPOV yang diadopsi oleh Pusat Perlindungan Varietas Tanaman Departemen Pertanian, karakteristik tanaman padi sebaiknya dilakukan terhadap 65 karakter tanaman (PVT, 2006).

Dari hasil karakterisasi tersebut akan diperoleh informasi keunggulan dan kelemahan karakter plasma nutfah yang dikoleksi. Seperti halnya kombinasi sifat postur tanaman dengan umur tanaman. Kombinasi tanaman pendek dengan umur genjah didapatkan pada varietas Rp 1837 (Reg. 20625), Seribu Gantang

Tabel 2. Formulir Pengumpulan Plasma Nutfah Padi**INFORMASI UMUM/DATA PASPOR**

No. koleksi	:		Kolektor	:
Nama varietas	:		Arti nama varietas	:
Tanggal	:			
		Hari	Bulan	Tahun
Lokasi	:	Desa, kecamatan, kabupaten dan Provinsi		
Tinggi tempat (dpl)	:	 m	Lintang :.....U/S; Bujur :	T/B
Topografi	:	Datar, bergelombang, bukit, pegunungan, rawa		
Ekosistem	:	Dataran tinggi, dataran rendah, dan rawa (dalam dan dangkal)		
Tekstur tanah	:	Berpasir, lempung, liat, berbatu, tanah organik		
Drainase	:	Jelek, sedang, bagus, air berlebih		
Tipe pertanian	:	Sawah, tadah hujan, gogo, air dalam, rawa, pasang surut		
Status sampel	:	Varietas lokal, liar, rumput		
Tipe sampel	:	Biji, malai, tanaman		
Grup	:	Cere, bulu, japonica, hibrida		
Nama petani	:			
Fotoperiodisitas	:	Sensitif dan tidak		

KARAKTERISTIK VARIETAS PETANI

Deskripsi ringkas (Kata kunci) :

Sifat penting	:	
Umur	:	Sangat genjah, genjah, sedang, dalam
Rasa	:	Nasi (pulen, sedang, dan pera)
Pertukaran benih	:	
Pengelolaan lingkungan yang spesifik	:	
Issue gender	:	

(Reg. 20630), Ilang (Reg. 20631), Nona Bokra (Reg. 20641), Ketan Sadane (Reg. 20648), Mentik Urang (Reg. 20658), dan Sipulo Mandailing (Reg. 20683).

Pada aksesori lain, misalnya varietas Tholo (Reg. 5720) memiliki karakter batang kekar dan anakan banyak, demikian pula varietas Kapas (Reg. 20038) mempunyai batang kekar, anakan sedang, daun hijau, lebar dan tegak. Nandi Koneng (5574), memiliki panjang malai >29 cm, umur 130 hari, jumlah gabah per malai 480 butir namun jumlah butir isinya hanya 338, karena kehampaan hampir mencapai 30%. Beberapa aksesori mempunyai malai yang panjang dengan densitas gabah yang rapat, serta jumlah cabang malai lebih dari 13. Penampilan kombinasi karakter seperti itu didapatkan pada varietas Srengseng (Reg. 5672) yang memiliki jumlah gabah per malai sekitar 400 biji, dan cabang malai sebanyak 17. Kekurangan dari varietas Srengseng ini adalah tanamannya tinggi dan daunnya panjang sehingga apabila digunakan sebagai sumber tetua untuk jumlah biji yang banyak, sifat tinggi ini kemungkinan terbawa dalam turunannya.

Ukuran dan bentuk gabah plasma nutfah padi sangat bervariasi dari bentuk bulat kecil sampai ramping. Panjang gabah berkisar antara 1,9–10,6 mm dan lebar 1,9–3,9 mm. Varietas padi yang bergabah bulat kecil seperti varietas padi yang digunakan petani sebagai makanan burung perkutut jarang dijumpai,

Tabel 3. Jumlah Koleksi Plasma Nutfah Padi di BB Biogen, 2008

Provinsi	Jumlah koleksi (aksesi)
Nanggroe Aceh Darussalam	225
Sumatera Utara	175
Sumatera Barat	89
Jambi	7
Bengkulu	9
Riau	55
Sumatera Selatan	126
Lampung	53
Jawa Barat	645
Jawa Tengah	168
D.I. Yogyakarta	35
Jawa Timur	342
Bali	10
Nusa Tenggara Barat	16
Nusa Tenggara Timur	13
Kalimantan Barat	276
Kalimantan Timur	386
Kalimantan Tengah	28
Kalimantan Selatan	54
Sulawesi Utara	19
Sulawesi Tengah	34
Sulawesi Selatan	65
Sulawesi Tenggara	16
Maluku Utara	19
Papua	1 + Padi liar (4) spesies
Introduksi	253

sehingga harganya relatif mahal. Padi yang memiliki gabah berukuran panjang dan ramping akan menghasilkan beras dengan bentuk dan ukuran butiran beras panjang dan ramping. Bentuk beras seperti itu banyak diminati konsumen. Padi dengan bentuk ramping seperti itu antara lain adalah varietas Deli (6284), juga mempunyai persentase butir mengapur kecil (<10%). Varietas Gandaria (5476) mempunyai malai panjang dan bentuk beras ramping. Rangkuman jumlah aksesori plasma nutfah padi berdasarkan pengelompok sejumlah karakter penciri varietas ditampilkan pada Tabel 4 (Silitonga, 2004).

Karakterisasi plasma nutfah selain didasarkan atas penampilan fenotipe morfologi tanaman, dilakukan juga dengan menggunakan markah molekuler mikrosatelit. Cara tersebut selain digunakan untuk membedakan satu aksesori dengan aksesori lain, juga dilakukan untuk mengetahui hubungan kekerabatan antara padi yang telah dibudi dayakan dengan spesies padi liar. Karakterisasi terhadap 330 aksesori padi budi daya yang terdiri dari 249 varietas lokal dan 64 varietas unggul mengungkapkan bahwa 69% dari varietas lokal yang

dikarakterisasi merupakan varietas padi indica, sedangkan 31% sisanya adalah padi bulu (javanica atau tropical japonica). Sementara dari 64 varietas unggul yang diteliti, 94% diantaranya merupakan varietas indica, dan 6% sisanya adalah padi javanica atau tropical japonica (Thomson *et al.*, 2006). Dengan menggunakan 17 marka mikro satelit, 85 aksesori padi liar (16 spesies) dan tingkat kesamaan genetik sebesar 81%, didapatkan dua kelompok besar varietas yaitu, kelompok I terdiri atas enam spesies yaitu *O. glaberrima*, *O. barthii*, *O. nivara*, *O. rufipogon*, *O. glumaepatula*, dan *O. australiensis*; sedangkan kelompok II beranggotakan sepuluh spesies yaitu *O. alta*, *O. officinalis*, *O. eichingeri*, *O. grandiglumis*, *O. malampuzhaensis*, *O. latifolia*, *O. rhizomatis*, *O. ridleyi*, *O. punctata*, dan *O. minuta* (Prasetyono dkk, 2005).

3.1.3 Evaluasi Plasma Nutfah

Evaluasi ketahanan/toleransi plasma nutfah terhadap hama, penyakit dan kondisi lahan yang sub-optimal dilakukan untuk memperoleh nilai aktual dari potensi plasma nutfah sebagai sumber gen keunggulan karakter tanaman. Evaluasi dilakukan sesuai dengan metode skrining baku untuk masing-masing karakter unggul yang menjadi target evaluasi. Informasi hasil evaluasi dimasukkan ke dalam suatu pangkal data yang ditata sesuai dengan sistem yang sudah baku seperti sistem informasi koleksi Bank Gen Padi IRRI (*International Rice Gene Bank Collection Information Institute* = IRGCIS). Di Indonesia, evaluasi keunggulan aksesori plasma nutfah dilakukan terhadap karakter ketahanan terhadap hama dan penyakit utama seperti hama wereng batang cokelat, penyakit blas dan hawar daun bakteri. Sedangkan evaluasi toleransi terhadap cekaman abiotik dilakukan terhadap keracunan Fe, keracunan Al, dan kekeringan.

3.1.3.1 Ketahanan plasma nutfah terhadap hama wereng cokelat, penyakit hawar daun bakteri, dan blas

Dari 1.400 aksesori yang diuji terhadap wereng cokelat masing-masing terdapat 51 aksesori yang tahan terhadap wereng batang cokelat populasi IR64, dan populasi IR42. Di antara aksesori-aksesori tersebut ada enam aksesori yang tahan terhadap kedua populasi wereng batang cokelat termaksud yaitu, Ase Botong (Reg. 4363), Ase Pute (Reg. 4365), IR32, IR54, Cimelati, dan P. Mayun.

Plasma nutfah padi yang tahan terhadap penyakit hawar daun bakteri (HDB) isolat IV berjumlah 166 aksesori, dan yang tahan isolat VIII sebanyak 39 aksesori (Silitonga dkk., 2001; Silitonga, 2004). Aksesori yang tahan terhadap isolat IV belum tentu tahan isolat VIII, dan sebaliknya. Varietas yang tahan terhadap kedua isolat ini adalah Paya Rias (8557), Pelay (8585), Padi Koran (8640),

Dendek Lamora (8702), Ketan Muriki (10061), Rondo Gedong (12841), dan Pandan Wangi (16330),

Dari 80 aksesi padi liar yang terdiri atas 15 spesies, dapat diidentifikasi 59 aksesi dari 12 spesies sebagai sumber gen tahan terhadap cekaman biotik (Abdullah *et al.*, 2004). Spesies *O. officinalis* merupakan sumber gen yang terbaik untuk ketahanan terhadap wereng batang cokelat, hawar daun bakteri, dan blas, diikuti dengan spesies *O. minuta*, *O. punctata*, *O. alta*, dan *O. grandiglumis*. Diantara spesies-spesies tersebut yang dapat dijadikan sumber ketahanan terhadap wereng cokelat biotipe 3 adalah *O. officinalis*, *O. alta*, *O. minuta*, *O. malampuzhaensis*, *O. ridleyi*, dan *O. punctata*.

Dari 14 populasi spesies padi liar yang terdiri atas 75 aksesi, ada 28 aksesi menunjukkan tahan terhadap penyakit HDB strain IV, sedangkan 24 aksesi lainnya menunjukkan ketahanan terhadap dua strain HDB IV (Xoo8821) dan strain VIII (Xoo8817). Lima spesies di antaranya menunjukkan ketahanan terhadap kedua strain, ternyata memiliki genom AA yang sangat erat hubungannya dengan spesies *O. sativa*. Spesies-spesies tersebut adalah *O. glaberrima*, *O. nivara*, *O. rufipogon*, *O. Barthii*, dan *O. glumaepatula*.

Evaluasi ketahanan plasma nutfah padi lokal terhadap penyakit blas (*Pyricularia grisea*) dilakukan di daerah endemik blas Sukabumi dan Tamanbogo, yang memiliki ras blas yang sangat berbeda virulensinya. Berdasarkan pengamatan selama ini didapatkan kenyataan bahwa ras blas Tamanbogo lebih virulen dibanding ras blas Sukabumi. Hasil skrining menunjukkan bahwa ada 187 aksesi plasma nutfah yang tahan terhadap ras blas Sukabumi, dan hanya sekitar 33 aksesi yang tahan ras Tamanbogo (Silitonga, 2004; Silitonga dkk., 2001). Selain itu dilaporkan pula bahwa 15 spesies padi liar yang meliputi 80 aksesi plasma nutfah teruji tahan terhadap ras blas 041 dari Indramayu dan ras 073 dan 173 dari Sukabumi. Walaupun demikian dari populasi tersebut hanya ada 7 aksesi yang tahan terhadap ras blas 041, dan tidak ada satu aksesipun yang tahan terhadap ras blas 073 dan 173 (Abdullah *et al.*, 2004).

3.1.3.2 Ketahanan terhadap kekeringan, keracunan Al dan Fe

Evaluasi plasma nutfah terhadap cekaman kekeringan menghasilkan 64 aksesi toleran di antaranya Hawara Bunar, Cabacu, Leukat Medan, Leukat Adang, Sirendah, Si Latihan, Kuku Balam, dan Taring Manjangan (Silitonga, 2004). Sedangkan pada pengujian dengan larutan PEG beberapa aksesi di antaranya mempunyai daya tembus akar yang baik (Suardi dan Silitonga, 1999; Silitonga dkk., 2001) seperti varietas Cabacu, Langke, Padai Saleng Kelambu, Padai Mayun, dan Padai Pute Mambat. Spesies padi liar *O. glaberrima* (101297), *O. nivara* (103281), *O. nivara* (103860), *O. rufipogon* (100211), *O. barthii*

(104384), *O. alta* (105143), dan *O. australiensis* (105264). Spesies *O. glaberrima* (101297) mempunyai sifat cukup toleran terhadap tegangan osmotik dengan daya tembus akar yang tinggi, sehingga varietas ini baik digunakan sebagai sumber gen ketahanan terhadap kekeringan.

Plasma nutfah padi toleran terhadap keracunan Al yang diuji di Tamanbogo, Lampung dengan kejenuhan Al 61–68% diantaranya adalah Balimau Putih (4305), Rijal (5647), Mendalet (5742), Parab (19368), Padi Sereh (19952), Grogol (11718), Deli (12394), dan Ramces (13217). Beberapa varietas selain toleran Al juga tahan terhadap penyakit blas ras Tamanbogo yaitu Sereh, Pulut Kelapa, Ase Pute, dan Hawara Bunar (Silitonga, 2004; Suhartini dan Silitonga, 2005).

Dari pengujian toleransi varietas terhadap keracunan Al yang dilakukan di Jasinga, Kabupaten Lebak, Jawa Barat yang memiliki kejenuhan Al 47,6% didapatkan sejumlah aksesi yang toleran di antaranya adalah varietas Hawara Bunar (sebagai pembanding tahan), Sitopas (8182), Rambute (8587), Paya Bontang (8602), Padi Pulut Hitam (19829), Padi Empresu (19830), Merit (19843), Mawang (19844), Pontoh (19853), Pulut Pejaji (19878), Selasih (19931), Jala (20389), Kumpang Emas (20394), Siung Basalo (20405), Lemo (20411), Singkut (20415), Lahung (20419), Ketan Puyuk (20427), Ketan Nangka (20575), dan Americana (20729) (Silitonga dkk., 2001). Di antara aksesi-aksesi tersebut, varietas Hawara Bunar merupakan sumber gen yang baik karena toleran terhadap keracunan Al, kekeringan, dan tahan penyakit blas.

Evaluasi toleransi plasma nutfah padi terhadap keracunan Fe yang dilakukan di Tamanbogo yang memiliki Fe antara 170–200 ppm di Tamanbogo, memperoleh informasi bahwa varietas Padang K (4323), Getik (5643), Menta (5758), Ritgen (6550), Humbang (20502), Humbang Kencana (20508), Ramos Batu (20707), dan beberapa varietas dari Kalimantan seperti Sampit (3982), Angkong (5602), Pontianak (20445), dan Pantat Ulat (20524) di samping toleran keracunan Fe juga toleran keracunan aluminium (Silitonga, 2004; Suhartini dan Silitonga, 2005).

3.1.3.3 Ketersediaan sumber gen

Peningkatan produksi padi yang akhir-akhir ini sering didengungkan dalam program Peningkatan Produksi Beras Nasional (P2BN) kiranya perlu ditindaklanjuti dengan merakit *gene pool* baru yang memiliki diversitas genetik luas, melalui program introgresi sejumlah sumber gen yang berasal dari plasma nutfah lokal dan atau introduksi. Sejumlah plasma nutfah telah teridentifikasi memiliki keunggulan spesifik dan dapat dijadikan sumber gen penting untuk pembentuk *gene pool* baru (Tabel 4 dan 5).

Tabel 4. Karakterisasi Sifat Morfologi, Agronomi, Fisiologi, dan Mutu Plasma Nutfah yang Dapat Digunakan sebagai Sumber Gen (Suardi dan Silitonga, 1999; Silitonga, 2004)

Karakteristik	Jumlah akses
Umur genjah <120 hari	225
Tanaman pendek <100 cm	150
Malai panjang(>30 cm)	35
Butir isi >250 biji/malai	16
Bobot 1000 biji $\geq$ 30g	17
Bentuk beras ramping	40
Kadar amilosa rendah (<20%)	48
Transpirasi tinggi	5
Daya tembus akar baik	21

Tabel 5. Sumber Gen untuk Ketahanan terhadap Cekaman Biotik dan Abiotik (Silitonga, 2004; Suardi dkk., 2004; Suhartini dan Silitonga, 2005; Abdullah *et al.*, 2004)

Sumber gen	Jumlah akses	Sumber gen	Jumlah akses
WCK populasi IR42	51	HDB strain IV & VIII	24
WCK populasi IR64	51	WCK Biotip 3	Padi liar
Ganjur	15	DBP	36
Blas daun	134	HDJ	14
Blas leher	25	Toleran Al *	201
Blas (8 ras utama)	84	Toleran Fe	130
Blas ras Sukabumi	187	Toleran tanah masam PMK	104
Blas ras Tamanbogo	33	Toleran kekeringan	75
HDB strain IV	166	Daya tembus akar baik	21
HDB strain IV (padi liar)	28	Toleran naungan	9
HDB strain VIII	39		

Ket: WCK = wereng cokelat; HDB = Hawar Daun Bakteri; HDJ = Hawar Daun Jingga; LD = Lempuh Daun; DBP = Daun Bergaris Putih; Gj = Ganjur; * Kejenuhan Al: 50–60%.

Identifikasi keunggulan spesifik dari akses-akses plasma nutfah tersebut sebagian besar didasarkan atas tanggapan fenotipik. Berkaitan dengan hal itu, untuk meningkatkan nilai presisi dalam peningkatan diversitas genetik *gene pool* baru yang akan dibentuk, sebaiknya identifikasi keunggulan genetik dari akses-akses plasma nutfah ditindak lanjuti dengan studi genetik untuk mengetahui kesamaan “alel” antara gen tahan/toleran pada akses plasma nutfah dengan gen tahan/toleran yang sudah dimiliki varietas-varietas unggul yang banyak digunakan petani. Kegiatan termaksud dapat dilakukan secara konvensional melalui analisis pola segregasi dari turunan hasil persilangan, atau secara molekuler dengan menggunakan berbagai macam marka molekuler.

3.1.4 Konservasi

“Invasi” VUB di sentra produksi padi, disinyalir telah menggeser kondisi alami ekosistem padi dari heterogen ke kondisi yang homogen, sehingga sejumlah ras lokal, varietas lokal, dan atau spesies liar padi “hilang”. Plasma nutfah tersebut, merupakan sumber daya hayati yang memiliki nilai potensial dan aktual untuk kepentingan manusia, maka perlu konservasi (*in situ* dan *ex situ*).

Terkait dengan pembangunan di sektor-sektor non-pertanian saat ini banyak lahan pertanian di sejumlah sentra produksi padi dikonversi menjadi lahan industri atau lahan pemukiman. Oleh sebab itu, konservasi *in situ* akan mengalami kendala kompetisi kepentingan dengan berbagai pihak yang melaksanakan pembangunan.

Berkaitan dengan hal tersebut, konservasi plasma nutfah padi saat ini difokuskan pada konservasi *ex situ*. Benih-benih hasil eksplorasi setelah diuji daya tumbuhnya dan diperbanyak/direjuvenasi segera diproses dan dikeringkan sampai kadar air 5–7%, kemudian dipak dalam kantong aluminium foil.

Kantong-kantong benih plasma nutfah tersebut disimpan di ruang dingin yang memiliki suhu ruangan antara -18° C sampai -20° C untuk periode penyimpanan jangka panjang, atau pada suhu ruangan antara 0–5° C untuk periode penyimpanan jangka menengah, dan pada suhu ruangan >10–15° C untuk periode penyimpanan jangka pendek. Untuk mempertahankan viabilitas benih, contoh benih dari aksesi plasma nutfah yang tersimpan secara berkala diuji daya tumbuhnya. Ketersediaan benih dalam jumlah cukup dan pada kondisi yang baik merupakan hal penting dalam pengelolaan dan pemanfaatan plasma nutfah. Oleh sebab itu, untuk benih plasma nutfah yang memiliki daya tumbuh (daya berkecambah) <50% akan segera direjuvinasi untuk mendapatkan benih-benih baru.

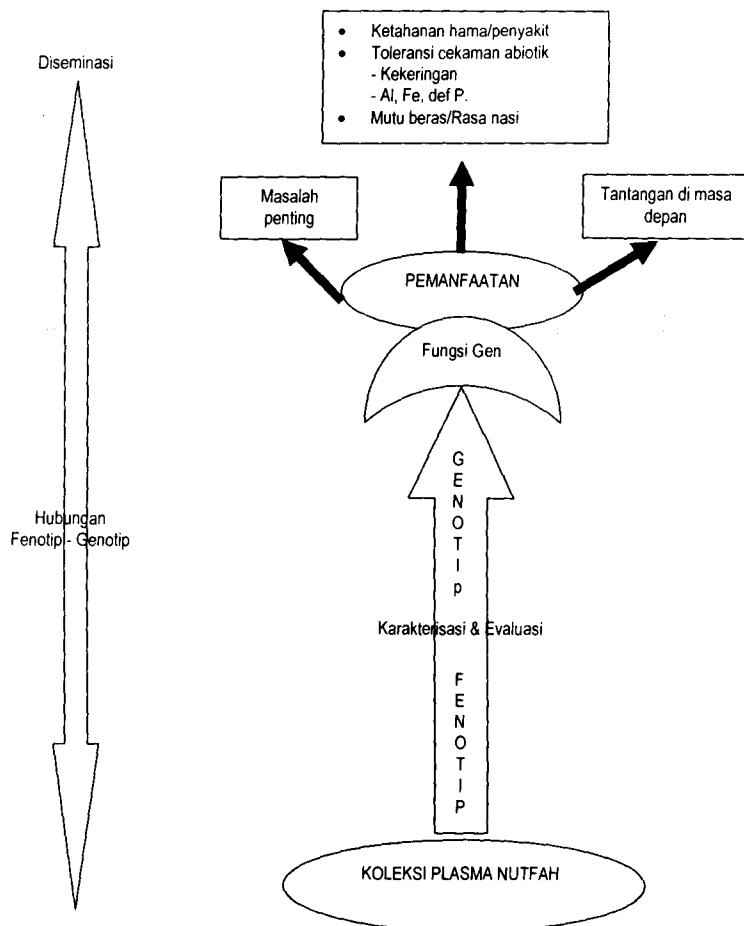
3.1.5 Dokumentasi, Pertukaran Material dan Informasi

Dokumentasi mulai dari hasil eksplorasi dan koleksi plasma nutfah, rejuvenasi, perbanyakkan, karakterisasi, evaluasi, konservasi, dan pemanfaatannya, sampai penyebarluasannya dan pertukaran informasi kepada para pengguna disimpan dalam *data base*. Hal ini berguna untuk:

- Memfasilitasi pencatatan data (*data recording*), pencarian data (*retrieval*), penyimpanan data (*storage*) dan pemeliharaan data (*maintenance*).
- Mempermudah staf Bank Gen dalam mengelola plasma nutfah.
- Memberikan akses informasi langsung kepada para pengguna baik di dalam dan luar negeri yang berhubungan dengan aksesi dan pertukaran informasi.

- Memudahkan para pengguna plasma nutfah untuk memperoleh informasi tentang keunggulan aksesori-aksesi plasma nutfah, dan memperoleh benih/koleksi yang diinginkan sesuai dengan kebutuhannya.

Khusus untuk kegiatan pertukaran plasma nutfah antara lembaga penelitian dari dalam dan luar negeri, proses penyerahan benih dari materi genetik/plasma nutfah dilengkapi dengan dokumen perjanjian serah terima materi genetik (*Material Transfer Agreement*). Dalam hal pertukaran material genetik/plasma nutfah antara negara atau lembaga penelitian yang telah meratifikasi traktat ITPGRFA (*International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*) dokumen pertukaran plasma nutfah antar pihak yang berkepentingan akan mengikuti dokumen baku persetujuan pertukaran materi genetik (*Standard Material Transfer Agreement* = SMTA).



Gambar 1. Keanekaragaman plasma nutfah padi dan pemanfaatannya.

4. PERAKITAN VARIETAS UNGGUL BARU

4.1 Peranan Varietas Peta Sebagai Tetua dalam Perakitan Varietas Modern

Di Indonesia, pemuliaan tanaman padi dimulai bersamaan dengan berdirinya Stasiun Penelitian Pertanian (*General Agricultural Research Station*) di Bogor pada tahun 1905. Material genetik padi pertama kali berasal dari Jawa (Stock, 1908 dalam Harahap *et al.*, 1972), namun aktivitas pemuliaan padi hanya terbatas pada uji varietas lokal dari beberapa daerah di Indonesia dan introduksi dari daerah lain. Sampai tahun 1926, perkembangan pemuliaan tanaman padi tidak menunjukkan kemajuan yang berarti, dan pekerjaan pemuliaan terfokus hanya pada pemurnian varietas-varietas bulu dan seleksi galur murni.

Varietas Cina yang diintroduksi dari negara Cina pada tahun 1914 merupakan varietas introduksi yang paling populer. Varietas tersebut berkembang karena memiliki sifat tidak peka terhadap fotoperiodisitas, hasil tinggi, dan mutu baik. Pada tahun 1930, Koch berhasil membentuk galur murni dari varietas tersebut (Parthasaraty, 1972)

Pembentukan 6 stasiun penelitian di Indonesia pada tahun 1926–1946 mampu memacu kegiatan perakitan varietas padi yang beradaptasi luas dan disukai petani. Varietas Bengawan merupakan varietas paling populer yang dihasilkan dari persilangan antara varietas Cina x Latisail. Dari persilangan tersebut terbentuk pula varietas Mas, Intan, dan Peta yang tersebar sampai Filipina dan Sri Lanka. Sigadis, adalah hasil persilangan antara varietas bulu Benong dengan Bluebonet yang memiliki mutu gabah yang inferior, namun unggul dalam hal ketahanan terhadap penyakit tanaman sehingga di IRRI, Thailand dan di India menjadikannya tetua untuk perbaikan ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri dan blas (Tabel 6).

Salah satu turunan yang penting dari persilangan Cina x Latisail adalah varietas Peta. Varietas tersebut merupakan salah satu tetua dari varietas-varietas modern yang dikembangkan oleh IRRI. Peta memiliki tipe tanaman tinggi, berpotensi hasil tinggi dan beranak banyak dengan umur panen sekitar 153 hari dan tidak sensitif terhadap fotoperiodisitas.

Pada tahun 1962 IRRI melakukan program persilangan yang menggunakan Peta sebagai salah satu tetuanya. Di antara turunan dari program persilangan tersebut adalah IR5 merupakan hasil persilangan antara Peta dan Tangkai Rotan, sementara IR8 memiliki tetua Peta dan DGWG. Varietas-varietas yang dihasilkan IRRI selanjutnya seperti, IR20, IR22, IR24, IR26, IR28, IR29, IR30, IR32, dan seterusnya sampai dengan IR64 dan IR74 memiliki salah satu tetua yang merupakan keturunan dari hasil persilangan dengan Peta (Khush dan Virk, 2005).

Tabel 6. Varietas Indonesia yang Dilepas dari 1940 sampai tahun 1965 dan Tetuanya

Varietas dan tahun dilepas	Tetua
• Mas dan Intan (1940),	Cina x Latisail
• Tjahaja, Fajar, Pelopor, Bengawan, Peta dan Salak (1941)	
Sigadis (1954)	Bluebonet x Benong
Remadja (1954), Djelita (1955)	(Baiang x Cina) x (Cina x Latisail)
Dara (1960)	Bengawan ³ x Sigadis
Syntha (1963), Dewi Tara (1964),	Bengawan ⁴ x Sigadis
Arimbi(1965), Bathara (1965)	

Tabel 7. Plasma Nutfah Padi yang Telah Dimanfaatkan dalam Program Persilangan (Silitonga, 2004 dan Vaughan, 1994)

Tujuan perbaikan	Tetua
Cekaman biotik	
Wereng coklat	Ptb18, Ptb19, Ptb21, Ptb33, Rathu Heenati, IR54742-23-1-29-3, Mudgo, Babawee, Barumun, IR56, IR68, IR70, IR72, Memberamo, TKM6, <i>O. officinalis</i> , Kencana Bali, Paedae Kalibungga, dan Paedae Nggulahi
Wereng hijau/tungro	Balimau Putih, Utri Merah, dan Utri Rajapan, PTB 8, PTB 18, PTB 33, Pankhari
Ganjur	Siam-29 dan Muay Nangh (Acc 4375)
Hawar daun bakteri	IRBB5, IRBB7, DV-8, Pelita I-1, Cisadane, Aceh-aceh, RP1837-175-3-2, Baso, Sipulut, Lemo, Si Topas, Siredep, Bengawan, Papah Aren, dan Rojolele
Blas	Tetep, Tadukan, CNA-4140, Carreon, Lagas, Arias, Klemas, Sirendah, Sibuah, Cartuna, Dular, dan Genjah Lampung
Kerdil rumput	Si Topas
Cekaman abiotik	
Kekeringan	Gajah Mungkur, Kalimutu, ITA257-MP7-B2, Salumpikit, Centro America, Cabacu, ICOX1-A-58, ICOX1-B-66, Lagos dan Tera
Suhu rendah (dataran tinggi)	Silewah, Pratao, Progal, dan Lengkuwang
Naungan	Jatiluhur dan B6824E-TB-3
Keracunan Al	IRAT144, IRAT303, Hawarabunar, IAC-1246, Azucena, IRAT351, IRAT352 dan IRAT379
Keracunan Fe	Mahsuri, BW-267-3, KDM105, Batang Ombilin, Kapuas, dan Kuatik Putih
Submergence	FR13A dan Mahakam
Kegaraman	Pokkali, Nona Bokra, Pucuk, Pelita I/1, dan Bayar Putih
Umur genjah	NDR308, CINA V, Gajah Mungkur, ITA257-MP7-B2, dan B6.750
Mutu beras	Bengawan, Sintha, Rojolele, Sukamandi, Genjah Lampung, Seratus Malam, IR841, IR64, KDM105, Cabacu, Barumun, Bengawan Solo, Cisadane, Memberamo, Cibodas, Gilirang, Fatmawati, Ciherang

4.2 Pemanfaatan Varietas Lokal dalam Pengembangan Varietas Padi Unggul Nasional

Dalam program pemuliaan padi nasional, varietas lokal banyak digunakan sebagai donor gen sifat mutu baik (rasa nasi enak, aromatik), ketahanan terhadap hama dan penyakit utama (wereng cokelat, hawar daun bakteri, tungro, dan sebagainya) dan toleransi terhadap cekaman abiotik seperti suhu rendah, toleran lahan salin, sulfat masam, genangan. Sedangkan varietas unggul yang saat ini banyak digunakan petani tetapi memiliki satu atau lebih sifat-sifat yang kurang baik dijadikan target perbaikan dengan harapan karakteristik mutu dan daya adaptasi varietas dapat dipertahankan, sehingga varietas baru hasil perbaikan varietas yang telah ada mudah diadopsi petani. Pada umumnya tetua yang digunakan dalam program persilangan seperti dimaksud di atas adalah varietas yang disebut pada Tabel 7.

Di antara 189 varietas unggul padi yang telah dilepas oleh BB Padi, sebanyak 48 varietas di antaranya merupakan varietas introduksi dari IRRI. Tiga varietas yaitu Genjah Malam, Arias, dan Seratus Malam merupakan varietas hasil pemurnian galur dan 138 varietas selebihnya merupakan hasil rakitan pemulia padi BB Padi. Tercatat bahwa 25 varietas lokal digunakan langsung sebagai tetua di dalam perakitan varietas baru, lima di antaranya adalah varietas lokal hasil introduksi. Sedangkan varietas yang lain, dirakit dengan memanfaatkan galur pemuliaan atau galur elit dan varietas unggul yang sudah ada (Tabel 8).

4.3 Varietas Unggul Baru dan Kontribusinya dalam Peningkatan Produksi Padi Nasional

Revolusi hijau mampu meningkatkan produksi padi sawah lebih dari empat kali dari produksi yang dicapai pada tahun 1950-an (Jatileksono, 1998). Pada pertengahan tahun 1960-an, produksi padi nasional adalah 1,8–1,95 t/ha. Rata-rata hasil padi sawah Indonesia dengan adopsi varietas generasi pertama (IR5 dan IR8) adalah 2 t/ha. Pelepasan varietas IR36 meningkatkan hasil padi menjadi 3 t/ha di akhir tahun 1970-an. Pelepasan varietas baru di tahun 1980-an mampu meningkatkan hasil padi melebihi 4 t/ha. Adopsi IR64 secara luas mampu meningkatkan produksi padi sawah mencapai 4,6 t/ha. Akhir-akhir ini produksi padi mengalami pelandaian, saat ini rata-rata produksi padi nasional adalah 4,78 t/ha (BPS, 2005).

Las (2002) melaporkan bahwa teknologi, perluasan areal tanam dan interaksi keduanya memberikan sumbangan terhadap peningkatan produksi padi berturut-turut sebesar 56%, 26,3%, dan 26,30% dan peran varietas unggul bersama pupuk dan air terhadap peningkatan produksi mencapai 75%.

Tabel 8. Varietas Unggul Padi Nasional yang Menggunakan Tetua Varietas Lokal Sebagai Donor Langsung

Varietas	Persilangan	Ekosistem
Sigadis	Blue Bonnet/Benong	Sawah
Remaja	Balang/Cina//Latisail	Sawah
PB5	Peta/Tangkai Rotan	Sawah
PB8	Peta/Tangkai rotan	Sawah
Dewi Ratih	221-BC3-20-2/Randak Cupak	Sawah
Gemar	Jerak/PB8	Dataran tinggi
Gati	Sigadis/Bhasmati	Gogo
Batang Agam	Sirendah Merah/IR2153	Dataran tinggi
Tondano	Gati/Genjah Lampung	Gogo
Kelara	R. Heenati/IR3404	Sawah
Batang Ombilin	Kuning Galung/IR2061	Dataran tinggi
Maninjau	IR8/Shintha/Genjah Lampung/Si Gadis	Gogo
Bahbutong	C4-63Gb/PTB33	Sawah
Danau Bawah	B2784/IR32/Arias	Gogo
Danau Atas	Seratus Malam Malam (Radiasi)	Gogo
Laut Tawar	Seratus Malam Mutan/IR50	Gogo
Danau Tempe	IR8*3/Carreon	Gogo
Way Rarem	R8*3/Carreon/B981B	Gogo
Maros	Markoti/IR64	Sawah
Limboto	Papah Aren/IR36//Dogo	Gogo
Indragiri	B6256/Barumun/Rojolele/IR68	Rawa
Margasari	Siam Unus/Cisokan	Rawa
Martapura	Siam Unus/Cisokan	Rawa
Wera	Hawara Bunar	Sawah
Mendawak	Mahsuri/Kelara	Rawa
Pepe	Simariti/IR64*3	Sawah
Aek Sibundong	Sitali/Way Apo Buru/Widas	Sawah

Dari aspek lingkungan, semakin banyaknya varietas yang teridentifikasi beradaptasi baik pada suatu lingkungan tertentu, maka semakin meningkatkan variabilitas genetik tanaman. Hal tersebut akan mampu memperkecil tekanan seleksi terhadap penyakit atau hama yang secara tidak langsung akan memperkecil peluang munculnya strain penyakit atau biotipe hama baru.

Sejak didirikannya lembaga penelitian padi oleh pemerintah Hindia Belanda, dari tahun 1943 sampai dengan tahun 2008, sebanyak 206 varietas telah dilepas oleh Badan Litbang Pertanian (BB Padi, 2008). Hasil survei tahun 2002 mengungkapkan bahwa areal pertanaman varietas unggul mencakup 90%

Tabel 9. Luas Tanam Varietas Unggul Padi di 12 Provinsi di Jawa Tengah, Sumatera, Nusa Tenggara, dan Sulawesi Selatan 2002/03 (Puslitbangtan, 2004)

Varietas	Tahun pelepasan	Luas tanam (000 ha)	Varietas	Tahun pelepasan	Luas tanam (000 ha)
IR64	1986	4.195	IR74	1966	107
Way Apo Buru	1998	758	Digul	1996	62
Ciliwung	1989	616	Cilamaya Muncul	1996	60
Memberamo	1995	425	Sintanur	2001	58
Ciherang	2000	408	Cirata	1996	50
Cisadane	1980	338	Celebes	2000	35
IR42	1988	305	Tukad Balian	2000	35
Widas	1999	244	Lokal		343
IR66	1995	175			

dari total areal tanam padi sawah, dengan jumlah varietas unggul yang diusahakan sekitar 80 varietas. Dua belas VUB di antaranya mempunyai areal tanam di atas 50 ribu ha/musim (Tabel 9). Hasil survei tahun 2004 di dua puluh Provinsi penghasil padi menunjukkan bahwa varietas Ciherang menduduki peringkat kedua (16,7%) dari total luas areal padi sawah, sedangkan IR64 masih menduduki peringkat pertama (33,2%) (Puslitbangtan, 2006).

Peningkatan produksi padi gogo dan padi dataran tinggi tidak setinggi yang dicapai pertanaman padi lahan irigasi. Data statistik (BPS) menunjukkan bahwa hasil padi gogo meningkat dari 1 t/ha di era tahun 1950-an dan 1960-an menjadi 2,5 t/ha pada saat sekarang ini (BPS 2005). Di tingkat penelitian hasil padi gogo berkisar antara 3,5–6,6 t/ha (Suwarno dkk., 2005). Dalam sepuluh tahun terakhir, Departemen Pertanian telah melepas dua belas varietas padi gogo (Tabel 10).

Belum ada penelitian sampai tingkat mana adopsi varietas unggul padi gogo di tingkat petani. Areal pertanaman padi gogo tersebar pada berbagai kondisi agroekologi dari wilayah beriklim kering hingga basah. Kendala utama peningkatan produksi padi gogo di wilayah kering adalah kekeringan, sedangkan di wilayah beriklim basah adalah penyakit blas, tingkat kesuburan tanah rendah, kemasaman tanah, keracunan dan defisiensi hara, petani subsisten, dan ketersediaan modal usaha rendah (Suwarno dkk., 2005).

Pengembangan lahan pasang surut untuk tanaman padi memerlukan varietas padi yang toleran terhadap keracunan Fe, SO₄, Al, dan salinitas. Sejak tahun 1999, Departemen Pertanian telah berhasil melepas sebelas varietas yang dapat dikembangkan di lahan pasang surut, sembilan varietas di antaranya hasil rakitan BB Padi (Tabel 11).

Tabel 10. Varietas Unggul Padi Gogo (Suprihatno dkk., 2006)

Varietas	Tahun pelepasan	Hasil (t/ha)	Keunggulan	Persilangan
Gajah Mungkur	1994	2,5–3,5	Blas, kekeringan	IRAT112
Way Rarem	1994	3,0–4,0	Blas, Al, Fe, naungan	R8*3/Carreon/B981B
Kalimutu	1994	2,5–3,5	Blas, kekeringan	IAC220-79
Jatiluhur	1994	2,5–4,5	Blas, naungan	TOX1011/Ranau
Cirata	1996	3,0–5,0	Blas, WCK 1, naungan	IR9129-59-3/IR5975
Limboto	1999	3,0–5,0	Blas, Fe, Al, kekeringan	Papan Aren/IR36//Dogo
Towuti	1999	3,0–5,0	Blas, WCK2, 3, HDB III, IV	S449B/Carreon//IR64*2
Batuteji	2001	3,0–5,0	Blas, Al, kekeringan	B6876B-Mr-10/B6128B-TB-15
Danau Gaung	2001	3,4–5,0	Blas, Al, Fe, kemasaman	ARC10372/B6135//Way Rarem
Silugonggo	2002	4,5–5,5	Blas, HDB, kekeringan	IR9129/IR19774//IR9729
Situ Patenggang	2003	3,6–5,6	Blas, aromatik, kekeringan	Kartuna/TB47H-Mr-10
Situ Bagendit	2003	3,0–5,0	Blas, HDB III, naungan	Batur/S2823//S2823

Tabel 11. Varietas Unggul Padi Pasang Surut (Suprihatno dkk., 2006)

Varietas	Persilangan	Hasil t/ha	Keunggulan
Banyuasin	Cisadane/Kelara	5	Blas, becak cokelat, Fe (10 ppm dan Al (5,4 me/100g)
Batanghari	Cisadane/IR19661-131-1-3-1-3	5,5	Fe, lahan gambut dan sulfat masam
Dendang	Osok/IR5657-33-2	4	Al, cukup toleran Fe dan salinitas
Indragiri	B6256-Mr-3-5P/Barumun/Rojolele/IR68	5	Toleran Al dan Fe
Punggur	BKNFR76106-16-0/Kapuas	4,5	Blas, Al dan Fe
Martapura	Siam Unus/Dodokan	4-5	Fe, pasang surut pH 4
Margasari	Siam Unus/Cisokan	3,5	Fe, pasang surut pH 4
Siak Raya	Batang Ombilin/Kelara	5	Al dan Fe (pasang surut lahan sulfat masam dan bergambut)
Air Tenggulang	Batang Ombilin/Siam 29//Batang Ombilin	5	WCK 2 dan 3, blas, pasang surut lahan sulfat masam dan bergambut
Lambur	Cisadane/IR9884-54-3	4	Fe, rawa potensial bergambut dan sulfat masam
Mendawak	Mahsuri/Kelara	3,98	Fe rawa potensial, bergambut dan sulfat masam

4.4 Integrasi Varietas Modern dan Varietas Lokal untuk Ketahanan Pangan Nasional

Dengan berlangsungnya proses intensifikasi budi daya padi, sejumlah varietas lokal sering kalah bersaing dengan varietas-varietas modern yang potensi hasilnya tinggi, sehingga pada daerah-daerah tertentu keberadaan varietas lokal sudah hampir punah.

Ancaman punahnya keanekaragaman genetik padi tidak hanya karena adopsi varietas modern, namun juga karena hilangnya sistem pertanian dimana keragaman tersebut ada. Contohnya, adanya perubahan pemanfaatan lahan ekosistem sawah dataran tinggi menjadi lahan untuk pertanaman sayuran dan hortikultura lainnya. Contoh lain, pembangunan jaringan irigasi dan bangunan-bangunan pengairan lainnya di daerah lahan rawa atau pasang surut akan mengonversi wilayah yang memiliki ekosistem daerah rendaman menjadi ekosistem irigasi, hal itu berpeluang memberikan kontribusi terhadap kehilangan varietas tradisional yang toleran rendaman.

Pada saat ini, perakitan varietas unggul untuk peningkatan potensi hasil mengalami kendala, sebagai akibat sempitnya variabilitas genetik plasma nutfah yang ada, dan dekatnya tingkat kekerabatan antar varietas unggul yang ditanam petani. Hal tersebut diindikasikan oleh munculnya gejala pelandaian produksi padi.

Rendahnya keanekaragaman genetik akan meningkatkan kerawanan genetik padi apabila terjadi wabah hama dan atau penyakit. Kerawanan genetik semakin meningkat dengan adanya praktek budi daya padi dua kali tanam dalam setahun. Ada bukti-bukti nyata bahwa varietas modern mungkin memiliki latar belakang genetik yang sempit terutama dalam kasus-kasus tertentu. Sampai dengan tahun 1994, semua varietas hasil pemuliaan padi IRRI jika ditelusuri asal usulnya, hanya berasal dari 40 varietas lokal dari 12 negara (de Leon, *in press* dalam Fisher, 1996). Semua hibrida tipe indika di Cina memiliki gen *sd1* dan sumber sitoplasmik (*Cytoplasmic male sterility* (CMS) *wild abortive* (WA) (Chang, 1994 dalam Fisher, 1996). Pada MT-1 tahun 1992–1993, empat dari lima varietas populer di Indonesia memiliki bahan genetik dari IRRI. Dari luas areal lima varietas tersebut, luas pertanaman IR36 dan IR64 mencapai 66%. Fenomena tersebut tampaknya berlanjut di masa sekarang, dimana varietas unggul yang ada yang diterima dan ditanam petani memiliki bahan genetik yang hampir sama. Tercatat sebanyak dua puluh varietas unggul baru padi BB Padi memiliki latar belakang genetik IR64 (Tabel 12), sedangkan saat ini varietas IR64 dan Ciherang merupakan dua varietas yang dominan dibudidayakan oleh petani.

Varietas modern diyakini memiliki potensi hasil yang tinggi, dilain pihak di sejumlah daerah di Indonesia varietas padi lokal masih dirasakan peranannya dalam menunjang ketahanan pangan penduduk setempat (Tabel 13). Varietas lokal tersebut sering didapatkan memiliki daya adaptasi yang menonjol

dibandingkan dengan varietas modern, terutama dari aspek ketahanan terhadap cekaman biotik (hama dan penyakit), cekaman abiotik (keracunan hara, kondisi lingkungan biofisik yang kurang optimum), dan mutu gabah dan rasa nasinya.

Di samping itu, sebagian besar varietas unggul yang ada merupakan varietas yang tanggap terhadap pemupukan. Apabila varietas tersebut ditanam di lahan yang kurang subur, maka hasil tanaman yang diperoleh berada dibawah potensi genetik yang dimilikinya. Di Indonesia penanaman varietas lokal padi gogo masih bertahan dan masih memberikan sumbangan yang cukup besar dalam produksi padi nasional dibandingkan dengan negara lain seperti Vietnam. Hal ini disebabkan padi gogo biasanya ditanam di daerah terpencil di mana transportasi masih menjadi kendala dalam penyediaan pupuk. Selain kesuburan lahan dan pemupukan, faktor lain yang menjadi faktor pembatas peningkatan produksi padi adalah cekaman faktor biotik yaitu hama dan penyakit tanaman. Varietas-varietas lokal dan praktek budi daya petani yang diwariskan secara tradisional masih mampu memberikan jaminan diperolehnya hasil.

Sampai saat ini pengembangan padi gogo dengan penggunaan varietas tahan blas masih mendapat kendala. Penyakit blas masih sulit dikendalikan karena ras penyakit ini sangat bervariasi dan cepat sekali berubah karena pengaruh lingkungan. Di lahan tersebut diperlukan varietas yang memiliki diversitas genetik tinggi dalam aspek ketahanan terhadap penyakit blas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Lampung terdapat 18 varietas lokal padi gogo yang ditanam petani yang mana varietas tersebut dari segi morfologi maupun ketahanan terhadap penyakit blas sangat beragam antar varietas maupun individu dalam varietas (Suwarno dkk., 2005).

Banyaknya pemanfaatan galur-galur hasil pemuliaan oleh petani memberikan indikasi bahwa galur-galur tersebut mempunyai satu atau sejumlah keunggulan tertentu seperti berumur genjah, produktivitas tinggi, harga jual gabah tinggi, mutu beras dan rasa nasi sesuai dengan permintaan pasar, atau tahan terhadap hama penyakit utama. Walaupun demikian potensi aktual dari produktivitas “varietas unggul lokal” tersebut harus diidentifikasi, dan kemurnian benihnya harus diverifikasi, agar tidak menyebabkan munculnya distorsi terhadap sistem perbenihan nasional.

Ketahanan pangan nasional menurut UU No 7/1996 adalah tersedianya pangan dalam jumlah dan mutu yang cukup, aman, merata, dan terjangkau. Ketahanan pangan dapat pula berarti total keamanan ekonomi dan ekologi di dalam hubungannya dengan kuantitas dan kualitas ketersediaan komoditas bahan pangan. Pemuliaan tanaman padi di masa mendatang seharusnya lebih berorientasi pada teknologi varietas di dalam perspektif ekosistem. Selama ini hampir dua pertiga usaha pemuliaan padi di Asia, Afrika, dan Amerika lebih banyak berorientasi pada ekosistem lahan sawah daripada lahan submarginal. Padahal ekosistem lahan submarginal, lebih penting dari segi pendekatan

Tabel 12. Varietas Unggul Baru (VUB) Perbaikan Varietas IR64

Tahun pelepasan	Varietas	Persilangan	Ekosistem
1986	IR64	IR18348-36-3-3	Sawah
1996	Digul	IR19661/IR64//IR19661	Sawah
1996	Maros	Markoti/IR64	Sawah
1996	Batang Anai	IR54742/IR64	Sawah
1998	Way Apo Buru	IR18349/IR19661*2//IR64*2	Sawah
1999	Towuti	S499B/Carreon//IR64///IR64	Gogo
2000	Cisantana	IR64/IR54742	Sawah
2000	Ciherang	IR18349/IR19661*2///IR64*2	Sawah
2001	Konawe	S487/IR19661//IR64*2	Sawah
2001	Singkil	IR35432/IR19661//Ciliwung//IR64	Sawah
2001	Wera	Hawara Bunar/IR64	Sawah
2001	Ciujung	IR64/RP1837	Sawah
2001	Angke	IR64*6/1RBB5	Sawah
2001	Code	IR64*6/1RBB7	Sawah
2001	Batang Gadis	IR64/NDR308	Sawah
2002	Sunggal	S487/IR19661*2//IR64*2	Sawah
2002	Cigeulis	Ciliwung/Cikapundung//IR64	Sawah
2003	Cibogo	S487B/ IR19661*2//IR64*2	Sawah
2003	Batang Lembang	Sintha/IR64*2	Sawah
2003	Pepe	Simariti/IR64*4	Sawah
2004	Mekongga	A2790/IR64*2	Sawah

Tabel 13. Varietas Unggul Lokal yang Populer dan Bertahan Dibudidayakan oleh Petani

Varietas	Sentra produksi	Luas (ha)	Keterangan
Pandanwangi	Cianjur, Jawa Barat	6.744	SK Mentan No.126/Kpts/LB.240/3/2004
Rojolele	Klaten, Jawa Tengah	55.221	SK Mentan No 163/Kpts/LB.240/2/2003
Kuriak Kusuik	Kab. Agam dan Tanah Datar, Sumatera Barat	-	-
Siam Unus	Kalimantan	-	-
Kewal	Banten	-	-

keamanan pangan dan gizi. Oleh karena itu, pemuliaan yang lebih rasional untuk lahan sub marginal perlu dilakukan dengan cara menggabungkan keunggulan sifat adaptabilitas spesifik varietas lokal ke dalam galur atau varietas unggul (*pyramiding gene* dari dua sumber plasma nutfah), sehingga diperoleh genotipe rekombinan yang memiliki adaptasi spesifik terhadap agroekosistem regional (sentra produksi), berpotensi hasil tinggi, serta memiliki karakteristik mutu produk sesuai dengan preferensi konsumen setempat.

4.5 Konservasi *On Farm* untuk Terpeliharanya Keragaman Genetik dan Pembentukan Koleksi Inti untuk Pemanfaatan Plasma Nutfah Optimal

Perakitan varietas baru bergantung pada keragaman genetik yang tersedia. Konservasi merupakan hal yang penting di dalam usaha melestarikan dan memanfaatkan plasma nutfah yang ada. Terdapat tiga strategi konservasi plasma nutfah yaitu konservasi *ex situ*, konservasi *in situ* dan konservasi *on farm*. Konservasi *ex situ* meliputi aktivitas koleksi contoh benih padi budi daya dan padi liar dari tempat asal dan menyimpannya dalam gene bank. Sedangkan konservasi *in situ* plasma nutfah padi diwujudkan dalam bentuk pemeliharaan spesies atau populasi plasma nutfah di habitat asalnya. Konservasi *on farm* merupakan suatu tipe konservasi *in situ* yang dianggap sangat penting oleh para peneliti, lembaga non pemerintah, petani dan institusi internasional sebagai kelengkapan konservasi *ex situ*.

Konservasi *on farm* didefinisikan sebagai suatu konservasi yang memadukan sistem budi daya dan pengelolaan tanaman secara berkelanjutan dari suatu set populasi beragam yang dipertahankan oleh petani pada suatu agroekosistem di mana populasi tanaman tersebut berada. Set populasi tersebut mungkin dapat berupa *weedy* dan kerabat liar dari suatu tanaman yang ada bersama di dalam satu ekosistem. Sejarah menunjukkan bahwa petani telah mengembangkan dan memelihara keragaman genetik, secara terus menerus meskipun kondisi sosial ekonomi dan teknologi berubah.

Konservasi *on farm* merupakan strategi yang potensial untuk mempertahankan keragaman genetik, karena bersifat dinamis sebagai akibat varietas yang dikelola petani terus menerus dipengaruhi oleh alam dan seleksi manusia. Namun demikian, sedikit sekali pengetahuan antara hubungan antara jumlah varietas yang dikelola petani dengan macam pengelolaan yang diberikan, dan antara keragaman genetik yang ada di dalam agrekosistem dengan perubahan alami (evolusi) yang mungkin terjadi.

Kekurangan informasi yang akurat tentang nilai guna suatu varietas lokal merupakan sebab utama terbatasnya penggunaan plasma nutfah yang dikoleksi baik di tingkat koleksi nasional, regional maupun koleksi global. Untuk tanaman yang memiliki kisaran *gene pool* tinggi seperti halnya tanaman padi, pembentukan koleksi inti (*core collection*) akan memfasilitasi mudahnya pemanfaatan plasma nutfah (Brown, 1995)

Core collection merupakan suatu set asesi yang memiliki keragaman genetik maksimum dengan pengulangan yang minimum yaitu, kelompok koleksi plasma nutfah yang aksesori-aksesinya secara ekologi dan genetik berbeda. *Core collection* perlu dibuat tidak hanya di tingkat internasional tetapi juga di tingkat nasional maupun regional. Koleksi ini akan mengurangi biaya konservasi dan meningkatkan efisiensi manajemen dan mendukung penggunaan keragaman

genetik yang berkelanjutan. Dari proyeksi koleksi seperti itu, identifikasi sumber-sumber keragaman genetik dapat dimanfaatkan secara tepat dan cepat dalam program perbaikan sifat tertentu.

Ekspedisi koleksi plasma nutfah harus di organisasi secara teratur untuk melengkapi kesenjangan di dalam koleksi plasma nutfah dari pusat keragaman yang sudah tergali dan belum digali. Karakterisasi secara sistematis koleksi plasma nutfah sangat penting. Agar keunggulan sumber genetik yang dihasilkan oleh lembaga penelitian seperti varietas unggul, galur pemuliaan, galur elit yang telah dievaluasi, mutan dan sebagainya dapat teridentifikasi secara tepat. Koordinasi antar Komisariat Daerah Plasma Nutfah di daerah-daerah dengan BB Biogen dan institusi penelitian lain yang memanfaatkan (BB Padi) akan sangat berguna dalam melengkapi koleksi padi untuk meningkatkan keragaman genetik di dalam koleksi.

Upaya lain yang perlu dilakukan adalah menghindari duplikasi koleksi dengan cara melakukan evaluasi secara sistematis, pembentukan sistem asesi nasional, dan berhati-hati di dalam manajemen bank gen, memantau secara dekat viabilitas plasma nutfah dan secara periodik melakukan kegiatan rejuvinasi untuk memberi kesempatan terjadinya evolusi secara alami.

Reorientasi program pemuliaan dan penelitian di masa depan sangat penting di dalam mempertahankan dan memperluas keragaman materi dasar genetik untuk sifat-sifat penting yang secara potensial maupun aktual memiliki nilai ekonomi. Penggunaan bioteknologi seperti *DNA finger printing* dan *marker-assisted selection* seharusnya digunakan sebagai sarana untuk menganalisis keragaman genetik di dalam koleksi plasma nutfah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, B. *et al.* 2004. "Wild Species of Rice (*Oryza spp*) a Source of Biotic Resistance Genes: Benefits for Rice Breeding Program in Indonesia". *Prosiding Simposium PERIPI*, Bogor, 5–7 Agustus 2004. PERIPI Fakultas Peternakan, IPB, Darmaga, Bogor.
- Aggarwal, R.K. *et al.* 1997. "Two New Genomes in the *Oryza* Complex Identified on the Basis of Molecular Divergence Analysis Using Total Genomic DNA Hybridization". *Mol Gen Genet* 254:1–12.
- BB Padi. 2008. "Data Base Plasma Nutfah Padi". Sukamandi: BB Padi.
- BPS. 2005. *Statistik Indonesia 2004*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Brar D.S. and G.S. Khush. 2002. *Transferring Genes from Wild Species into Rice*. In *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. M.S. Kang (Ed). CAB International. p. 197–217.

- Brown, A.H.D. 1995. *The Core Collection at the Crossroads in Core Collection of Plant Genetic Resources*. T. Hodgkin et al. (Ed.). IPGRI. A Wiley-Sayce Publication. p. 1–34.
- Chang, T.T. 1976. "The Origin, Evolution and Cultivation, Dissemination and Diversification of Asian and African Rice". *Euphytica*, 25:435–441.
- Fisher, K.S. 1996. *Caring for the Biodiversity of Tropical Rice Ecosystems*. Volume 2.
- Ge, S. et al. 1999. "Phylogeny of Rice Genomes with Emphasis on Origins of Allotetraploid Species". *Proc Natl Acad Sci. USA*, 96(25):14400–14425.
- Greenland, D.J. 1997. *The Sustainability of Rice Farming*. CAB International in Association with the International Rice Research Institute. 273 p.
- Harahap, Z. et al. 1972. *Breeding Rice Varieties for Indonesia in Rice Breeding*. The International Research Rice Institute. p. 141–146.
- Hawkes, J.G. et al. 2000. *The Ex situ Conservation of Plant Genetic Resources*. Kluwer Academic Publishers. London. 250 p.
- Heywood, V.H. (Ed). 1995. *Global Biodiversity Assessment*. Cambridge University Press. Cambridge UK.
- IPGRI. 1993. *Diversity for Development*. International Plant Genetic Resources Institute. Rome.
- Jackson, M.T. 1995. "Protecting the Heritage of Rice Biodiversity". *Geo Journal*, 35:267–274.
- Jatileksono, T. 1998. "Impact of Rice Research and Technology Dissemination in Indonesia". In Pingali, P.L. and M. Hossain (Ed.). *Impact of Rice Research*. The International Rice Research Institute. Philippines. p. 293–310.
- Khush, G.S. and P.S. Virk. 2005. *IR Varieties and Their Impact*. International Rice Research Institute. Philippines. 163 p.
- Las, I. 2002. "Alternatif Inovasi Teknologi Peningkatan Produktivitas dan Daya Saing Padi". Power Point. PPN 2002. Balai Penelitian Tanaman Padi. 2002.
- Morinaga, T. 1968. "Origin and Geographical Distribution of Japanese Rice". *Jpn Agric Res Quart*, 3:1–5.
- Parthasarathy, N. 1972. "Rice Breeding in Tropical Asia up to 1960". In *Rice Breeding*. The International Research Rice Institute. p. 5–28.
- Prasetyono, J. dkk. 2005. "Analisis Keragaman Genetik Spesies Padi Liar Menggunakan Markah Mikrosatelit". *Penelitian Pertanian*, 24(3): 168–174.
- Puslitbangtan. 2006. Padi "Ciherang Makin Populer". *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 28 (2): 14–15.

- Puslitbangtan. 2004. "Sejauh Mana Adopsi Varietas Unggul Dewasa Ini?" *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 26 (1): 6–7.
- PVT. 2006. "Panduan Pengujian Individual Kebaruan, Keunikan, Keceragaman dan Kestabilan Padi". PVT/PPI/1/1. Pusat Perlindungan Varietas Tanaman (PVT). Departemen Pertanian RI. 21 halaman.
- Sharma, S.D. 2003. "Origin of Cultivated of rices " In J.S. Nanda and S.D. Sharma (Ed.), *Monograph on Genus Oryza*. Science Publishers. USA. p. 311–329.
- Silitonga, T.S. 2004. "Pengelolaan dan Pemanfaatan Plasma Nutfah Padi di Indonesia". *Buletin Plasma Nutfah*, 10(2): 56–71.
- Silitonga, T.S. dkk. 2001. "Sumberdaya Genetik untuk Perbaikan dan Perakitan Varietas Unggul Baru Tanaman Pangan". *Buletin Plasma Nutfah*, 7 (1): 26–34.
- Suardi, D. dkk. 2004. "Evaluasi Spesies Padi Liar Toleran Kekeringan". *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 23(1): 23–27.
- Suardi, D. dan T.S. Silitonga. 1999. "Daya Tembus Akar Plasma Nutfah Padi Lokal". *Buletin Plasma Nutfah*, 4(1).
- Suhartini, T. dan T.S. Silitonga. 2005. "Variasi Ketahanan Plasma Nutfah Padi terhadap Cekaman Abiotik dan Biotik". *Prosiding Kongres V dan Simposium Nasional PERIPI*. Purwokerto, 25–26 Agustus 2005. PERIPI, Komisariat Daerah Banyumas, dan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Suprihatno, B. dkk. 2006. *Deskripsi Varietas Padi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 78 halaman.
- Suwarno dkk. 2005. "Ketersediaan Teknologi dan Pengembangan Padi Gogo". Dalam B. Suprihatno dkk. (Ed.), *Inovasi Teknologi Padi menuju Swasembada Beras Berkelanjutan*. Buku 1. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian. p. 129–144.
- Thomson, M.J. *et al.* 2006. "Genetic Diversity Analysis of Traditional and Improved Indonesian Rice (*Oryza sativa* L.) Germplasm Using Microsatellite Markers". *Theor. Appl. Genet.* (<http://dx.doi.org/10.1007/S00122-006-0457>).
- Vaughan, D.A. 1994. *The Wild Relatives of Rice: A Genetic Resources Handbook*. International Rice Research Institute. Philippines.

