

SPESIES PADI LIAR (*Oryza* spp.) SEBAGAI SUMBER GEN KETAHANAN CEKAMAN ABIOTIK DAN BIOTIK PADA PADI BUDI DAYA

Wild Rice Species As a Source of Resistant Gene for Abiotic and Biotic Stresses in Cultivated Rice

Tintin Suhartini

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian

Jalan Tentara Pelajar 3A, Bogor 16111, Indonesia

Telp. (0251) 8337975, 8339793, Faks. (0251) 8338820

E-mail: tintinsuhartini@yahoo.com, bb-biogen@litbang.pertanian.go.id

Diterima: 1 April 2016; Direvisi: 14 September 2016; Disetujui: 27 September 2016

ABSTRAK

Spesies padi liar dapat dimanfaatkan dalam perakitan varietas unggul karena memiliki gen ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Spesies padi liar yang ada di Indonesia adalah *Oryza meyeriana*, *O. granulata*, *O. longiglumis*, *O. officinalis*, *O. ridleyi*, *O. rufipogon*, dan *O. schlechteri*. IRRI memiliki koleksi 2.500 aksesori padi liar dan 18 spesies dikoleksi di BB Biogen. Sejumlah aksesori *O. officinalis* memiliki gen ketahanan terhadap wereng coklat, penyakit blas, hawar daun bakteri (HDB), dan busuk pelepah. Salah satu spesies yang memiliki ketahanan terhadap hama-penyakit tersebut adalah *O. minuta*. Ketahanan terhadap virus tungro terdapat pada *O. punctata*. Toleransi terhadap kekeringan, keracunan Al, dan Fe terdapat pada spesies padi liar kelompok *O. sativa* genom AA. Gen ketahanan dari spesies padi liar dapat dimasukkan (introgresi) ke dalam padi budi daya melalui teknik konvensional yang dikombinasikan dengan bioteknologi, sementara transfer gen dapat melalui persilangan, marka molekuler, silang balik, dan penyelamatan embrio. Keberhasilan introgresi gen ketahanan dari spesies padi liar ke padi budi daya akan meningkatkan keragaman genetik tanaman. Spesies padi liar *O. minuta* telah dimanfaatkan dalam introgresi gen ketahanan HDB pada varietas IR64. Introgresi gen asal *O. nivara* di IRRI menambah varietas unggul di Indonesia, yaitu IR30, IR32, IR34, IR36, dan IR38, yang toleran terhadap wereng coklat, virus kerdil rumput, dan HDB. Spesies padi liar *O. rufipogon* yang memiliki gen ketahanan HDB dan blas telah digunakan dalam pembentukan varietas unggul baru Inpari HDB dan Inpari Blas yang dilepas pada 2013.

Kata kunci: *Oryza* spp., perakitan varietas, gen ketahanan, cekaman biotik, cekaman abiotik

ABSTRACT

Wild rice species could be used for improvement of rice varieties because they have a good character for resistance to biotic and abiotic stresses. Some of Indonesian wild rice species are *Oryza meyeriana*, *O. granulata*, *O. longiglumis*, *O. officinalis*, *O. ridleyi*, *O. rufipogon* and *O. schlechteri*. IRRI has a collection of 2,500 accessions of wild rice and 18 species were collected in ICABIOGRAD, Bogor. Some species of wild rice are known to have resistance genes to biotic and abiotic stresses. A number of

accessions of *O. officinalis* contained resistance gene to brown planthopper, blast disease, bacterial leaf blight (BLB) and sheath rot. One of the species that has resistance to pests and diseases is *O. minuta*. The resistance to tungro virus occurs in *O. punctata*. Tolerance to drought, Al and Fe toxicities occurs in wild rice species of *O. sativa* genome AA group. Resistance genes from wild rice species can be inserted into cultivated rice through conventional techniques in combination with biotechnology, while gene transfer and gene detection from wild rice to cultivated rice can be done through cross breeding, molecular markers, backcrossing and embryo rescue. The success of introgression of resistance genes from wild rice species to cultivated rice will increase genetic diversity of rice. As an example *O. minuta* has been implemented in introgression of BLB resistance gene on IR64. Introgression of *O. nivara* gene in IRRI had improved some superior rice varieties in Indonesia, namely IR30, IR32, IR34, IR36 and IR38, which were tolerant to brown planthopper, dwarf virus and bacterial leaf blight. *Oryza rufipogon* which has BLB and blast resistance gene has been used for improvement of new varieties Inpari Blas and Inpari HDB which were released in 2013.

Keywords: *Oryza* spp., varietal improvement, resistance genes, biotic stresses, abiotic stresses

PENDAHULUAN

Varietas padi unggul yang berdaya hasil tinggi, tahan terhadap hama penyakit utama, dan adaptif pada lingkungan spesifik berperan sangat penting dalam menunjang peningkatan produksi padi. Untuk mendukung pencapaian swasembada beras, produksi padi perlu ditingkatkan di antaranya melalui pemanfaatan sumber daya genetik dalam perakitan varietas.

Pertanaman padi sering mengalami gangguan antara lain hama wereng coklat, penyakit hawar daun bakteri (HDB), tungro, serta cekaman lingkungan seperti kekeringan, tanah masam, dan rendaman/kebanjiran. Agar terwujud perkembangan varietas yang lestari harus didukung oleh ketersediaan sumber genetik yang berasal dari varietas lokal, varietas introduksi, dan kerabat liarnya.

Sejak tahun 1960 luas serangan hama wereng terus meningkat. Pada tahun 1972–1977 luas serangan lebih

dari 500.000 ha dan terus meningkat hingga awal 2010 (Baehaki dan Widiarta 2008). Penularan penyakit tungro masih sering terjadi di Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Sulawesi Selatan (Praptana dan Yasin 2008). Kegagalan panen padi juga terjadi akibat banjir dan kekeringan.

Lahan marginal yang bersifat masam cukup luas di Indonesia, seperti lahan sulfat masam rawa pasang surut dan lahan kering masam yang dicirikan oleh pH rendah. Luas lahan kering masam sekitar 102 juta ha dan 56,3 juta ha sesuai untuk usaha pertanian. Luas lahan rawa (rawa pasang surut, lebak, dan gambut) sekitar 34,7 juta ha dan 24,8 juta ha di antaranya sesuai untuk usaha pertanian (Mulyani *et al.* 2004). Permasalahan yang umum dijumpai di lahan masam adalah kemasaman tanah yang tinggi ($\leq$ pH 5), ketersediaan hara P rendah, fiksasi P oleh Al dan Fe, dan keracunan Al dan Fe yang berakibat pada rendahnya hasil tanaman (Mulyani *et al.* 2004; Abdurachman *et al.* 2008). Produksi padi dapat ditingkatkan melalui perluasan area tanam pada lahan masam dengan teknologi pengelolaan lahan yang efektif, seperti pengelolaan kesuburan dan pengelolaan air, serta strategi pengembangan pertanian lainnya. Namun strategi yang efisien adalah melalui penggunaan varietas yang toleran terhadap lingkungan lahan masam.

Varietas padi yang dilepas dewasa ini sulit berproduksi lebih tinggi lagi karena kemampuan genetiknya terbatas serta faktor lingkungan yang kurang kondusif. Perubahan ras penyakit dan biotipe hama yang relatif cepat sering menyebabkan patahnya ketahanan suatu varietas padi. Perakitan varietas padi umumnya masih menggunakan sumber gen utama dari varietas yang sudah dilepas, varietas lokal, dan varietas introduksi yang termasuk golongan indica, sehingga bila ditelusuri tidak jarang berasal dari keturunan yang sama. Sumber keragaman genetik tanaman padi yang semakin sempit kurang menguntungkan bagi kelangsungan perakitan varietas unggul baru.

Upaya peningkatan dan pengamanan produksi padi harus terus dilakukan sejalan dengan berkembangnya dinamika hama dan penyakit utama, keterbatasan sumber daya lahan, dan perubahan iklim. Oleh karena itu, dibutuhkan *gene pool* tanaman padi dengan keragaman yang luas sebagai cadangan sumber daya genetik untuk perakitan varietas.

Padi liar merupakan kerabat padi budi daya (*Oryza sativa*) dengan karakter morfologis yang spesifik dan memiliki keragaman genetik yang potensial untuk pemuliaan padi. Saat ini padi liar belum banyak dimanfaatkan, namun telah banyak dilaporkan bahwa padi liar memiliki karakter-karakter penting yang tidak dimiliki oleh padi budi daya, seperti ketahanan terhadap hama dan penyakit (cekaman biotik) dan ketahanan terhadap cekaman abiotik atau lingkungan. Manfaat lain ialah sebagai sumber gen untuk meningkatkan karakter morfologis tanaman. Beberapa spesies padi liar memiliki

karakter batang kuat, anakan produktif banyak, jumlah gabah per malai banyak, dan dapat diratun. Namun, kendala yang dihadapi adalah introgresi gen dari padi liar ke padi budi daya tidak mudah, terutama pada spesies liar dengan genom yang berbeda.

Biologi seluler dan molekuler seperti kultur jaringan dan marka molekuler memiliki peranan penting dalam transfer gen asal padi liar. Makalah ini membahas spesies padi liar sebagai cadangan sumber genetik ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik untuk perbaikan varietas padi.

PENYEBARAN SPESIES PADI LIAR DAN HABITAT

Padi yang dikenal secara luas adalah *O. sativa* (indica dan japonica), yang sudah lama ditanam petani khususnya di Asia, sedangkan *O. glaberrima* dibudidayakan di Afrika. *Oryza sativa* berasal dari turunan *O. nivara* yang mengalami seleksi secara alami maupun bantuan manusia, yang nenek moyangnya adalah *O. rufipogon* yang ada di Asia. *Oryza rufipogon* bersifat tahunan (*perennial*), sedangkan *O. nivara* bersifat *annual* atau semusim. Spesies *O. glaberrima* yang berkembang di Afrika merupakan hasil seleksi dari spesies *O. breviligulata* yang bersifat semusim, yang nenek moyangnya adalah *O. longistaminata* yang bersifat tahunan (Khush 1997).

Padi liar (*Oryza* spp.) di dunia yang sudah tercatat $\pm$ 87 spesies dan yang sudah diketahui genomnya baru $\pm$ 22 spesies (Khush 1997). *Oryza* spp. berupa tanaman diploid ($2n = 24$) dan tetraploid ($2n = 48$) dengan beberapa macam genom (AA, BB, CC, EE, FF, BBCC, CCDD, GG, HHJJ, dan HHKK). Beberapa spesies ini tersebar pada berbagai lingkungan tumbuh, antara lain daerah rawa/dataran banjir, pinggir hutan, savana, tepi sungai, daerah hutan dan tepi laut (Vaughan 1994; Khush 1997). Sebaran padi liar meliputi Asia, Afrika, Amerika, dan Australia. *Oryza ridleyi* dan *O. meyeriana* penyebarannya meliputi Asia antara lain Indonesia, Kamboja, Malaysia, Papua Nugini, Thailand, dan Myanmar. Grup *O. sativa* dan *O. officinalis* penyebarannya sangat luas, meliputi Asia, Afrika, Amerika, dan Australia (Tabel 1).

Beberapa spesies padi liar yang ada di Indonesia adalah *O. meyeriana*, *O. granulata*, *O. longiglumis*, *O. officinalis*, *O. ridleyi*, *O. rufipogon*, dan *O. schlechteri*. Populasi *O. rufipogon* terdapat di Jawa Barat, namun populasinya mulai sulit ditemukan. Di Kalimantan banyak ragam *Oryza* spp., namun kerusakan hutan menyebabkan populasi padi liar hampir punah (Vaughan 1989).

Bank gen di IRRI mengoleksi $\pm$ 2.500 aksesi padi liar dengan tipe genom AA, 500 aksesi grup *O. officinalis* (genom CC), 35 aksesi *O. meyeriana* (genom GG), 21 aksesi *O. ridleyi* (genom HHJJ), 19 aksesi *O. brachyantha*, dan satu aksesi *O. schlechteri*, yang berasal dari berbagai wilayah di dunia (Brar 2005).

Tabel 1. Keragaman spesies, genom, penyebaran, dan habitat *Oryza* sp.

Spesies	Kromosom/ genom	Penyebaran dan habitat
Grup <i>Oryza sativa</i>		
<i>O. sativa</i>	24/AA	Cultigen (Asia, Afrika, Amerika, Australia)
<i>O. nivara</i>	24/AA	Asia (daerah terbuka, rawa, tepi danau, sawah)
<i>O. glumaepatula</i>	24/AA	Amerika Tengah dan Selatan (daerah terbuka, rawa, tepi danau, tepi sawah, sawah)
<i>O. barthii</i>	24/AA	Afrika (dataran banjir, genangan, savana)
<i>O. glaberrima</i>	24/AA	Cultigen/Afrika Barat (lahan kering, tadah hujan, rawa)
<i>O. rufipogon</i>	24/AA	Australia dan Asia (rawa, pematang tepi danau, sungai, daerah terbuka)
Grup <i>Oryza officinalis</i>		
<i>O. latifolia</i>	48/CCDD	Amerika Tengah dan Selatan (daerah terbuka, savana, hutan basah)
<i>O. officinalis</i>	48/CC	Australia dan Asia (daerah terbuka, hutan dan tepi hutan)
<i>O. alta</i>	48/CCDD	Belize, Brasil, Colombia, Guyana, dan Paraguay (savana, pinggir sungai dan danau, daerah berhutan)
<i>O. minuta</i>	48/BBCC	Filipina, Papua Nugini (tepi sungai, daerah rawa, pinggir hutan/naungan)
<i>O. punctata</i>	48/24 BBCC/BB	Afrika Selatan, Timur dan Tengah (daerah terbuka, tepi hutan, semak belukar, savana)
<i>O. rhizomatis</i>	24/CC	Sri Lanka (daerah terbuka, dataran banjir, sebagian naungan)
<i>O. australiensis</i>	24/EE	Australia Utara (hutan basah, rawa, tepi danau, sebagian pinggir laut)
<i>O. grandiglumis</i>	48/CCDD	Amerika Tengah dan Selatan (savana, hutan basah, tepi sungai, daerah terbuka, sebagian naungan)
<i>O. eichingeri</i>	48/CC	Afrika Tengah, Afrika Timur, dan Sri Lanka (daerah terbuka, dataran banjir, sebagian naungan, hutan basah)
Grup <i>Oryza meyeriana</i>		
<i>O. meyeriana</i>	24/GG	Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand (hutan, hutan sekunder, tepi sungai)
<i>O. granulata</i>	24/GG	Asia Selatan dan Tenggara (hutan sekunder, bukit, pegunungan)
Grup <i>Oryza ridleyi</i>		
<i>O. ridleyi</i>	48/HHJJ	Asia Selatan (daerah hutan basah)
<i>O. longiglumis</i>	48/HHJJ	Indonesia (Papua) dan Papua Nugini (daerah hutan basah, rawa)
<i>O. coarctata</i>	HHKK	India, dan Bangladesh (daerah rawa salin)
(Grup lain/belum diketahui genomnya)		
<i>O. schlechteri</i>	48/-	Asia/Indonesia (Papua), Papua Nugini (daerah hutan basah, rawa)

Sumber: Vaughan (1994), Khush (1997), Brar (2005).

PENGELOMPOKAN PADI LIAR

Padi liar dikelompokkan berdasarkan beberapa ciri, yaitu berdasarkan genom dan jumlah kromosom, karakter morfologis, serta tingkat kesulitan introgresi gen ke dalam padi budi daya. Vaughan (1994) mengelompokkan padi liar berdasarkan genom dan kromosom ke dalam empat grup, yaitu 1) *O. sativa*, 2) *O. officinalis* atau disebut juga *O. latifolia*, 3) *O. ridleyi*, dan (4) *O. meyeriana* atau *O. granulata*. Pengelompokan padi liar yang sudah ada merupakan hasil pengelompokan berdasarkan genom dan jumlah kromosom, seperti tercantum pada Tabel 1.

Pada tahun 1960 pengelompokan padi liar berdasarkan 42 karakter morfologis telah dilakukan Morishima dalam Song *et al.* (2001), dan diperoleh tiga

grup yaitu 1) *O. sativa* dan kerabatnya, 2). *O. officinalis* dan kerabatnya, dan 3) *Oryza spp.* yang memiliki hubungan kekerabatan lebih jauh.

Prasetyono *et al.* (2005) mengelompokkan keragaman genetik 85 aksesi padi liar menggunakan marka mikrosatelit. Analisis kluster menunjukkan pada kesamaan genetik 81% padi liar dikelompokkan ke dalam dua grup. Grup I terdiri atas *O. glaberrima*, *O. barthii*, *O. nivara*, *O. rufipogon*, dan *O. glumaepatula*, dan grup II terdiri atas *O. grandiglumis*, *O. alta*, *O. officinalis*, *O. latifolia*, *O. eichingeri*, *O. malamphuzaensis*, *O. rhizomatis*, *O. punctata*, dan *O. minuta*. Grup I merupakan kelompok *O. sativa* dan grup II kelompok *O. officinalis*. Keadaan ini hampir sama dengan pengelompokan berdasarkan jumlah kromosom atau genom dan karakter morfologis.

Berdasarkan tingkat kesulitan dalam introgresi gen, padi liar dibagi menjadi tiga kelompok mulai yang termudah hingga yang paling sulit (Morishima 1998), yaitu 1) kelompok primer, merupakan grup *O. sativa* dengan genom AA, paling sedikit kesulitannya dalam introgresi gen, 2) kelompok sekunder, yaitu grup *O. officinalis* dengan genom BB hingga EE, dan 3) kelompok tersier (grup *O. meyeriana*, *O. ridleyi*) dengan genom HHJJ dan lainnya. Semakin jauh kekerabatan, semakin sulit dilakukan introgresi gennya (Wang *et al.* 2005).

PADI LIAR SEBAGAI SUMBER GEN KETAHANAN

Ketahanan terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri

Di Indonesia terdapat 12 strain atau ras hawar daun bakteri (HDB). Sejak tahun 1996 strain IV dan VIII lebih sering ditemukan di lapangan (Kadir 2000). Gen ketahanan terhadap penyakit HDB asal padi liar sudah banyak diteliti, di antaranya melalui pengujian 74 aksesi padi liar plasma nutfah BB Biogen terhadap HDB strain IV dan VIII. Penelitian memperoleh 25 aksesi yang tahan terhadap kedua strain tersebut, yakni *O. rhizomatis* (3 aksesi), *O. officinalis* (4 aksesi), *O. minuta* (3 aksesi), *O. punctata* (4 aksesi), dan *O. malamphuzaensis* (2 aksesi) (Tabel 2). *O. minuta* (acc.101141) paling tahan terhadap kedua ras tersebut dengan skor 0 atau tanpa gejala. Oleh karena itu, *O. minuta* (acc.101141) merupakan sumber gen yang baik

untuk ketahanan terhadap HDB. Hasil evaluasi yang dilaporkan IRRI menunjukkan spesies *O. minuta* (acc. 101141) memiliki gen ketahanan HDB (gen *Xa21*) yang tahan terhadap strain I di Filipina (Abdullah *et al.* 2001). Di Punjab India, spesies *O. barthii*, *O. longistaminata*, *O. meridionalis*, *O. nivara*, *O. rufipogon*, *O. punctata*, *O. minuta*, *O. malamphuzaensis*, dan *O. latifolia* dilaporkan memiliki ketahanan terhadap empat strain HDB (Kaushal *et al.* 2006). Spesies padi liar *O. minuta* (101141) telah dimanfaatkan dalam introgresi gen ketahanan HDB pada varietas IR64. Reaksi hibrida hasil silangan tersebut menunjukkan keragaman dalam dominansi ketahanan (Abdullah *et al.* 2001). Demikian pula hibrida turunan spesies *O. punctata*, *O. latifolia*, dan *O. malamphuzaensis* membawa sifat dominan ketahanan terhadap HDB (Kaushal dan Ravi 1998) sehingga peluang memperoleh galur-galur tahan lebih besar.

Ketahanan terhadap Penyakit Blas

Penyakit blas merupakan penyakit utama padi. Pada awalnya penyakit ini hanya dijumpai pada padi gogo, namun dalam perkembangannya penyakit blas juga menyerang pertanaman padi sawah serta di persemaian. Hasil evaluasi spesies padi liar grup *O. officinalis* dan grup *O. sativa* terhadap tiga ras blas di Indonesia, yaitu ras 003 dan ras 173 asal Sukabumi serta ras 373 asal Ciranjang Cianjur memperoleh lima spesies grup *O. officinalis* dan dua spesies *O. sativa* tahan terhadap ketiga ras tersebut, antara lain *O. rufipogon* 102186, *O. glaberrima* 100156, *O. punctata* (6 aksesi.), *O. officinalis*

Tabel 2. Spesies padi liar tahan penyakit hawar daun bakteri (HDB) strain IV dan VIII.

Spesies	Aksesi	Ketahanan terhadap HDB	
		Strain IV	Strain VIII
<i>Oryza officinalis</i>	106520	Tahan	Tahan
	106524	Tahan	Tahan
	100896	Tahan	Tahan
	100178	Tahan	Tahan
<i>O. malamphuzaensis</i>	100957	Tahan	Tahan
	100532	Tahan	Tahan
<i>O. minuta</i>	101141	Tahan	Tahan
	101386	Tahan	Tahan
	101089	Tahan	Tahan
<i>O. rhizomatis</i>	103410	Tahan	Tahan
	103417	Tahan	Tahan
	105432	Tahan	Tahan
<i>O. punctata</i>	101409	Tahan	Tahan
	101419	Tahan	Tahan
	104059	Tahan	Tahan
	104056	Tahan	Tahan

Sumber: Abdullah (2002).

(5 aksesi), dan *O. minuta* 101386 (Tabel 3). Pada spesies *O. rufipogon* 105491 terdapat gen *Pir 4* tahan terhadap penyakit blas ras 001 asal Jasinga Jawa Barat (Utami *et al.* 2005). Hasil seleksi Huang *et al.* (2008) pada 36 aksesi *O. rufipogon* koleksi IRRI menemukan tujuh aksesi yang tahan penyakit blas (gen *Pi-ta*), di antaranya koleksi asal Indonesia (*O. rufipogon* 81802), sedangkan *O. minuta* 101141 tahan blas di Filipina (Brar 2005).

Ketahanan terhadap Penyakit Tungro

Penyakit tungro pada tanaman padi disebabkan oleh virus tungro *basiliform* atau virus B (RTBV) dan virus tungro *spherical* atau virus S (RTSV), yang ditularkan oleh wereng hijau *N. virescens* (Thamrin *et al.* 2012). Selama ini sedikit sekali kultivar padi yang digunakan sebagai sumber ketahanan terhadap tungro, di antaranya berasal dari introduksi, yaitu ARC 11554, Utri Merah, Habiganj DWB, dan Utri Rajapan. Varietas tersebut merupakan sumber gen ketahanan terhadap RTSV dan RTBV (Praptana dan Yasin 2008). Varietas Tetep dan Balimau Putih asal lokal Indonesia serta IR42 dan IR66 asal introduksi dari IRRI juga tahan terhadap penyakit tungro. Namun, ketahanan varietas padi terhadap virus tungro sering patah selang beberapa musim atau tahun. Oleh karena itu, perbaikan varietas tahan tungro harus dilakukan terus-menerus dengan spektrum ketahanan yang lebih luas dan daya tahan yang lebih tinggi.

Sejumlah spesies padi liar memiliki ketahanan terhadap tungro. Hasil evaluasi ketahanan padi liar

terhadap tungro di laboratorium dan rumah kaca BB Biogen menunjukkan 18 aksesi padi liar tahan terhadap tungro, antara lain delapan aksesi dari *O. punctata* dengan skor (0) atau tanpa gejala (Tabel 4). Beberapa spesies lainnya yang memiliki ketahanan terhadap tungro adalah *O. rufipogon* (nomor aksesi 105909, 105908, 105910), *O. ridleyi* 100821, *O. officinalis* 105365 dan 100896, sedangkan *O. officinalis* aksesi 105100, 105365, dan 105376 tahan terhadap wereng hijau (Kobayashi *et al.* 1993). Spesies *O. eichingeri* dan *O. nivara* dilaporkan tahan terhadap virus tungro (Khush 1997). Gen ketahanan terhadap tungro juga terdapat pada spesies *O. alta*, *O. grandiglumis*, *O. latifolia*, *O. malamphuzaensis*, dan *O. minuta* (Anjaneyulu *et al.* 1981).

Ketahanan terhadap Wereng Coklat

Spesies padi liar yang telah diuji dan tahan terhadap wereng coklat biotipe 3 adalah *O. officinalis*, *O. malamphuzaensis*, *O. ridleyi*, *O. australiensis*, *O. minuta* dan *O. alta* (Tabel 5). Menurut Brar (2005), spesies padi liar yang memiliki ketahanan terhadap wereng coklat antara lain adalah spesies *O. punctata*, *O. minuta*, *O. officinalis*, *O. eichingeri*, *O. latifolia*, dan *O. australiensis*. Pada spesies *O. australiensis* terdapat gen *bph* 18 dan *O. officinalis* memiliki gen *bph* 6 dan *bph* 13 yang tahan terhadap wereng coklat biotipe 1, 2, 3 dan 4. Brar *et al.* (2009) menyatakan, *O. minuta* mengandung gen *bph* 20 dan *bph* 21 yang tahan wereng coklat biotipe 1, dan *O. latifolia* memiliki gen *bph* 12 yang tahan terhadap

Tabel 3. Spesies padi liar tahan tiga ras penyakit blas di Jawa Barat.

Spesies	Aksesi	Ketahanan terhadap blas		
		Ras 003	Ras 173	Ras 373
Kelompok <i>Oryza officinalis</i>				
<i>O. punctata</i>	10419	T	T	T
	104956	T	T	T
	101409	T	T	T
	104959	T	T	T
	100892	T	T	T
	101417	T	T	T
<i>O. officinalis</i>	105220	T	T	T
	106520	T	T	T
	105365	T	T	T
	101181	T	T	T
	100178	T	T	T
<i>O. minuta</i>	101386	T	T	T
<i>O. alta</i>	100952	T	T	T
<i>O. malamphuzaensis</i>	100957	T	T	T
Kelompok <i>O. sativa</i>				
<i>O. rufipogon</i>	102186	T	T	T
<i>O. glaberrima</i>	100156	T	T	T

Sumber: Silitonga *et al.* (2003).

Tabel 4. Spesies padi liar tahan terhadap penyakit tungro.

Spesies	Aksesi	Gejala tungro (%)	Skor ketahanan
<i>Oryza nivara</i>	102175 ^c	7	3
<i>O. barthii</i>	104384	10	3
<i>O. malamphuzaensis</i>	105223	0	0
<i>O. punctata</i>	101417	0	0
<i>O. punctata</i>	104074	0	0
<i>O. punctata</i>	101419	0	0
<i>O. punctata</i>	101409	0	0
<i>O. punctata</i>	104059	0	0
<i>O. punctata</i>	105920	0	0
<i>O. punctata</i>	100892	0	0
<i>O. punctata</i>	105153	0	0
<i>O. rhizomatis</i>	105153	0	0
<i>O. australiensis</i>	105266	0	0
<i>O. australiensis</i>	105219	0	0
<i>O. australiensis</i>	105273	0	0
<i>O. officinalis Kaltim</i>	-	7	3
<i>O. officinalis</i>	104314	10	3
<i>O. officinalis</i>	100178	0	0
Cek rentan (Cisadane)	-	100	9
Cek tahan (Tukad Petanu)	-	0	0

Skor: 0 = tidak ada gejala, skor 1–3 = tahan, skor 4–6 = sedang, skor 7 = peka, skor 8–9 = sangat peka.

Sumber: Suhartini dan Muhsin (2011).

Tabel 5. Plasma nutfah spesies padi liar BB Biogen tahan terhadap wereng coklat biotipe 3.

Spesies	Aksesi	Spesies	Aksesi
<i>Oryza officinalis</i>	100878	<i>O. malamphuzaensis</i>	100957
<i>O. officinalis</i>	106319	<i>O. ridleyi</i>	100877
<i>O. officinalis</i>	100181	<i>O. australiensis</i>	100882
<i>O. officinalis</i>	102460	<i>O. minuta</i>	101386
<i>O. officinalis</i>	100178	<i>O. alta</i>	105222
<i>O. latifolia</i>	100914	<i>O. alta</i>	100952
		<i>O. alta</i>	105143

Sumber: Silitonga *et al.* (2003).

wereng coklat biotipe 2. Hasil pengujian Velasamy (1987) di IRRI memperoleh 17 aksesi *O. latifolia*, 9 aksesi *O. officinalis* yang tahan wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3, di antaranya *O. latifolia* aksesi 100165, 100168, 100914, 101392, *O. officinalis* 100878 dan 100896. Spesies *O. punctata* 101409, *O. alta* 101395, *O. australiensis* 101144 dan 101397 juga tahan wereng coklat biotipe 1, 2, dan 3.

Toleransi terhadap Kekeringan

Evaluasi ketahanan padi liar terhadap kekeringan dilakukan oleh Suardi dan Abdullah (2003). Dari 87 aksesi

padi liar yang diuji, enam spesies toleran kekeringan, yaitu *O. glaberrima* 101297, *O. nivara* 103821 dan 102175, *O. rufipogon* 100211, *O. barthii* 104384, *O. australiensis* 105264, dan *O. alta* 105143. Spesies *O. glaberrima* 101297 paling toleran kekeringan dengan daya tembus akar paling baik. Khush (1997) melaporkan beberapa spesies padi liar toleran kekeringan yang terdapat pada spesies *O. nivara*, *O. barthii*, *O. brevilugata*, *O. longistaminata*, *O. meridionalis*, *O. rhizomatis*, *O. australiensis*, dan *O. glaberrima*. *Oryza barthii* dan *O. glaberrima* asal Afrika toleran terhadap kekeringan (Kayode *et al.* 2014).

Toleransi terhadap Keracunan Besi dan Aluminium

Pengujian sejumlah aksesi padi liar koleksi BB Biogen pada lahan keracunan besi di Tamanbogo Lampung dengan konsentrasi 200–300 ppm memperoleh beberapa spesies yang toleran keracunan Fe (Tabel 6). Padi liar yang tahan terdapat pada kelompok *O. sativa*, antara lain *O. nivara* (tujuh aksesi), *O. glumaepatula*, *O. glaberrima* (tiga aksesi), *O. barthii* dan *O. rufipogon* (dua aksesi), dengan skor 3–5 (tahan sampai sedang). Hasil pengujian yang dilakukan Mendoza *et al.* (2000) memperoleh tiga aksesi asal *O. rufipogon* yaitu nomor aksesi 105909, 106412, dan 106423 yang sangat tahan terhadap keracunan Fe konsentrasi 300–400 ppm. Sebagai pembandingan, varietas padi budi daya tahan Fe yaitu BW267-3, Suakoko 8, IR9884, IR68544-29-2-1-3-1-2, dan Azucena menunjukkan reaksi tahan pada konsentrasi Fe yang sama.

Spesies padi liar toleran keracunan Al dilaporkan terdapat pada spesies asal *O. rufipogon* aksesi 106412,

Tabel 6. Spesies padi liar toleran terhadap keracunan besi.

Spesies	Aksesi	Skor ketahanan
<i>Oryza nivara</i>	103840	3
<i>O. nivara</i>	103821	5
<i>O. nivara</i>	102175	3
<i>O. nivara</i>	102164	3
<i>O. nivara nepal 01</i>	Nepal 01	3
<i>O. nivara nepal 02</i>	Nepal 02	3
<i>O. glumaepatula</i>	101960	5
<i>O. glaberrima</i>	101914	3
<i>O. glaberrima</i>	100156	3
<i>O. glaberrima</i>	101297	3
<i>O. barthii</i>	104384	3
<i>O. rufipogon</i>	105349	3
<i>O. rufipogon</i>	105308	5
<i>O. rufipogon</i>	105491	5
IR64 (kontrol peka)	-	7–9

Skor 1–3 = tahan, skor 5 = sedang, skor 7 = peka, skor 8–9 = sangat peka.

Sumber: Suhartini (2014).

106423, dan 106424 asal Vietnam (Nguyen *et al.* 2003). Demikian pula Brar (2005) melaporkan beberapa aksesori *O. glaberrima* dan *O. rufipogon* toleran keracunan Al.

Toleransi terhadap Rendaman

Genotipe padi yang toleran terhadap rendaman sangat diperlukan, karena kegagalan panen dapat terjadi akibat banjir dan terendam lebih dari 7 hari (Xu *et al.* 2006). Selama ini sumber gen ketahanan terhadap rendaman masih sangat terbatas, di antaranya genotipe FR 13A asal India, yang tahan terhadap rendaman ± 2 minggu (Takesi *et al.* 2008). Pada *Oryza spp.* ditemukan gen toleran rendaman (*Sub1*), yaitu pada *O. rufipogon* 80506, *O. nivara* 101524, dan *O. nivara* 80470. Ketiga spesies tersebut dikoleksi di Bank Gen IRRI (Takesi *et al.* 2008). Adanya spesies padi liar yang tahan rendaman akan menambah keragaman genetik pada karakter ini.

Toleransi terhadap Salinitas

Program perbaikan varietas padi salah satunya diarahkan pada ketahanan terhadap salinitas untuk daerah-daerah aliran sungai tepi laut dan rawa pasang surut. Pada kondisi tertentu, wilayah ini terintrusi air laut dengan kegarapan yang tinggi sehingga diperlukan genotipe padi yang tahan salinitas. Pada kadar garam dengan EC ≥ 8 dS/m, genotipe padi pada umumnya akan mati, hanya genotipe yang tahan bisa tumbuh hingga EC 12 dS/m (Farroq *et al.* 1992).

Sumber ketahanan terhadap salinitas pada *Oryza spp.* terdapat pada *O. officinalis* 105322 yang tahan selama 6 minggu pada EC 12 dS/m setelah perlakuan pada fase bibit dan *O. officinalis* 103286 tahan hingga 10 minggu pada EC yang sama. *O. punctata* 105158 lebih tahan karena tumbuh baik pada perlakuan > 12 minggu. Varietas cek tahan Jhona 349 (padi budi daya) mati setelah 4 minggu pada EC 12 dS/m (Farroq *et al.* 1992). Selama ini padi budi daya yang tahan terhadap salinitas dan digunakan sebagai tetua tahan adalah Nona Bokra dan Pokkali asal India. Kedua genotipe tersebut tahan terhadap salinitas hingga 25 dS/m EC (Alamgir *et al.* 2007). Dengan demikian adanya sumber gen tahan dari *Oryza spp.* akan menambah *gen pool* padi untuk ketahanan terhadap salinitas. Spesies *Oryza spp.* yang paling tahan terhadap salinitas tinggi adalah *Oryza coarctata* (genom HHKK) asal India dan Bangladesh, habitatnya di area rawa pasang surut dan tepi sungai dekat laut. Spesies ini tetraploid dengan $2n = 48$, tahan terhadap salinitas pada EC 30–40 dS/m (Bal dan Dutt 1986). Namun spesies ini sangat sulit untuk diintrogresikan pada padi budi daya karena hubungan kekerabatannya jauh. Di Bank Gen IRRI spesies ini memiliki kode IRGC 104502 (Vaughan 1994).

Toleransi terhadap Naungan

Varietas padi toleran terhadap naungan dirasa penting karena banyak lahan perkebunan yang belum dimanfaatkan selain untuk tanaman pokok. Masalahnya tidak ada tanaman pangan yang toleran terhadap naungan tanaman pokok dengan naungan $> 50\%$. Batas ambang toleransi tanaman padi terhadap naungan adalah 50% (Sasmita *et al.* 2006). Varietas padi gogo Jatiluhur diketahui toleran terhadap naungan hingga 60% (Wibawa 1996), namun varietas tersebut peka terhadap penyakit blas daun sehingga kurang berkembang sebagai tanaman sela di area perkebunan. Dengan diperolehnya padi gogo toleran naungan, banyak lahan perkebunan yang dapat dimanfaatkan untuk menanam padi gogo di antara tanaman pokok. Beberapa spesies padi liar yang toleran naungan antara lain *O. meyeriana*, *O. granulata*, *O. minuta*, *O. longiglumis*, dan *O. ridleyi*. Spesies *O. meyeriana* tumbuh baik pada kondisi naungan penuh seperti di bawah hutan primer Dipterocarpus dan *O. granulata* tumbuh baik di bawah hutan jati dan bambu (Vaughan 1994). Spesies *O. granulata* selain toleran naungan juga toleran kekeringan (Wei *et al.* 2007).

KENDALA TRANSFER GEN PADI LIAR KE PADI BUDI DAYA

Persilangan antargenus *Oryza* (genom AA) termasuk di dalamnya padi budi daya dari *O. sativa* (indica dan japonica) dan *O. glaberrima* relatif mudah dengan turunan pertama fertil dan dapat menurunkan generasi yang normal (fertil). Namun, persilangan padi budi daya dengan kerabat dekatnya dengan genom AA seperti *O. nivara*, *O. rufipogon*, *O. longistaminata*, *O. glumaepatula*, *O. barthii*, dan *O. meridionalis* lebih sulit karena sering menghasilkan turunan yang steril. Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan silang balik (*back cross*) beberapa kali dengan tetua padi budi daya sebagai *recurrent parent* agar diperoleh generasi yang fertil.

Tingkat kesulitan yang paling tinggi dalam persilangan adalah dengan spesies *Oryza spp.* yang memiliki hubungan kekerabatan lebih jauh dengan genom berbeda, baik yang diploid maupun tetraploid. Sitch (1990) melaporkan, *O. sativa* (genom AA) bila disilangkan dengan *Oryza spp.* genom BB, BBCC, CC atau CCDD memberikan tingkat keberhasilan memperoleh *seedset* (F1) 0–30% dan bila disilangkan dengan genom EE and FF *seedset* berkisar 0,2–3,8% dengan turunan sangat steril baik bunga jantan maupun betina. Hal tersebut terjadi karena kromosom tidak homolog, aborsi embrio, kerontokan yang tinggi, dan sterilitas (Abdullah 2006). Pada kelompok ini transfer gen sulit dilakukan tanpa menggunakan teknik tertentu seperti teknik penyelamatan embrio, dilanjutkan dengan silang balik.

Kegagalan transfer gen asal padi liar ke padi budi daya dipengaruhi juga oleh spesies yang digunakan. Persilangan padi budi daya (genom AA) dengan *O. officinalis* (CC) akan terjadi aborsi embrio pada 5–7 hari setelah penyerbukan (Niroula *et al.* 2005). Persilangan dengan *O. minuta* (BBCC) terjadi aborsi embrio ± 10 hari setelah penyerbukan (Amante Bordeos *et al.* 1992). Pemberian hormon tumbuh setelah persilangan dapat mencegah atau menunda aborsi embrio dini. Pemberian hormon tumbuh 75 ppm GA3 dan 75 ppm NAA (*naphthalene acetic acid*) setelah 2 hari persilangan sampai embrio berumur 10 hari, kemudian diselamatkan dan ditanam dalam kultur media berhasil menyelamatkan embrio muda dan banyak digunakan oleh para peneliti (Amante Bordeos *et al.* 1992). Melalui teknik konvensional dan dipadukan dengan bioteknologi seperti kultur embrio dan marka molekuler, keberhasilan transfer gen dan deteksi gen asal kerabat jauh padi budi daya akan meningkat.

HASIL TRANSFER GEN ASAL PADI LIAR PADA PADI BUDI DAYA

Pemanfaatan padi liar dalam perbaikan varietas antara lain pada *O. nivara*, yang memiliki ketahanan terhadap wereng coklat, virus kerdil rumput, dan HDB (Khush 1997). Introgresi gen asal *O. nivara* telah dilakukan di IRRI dan hasilnya telah menambah varietas unggul yang ada di Indonesia, yaitu IR30, IR32, IR34, IR36, dan IR38, yang dilepas tahun 1975–1978 dengan nama PB30, PB32, PB34, PB36, dan PB38 yang toleran terhadap hama dan penyakit di atas. Varietas IR36 cukup populer di Indonesia karena tahan terhadap wereng coklat biotipe 1 dan 2, tahan virus kerdil rumput, penyakit blas dan HDB (Suprihatno *et al.* 2007). Gen ketahanan terhadap wereng coklat asal *O. australiensis* 100882 (genom EE) berhasil ditransfer ke padi budi daya dan diperoleh empat galur turunan BC₂F₄ (Multani *et al.* 1994). Jena *et al.* (2016) berhasil mentransfer gen asal *O. punctata* (BB) ke galur elit IR31917-45-3-2, beberapa galur introgresi disomic (DILs) generasi BC₁F₁ (20 galur) dan BC₂F₁ (59 galur) yang memiliki ketahanan terhadap wereng coklat, wereng hijau, penyakit hawar daun bakteri, dan blas.

Di Filipina pada tahun 2002 dilepas varietas Matatag 9 yang toleran terhadap tungro, merupakan hasil silangan *O. sativa* dengan *O. rufipogon* 105908 (sumber gen tahan tungro) serta galur NSICRC112 hasil silangan *O. sativa* dengan *O. longistaminata* (toleran terhadap wereng coklat dan tungro). Galur IR73678-6-9B dilepas di Vietnam pada tahun 2001 dengan kode AS996, toleran pH rendah, merupakan silangan IR64 dengan *O. rufipogon* sebagai sumber gen tahan pH rendah (Brar dan Khush 2002). Lima galur turunan *O. sativa* $\times$ *O. officinalis* tahan terhadap wereng coklat telah dirilis di Vietnam pada tahun 1993–1995 dengan nama MTL98, MTL103, MTL105, MTL110, MTL114 (Brar 2005), dan sejumlah galur hasil persilangan

O. sativa dengan *O. glaberrima* dan *O. rufipogon* yang toleran terhadap keracunan Fe 400 ppm telah diperoleh di IRRI (Mendoza *et al.* 2000). Pada tahun 2013 BB Biogen menghasilkan dua galur asal silangan *O. rufipogon* dan Inpari yang dinamai Inpari HDB dan Inpari blas, yang masing-masing tahan terhadap HDB dan blas.

Keragaman genetik ketahanan suatu varietas akan meningkatkan durabilitas (tahan lebih lama), menurunkan tekanan seleksi dan dapat mencegah epidemi penyakit. Oleh karena itu, perakitan varietas harus terus berlangsung yang didukung oleh sumber gen yang selalu tersedia, di antaranya asal padi liar. Keberadaan padi liar akan sangat membantu dalam perbaikan varietas padi yang berkelanjutan. Habitat padi liar sudah terancam dan hilang akibat perubahan oleh manusia ataupun alami. Konsekuensinya perlu dilakukan pelestarian (konservasi) agar tidak punah. Saat ini Bank Gen padi di IRRI mengoleksi lebih dari 3.000 aksesi plasma nutfah padi liar (Brar 2005), sedang BB Biogen mengoleksi ± 4.000 aksesi plasma nutfah padi, 94 aksesi di antaranya merupakan spesies padi liar (Silitonga 2010).

STRATEGI PERCEPATAN TRANSFER GEN ASAL PADI LIAR KE PADI BUDI DAYA

Para pemulia akan memilih spesies padi liar atau tanaman beda spesies bila sumber gen yang tersedia pada padi budi daya makin terbatas atau tidak tersedia. Spesies padi liar memiliki banyak karakter yang diinginkan, di antaranya ketahanan terhadap cekaman biotik (hama penyakit) dan abiotik. Untuk itu perlu dilakukan transfer gen dari spesies padi liar ke padi budi daya. Namun terdapat kesulitan terutama pada spesies dengan genom yang berbeda, baik yang diploid maupun tetraploid. Pemuliaan tanaman secara konvensional akan menghadapi hambatan seperti inkompatibilitas atau kromosom yang tidak homolog, kompleksnya alur penelitian, kondisi fisiologis tanaman yang tidak memungkinkan terjadi persilangan, dan lain-lain.

Padi liar dengan genom AA dapat ditransfer melalui cara konvensional ke padi budi daya walaupun sering menghasilkan turunan yang steril (Abdullah 2006). Untuk mengatasi masalah tersebut dilakukan silang balik (*back cross*) secara berulang dengan varietas budi daya agar diperoleh generasi yang fertil. Tingkat kesulitan yang paling tinggi adalah persilangan dengan spesies *Oryza* spp. yang memiliki hubungan kekerabatan lebih jauh dengan genom berbeda.

Kemajuan bioteknologi dapat membantu sebagian proses perakitan varietas yang memiliki kendala tersebut, di antaranya melalui teknik penyelamatan embrio dan kultur jaringan/sel (Abdullah 2006; Hanarida 2013). Sejumlah penelitian yang terkait kegiatan ini cukup memberi harapan dalam mengatasi masalah ini.

Teknik Penyelamatan Embrio

Keberhasilan persilangan interspesifik padi budi daya dengan padi liar (kerabat jauh) sudah banyak dilaporkan melalui persilangan yang dilanjutkan dengan penyelamatan embrio. Sitch (1990) melaporkan, persilangan padi budi daya dengan padi liar genom BB hingga CCDD memperoleh *seed set* F1 0–30%, dan persilangan dengan genom EE dan FF memperoleh *seed set* 0,2–3,8%. Studi yang dilakukan Abdullah *et al.* (1995) pada dua padi lokal (*O. sativa* genom AA) yang disilangkan dengan lima spesies padi liar dengan genom berbeda, yaitu *O. alta* (CCDD/48), *O. latifolia* (CCDD/48), *O. officinalis* (CC/48), *O. minuta* (BBCC/48), dan *O. ridleyi* (HHJJ/48), memperoleh tingkat keberhasilan *seed set* 0–52%. Persilangan dengan spesies *O. ridleyi* (HHJJ/48) dengan tingkat kekerabatan paling jauh di antara spesies liar yang digunakan, memperoleh *seed set* 0%. Dari beberapa penelitian di atas, penyelamatan embrio akan mudah dilakukan bila ada kedekatan atau kesamaan genom. Oleh karena itu, diperlukan teknik lain dalam melakukan persilangan dengan kerabat paling jauh. Teknik fusi protoplas merupakan bagian dari teknik kultur jaringan yang dapat dimanfaatkan dalam persilangan somatik antarspesies yang berbeda (Sukmadjaya *et al.* 2007).

Teknik Fusi Protoplas

Salah satu cara transfer gen dalam perakitan varietas baru adalah melalui fusi protoplas atau hibridisasi somatik. Fusi protoplas merupakan teknik penggabungan inti dan atau sitoplasma antara dua genotipe atau lebih yang berbeda spesies secara *in vitro* untuk mendapatkan hibrida dengan sifat-sifat yang diinginkan. Teknik ini merupakan teknologi alternatif untuk memperoleh tanaman hibrida yang sulit dilakukan melalui metode konvensional karena ketidakcocokan kromosom atau untuk mengatasi kelemahan dari hibrida secara seksual (Purwito 1999), sehingga hibridisasi dengan spesies padi liar kerabat jauh dengan genom berbeda dapat dilakukan. Penelitian yang mengarah pada somatik hibridisasi melalui fusi protoplas sudah dilakukan.

Kegiatan isolasi protoplas padi telah dilakukan di BB Biogen pada padi lokal Rojolele, Pandan Wangi, dan Cisadane menggunakan mesofil daun dan kalus untuk isolasi protoplas dengan tiga kombinasi enzim. Isolasi belum berhasil karena masih mencari kultur suspensi yang cocok untuk isolasi protoplas (Ambarwati dan Hanarida 1993). Koh-ichi *et al.* (1991) melakukan isolasi protoplas pada 153 aksesori *O. sativa* (indica dan japonica) genom AA, dan 242 spesies padi liar (*O. officinalis*, *latifolia*, *australiensis*, *punctata*, *grandiglumis*, *barthii*, *branchyata*, *rufipogon*, *nivara*, *glaberrima*). Isolasi protoplas utuh berhasil dilakukan pada 15 aksesori japonica dan 12 aksesori indica, dua aksesori *O. officinalis*, *O. barthii* dan 16 aksesori *O. rufipogon*. Pada spesies padi

liar dengan genom BB/BBCC dan yang lebih jauh kurang berhasil.

Guangcun *et al.* (1998) berhasil melakukan purifikasi protoplas padi liar *O. australiensis*, *O. granulata*, *O. latifolia*, dan *O. ridleyi*, kemudian dilakukan fusi protoplas dengan varietas Taipei 309 (*O. sativa*). Bahan protoplas diambil dari suspensi sel daun. Hibrida hasil fusi protoplas diuji karakternya dengan analisis RAPD, namun masih belum berhasil dan perlu didiskusikan lebih lanjut. Sukmadjaya *et al.* (2007) melakukan purifikasi protoplas (isolasi dan pemurnian) padi liar *O. officinalis* dan varietas IR64 menggunakan bahan kalus embriogenik atau batang muda hasil perkecambahan secara *in vitro*. Hasil purifikasi menunjukkan respons pembelahan sel hingga menjadi agregat sel hanya terjadi pada varietas IR64, sedangkan pada *O. officinalis* tidak terjadi, sehingga belum dapat dilaksanakan peleburan (fusi) antara kedua spesiesnya.

Dari hasil penelaahan kegiatan fusi protoplas pada padi, untuk tahap teknik isolasi protoplas sudah berhasil, namun hasil fusinya masih dalam penelitian. Keberhasilan kultur protoplas dan regenerasinya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain genotipe dan jaringan yang digunakan, fisiologi jaringan, jenis dan konsentrasi enzim, masa inkubasi, media kultur, zat pengatur tumbuh, dan kondisi inkubasi (Sukmadjaya *et al.* 2007). Persilangan somatik melalui fusi protoplas merupakan metode alternatif yang sangat berguna dan mempunyai prospek yang baik bagi kegiatan pemuliaan pada masa mendatang. Jaringan tanaman yang digunakan untuk isolasi protoplas bervariasi, umumnya jaringan muda seperti pucuk muda. Protoplas dapat diisolasi dari hampir semua bagian tanaman seperti akar, daun, nodul, koleoptil, kultur kalus, dan daun *in vitro* (Husni *et al.* 2004). Dalam isolasi dan purifikasi protoplas belum ada standar atau metode baku karena setiap individu sel atau jaringan yang akan digunakan sebagai sumber protoplas memerlukan perlakuan khusus (Sukmadjaya *et al.* 2007).

Fusi protoplas berhasil dilakukan pada tanaman kentang, yaitu fusi protoplas spesies *Solanum tuberosum* dengan spesies liar *S. lycopersicon pimpinellifolium* dan *S. khasianum* dengan *S. aculestissima* untuk mendapatkan ketahanan terhadap penyakit hawar daun, layu bakteri, dan kekeringan yang terdapat pada spesies liarnya (Purwito 1999). Pemuliaan tanaman melalui fusi protoplas dan penyelamatan embrio memiliki sejumlah hambatan yang belum dapat diatasi sepenuhnya. Namun demikian, beberapa studi awal telah dilakukan dan memberi harapan untuk langkah selanjutnya.

KESIMPULAN

Spesies padi liar merupakan sumber keragaman genetik ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik sehingga perlu dievaluasi dan dikarakterisasi serta dilestarikan. Bioteknologi telah menghasilkan teknik yang dapat

mentransfer gen ketahanan dari spesies padi liar ke padi budi daya. Teknik persilangan, penyelamatan embrio, kultur jaringan, dan marka molekuler dapat mempermudah proses transfer gen dari spesies padi liar ke padi budi daya.

Gen-gen penting asal padi liar harus dimanfaatkan semaksimal mungkin untuk mengatasi kendala dalam produksi padi. Keberhasilan transfer gen dari spesies padi liar ke padi budi daya akan meningkatkan keragaman genetik dan produksi padi. Gen-gen penting asal padi liar sudah berhasil ditranfer ke padi budi daya, seperti ketahanan terhadap hama wereng coklat, penyakit blas, HDB, dan virus tungro. Studi awal telah dilakukan untuk persilangan padi dengan kerabat liar melalui hibridisasi somatik, seperti isolasi dan pemurnian protoplas, penyelamatan embrio, analisis isoenzim dan DNA. Namun demikian terdapat kendala dalam prosesnya yang perlu diteliti lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, B., D.S Brar and R. Dalmacio. 1995. Interspecific hybridization between bulu rice and wild species of rice using embryo rescue technique. *Zuriat* 6(2): 106–109.
- Abdullah, B., D.S. Brar and A.L. Carpena. 2001. Gene introgression of bacterial leaf blight resistance gene from *Oryza minuta* J.B. Presl. Ex C. B. Presl. into new rice plant type (*Oryza sativa* L.) *Penelitian Pertanian* 20(1): 1–9.
- Abdullah, B. 2002. Wild species *Oryza* spp.: a prospective source of bacterial blight resistance for rice breeding. *Penelitian Pertanian* 21(3): 1–5.
- Abdullah, B. 2006. Potensi padi liar sebagai sumber genetik dalam pemuliaan padi. *Iptek Tanaman Pangan* 2: 143–152.
- Abdurachman, A., A. Dariah, dan A. Mulyani. 2008. Strategi dan teknologi pengelolaan lahan kering mendukung pengadaan pangan nasional. *Jurnal Litbang Pertanian* 27(2): 43–49.
- Alamgir, A.N.M., M. Musa and M.Y. Ali. 2007. Some aspect of mechanisms of NaCl stress tolerance in the seedling of four rice genotypes. *Bangladesh J. Bot.* 36(2): 181–184.
- Amante Bordeos, A.D., L.A. Sitch, R. Nelson, R.D. Damalsio, N.P. Oliva, H. Aswidinoor and H. Leung. 1992. Transfer of bacterial leaf and blast resistance from the tetraploid wild rice *Oryza minuta* to cultivated rice, *O. sativa*. *Theor. Appl. Genet.* 84: 345–354.
- Ambarwati, A.D. dan I. Hanarida. 1993. Teknik isolasi protoplas padi. *Penelitian Pertanian* 13(1): 1–5.
- Anjaneyulu, A., V.D. Shuka, G.M. Rao and S.K. Singh. 1981. Perpetuation of rice tungro virus and its vectors. *International Rice Research Nursery (IRRN)* 6(1): 12–13.
- Baehaki, S.E. dan I.N. Widiarta. 2008. Hama wereng dan cara pengendaliannya pada tanaman padi. *Dalam Padi* (Buku 2). Inovasi Teknologi Produksi. A.A. Darajat, A. Setyono, A.K. Makarim, dan A. Hasanudin (Penyunting). Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi, Subang. hlm. 347–383.
- Bal, A.R. and S.K. Dutt. 1986. Mechanism of salt tolerance in wild rice (*Oryza coarctata* Roxb). *Plant and Soil* 92: 399–404.
- Brar, D.S. and G.S. Khush. 2002. Transferring genes from wild species into rice. In *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*. Kang M.S. (Editor). CAB International, Wallingford (UK). pp. 197–217.
- Brar, D.S. 2005. Broadening the gene pool of rice through introgression from wild species. In K Toriyama, K.L. Heong and B. Hardy (Eds.) *Rice is life: Scientific perspectives for the 21st century*. Proceedings of the World Rice Research Conference, Tsukuba, Japan, 5–7 November 2004. pp. 157–159.
- Brar, D.S., P.S. Virk, K.K. Jena and G.S. Khush. 2009. Breeding for resistance to planthoppers in rice. In K.L. Heong and B. Hardy (Eds.). *Planthoppers: new threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia*. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. pp. 401–428.
- Farroq, S., M. Asghar, N. Iqbal and T.M. Shah. 1992. Variability in salt tolerance of accessions of wild rice species *Oryza punctata* and *O. officinalis*. *International Rice Research Nurseries (IRRN)* 17(6): 15–16.
- Guangcun, He., N. Blackball and M.R. Davey. 1998. Protoplast fusion of cultivated rice (*Oryza sativa* L.) to four wild *Oryza* species. *JGG* 16(1): 11–17. <http://agris.fao.org/agris-search/search>.
- Hanarida, I.S. 2013. Percepatan perakitan varietas unggul padi dengan bantuan pemuliaan nonkonvensional. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6(2): 62–73.
- Huang, C.L, S.Y. Hwang, Y.C. Chiang and T.P. Lin. 2008. Molecular evolution of the *Pi-ta* gene resistant to rice blast in wild rice (*Oryza rufipogon*). *Genetics* 179(3): 1527–1538.
- Husni, A., I. Mariska, dan Hobir. 2004. Fusi protoplas dan regenerasi hasil fusi antara *Solanum melongena* dan *Solanum torvum*. *Jurnal Bioteknologi Pertanian* 9(1): 1–7.
- Jena, K.K., Ma. LaRue, E. Ballesfin, B. Ricky and Vinarao. 2016. Development of *Oryza sativa* L. by *Oryza punctata* Kotschy ex Steud. monosomic addition lines with high value traits by interspecific hybridization. *Theor. Appl. Genet.* 129(10): 1873–1886. DOI: 10.1007/s00122-016-2745-8
- Kadir, T.S. 2000. Variasi patogen *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Prosiding Kongres Nasional dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, 16–18 September 1999. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. hlm. 159–165.
- Kaushal, P. and Ravi. 1998. Crossability of wild species of *Oryza* with *O. sativa* cvs PR 106 and Pusa Basmati 1 for transfer of bacterial leaf blight resistance through interspecific hybridization. *J. Agric. Sci. Cambridge University* 130: 423–430.
- Kaushal, P., Ravi and J.S. Sidhu. 2006. Screening of wild *Oryza* species against bacterial leaf blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) pathotypes of Punjab (India). *Plant Breeding* 117(5): 491–493. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0523.1998.tb01980.x/abstract> [25 April 2015].
- Kayode, S., M. Lorieux and A. Ghesquière. 2014. An extensive analysis of the African rice genetic diversity through a global genotyping. *Theor. Appl. Genet.* 127(10): 2211–2223. DOI: 10.1007/s00122-014-2374-z
- Khush, G.S. 1997. Origin dispersal cultivation and variation of rice. *Plant Mol. Biol.* 35: 25–34.
- Kobayashi, N., R. Ikeda, I.T. Domingo and D.A. Vaughan. 1993. Resistance to infection of rice tungro viruses and vector resistance in wild species of rice (*Oryza* spp.). *Japan. J. Breed.* 43(3): 377–387.
- Koh-ichi morii, T. Kinoshita and Y. Yamada. 1991. Callus formation and protoplast isolation in rice (*Oryza sativa* L.) and its related species. *J. Fac. Agric. Hokkaido Univ.* 64(4): 304–310.
- Mendoza, R.D., J.A. Molinawe, G.B.C. Gregori, Q. Guerta and D.S. Brar. 2000. Genetic variability of tolerance for iron toxicity in different species of *Oryza* and their derivatives. In G.S. Khush, D.S. Brar and B. Hardy (Eds.). *Advances In Rice Genetics*. IRRRI, Los Baños, Laguna. pp. 154–157.
- Morishima, H.O. 1998. Genetic difference between wild and cultivated rice. *Agric. Archeol.* 49(1): 30–35. <http://http-server.carleton.ca/~bgordon/Rice/papers/mori98.htm> [20 April 2014].

- Multani, D.S., K.K. Jena, D.S. Brar, B.G. Reyes, E.R. Angeles and G.S. Khush. 1994. Development of monosomic alien addition lines and introgression of genes from *Oryza australiensis* Domin. to cultivated rice *O. sativa* L. Theor. Appl. Genet. 88: 102–109.
- Mulyani, A., Hikmatullah, dan H. Subagyo. 2004. Karakteristik dan potensi tanah masam lahan kering di Indonesia. hlm. 1–32 Dalam Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Nguyen, B.D., D.S. Brar, B.C. Bui, T.V. Nguyen, L.N. Pham and H.T. Nguyen. 2003. Identification and mapping of the QTLs for aluminum tolerance introgressed from the new source, *Oryza rufipogon* Griff., into indica rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 106: 583–593.
- Niroula, R.K., L.P. Subedi., R.C. Sharma and M.P. Upadhyay. 2005. Interspecific hybrid plants recovered from *in vitro* embryo rescue in rice. Scientific World 3(3): 90–94.
- Praptana, R.H. dan M. Yasin. 2008. Peranan bioteknologi dalam pengelolaan penyakit tungro. Iptek Tanaman Pangan 3(1): 98–111.
- Prasetyono, J., Tasliah, M. Bustamam, T.S. Silitonga, dan B. Abdullah. 2005. Analisis keragaman genetik spesies padi liar menggunakan markah mikrosatelit. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan 24(3): 168–174.
- Purwito, A. 1999. Fusi Protoplas Intra dan Interspesies pada Tanaman Kentang. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sasmita, P., S.P. Bambang, S. Suprihati, I. Hanarida, I.S. Dewi, dan M.A. Chozin. 2006. Evaluasi pertumbuhan dan produksi padi gogo haploid ganda toleran naungan dalam sistem tumpang sari. Buletin Agronomi 34(2): 79–86.
- Silitonga, T., Abdullah, M. Bustamam, A. Nasution, Bahagiawati, dan D. Suardi. 2003. Pemanfaatan teknik kultur jaringan dan molekuler untuk perbaikan genetik padi dengan menggunakan spesies padi liar. Laporan Hasil Penelitian Tahun 2003. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor. 34 hlm.
- Silitonga, T.S. 2010. The use of biotechnology in the characterization, evaluation and utilization of Indonesian rice germplasm. J. AgroBiogen 6(1): 49–56.
- Sitch, L.A. 1990. Incompatibility barriers operating in crosses of *Oryza sativa* with related species and genera. In J.P. Gustafson (Ed.), Gene Manipulation in Plant Improvement II: 77–93. Plenum Press, New York.
- Song, G., T. Sang, B.R. Lu and De-Yuan Hong. 2001. Phylogeny of genus *Oryza* as revealed by molecular approaches. In GS Khush, D.S. Brar and B. Hardy (Eds.). Rice Genetic IV. International Rice Research Institute. pp. 88–105. <http://books.google.co.id/books?id.> [20 April 2014].
- Suardi, D. dan B. Abdullah. 2003. Padi liar tetua toleran kekeringan. Buletin Plasma Nutfah 9(1): 33–38.
- Suhartini, T. dan M. Muhsin. 2011. Plasma nutfah padi liar (*Oryza spp.*) tahan terhadap penyakit tungro. Warta Biogen 7(1): 3–6.
- Suhartini, T. 2014. Ketahanan plasma nutfah padi lokal dan kerabat liarnya terhadap keracunan Fe di lapang. Warta Biogen 10(3): 10–12.
- Sukmadjaya, D., N. Sunarlim, E.G. Lestari, I. Roostika, dan T. Suhartini. 2007. Teknik isolasi dan kultur protoplas tanaman padi. Jurnal AgroBiogen 3(2): 60–65.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, S.E. Baehaki, N. Widiarta, A. Setyono, S.D. Indrasari, dan H. Sembiring. 2007. Deskripsi Varietas Padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Subang.
- Takesi, F., T. Harris and J.B. Serres. 2008. Evolutionary analysis of the *Sub1* gene cluster that confers submergence tolerance to domesticated rice. Ann. Bot. 103(2): 143–150.
- Thamrin, T., I.S. Marpaung, dan Syahri. 2012. Produktivitas dan ketahanan galur harapan padi terhadap penyakit tungro di Sumatera Selatan. Jurnal Lahan Suboptimal 1(2): 130–137. http://www.pur-plso-unsri.org/upload_file/18-82-1-PB [25 April 2014]
- Utami, D.W., S. Moeljopawiro, H. Aswidinnoor, A. Setiawan, dan I. Hanarida. 2005. Gen pengendali sifat ketahanan penyakit blas (*Pyricularia grisea* Sacc.) pada spesies padi liar *O. rufipogon* Griff. dan padi budi daya IR64. Jurnal AgroBiogen 1(1): 1–6.
- Vaughan, D.A. 1989. Collection, conservation, and potential use of the wild relatives of rice in Asia and Australia. In A Mujeeb-Kazi and L.A. Sitch (Eds.). Review of Advances in Plant Biotechnology, 1985–1988. IRRI. Manila. pp. 180–190.
- Vaughan, D.A. 1994. The wild relative of rice. A Genetic Resources Handbook. IRRI, Los Banos, Philippines. p. 137.
- Velasamy. 1987. Wild rice resistance to brown planthopper (BPH). Genetic Evaluation and Utilization. Insect resistance. IRRN April 1987. pp. 20–21.
- Wang, Y.M., Z.Y. Dong, Z.J. Zhang, X.Y. Lin, Y. Shen, D. Zhou and B. Liu. 2005. Extensive de novo genomic variation in rice induced by introgression from wild rice (*Zizania latifolia* Griseb.). Genetics 170: 1945–1956.
- Wei, Q., S. Ge and De-yuan Hong. 2007. Genetic diversity in accessions of wild rice *Oryza granulata* from South and Southeast Asia. Genetic Resources and Crop Evolution 53(1): 197–204.
- Wibawa, G. 1996. Optimalisasi penggunaan cahaya pada pola tumpang sari karet dengan padi gogo tahan naungan, penyakit blas dan keracunan Al. Laporan Kemajuan Riset Unggulan Terpadu IV. Dewan Riset Nasional, LIPI dan BPPT, Jakarta. hlm. 12.
- Xu, K., X. Xu, T. Fukao, P. Canlas, R. Maghirang-Rodriguez and S. Heuer. 2006. Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. Nature 442: 705–708.