

PERKEMBANGAN DAN PROSPEK PERAKITAN PADI TIPE BARU DI INDONESIA

Buang Abdullah, Soewito Tjokrowidjojo, dan Sularjo

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Jalan Raya No. 9, Sukamandi, Subang 41256

ABSTRAK

Padi tipe baru (PTB) atau *new plant type of rice* (NPT) mempunyai potensi hasil lebih tinggi daripada varietas unggul baru. Oleh karena itu, pembentukan PTB perlu dilakukan untuk mendukung peningkatan produktivitas dan produksi padi. Pembentukan PTB di Indonesia dimulai pada tahun 1995. Melalui program ini telah dilepas varietas unggul semi-PTB, yaitu Cimelati (2001), Gilirang (2002), dan Ciapus (2003), serta varietas unggul tipe baru Fatmawati (2003). Namun varietas-varietas tersebut memiliki kekurangan, seperti anakan sedikit dan persentase gabah hampa tinggi, sehingga potensi hasilnya belum seperti yang diharapkan. Sesuai dengan kondisi Indonesia yang beriklim tropis serta hama dan penyakit merupakan masalah utama, PTB yang cocok adalah yang mempunyai jumlah anakan sedang tetapi semua produktif (12–18 batang), jumlah gabah per malai 150–250 butir, persentase gabah bernas 85–95%, bobot 1.000 gabah bernas 25–26 g, batang kokoh dan pendek (80–90 cm), umur genjah (110–120 hari), daun tegak, sempit, berbentuk huruf V, hijau sampai hijau tua, 2–3 daun terakhir tidak cepat luruh, akar banyak dan menyebar dalam, tahan terhadap hama dan penyakit utama, gabah langsing, serta mutu beras dan nasi baik. Dengan sifat-sifat tersebut, varietas PTB diharapkan mampu berproduksi 9–13 t GKG/ha. Pada tahun 2001, pembentukan PTB lebih diintensifkan dengan menggunakan berbagai sumber gen atau sifat dari indica, japonica, dan padi liar melalui persilangan. Melalui upaya tersebut telah diperoleh galur-galur harapan yang mempunyai sifat-sifat yang lebih baik dibanding varietas-varietas yang ada, seperti gabah hampa lebih rendah dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit utama. Sejak tahun 2004 telah digunakan metode seleksi silang berulang dan kultur antera untuk mempercepat pembentukan varietas PTB. Dengan menggunakan metode tersebut telah diperoleh galur-galur yang mempunyai potensi hasil tinggi dan seragam.

Kata kunci: Padi, seleksi, hasil, kultur antera, haploid ganda

ABSTRACT

Development and prospect of new plant type of rice in Indonesia

New plant type of rice (NPT) has higher yield potential than that of existing high-yielding varieties. Therefore, it is urgent to develop rice varieties having high yield potential to increase rice yield and production. Development of NPT in Indonesia has been started in 1995. Four NPT varieties were released, namely Cimelati (2001), Gilirang (2002), Ciapus (2003), and Fatmawati (2003). However, those varieties still have disadvantages, such as few tillers and high sterility, and consequently their yield potential are not as high as proposed. NPT which is suitable to Indonesia as a tropical country and pest and disease are still major problem, should have short and sturdy stems (80–100 cm), 12–18 tillers, 150–250 grains/panicle, 85–95% filled grain, weight of 1,000 grains 25–26 g, early maturity (110–120 days), erect, thick, dark green and have V form leaves, 2–3 leaves stay-green at filing grain stage, long-deep root system, resistant to major pests and diseases, slender grains, and good grain and cooking quality. NPT having those characters could yield 9–13 t/ha and more stable in productivity. In 2001, the NPT development has been intensified by utilizing various gene sources from indica, japonica, and wild species of rice. A number of advanced lines have been produced having better characters than that of NPT varieties released such as better grain filling and resistance against major insects and diseases. Since 2004, recurrent selection and anther culture methods have been implemented to harness NPT development. Elit lines having high yield potential have been produced by using these methods.

Keywords: Rice, selection, yield, anther culture, double haploid

Pelandaian produktivitas dan produksi padi nasional telah terjadi dalam dua dasawarsa terakhir. Salah satu penyebabnya adalah telah tercapainya potensi hasil optimum dari varietas unggul baru (VUB) yang ditanam oleh petani, seperti IR64.

Lebih dari 90% produksi padi dihasilkan dari lahan sawah. Pada tahun 2004, produksi dan produktivitas padi sawah dan padi ladang masing-masing mencapai 51,20 dan 2,90 juta ton gabah kering giling (GKG), dengan produktivitas

4,70 dan 2,60 t/ha (Badan Pusat Statistik 2005). Oleh karena itu, perlu usaha untuk merakit varietas padi sawah dengan potensi hasil lebih tinggi dari varietas yang ada untuk mencukupi kebutuhan pangan khususnya beras.

Peningkatan potensi hasil suatu tanaman dapat dilakukan dengan memodifikasi tipe tanaman (Donald 1968). Memodifikasi tipe tanaman padi akan dapat meningkatkan produksi bahan kering tanaman dan indeks panen, sehingga masing-masing atau bersama-sama dapat meningkatkan potensi hasil. Pada tahun 1989, Lembaga Internasional Penelitian Padi atau *International Rice Research Institute* (IRRI) telah merancang dan merakit padi dengan arsitektur baru yang kemudian dikenal dengan *new plant type of rice* (NPT) atau padi tipe baru (PTB) (*International Rice Research Institute* 1990). PTB memiliki sifat-sifat penting, yaitu anakan produktif sedikit (8–10 batang), malai lebat (200–250 gabah/malai) dan bernas, tinggi tanaman sedang (80–100 cm), daun tegak, tebal dan berwarna hijau tua, umur sedang (110–130 hari), perakitan dalam, serta tahan terhadap hama dan penyakit utama (Khush 1995). Dengan sifat-sifat tersebut PTB dapat menghasilkan 13 t GKG/ha. Banyak varietas padi lokal Indonesia dari subspecies *javanica* (*japonica tropis*) digunakan sebagai sumber gen atau tetua dalam program tersebut, karena padi *javanica* mempunyai batang kokoh, anakan sedikit, malai panjang, dan jumlah gabah per malai banyak, seperti Genjah Wangkal, Ketan Lumbu, dan Soponyono (*International Rice Research Institute* 1995; Fagi *et al.* 2001).

Pembentukan PTB di Indonesia dimulai sejak tahun 1995. Empat varietas telah dilepas, yaitu Cimelati (2001), Gilirang (2002), Ciapus (2003), dan Fatmawati (2003) (Abdullah *et al.* 2005; Suprihatno *et al.* 2007). Namun, keempat varietas tersebut memiliki kekurangan, antara lain kehampaan tinggi serta kurang tahan terhadap hama dan penyakit utama. Hama utama padi pada lahan sawah adalah wereng batang coklat (WBC), penggerek batang, dan ganjur, sedangkan penyakit utama adalah hawar daun bakteri (HDB) dan tungro. Oleh karena itu, perlu dirakit varietas unggul padi tipe baru (VUTB) yang mempunyai potensi hasil lebih tinggi dari varietas yang ada, lebih tahan hama dan penyakit utama, serta beras bermutu baik.

Pembentukan VUTB merupakan usaha mengumpulkan sifat-sifat baik dari berbagai tetua dalam satu tanaman (*varietas*), sehingga memerlukan waktu yang lama. Oleh karena itu, perlu dicari sumber sifat-sifat yang diinginkan (*plasma nutfah*) serta digunakan metode pemuliaan (se-

leksi) yang dapat lebih memberi peluang mempercepat tercapainya tujuan.

Banyak varietas lokal yang sudah dikarakterisasi dan mempunyai sifat-sifat yang mendukung tanaman berpotensi hasil tinggi, seperti batang kokoh dan malai panjang lebat, serta sifat-sifat yang mendukung stabilitas hasil, seperti tahan terhadap hama dan penyakit utama (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi 2006). Metode seleksi baku dalam pemuliaan telah dikuasai dalam perakitan varietas, seperti *pedigree*, *bulk*, dan kombinasi keduanya. Penggunaan metode seleksi silang-berulang (SSB) atau *recurrent selection* (RS), yang biasanya digunakan pada pemuliaan tanaman menyerbuk silang seperti jagung, memberikan peluang yang lebih baik dan terarah dalam perakitan PTB, karena memungkinkan untuk mengumpulkan kembali sifat-sifat yang mengalami segregasi. Teknik kultur antera memungkinkan mendapatkan galur murni secara cepat melalui pembentukan tanaman haploid ganda hasil regenerasi tanaman dari mikrospora. Kedua metode ini dapat digunakan untuk mempercepat pembentukan PTB.

PTB sawah perlu dikembangkan di Indonesia, karena: 1) padi sawah merupakan pemasok utama produksi beras nasional, sehingga penanaman PTB akan meningkatkan produktivitas, produksi, dan pendapatan petani, 2) PTB merupakan padi inbrida, sehingga produksi benih lebih mudah dan murah dan harga benih bermutu terjangkau petani. Makalah ini bertujuan untuk menginformasikan sejarah, metode, tujuan pembentukan, dan hasil PTB di Indonesia dalam upaya mendukung peningkatan produktivitas dan produksi padi nasional.

PERKEMBANGAN PADI TIPE BARU (1995>2005)

Perakitan varietas unggul padi merupakan rangkaian kegiatan yang berkesinambungan dan memerlukan waktu panjang. Kegiatannya meliputi persilangan untuk membentuk populasi dasar, seleksi untuk memilih populasi dan atau tanaman yang dikehendaki, serta uji daya hasil dan adaptasi galur-galur harapan yang dihasilkan sebelum dilepas sebagai varietas baru.

Pembentukan PTB di Indonesia dimulai sejak tahun 1995, dengan memperkenalkan beberapa galur PTB IRRI generasi pertama (PTB IRRI 1) yang merupakan hasil persilangan antara padi subspecies

japonica subtropis, seperti Akihikari, Takaneshiki dan Shen Nung 89-366, dengan *japonica tropis* (*javanica*) seperti Gaok, Gundil Kuning, dan Ketan Lumbu (*International Rice Research Institute* 1995). Padi *japonica subtropis* mempunyai sifat pendek, daun tebal, tegak, dan berwarna hijau tua, sedangkan padi *japonica tropis* mempunyai anakan sedikit tetapi semua produktif, batang kokoh, serta malai panjang dan lebat. Galur-galur PTB IRRI 1 yang digunakan dalam program persilangan antara lain berasal dari nomor persilangan IR65600 (Shen Nung 89-366/Ketan Lumbu), IR66160 (Shen Nung 89-366/Jimbrug), dan IR66738 (Shen Nung 89-366/Soponyono). Penelitian awal ini bertujuan untuk membentuk padi yang mempunyai malai lebat sehingga dapat meningkatkan hasil. Lebih dari 1.000 persilangan telah dihasilkan. Seleksi menggunakan kombinasi dari metode *pedigree* dan *bulk*, yaitu metode *bulk* pada generasi awal dan menengah (F1-F5) dan *pedigree* pada generasi lanjut (F6). Galur-galur harapan bermalai lebat yang berpotensi hasil tinggi telah dihasilkan, di antaranya B10384E-MR-1-8-3, B10386E-KN-36-1, BP50F-MR-30-5, BP138E-KN-23, BP342B-MR-1-3, dan BP364B-MR-33-3-PN-5-1.

Pada tahun 2001, penelitian PTB dilakukan lebih intensif dengan memperkenalkan lebih banyak galur elit PTB IRRI 1 dan generasi kedua (PTB IRRI 2, hasil persilangan PTB IRRI 1 dengan varietas atau galur padi *indica*). Galur-galur tersebut digunakan sebagai bahan seleksi dan tetua dalam persilangan. Persilangan dan seleksi dilakukan secara intensif untuk sifat-sifat potensi hasil tinggi dan pendukungnya, seperti sifat daun, ketahanan terhadap hama dan penyakit utama, serta mutu beras. Berbagai sumber sifat penting untuk potensi hasil tinggi, seperti jumlah anakan, jumlah gabah per malai, kebernas-an gabah dan bobot gabah, serta sifat pendukung lainnya seperti batang pendek dan kokoh, daun tegak, tebal, berbentuk huruf V dan berwarna hijau tua serta *staygreen* (lambat menua), mutu beras baik, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit utama digunakan dalam pembentukan populasi dasar PTB. Untuk ketahanan terhadap hama dan penyakit digunakan galur-galur introgresi, yaitu galur yang mempunyai gen ketahanan dari varietas padi liar, sebagai contoh IR77981 yang mempunyai gen ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri dan IR71033 yang mempunyai gen ketahanan terhadap

wereng coklat dari padi liar *Oryza minuta* (International Rice Research Institute 1995; Abdullah *et al.* 2001). Lebih dari 5.000 kombinasi persilangan telah dihasilkan. Beberapa varietas dan galur yang digunakan dalam program persilangan disajikan pada Tabel 1.

Pada tahun 2002, galur-galur harapan PTB Indonesia dan introduksi dari IRR1 diuji daya hasil dan adaptasinya di beberapa lokasi yang memiliki agroekosistem berbeda. Dibanding galur harapan PTB IRR1, galur-galur harapan PTB Indonesia lebih baik karena mempunyai hasil lebih tinggi, umur lebih genjah, anakan produktif lebih banyak, dan bobot gabah bernas lebih tinggi. Namun, galur-galur Indonesia tersebut mempunyai jumlah gabah dan persentase gabah isi lebih rendah, kecuali BP364B-MR-33-3-PN-5-1 yang mempunyai jumlah gabah tertinggi dibanding galur-galur lainnya (Tabel 2). Rendahnya hasil PTB IRR1 disebabkan oleh jumlah malai sedikit dan bobot gabah rendah. Jumlah anakan galur PTB IRR1 yang sedikit disebabkan galur tersebut merupakan keturunan dari subspecies japonica subtropis dan japonica tropis. Padi japonica mempunyai kemampuan beranak lebih sedikit dibanding padi indica. Galur-galur harapan PTB Indonesia dihasilkan dari persilangan padi indica dan japonica sehingga mempunyai kemampuan beranak lebih banyak.

Mutu beras galur harapan PTB Indonesia relatif lebih baik dengan bentuk gabah lonjong hingga ramping, dibanding galur-galur IRR1 yang bentuk gabahnya bulat. Namun keduanya mempunyai butir kapur sedang. PTB IRR1 selain hasilnya

rendah, berumur lebih panjang, bentuk gabahnya bulat, dan mempunyai butir kapur sedang sehingga kurang disukai petani (konsumen). Sifat-sifat baik galur PTB IRR1 adalah batang sangat kokoh, daun tegak, tebal, dan berwarna hijau tua.

Tabel 1. Varietas dan galur yang digunakan dalam persilangan untuk pembentukan padi tipe baru, Muara Bogor, 2001>2007.

Sumber sifat	Varietas/galur
Batang kokoh	IR65600, IR65557, IR66159, IR66160, IR66738, IR68128, IR71451, IR71218, TB154, BP168, BP303, TB147, Cuil, IRBB5
Malai panjang dan lebar	Sritumpuk, Ketombol, BP50, BP68, BP303, BP342, BP364, Cuil, TB47, TB154, Jambu, Suban, IR65600, IR65557, IR66159, IR66738, IR68128, IR66160, IR71451, IR71218
Daun tegak, tebal, hijau tua	IR65600, IR65557, IR66159, IR66738, IR68128, IR66160, IR71451, IR71218
Umur genjah	Dodokan, IR64, B10177, Heera, RAU1345, Prabhat, Simacan
Tahan wereng coklat	Memberamo, IR70, IR72, IR74, Cisantana, Maros, ASD7, Patambi 33 (PTB33), Rathu Heenati, Bahbutong, Bahbolon, IR71033
Tahan hawar daun bakteri	IRBB5, IRBB7, IRBB21, IRBB56 IRBB60, IR66159, IR66738, IR68128, IR66160, RP1837, AY4-5, NH124, NH12, IR77981, IR71218, Java 14, Baso
Tahan tungro	Tukat Unda, Tukat Balian, Tukat Petanu, IR65633, IR71031, Utri Merah, Balimau Putih, Pucuk
Tahan blas	Klemas, Napa, Moroberekan, Tetep, Sagi, Asahan
Mutu beras	Milky rice, IR64, Memberamo, Cimelati, Cisantana, Whe Sang 2, Sintanur, Basmati, RCN-B-93, HSPR45-9, Pandan Wangi, Rojolele

Sumber: Abdullah (2007), data tidak dipublikasikan.

Tabel 2. Hasil dan komponen hasil rata-rata galur-galur harapan padi tipe baru (PTB) Indonesia dan IRR1 generasi pertama di enam lokasi, 2002.

Galur	Tinggi tanaman (cm)	Umur (hari)	Anakan produktif (batang)	Jumlah gabah per malai				Bobot 1.000 gabah (g)	Hasil (t/ha)
				Isi	Hampa	Total	% isi		
PTB Indonesia									
B10386E-KN-36-1	95	123	16	93	49	142	65	31	6,5
B10386E-KN-36-2	101	123	16	116	53	169	69	31	6,5
BP50F-MR-30-5	87	125	13	131	81	212	62	30	6,4
BP140F-MR-1	87	124	14	112	57	169	66	34	6,2
BP342B-MR-1-3	104	118	11	155	69	224	69	28	5,5
BP364B-MR-33-3-PN-5-1	94	115	10	177	104	281	63	29	6,1
PTB IRR1									
IR68552-100-1-2-2-MR-6	100	126	10	160	45	205	78	27	5,1
IR65600-129-1-1-2-MR-7	93	130	11	153	31	184	83	27	4,6
IR68011-15-1-1-2-MR-48	89	128	13	120	57	177	68	27	5,0
IR68960-10-1-2-2-MR-8	92	128	9	187	56	243	77	28	4,8
IR71218-39-3-2-MR14	91	130	11	162	48	210	77	26	4,8
IR71218-39-3-2-MR-11	99	129	10	172	49	221	78	25	5,2
IR64 (varietas pembanding)	78	114	17	107	14	121	88	27	6,1
IR42 (varietas pembanding)	86	115	19	124	27	151	82	21	5,9

Sumber: Abdullah (2003), data tidak dipublikasikan.

Beberapa galur IRRI tersebut mempunyai ketahanan terhadap penyakit HDB, seperti IR71218 dan IR68552.

Jumlah gabah hampa yang tinggi merupakan sifat utama yang menyebabkan daya hasil PTB tidak seperti yang diharapkan. Kehampaan dapat disebabkan faktor genetik maupun nongenetik. Faktor genetik dapat diperbaiki melalui pemuliaan, sedangkan faktor nongenetik dengan perbaikan lingkungan dan atau budi daya. Salah satu penyebab kehampaan adalah tidak seimbangnya *sink* (limbung) yang besar dan *source* (sumber) yang sedikit. Galur BP364B-MR-33-2-PN-5-1, misalnya, mempunyai jumlah gabah per malai banyak, tetapi sumber kurang mendukung, seperti daun lebar, tipis, mendatar, dan cepat luruh, serta berumur genjah, sehingga asimilat yang dihasilkan rendah dan kurang mencukupi untuk pengisian gabah yang mengakibatkan kehampaan semu. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tersebut, baik melalui perbaikan sifat genetik PTB maupun cara budi daya.

Setiap varietas padi mempunyai sifat yang berbeda. PTB mempunyai sifat-sifat yang agak berbeda dengan VUB, sehingga cara budi dayanya pun berbeda untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Pada uji multilokasi, BP364B-MR-33-3-PN-5-1 yang mempunyai banyak sifat PTB, tidak menunjukkan potensi hasil yang sebenarnya. Untuk mencapai potensi hasil yang sebenarnya, PTB harus ditanam dengan cara budi daya yang sesuai, yaitu dengan pendekatan pengelolaan tanaman terpadu (PTT). Dengan pendekatan ini, galur tersebut mampu menghasilkan gabah lebih dari 9 t/ha.

Dari uji multilokasi pada tahun 2001–2003, beberapa galur harapan PTB mempunyai potensi hasil tinggi, walaupun belum mempunyai sifat-sifat PTB seperti yang diharapkan. Tiga galur telah dilepas sebagai varietas semi-PTB, yaitu galur B10384E-MR-1-8-3 dilepas pada tahun 2001 dengan nama Cimelati, BP50F-MR-30-5 (2002) dengan nama Gilirang, dan B10386E-KN-36-1 (2003) dengan nama Ciapus (Suprihatno *et al.* 2007). Galur BP364B-MR-33-3-PN-5-1 mempunyai beberapa sifat PTB, yaitu anakan sedang (10 batang), malai panjang dengan jumlah gabah per malai banyak (250–350 butir), daun tegak, tebal berwarna hijau tua, dan berumur genjah (110 hari). Galur ini dilepas sebagai varietas unggul tipe baru (VUTB) pertama pada tahun 2003 dengan nama

Fatmawati (Gambar 1). Potensi hasilnya mencapai 9 t GKG/ha (Abdullah *et al.* 2005; Suprihatno *et al.* 2007). Sifat-sifat penting keempat varietas PTB tersebut disajikan pada Tabel 3.

Perkembangan varietas PTB tersebut cukup menggembirakan. Pada saat dilepas, banyak petani yang antusias menanam varietas Fatmawati karena penampilannya kekar, daun tegak, tebal dan berwarna hijau tua, serta malai panjang

dan lebat. Namun, varietas ini banyak menghasilkan gabah yang tidak berisi penuh dan dianggap hampa, serta susah dirontok sehingga kurang mendukung dalam pengembangannya.

Selain empat varietas tersebut, telah diperoleh empat galur harapan yang stabil dan berdaya hasil tinggi, yaitu BP360E-MR-79-PN-2 (Gambar 2), BP205D-KN-78-1-8, BP138F-KN-23, dan BP355E-MR-45. Pada uji multilokasi musim kemarau, hasil



Gambar 1. Fatmawati, varietas unggul padi tipe baru perdana.

Tabel 3. Sifat-sifat penting varietas padi tipe baru.

Varietas	Cimelati	Gilirang	Ciapus	Fatmawati
Nomor persilangan	B10384	BP50	B10386	BP364
Golongan	Cere	Cere	Cere	Cere
Umur (hari)	118–125	116–125	115–122	105–115
Bentuk tanaman	Tegak	Tegak	Tegak	Tegak
Tinggi (cm)	106–114	108–115	100–106	95–110
Anakan produktif (batang)	16–24	10–15	14–16	8–14
Jumlah gabah per malai	150	200	140	200–400
Bobot 1.000 gabah (g)	27	28	31	29
Muka daun	Kasar	Kasar	Kasar	Halus/berbulu
Posisi daun	Tegak	Tegak	Agak miring	Tegak
Posisi daun bendera	Tegak	Agak miring	Agak miring	Tegak
Bentuk gabah	Ramping	Sedang	Ramping	Ramping
Warna gabah	Kuning bersih	Kuning bersih	Kuning	Kuning bersih
Kerontokan	Sedang	Sedang	Sedang	Tahan
Tekstur nasi	Pulen	Pulen	Pulen	Pulen
Rasa nasi	Enak	Enak	Enak	Enak
Kadar amilosa (%)	19	19	23	23
Hasil rata-rata (t/ha, GKG)	6	6	6,5	6
Potensi hasil (t/ha, GKG)	7,5	7,5	8,2	9
Ketahanan terhadap WBC	Tahan	Tahan	Tahan	Agak tahan
Ketahanan terhadap HDB	Agak tahan	Agak tahan	Agak tahan	Agak tahan

Sumber: Abdullah *et al.* (2005); Suprihatno *et al.* (2007).



Gambar 2. Galur harapan padi tipe baru, BP360E-MR-79-PN-2.

galur BP360E-MR-79-PN-2 masing-masing lebih tinggi 20% dan 7% dibanding Fatmawati dan Ciherang. Pada musim hujan, hasilnya masing-masing lebih tinggi 14% dan 15% dibanding Fatmawati dan Ciherang (Abdullah *et al.* 2007b).

Gambar 2 menunjukkan keragaan galur harapan PTB, BP360E-MR-79-PN-2. Dibandingkan dengan tiga galur harapan lainnya, galur ini lebih banyak mempunyai sifat-sifat PTB yang diharapkan, seperti batang kuat, daun tegak, tebal, tidak terlalu panjang dan lebar, berwarna hijau tua dan berbentuk V yang mendukung tanaman untuk berpotensi hasil tinggi. Di samping itu galur ini tahan terhadap WBC dan HDB.

Galur BP205D-KN-78-1-8 mampu berproduksi rata-rata 6,80 t GKG/ha, dengan hasil tertinggi 8,60 t/ha. Galur ini juga menunjukkan keseragaman yang mantap dibanding galur lainnya, tahan terhadap wereng coklat dan agak tahan terhadap HDB, serta bermutu beras baik dan rasa nasi pulen. Dua galur lainnya yang menunjukkan keseragaman tinggi dan hasil sama dengan varietas pembandingan, Logawa, yaitu BP138F-KN-23 yang mempunyai rata-rata hasil 6,20 t/ha dan BP355E-MR-45, 5,60 t GKG/ha. Galur BP138F-KN-23 agak tahan terhadap penyakit HDB, bentuk beras bulat, dan rasa nasinya sedang. Sedang galur BP355E-MR-45 agak tahan terhadap HDB, bentuk gabah bulat serta daunnya agak terkulai (Abdullah *et al.* 2007b). Keempat galur tersebut mempunyai hasil yang setara atau lebih tinggi dari Ciherang, serta lebih tahan terhadap wereng coklat dan

HDB. Oleh karena itu, galur-galur tersebut layak untuk diusulkan sebagai calon varietas baru. Sifat-sifat penting keempat galur tersebut disajikan pada Tabel 4.

Keberhasilan pembentukan PTB didukung oleh tersedianya plasma nutfah padi Indonesia dan padi introduksi. Namun, hingga kini belum diperoleh varietas atau galur yang mempunyai semua sifat yang dikehendaki. Pembentukan PTB merupakan pengumpulan sifat-sifat baik berbagai sumber atau tetua. Sebagian sifat-sifat tersebut dikendalikan oleh banyak gen, sehingga memerlukan

waktu yang lama untuk memperoleh PTB yang dikehendaki. Oleh karena itu, diperlukan metode dan atau prosedur yang sesuai untuk lebih mengarahkan dan mempercepat mendapatkan PTB. Berubahnya biotipe hama (WBC) serta *strain* penyakit HDB dan tungro yang cepat merupakan masalah dalam pembentukan PTB, karena varietas yang tahan akan cepat patah ketahanannya bila ditanam secara terus-menerus. Di samping itu, sampai saat ini belum ditemukan sumber gen ketahanan terhadap penggerek batang, yang merupakan hama utama padi.

PROSPEK PADI TIPE BARU (2005>2015)

Potensi hasil padi ditentukan oleh komponen hasil, yaitu jumlah anakan produktif, jumlah gabah per malai, persentase gabah isi, dan bobot gabah bernas. Jumlah anakan PTB generasi pertama yang sedikit merupakan salah satu kendala dalam meningkatkan hasil di daerah tropis seperti Indonesia. Serangan hama seperti penggerek batang dan ganjur menyebabkan anakan mati atau tidak berbuah sehingga menyebabkan kehilangan hasil yang sangat signifikan. Jumlah gabah per malai yang banyak juga menyebabkan tingginya gabah hampa. Kehampaan dapat disebabkan oleh faktor genetik maupun non-genetik. Menurut Horrie *et al.* (2006), kehampaan atau persentase gabah isi

Tabel 4. Sifat-sifat penting galur harapan padi sebagai calon varietas padi tipe baru.

Galur/varietas	Umur (hari)	Tinggi (cm)	HDB ¹		WC ² 3	Amilosa (%)	Sifat fisik beras ³		
			IV	VIII			P	B	C
BP360E-MR-79-PN-2	123	105	AT	AR	T	24,3	L	M	M
BP205D-KN-78-1-8	120	88	AT	AR	T	17	L	M	S
BP138F-KN-23	125	110	AT	AT	R	22,5	M	M	M
BP355E-MR-45	120	91	AT	AT	R	20,6	M	M	SM
Fatmawati	115	94	AT	R	AT	20,2	L	M	M
Ciherang	110	90	R	R	AT	22	L	S	S
Logawa	120	105	AT	AR	AT	26	L	M	S

¹HDB IV dan VIII = hawar daun bakteri *strain* IV dan VIII; WC 3 = wereng coklat biotipe 3.

²P = panjang beras: L (panjang) > 6,61 mm; M (medium) 5,51–6,60 mm; S (pendek) < 5,50 mm

³B = bentuk beras (ratio panjang:lebar): S (*slender/ramping*) > 3; M (medium) 2,10–3; dan B (bulat) ≤ 2

C = *chalkiness*/pengapuran: L (*large/besar*) > 20%; M (medium/sedang) 10–20%; S (*small/sedikit*) < 10%.

Sumber: Abdullah *et al.* (2007b)

lebih dipengaruhi oleh faktor genetik daripada nongenetik. Faktor genetik dapat diperbaiki melalui pemuliaan. Faktor nongenetik disebabkan oleh lingkungan, seperti suhu tinggi yang menyebabkan respirasi tinggi dan terbatasnya hara karena tanah kurang subur. Oleh karena itu, perlu pembentukan PTB yang mempunyai anakan produktif lebih banyak, dan jumlah gabah per malai lebih sedikit untuk meningkatkan dan menstabilkan hasil. Sejumlah tetua yang mempunyai anakan sedang hingga banyak serta persentase gabah isi tinggi telah digunakan dalam pembentukan PTB.

Fotosintesis merupakan proses fisiologis tanaman yang berkaitan erat dengan produktivitas tanaman. Laju fotosintesis bersih dipengaruhi oleh indeks luas daun (ILD), bentuk kanopi, dan produktivitas bahan kering (Norman *et al.* 1984). Nilai ILD maksimum adalah 5–6. Efisiensi fotosintesis (EF) pada tanaman padi berperan dalam pendugaan hasil. EF dapat dihitung dari laju pertumbuhan tanaman, laju pertumbuhan relatif, dan laju asimilasi bersih (Wareing dan Cooper 1981). Produksi bahan kering merupakan keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. PTB harus mempunyai daun yang tegak, tebal, sempit hingga sedang, berbentuk V, dan berwarna hijau tua. Aktivitas fotosintesis terbesar terdapat pada daun ke-3 dan ke-4 (Yoshida 1981). Oleh karena itu, setiap anakan PTB harus mempunyai 2–3 daun teratas tetap hijau dan aktif berfotosintesis pada fase pengisian bulir.

Jumlah anakan per rumpun yang terlalu banyak akan mengakibatkan masa masak malai tidak serempak, sehingga menurunkan produktivitas dan atau mutu beras. Dengan jumlah anakan sedikit diharapkan malai masak serempak. Namun jika jumlah gabah per malai banyak maka masa pemasakan akan lebih lama, sehingga mutu beras menurun atau tingkat kehampaan tinggi karena ketidakmampuan sumber mengisi limbung. Jumlah anakan sedikit, bila ada serangan hama yang mengakibatkan kerusakan anakan, akan menurunkan hasil.

Penanaman padi di Indonesia sangat intensif, terutama pada lahan sawah irigasi, sehingga siklus kehidupan hama terus berlanjut. Akibatnya, hama dan penyakit merupakan masalah utama dalam peningkatan produksi padi. Oleh karena itu, pembentukan PTB perlu mempertimbangkan jumlah anakan untuk mengantisi-

pasi serangan penggerek batang dan ganjur. PTB yang berpotensi hasil tinggi umumnya harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: jumlah anakan sedang tetapi semua produktif (12–18 batang), jumlah gabah per malai 150–250 butir, persentase gabah bernas 85–95%, bobot 1.000 gabah bernas 25–26 g, batang kokoh dan pendek (80–90 cm), umur genjah (110–120 hari), daun tegak, sempit, berbentuk huruf V, hijau sampai hijau tua, 2–3 daun terakhir tidak cepat luruh, akar banyak dan menyebar dalam, gabah langsing, mutu beras baik, serta tahan terhadap hama dan penyakit utama. Dengan sifat-sifat tersebut, varietas PTB diharapkan mempunyai potensi hasil 9–13 t GKG/ha.

Keragaman genetik sangat menentukan keberhasilan pemuliaan padi. Indonesia mempunyai padi bulu atau subspecies japonica tropis yang digunakan sebagai tetua dalam pembentukan PTB di IRRI, sebagai sumber sifat yang mendukung tanaman berpotensi hasil tinggi, seperti batang kokoh serta malai panjang dan padat (International Rice Research Institute 1995; Fagi *et al.* 2001). Banyak varietas padi lokal Indonesia mempunyai sumber ketahanan terhadap hama dan penyakit utama, seperti Utri Merah tahan tungro serta Jawa 14 tahan hawar daun bakteri. Varietas lokal juga tahan terhadap WBC, seperti Ase Botong dan Ase Pute (Zuraida *et al.* 2003), Ampek Panjang, Pasir Putih, Bulu Hiedeung, dan Jambal Galah (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi 2006). Beberapa padi liar, *O. officinalis*, *O. minuta*, *O. punctata*, *O. alta*, dan *O. grandiglumis* diketahui tahan terhadap wereng coklat dan HDB (Abdullah 2002; Abdullah 2006; Abdullah *et al.* 2007a). Padi liar tersebut dapat digunakan untuk membentuk tanaman (galur introgresi) yang mempunyai sifat baik dari padi liar, sehingga dapat digunakan dalam program pemuliaan. Galur-galur introgresi telah tersedia, antara lain untuk ketahanan terhadap HDB dari *O. minuta* (Abdullah *et al.* 2001) dan terhadap blas dari *O. rufipogon* (Utami *et al.* 2001).

Padi subspecies indica mempunyai sifat beranak banyak dan genjah. Oleh karena itu, penggunaan padi indica sebagai tetua dalam pembentukan PTB diharapkan mendapatkan galur-galur PTB yang mempunyai anakan lebih banyak, semua produktif, dan berumur pendek dibanding PTB hasil persilangan japonica daerah sedang dan tropis. Sejak tahun 2001, pembentukan PTB telah mengguna-

kan persilangan yang kompleks dengan banyak tetua, yang mempunyai gen-gen indica, japonica subtropis dan tropis, serta galur-galur introgresi yang mempunyai gen-gen dari padi liar. Melalui program ini telah dihasilkan populasi dasar dari berbagai kombinasi persilangan, galur-galur generasi menengah dan lanjut, serta galur-galur harapan sebagai materi seleksi untuk memperoleh galur atau varietas yang lebih baik dari yang sudah ada.

Dari persilangan-persilangan tersebut telah terpilih galur-galur harapan PTB dengan sifat-sifat yang lebih baik dari varietas dan galur-galur terdahulu, seperti batang lebih pendek dan kokoh, anakan lebih banyak (13–19 batang), malai sedang sampai panjang dengan jumlah gabah 175–300 butir, kehampaan 12–29 %, daun hijau tua, tegak, tidak cepat luruh, dan berbentuk huruf V, bentuk gabah sedang sampai langsing dengan pengapuran sedikit sampai tanpa pengapuran, serta tahan terhadap wereng coklat dan HDB.

Seleksi merupakan faktor yang sangat menentukan keberhasilan dalam pembentukan varietas, di samping keragaman genetik. Oleh karena itu, metode seleksi yang tepat merupakan kunci keberhasilan pembentukan PTB. Pembentukan PTB merupakan usaha menggabungkan banyak sifat, seperti jumlah anakan, jumlah gabah, daun yang efisien, perakaran yang baik, mutu beras, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Sifat-sifat tersebut umumnya dikontrol oleh banyak gen. Karena itu, perlu metode seleksi yang dapat lebih memberi kesempatan untuk mencapai tujuan.

SELEKSI SILANG BERULANG DAN KULTUR ANTERA

Salah satu metode pemuliaan adalah seleksi-silang berulang (SSB) dan *recurrent selection* (RS), suatu metode seleksi dan penyilangan tanaman terpilih dari suatu populasi secara sistematis untuk membentuk populasi baru yang lebih baik (Fehr 1987). Metode ini merupakan tata cara pengumpulan sifat-sifat yang diharapkan dari suatu kombinasi persilangan dengan menyilangkan segregat-segregat terpilih secara terus-menerus sehingga diperoleh populasi yang lebih baik dari sebelumnya. Populasi tersebut

terdiri atas tanaman-tanaman yang memiliki kombinasi sifat-sifat yang diharapkan, sehingga peluang mendapatkan tanaman dengan sifat-sifat yang dikehendaki lebih besar. Metode ini umumnya digunakan pada tanaman menyerbuk silang, seperti jagung, dan sesuai pula untuk membentuk PTB.

Melalui SSB, telah diperoleh 233 populasi, yang terdiri atas populasi siklus pertama (SSB1), kedua (SSB2), dan ketiga (SSB3) (Tabel 5). Dari populasi ini dapat dipilih tanaman-tanaman yang mempunyai akumulasi sifat-sifat yang diharapkan sehingga akan menghasilkan galur-galur yang berpotensi hasil tinggi, bereaksi tahan terhadap hama dan penyakit utama, serta bermutu beras baik. Lebih dari 500 galur berpotensi hasil tinggi dihasilkan melalui SSB. Dari jumlah tersebut, 24 galur sudah seragam, 21 di antaranya berumur

genjah (95–105 hari) pada generasi kedua dari populasi elit SSB2 (Tabel 6).

Hasil ini menunjukkan bahwa dari populasi SSB2 telah banyak dihasilkan galur-galur yang sudah cukup seragam. Penelitian ini membuktikan bahwa dengan SSB pembentukan galur dapat dipercepat, karena pada generasi ketiga setelah SSB2 atau generasi kelima dari pembuatan persilangan dasar, telah didapat galur yang seragam, seperti B11738-RS*2-3-MR-7-SI-1 dan B11742-RS*2-5-MR-11-SI-3. Hal ini akan sulit didapat dengan metode *pedigree*. Galur-galur tersebut selanjutnya dievaluasi keragaan dan potensinya. Untuk mempercepat pembentukan galur PTB dengan sifat-sifat yang diharapkan dari tetuanya, maka tujuh populasi elit SSB digunakan sebagai sumber bahan kultur antera untuk mendapatkan galur haploid ganda yang homogen dan homozigot.

Kultur antera merupakan salah satu metode kultur *in vitro* yang dapat menghasilkan galur-galur murni dengan cepat. Galur-galur murni tersebut merupakan tanaman haploid ganda sehingga proses seleksi menjadi lebih efisien karena populasi haploid ganda bersifat homogen dengan homozigot sudah terbentuk pada tanaman regenerasi (DH0), sedangkan evaluasi karakter agronomi utama dapat dilakukan pada generasi DH1 dan DH2 (Chung 1992; Dewi 2002). Oleh karena itu, dibandingkan dengan sistem pemuliaan konvensional, keuntungan penggunaan kultur antera dalam program pemuliaan, selain meningkatkan efisiensi proses seleksi, adalah menghemat biaya, waktu dan tenaga (Dewi *et al.* 1996). Mulai tahun 2004, metode SSB dan kultur antera telah digunakan untuk mempercepat pembentukan galur PTB dengan sifat-sifat yang diharapkan.

Kultur antera, baik dari populasi terpilih dari persilangan biasa maupun dari populasi elit hasil SSB, menghasilkan tanaman regenerasi. Dari tanaman-tanaman tersebut dipilih tanaman haploid ganda yang menunjukkan kehomozigositasan pada keturunan kedua. Sepuluh galur haploid ganda telah didapat dari keturunan ketiga atau haploid ganda kedua (HG2). Galur-galur HG2 tersebut sudah seragam dan terpilih 10 galur yang berasal dari dua tanaman regenerasi (HG0), yaitu B11767 yang merupakan hasil persilangan ganda (IR71218-39-3-2-MR-11/BP140F-MR-1-KN-1//IR71218-39-3-2-MR-11/BP360E-MR-79-PN-2). Hasil evaluasi 27 galur haploid ganda dari B11797 generasi kedua atau galur HG2 pada MT I, 2007 menunjukkan bahwa tujuh galur mempunyai potensi hasil ≥ 9 t GKG/ha, sedang Ciherang dan galur non HG (B11008E) masing-masing 8,10 dan 7,10 t/ha (Tabel 7). Galur-galur HG tersebut, dibanding Ciherang mempunyai kelebihan pada jumlah gabah isi dan total, serta bobot 1.000 gabah isi. Jumlah anakan produktif pada persentase gabah isi galur-galur HG sama dengan Ciherang. Galur yang menunjukkan potensi hasil tertinggi adalah B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-19 (12,30 t/ha).

Dengan keberhasilan mendapatkan galur yang relatif homogen dari populasi elit hasil SSB3 dan galur-galur haploid ganda dari kultur antera dalam waktu lebih cepat dibanding metode *pedigree* dan *bulk* maka kombinasi kedua metode ini akan lebih mempercepat pembentukan PTB.

Tabel 5. Galur elit hasil seleksi-silang berulang (SSB) siklus 1, 2, dan 3 terpilih pada musim tanam II, 2006.

Bastar	Kombinasi persilangan	SSB ¹			Tujuan ²
		3	2	1	
B11738	Gilirang/BP342F-MR-1-3//Gilirang	0	4	0	Hasil, mutu, aroma, HDB
B11742	BP360E/IR71218//BP360E	0	33	0	Hasil, HDB, mutu, WBC
B11953	B11738-MR-2-2/B11738-MR-2B	0	0	12	Hasil, mutu, aroma, HDB
B11954	B11738-MR-2-3/B11738-MR-2B	0	0	16	Hasil, mutu, aroma, HDB
B11955	B11738-MR-2-4/B11738-MR-6B	0	0	27	Hasil, mutu, aroma, HDB
B11957	Cimelati/IR71218//Cimelati// Gilirang/BP342F-MR-1-3//Gilirang	45	35	0	PTB, hasil, HDB, mutu
B11959	B11738-MR-8-3/B11738-MR-11B	3	0	0	Hasil, mutu, aroma, HDB
B11961	B11742-MR-1-2/B11742-MR-5B	8	0	0	Hasil, HDB, mutu, WBC
B11963	Ciapus/B10384//Ciapus//BP140F/ Angke//IR71218/4/B10386/ Tukad Petanu/Ciapus	0	9	9	Hasil, mutu, HDB, Tungro
B12002	Fatmawati*2///Klemas/// Lampung Kuning/IR71190	0	22	10	PTB, hasil, blas, WBC 3, mutu
Total		56	103	74	

¹1 = SSB siklus pertama; 2 = SSB siklus kedua; 3 = SSB siklus ketiga.

²HDB = hawar daun bakteri; WBC = wereng batang coklat.

Sumber: Abdullah *et al.* (2007c).

Tabel 6. Galur SSB terpilih dari pertanaman pedigree PTB di Puskasragara, Jawa Barat MT I, 2007.

Galur	Kombinasi persilangan	Galur terpilih		
		Bulk	Tanaman	Genjah
B11738-RS*2	Gilirang/BP342F-MR-1-3//Gilirang	3	0	3
B11957-RS*1	Gilirang/BP342F-MR-1-3//Gilirang	0	2	0
B11742-RS*2	BP360E-MR-79-PN-2/IR71218-39-3-2- MR-14/BP360E-MR-79-PN-4	21	1	18
Total		24	3	21

Sumber: Abdullah *et al.* (2007c).

Tabel 7. Komponen hasil galur haploid ganda padi tipe baru (PTB) pada MT I, 2007.

Galur/varietas	Tinggi tanaman (cm)	Anakan produksi (batang)	Jumlah gabah/malai (butir)	Gabah isi/rumpun		Bobot 1.000 gabah (g)	Potensi hasil ¹ (t/ha)
				(butir)	(%)		
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-1	84	13,60	155	66,40	85	26,20	9,10
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-4	99	12	150	75,20	91,80	26,50	9
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-5	98	12,60	146,60	76,70	91,10	26,10	9,10
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-7	107	13	149	73,60	90	26,80	9,60
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-9	108	11	172,20	73	91,70	26,10	9
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-19	99	12	157,60	85,30	90,90	28,30	12,30
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-21	87	11	178	75,10	93,80	26,60	9,70
B11797-MR-1-4-AC-2-2-MR-3 ²	101	10,60	135,20	81	94	24,60	7,10
Ciherang	95	12	141,20	76,40	92,60	25	8,10

¹Potensi hasil dihitung dari komponen hasil dikalikan populasi per ha.

²Galur PTB dari hasil konvensional (*bulk* dan *pedigree*)

Sumber: Abdullah *et al.* (2008).

KESIMPULAN

Pembentukan padi tipe baru di Indonesia telah menghasilkan satu varietas unggul tipe baru dan tiga varietas unggul semi-tipe baru. Namun varietas-varietas tersebut masih memiliki kelemahan, seperti persentase gabah hampa relatif tinggi, rentan terhadap hama dan penyakit utama, serta mutu beras kurang baik.

Telah diperoleh galur-galur harapan yang telah mantap keseragamannya dan mempunyai beberapa kelebihan dibanding varietas yang telah dilepas, seperti tingkat kehampaan rendah, dan lebih tahan terhadap hama dan penyakit utama. Karena itu galur-galur tersebut dapat diusulkan

untuk dilepas sebagai varietas unggul baru.

Pembentukan varietas padi tipe baru yang lebih tinggi potensinya, tahan terhadap hama dan penyakit utama, serta bermutu beras baik menggunakan berbagai sumber gen (plasma nutfah) dalam program persilangan, baik dari subspecies japonica (subtropis dan tropis), indica, dan galur-galur introgresi yang mempunyai gen-gen dari padi liar.

Pembentukan PTB di Indonesia diarahkan pada PTB yang mempunyai jumlah anakan sedang tetapi produktif semua (12–18 batang), jumlah gabah per malai 150–250 butir, persentase gabah bernas 85–95%, bobot 1.000 gabah bernas 25–26

g, batang kokoh dan pendek (80–90 cm), umur genjah (110–120 hari), daun tegak, sempit, berbentuk huruf V, berwarna hijau sampai hijau tua, 2–3 daun terakhir tidak cepat luruh, akar banyak dan menyebar dalam, tahan terhadap hama dan penyakit utama, gabah langsing, serta mutu beras baik. Dengan sifat-sifat tersebut, potensi hasil PTB mencapai 9–13 t GKG/ha.

Galur-galur telah diperoleh baik melalui seleksi silang berulang maupun kultur antera dalam waktu relatif singkat. Hal ini menunjukkan bahwa metode seleksi silang berulang yang dikombinasikan dengan kultur antera dapat lebih mempercepat dan mengarahkan program pembentukan PTB.

DAFTAR PUSTAKA

- 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 dalam program pemuliaan padi. *Iptek Tanaman Pangan* (2): 143–152.
- Abdullah, B., D.S. Brar, and A.L. Carpena. 2001. Gene introgression for bacterial leaf blight resistance from *Oryza minuta* J.B. Presl. ex C.B. Presl. into new plant type (*O. sativa* L.). *Penelitian Pertanian* 20(1): 1–9.
- Abdullah, B., S. Tjokrowidjojo, B. Kustianto, dan A.A. Daradjat. 2005. Pembentukan varietas unggul tipe baru Fatmawati. *Penelitian Pertanian* 25(1): 1–7.
- Abdullah, B., Bahagiawati, A. Nasution, and T.S. Silitonga. 2007a. Wild species of rice (*Oryza* spp.) is sources of biotic stress resistance genes for rice improvement. *Rice Industry, Culture and Environment, Book 2*, p. 337–342. *Proc. The International Rice Conference*, 12–14 September 2005.
- Abdullah, B., S. Tjokrowidjojo, H. Safitri, Sularno, Indarjo, dan Yusuf. 2007b. Uji daya hasil lanjutan galur harapan padi tipe baru. *Laporan Akhir Penelitian tahun 2006*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 24 hlm.
- Abdullah, B., I.S. Dewi, P.L. Lestari, H. Safitri, Sularno, Sudarno, Indarjo, dan Yusuf. 2007c. Seleksi-silang berulang dan kultur antera untuk pembentukan galur padi tipe baru. *Laporan Akhir Penelitian tahun 2007*.
- Laporan Akhir Penelitian tahun 2006. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 23 hlm.
- Abdullah, B., I.S. Dewi, P.L. Lestari, H. Safitri, dan Sularjo. 2008. Seleksi-silang berulang dan kultur antera untuk pembentukan galur padi tipe baru. *Laporan Akhir Penelitian tahun 2007*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 18 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2005. *Statistik Indonesia 2004*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2006. *Laporan Tahunan 2005*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. 133 hlm.
- Chung, G.S. 1992. Anther culture for rice improvement in Korea. p. 8–37. *In* K. Zheng and T. Murashige (Eds.). *Anther Culture for*

- Rice Breeders. Seminar and Training for Rice Anther Culture at Hangzhou, China.
- Dewi, I.S. 2002. Karakterisasi Morfologi dan Agronomi Galur Haploid Ganda Hasil Kultur Antera Padi Hasil Silangan Resiprok Subspesies *Indica* x *Javanica*. Laporan Topik Khusus. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 43 hlm.
- Dewi, I.S., I. Hanarida, and S. Rianawati. 1996. Anther culture and its application for rice improvement program in Indonesia. *Indon. Agric. Res. Dev. J.* 18: 51–56.
- Donald, C.M. 1968. The breeding of crops ideotypes. *Euphytica* 17: 385–403.
- Fagi, A.M., B. Abdullah, dan S. Kartaatmadja. 2001. Peranan padi Indonesia dalam pengembangan padi unggul. *Prosiding Budaya Padi*, Surakarta, November 2001. Yayasan Padi Indonesia (YAPADI).
- Fehr, W.R. 1987. Principles of cultivar development. Vol. 1. Theory and Technique. McGraw-Hill, Inc., New York. 535 pp.
- Horrie, T., K. Homma, and H. Yoshida. 2006. Physiological and morphological traits associated with high yield potential in rice. Abstracts. Second International Rice Congress 2006. 26th International Rice Research Conference. p. 12–13.
- International Rice Research Institute. 1990. Program Report for 1998. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.
- International Rice Research Institute. 1995. Parentage of IRRI crosses. Plant Breeding, Genetics, and Biochemistry Division. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines. 334 pp.
- Khush, G.S. 1995. Breaking the yield frontier of rice. *Geo Journal* 35: 329–332.
- Norman, M.J.T., C.J. Pearson, and P.G.E. Searle. 1984. *The Ecology of Tropical Food Crops*. Cambridge University Press.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, S.E. Baehaki, N. Widiarto, S.D. Indrasari, O.S. Lesmana, dan H. Sembiring. 2007. Deskripsi Varietas Padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. 78 hlm.
- Utami, D.W., S. Moeljopawiro, E.M. Septiningsih, H. Aswidinoo, and Sujiprihati. 2001. Introgressi sifat ketahanan kuantitatif blas dari spesies liar *Oryza rufipogon* ke dalam IR64. *Jurnal Bioteknologi Pertanian* 6(2): 51–58.
- Wareing, P.F. and J.P. Cooper. 1981. *Potential Crop Production*. Heinemann Educational Books Ltd., London.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamental of Rice Science*. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.
- Zuraida, N., T.S. Silitonga, Suyono, Minatyorini, dan D. Koswanudin. 2003. Evaluasi ketahanan plasma nutfah tanaman terhadap hama (wereng coklat pada padi dan hama lanas pada ubi jalar). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman*, Bogor, 23–24 September 2003. hlm. 34–42. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian