

Bul. Agron. (33) (3) 1 – 6 (2005)

**Evaluasi Daya Pemulih Kesuburan Padi Lokal dari Kelompok Tropical Japonica*****Evaluation for Fertility Restoration Ability of Tropical Japonica Land Races***Aris Hairmansis<sup>1\*</sup>, Hajrial Aswidinnoor<sup>2</sup>, Trikoesoemaningtyas<sup>2</sup> dan Suwarno<sup>1</sup>

Diterima 24 April 2005/Disetujui 24 Oktober 2005

**ABSTRACT**

*Twenty seven land races of tropical japonica rice were test-crossed with a 'WA' type cytoplasmic male sterility (CMS) line IR58025A to evaluate their fertility restoration ability. Based on pollen fertility and spikelet fertility of their F1 hybrids, genotypes are classified into maintainer or restorer. The result showed frequency of maintainers among genotypes was higher than restorers. Four genotypes, i.e., Ase Lapan, Ase Mandi, Hawara Bunar and Lampung Kuning were designated as maintainers. These maintainers possess a number of desirable traits such as pest resistance and abiotic stresses tolerance; thus they will be useful for improving parental lines of hybrid rice.*

*Key words: Land race, test cross, fertility restoration*

**PENDAHULUAN**

Padi hibrida yang dirakit dengan memanfaatkan terjadinya heterosis pada F1 sangat potensial untuk dikembangkan dalam usaha peningkatan produksi padi nasional. Penelitian yang dilakukan di *International Rice Research Institute (IRRI)* mulai tahun 1986 sampai 1995 menunjukkan padi hibrida memberikan peningkatan hasil sebesar 17% dibandingkan varietas inbrida (Virmani, 1999). Sejumlah hibrida yang menunjukkan daya hasil lebih tinggi dibandingkan varietas padi inbrida juga telah dilepas sebagai varietas unggul nasional di Indonesia (Suwarno, 2004).

Padi yang merupakan tanaman menyerbuk sendiri membutuhkan sistem mandul jantan yang efektif untuk mengembangkan dan memproduksi hibrida F1-nya. Salah satu sistem mandul jantan yang efektif pada tanaman ini adalah mandul jantan sitoplasma (*cytoplasmic male sterility* = CMS). Pembentukan padi hibrida dengan sistem mandul jantan tersebut melibatkan tiga galur tetua yaitu galur mandul jantan (CMS), galur pelestari kesuburan (maintainer) dan galur pemulih kesuburan (restorer) (Virmani, 1994). Galur mandul jantan dapat digunakan secara efektif hanya jika tersedia galur-galur pemulih kesuburan yang efektif.

Usaha pemuliaan padi hibrida selain untuk mendapatkan kombinasi-kombinasi hibrida yang berdaya hasil tinggi, juga diarahkan untuk memperoleh hibrida-hibrida yang memiliki sifat ketahanan terhadap

cekaman lingkungan biotik dan abiotik, serta memiliki mutu beras yang baik. Padi hibrida akan memiliki sifat-sifat unggul tersebut hanya jika kedua tetuanya membawa sifat tersebut atau jika salah satu tetuanya membawa karakter yang diinginkan yang dikendalikan oleh gen-gen dominan (Virmani, 1999). Suwarno (2004) melaporkan varietas-varietas padi hibrida yang telah dilepas secara umum memiliki ketahanan terhadap hama dan penyakit lebih rendah dibandingkan dengan varietas inbrida unggul.

Perbaikan sifat padi hibrida dapat dilakukan secara langsung dengan mengidentifikasi tetua hibrida dari galur-galur elit yang membawa sifat yang diinginkan. Selain itu usaha perbaikan dapat dilakukan melalui program pemuliaan untuk menggabungkan sifat-sifat unggul ke dalam galur-galur yang telah teridentifikasi sebagai tetua hibrida baik terhadap CMS sebagai induk betina maupun terhadap galur-galur restorer sebagai tetua jantan.

Padi lokal (*land race*) merupakan plasma nutfah yang potensial sebagai sumber gen-gen yang mengendalikan sifat-sifat penting pada tanaman. Keragaman genetik yang tinggi pada padi-padi lokal dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan padi secara umum dan juga untuk perbaikan tetua padi hibrida. Identifikasi sifat-sifat penting yang terdapat pada padi-padi lokal perlu terus dilakukan agar diketahui potensinya dalam program pemuliaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi daya

<sup>1</sup> Balai Penelitian Tanaman Padi, Tim Outreach Muara Bogor  
Jl. Raya Ciapus, Muara, Bogor 16610 Telp/Fax: (0251) 322064. Email: hairmansis@telkom.net  
(\*penulis untuk korespondensi)

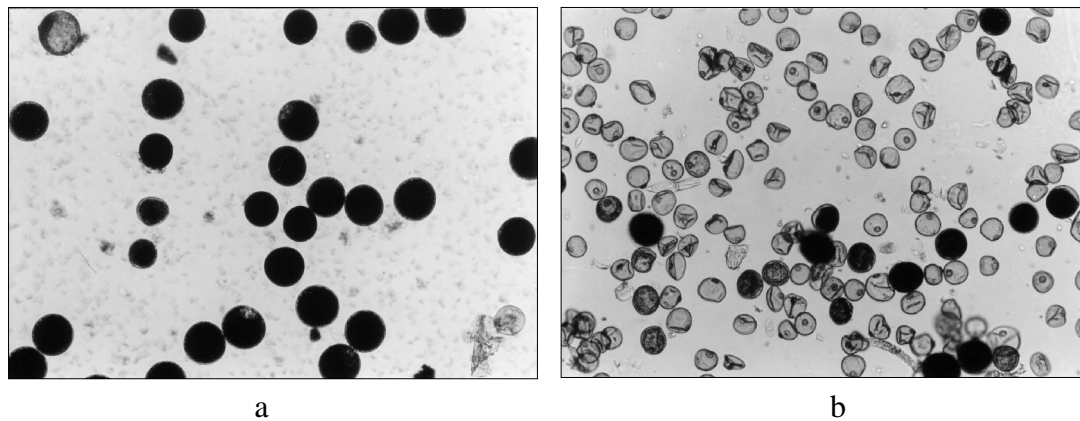
<sup>2</sup> Staf pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB  
Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Telp/Fax (0251) 629353

pemulih kesuburan dari sejumlah padi lokal dari kelompok *tropical japonica* terhadap galur mandul jantan sitoplasma.

**BAHAN DAN METODE**

Genotipe padi yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari koleksi Balai Penelitian Tanaman Padi di Sukamandi dan Bogor. Genotipe yang digunakan terdiri atas 27 varietas padi lokal yang berasal dari berbagai

daerah dan introduksi dari luar (Tabel 1) dan galur mandul jantan (CMS) tipe *wild abortive* (WA) IR58025A. Benih F1 diperoleh dengan menyilangkan CMS IR58025A dengan varietas-varietas padi lokal sebagai tetua jantan. Benih F1 hasil persilangan ditanam di sawah pada musim berikutnya menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan 3 ulangan. Masing-masing genotipe ditanam dalam satu baris dengan 10 bibit tiap baris dan jarak tanam 20 cm x 20 cm. Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Muara Bogor pada bulan Pebruari sampai dengan Juni 2004.



Gambar 1. Serbuk sari padi yang diperlakukan dengan larutan I<sub>2</sub>KI 1% di bawah mikroskop dengan perbesaran 100x. a. Serbuk sari yang fertil (terwarnai) dan b. serbuk sari yang steril (bagian yang tidak terwarnai)

Tabel 1. Varietas-varietas padi lokal yang digunakan dalam penelitian.

Varietas	Asal	Sifat baik
Arias	Sumatera Barat	Tahan blas, mutu beras, batang kokoh
Ase Lapan	Sulawesi Selatan	Tahan tungro
Ase Mandi	Sulawesi Selatan	Malai lebat
Brentel	Jawa Timur	Toleran kekeringan
Bulan Sabit Putih	-	Tahan blas, malai lebat
Cabacu	Brazil	Toleran kekeringan, tahan blas, mutu gabah, <i>Wide compatibility variety</i>
Dupa	Kalimantan Tengah	Tahan blas, aromatik
Grogol	Lampung	Tahan blas, toleran Al dan kekeringan, <i>Wide compatibility variety</i>
Hawara Bunar	Jawa Barat	Tahan blas, toleran Al dan pH rendah
Kencana Bali	Bali	Tahan wereng batang coklat, <i>Wide compatibility variety</i>
Ketan Hitam	Jawa Barat	Mutu beras
Ketan Merah	Jawa Barat	Mutu beras
Ketan Merah Wangi	Jawa Barat	Aromatik
Ketombol	Jawa Barat	Tahan blas, toleran Al
Ketupat	-	Toleran Fe
Kewal	Jawa Barat	-
Klemas	Sumatera Barat	Tahan blas, <i>Wide compatibility variety</i>

Lampung Kuning	Lampung	Toleran kekeringan, aromatik
Lampung Lawer	Lampung	Toleran kekeringan, <i>Wide compatibility variety</i>
Lampung Putih	Lampung	Toleran kekeringan
Leci	Jawa Barat	-
Mesir	Sumatera Barat	Tahan blas, toleran Fe dan aromatik
Moroberekan	Filipina	Tahan blas, <i>Wide compatibility variety</i>
Napa	Sumatera Barat	Tahan blas, <i>Wide compatibility variety</i>
Palawan	India	Tahan blas, mutu gabahh
Salumpikit	Filipina	Toleran kekeringan
Sirendah Pulen	Lampung	Tahan blas, mutu gabah

Pengamatan dilakukan terhadap peubah tinggi tanaman, jumlah anakan, umur berbunga 50%, fertilitas serbuk sari dan persentase gabah isi. Pengamatan terhadap karakter-karakter tersebut dilakukan berdasarkan *Standard Evaluation System for Rice* (IRRI, 1996). Pengamatan fertilitas serbuk sari dilakukan di bawah mikroskop setelah dilakukan pewarnaan terhadap serbuk sari dengan 1% *Iodine Potassium Iodide* (I<sub>2</sub>KI). Contoh untuk serbuk sari diambil paling sedikit dari 10 bunga dari satu individu tanaman pada stadia 6 pertumbuhan tanaman (*heading*) dan difiksasi dengan alkohol 70%. Dua sampai tiga kepala sari (*anther*) diambil dari bunga dan ditempatkan pada kaca obyek kemudian serbuk sari ditekan hingga keluar menggunakan pinset dalam larutan I<sub>2</sub>KI. Serbuk sari yang layu dan tidak terwarnai (*unstained withered, unstained spherical*) atau terwarnai sebagian (*partially stained round*) dikelompokkan sebagai serbuk sari steril, sedangkan yang berwarna (*stained round*) merupakan serbuk sari yang fertil. Persentase serbuk sari fertil merupakan rasio dari jumlah serbuk sari fertil terhadap jumlah total serbuk sari pada tiga daerah pengamatan mikroskop (IRRI, 1996).

Berdasarkan persentase fertilitas serbuk sarinya genotipe dikelompokkan sebagai fertil (F = *fertile*) (60-100%), fertil sebagian (PF = *partially fertile*) (30-60%), steril sebagian (PS = *partially sterile*) (1-30%) dan steril penuh (CS = *completely sterile*) (0%). Berdasarkan persentase gabah isinya, genotipe dikelompokkan sebagai fertil (F = *fertile*) (80-100%), fertil sebagian (PF = *partially fertile*) (30-80%), steril sebagian (PS =

*partially sterile*) (1-30%) dan steril penuh (CS = *completely sterile*) (0%) (Govinda Raj dan Virmani, 1988). Tetua jantan yang F1-nya menunjukkan serbuk sari yang steril penuh (0%) dikelompokkan sebagai galur pelestari kesuburan (*maintainer*), sedangkan tetua jantan yang F1-nya menunjukkan persentase gabah isi yang fertil dikelompokkan sebagai galur pemulih kesuburan (*restorer*) (Virmani *et al.*, 1997).

Pengamatan karakter pengisian gabah isi dilakukan pada stadia 9 (*mature grain*) dari pertumbuhan tanaman. Identifikasi gabah isi dilakukan terhadap malai primer dengan menekan bulir dengan jari. Persentase gabah isi merupakan perbandingan antara gabah isi terhadap total gabah dalam satu malai (IRRI, 1996).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Silang uji (*test cross*) antara 27 genotipe padi lokal dengan galur mandul jantan IR58025A dilakukan untuk mengevaluasi daya pemulihan kesuburan dari varietas-varietas padi lokal tersebut. Hasil pengamatan terhadap karakter-karakter agronomi menunjukkan adanya keragaman di antara genotipe F1 yang diuji (Tabel 2). Rata-rata tinggi tanaman beragam mulai dari yang terendah yaitu 123.33 cm pada persilangan IR58025A/Salumpikit dan yang tertinggi 166.11 cm pada persilangan IR58025A/Leci. Berdasarkan IRRI (1996) genotipe-genotipe yang diuji sebagian besar tergolong dalam kelompok tanaman yang tinggi (di atas 130 cm).

Tabel 2. Karakter-karakter agronomi genotipe F1 hasil persilangan antara varietas padi lokal dengan galur CMS IR58025A

Genotipe	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Anakan	Umur Berbunga 50% (hari)
IR58025A / Arias	165.00	8.89	87.33
IR58025A / Ase Lapan	162.22	7.89	93.00
IR58025A / Ase Mandi	164.44	9.22	91.33
IR58025A / Brentel	133.89	6.56	76.33
IR58025A / Bulan Sabit Putih	139.17	8.39	90.00
IR58025A / Cabacu	132.22	9.44	77.67

IR58025A / Dupa	151.11	8.67	88.67
IR58025A / Grogol	148.33	6.11	74.67
IR58025A / Hawara Bunar	148.61	8.17	77.67
IR58025A / Kencana Bali	143.33	8.06	82.00
IR58025A / Ketan Hitam	161.11	9.78	91.33
IR58025A / Ketan Merah	147.78	6.89	88.00
IR58025A / Ketan Merah Wangi	130.00	12.00	79.50
IR58025A / Ketombol	146.33	6.11	73.33
IR58025A / Ketupat	146.94	11.00	86.00
IR58025A / Kewal	152.50	10.00	86.00
IR58025A / Klemas	161.67	7.67	88.67
IR58025A / Lampung Kuning	165.00	8.67	94.33
IR58025A / Lampung Lawer	165.56	10.11	88.33
IR58025A / Lampung Putih	143.89	8.67	74.67
IR58025A / Leci	166.11	9.78	92.33
IR58025A / Mesir	151.67	7.67	86.33
IR58025A / Moroberekan	159.33	7.89	80.67
IR58025A / Napa	158.33	8.67	88.67
IR58025A / Palawan	137.67	6.78	74.67
IR58025A / Salumpikit	123.33	17.67	72.50
IR58025A / Sirendah Pulen	137.56	9.00	73.00

Tabel 3. Serbuk sari fertil (%) dan gabah isi (%) genotipe F1 hasil persilangan antara varietas padi lokal dengan galur CMS IR58025A

Genotipe	Serbuk sari fertil (%)	Klasifikasi <sup>(1)</sup>	Gabah isi (%)	Klasifikasi <sup>(2)</sup>
IR58025A / Arias	45.42	PF	37.50	PF
IR58025A / Ase Lapan	0.00	S	14.15	PS
IR58025A / Ase Mandi	0.00	S	13.30	PS
IR58025A / Brentel	8.25	PS	23.05	PS
IR58025A / Bulan Sabit Putih	51.25	PF	41.72	PF
IR58025A / Cabacu	2.33	PS	10.96	PS
IR58025A / Dupa	22.75	PS	36.58	PF
IR58025A / Grogol	8.75	PS	37.18	PF
IR58025A / Hawara Bunar	0.00	S	27.87	PS
IR58025A / Kencana Bali	72.08	F	60.56	PF
IR58025A / Ketan Hitam	0.64	PS	7.90	PS
IR58025A / Ketan Merah	4.25	PS	4.39	PS
IR58025A / Ketan Merah Wangi	3.33	PS	3.95	PS
IR58025A / Ketombol	0.78	PS	28.68	PS
IR58025A / Ketupat	30.92	PF	33.79	PF
IR58025A / Kewal	58.75	PF	57.48	PS
IR58025A / Klemas	30.00	PF	31.00	PF
IR58025A / Lampung Kuning	0.00	S	6.04	PS
IR58025A / Lampung Lawer	10.56	PS	26.76	PS
IR58025A / Lampung Putih	19.58	PS	25.46	PS
IR58025A / Leci	63.33	F	47.41	PF
IR58025A / Mesir	45.83	PF	30.33	PF

IR58025A / Moroberekan	0.44	PS	9.91	PS
IR58025A / Napa	31.25	PF	39.40	PF
IR58025A / Palawan	4.75	PS	17.37	PS
IR58025A / Salumpikit	1.42	PS	9.84	PS
IR58025A / Sirendah Pulen	15.25	PS	33.70	PF

- (1) F (*fertile*) = Serbuk sari 60-100%; PF (*partially fertile*) = 30-60%; PS (*partially sterile*) = 1-30%; CS (*completely sterile*) = 0.  
 (2) F (*fertile*) = Gabah isi 80-100%; PF (*partially fertile*) = 30-80%; PS (*partially sterile*) = 1-30%; CS (*completely sterile*) = 0

Rata-rata jumlah anakan yang diamati pada genotipe-genotipe yang diuji menunjukkan jumlah yang beragam mulai dari yang terendah pada F1 IR58025A/Grogol dan IR58025A/Ketombol yaitu 6.11 anakan dan yang tertinggi pada persilangan IR58025A/ Salumpikit yaitu sebanyak 17.67 anakan. Sebagian besar genotipe tergolong sebagai tanaman yang memiliki jumlah anakan yang sedikit (5-9 anakan) (IRRI, 1996). Untuk karakter umur berbunga 50%, tanaman F1 yang diamati berkisar antara 72 sampai dengan 94 hari (Tabel 2).

Analisis viabilitas serbuk sari hasil persilangan antara padi-padi lokal dengan galur CMS dilakukan dengan metode pewarnaan menggunakan *Iodine Potassium Iodide* (I<sub>2</sub>KI). Gambar 1 menunjukkan serbuk sari padi yang diperlakukan dengan larutan I<sub>2</sub>KI. Persentase serbuk sari fertil dan persentase gabah isi pada silang uji (*test cross*) 27 varietas padi lokal dengan galur CMS IR58025A terdapat pada Tabel 3. Persentase serbuk sari fertil dari F1 yang diamati beragam mulai dari 0% sampai dengan 72.08%. Dari 27 F1 yang diamati, 2 genotipe tergolong fertil (F), 7 genotipe fertil sebagian (PF), 14 steril sebagian (PS) dan 4 genotipe steril penuh (CS). Empat genotipe yang menunjukkan serbuk sari fertil 0% adalah Ase Lapan, Ase Mandi, Hawara Bunar dan Lampung Kuning, dengan demikian ke empat varietas tersebut tergolong sebagai galur pelestari kesuburan (*maintainer*). Pada pengamatan persentase gabah isi tidak dijumpai adanya genotipe yang fertil penuh (F), 11 genotipe fertil sebagian (PF) dan 16 genotipe steril sebagian (PS). Tanaman F1 yang menunjukkan persentase gabah isi yang tinggi hanya pada persilangan IR58025A/ Kencana Bali yaitu sebesar 60.56%.

Untuk genotipe dengan serbuk sari yang steril, persentase pengisian gabah dapat dianggap sebagai hasil penyerbukan silang dari serbuk sari tanaman lain, sehingga semakin tinggi persentasenya menunjukkan bahwa kemampuannya untuk menerima serbuk sari dari luar semakin baik. Dalam hal ini genotipe IR58025A/Hawara Bunar menunjukkan tingkat silang luar (*outcrossing rate*) yang tertinggi yaitu sebesar 27.87%.

Berdasarkan sterilitas serbuk sari yang diperoleh terlihat bahwa sebagian besar genotipe yang diuji memiliki serbuk sari fertil yang rendah sehingga dapat

dikelompokkan menjadi galur *maintainer* atau *maintainer* sebagian (*partially maintainer*). Virmani *et al.* (1997) mengemukakan bahwa pada berbagai plasma nutfah padi frekuensi galur restorer pada kelompok *indica* lebih tinggi dibandingkan *japonica*, padi bulu pada kultivar *tropical japonica* daya pemulihan kesuburannya lebih lemah dibandingkan padi cere, dan frekuensi restorer umumnya lebih tinggi pada varietas-varietas padi sawah dibandingkan dengan varietas-varietas padi gogo. Rendahnya jumlah restorer yang dapat diperoleh pada penelitian ini antara lain dapat disebabkan materi genetik yang digunakan sebagian besar merupakan tipe *tropical japonica* atau *javanica* dan berasal dari agroekosistem lahan kering atau padi gogo. Khush *et al.* (1998) juga melaporkan dari silang uji yang dilakukan, hampir semua *tropical japonica* tergolong sebagai *maintainer* atau *maintainer* sebagian.

Varietas-varietas yang tergolong sebagai galur *maintainer* dalam penelitian ini memiliki karakter morfologi dan agronomi yang kurang menguntungkan seperti tanaman yang tinggi dan umur yang dalam sehingga kurang sesuai untuk dijadikan sebagai galur CMS elit. Namun demikian varietas-varietas tersebut sangat bermanfaat dalam program pemuliaan untuk perbaikan sifat galur mandul jantan karena adanya sejumlah sifat penting yang dibawanya seperti ketahanan terhadap hama penyakit dan toleransi terhadap cekaman lingkungan (Tabel 1). Ase Lapan dan Ase Mandi merupakan padi lokal dari kelompok *tropical japonica* yang memiliki malai yang lebat sehingga bermanfaat dalam program perakitan varietas padi tipe baru (PTB) yang salah satu sifatnya adalah jumlah gabah per malainya tinggi. Perakitan tetua padi hibrida yang dikembangkan dari padi *tropical japonica* merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan heterosis yaitu untuk pembentukan hibrida *indica/tropical japonica* (Khush *et al.*, 1998).

Varietas-varietas lain yang F1-nya menunjukkan fertilitas serbuk sari yang rendah seperti Cabacu, Hawara Bunar, Ketan Hitam, Ketombol, Lampung Kuning dan Moroberekan juga potensial untuk dijadikan sebagai sumber genetik untuk perbaikan galur mandul jantan. Cabacu merupakan sumber genetik perbaikan sifat tahan kekeringan dan juga mutu gabah, sedangkan

Hawara Bunar dan Ketombol merupakan sumber ketahanan terhadap keracunan Al dan pH rendah pada padi gogo (Suwarno *et al.*, 2001). Moroberekan dan Ketombol merupakan 2 genotipe yang memiliki gen *wide compatibility* (*WC gene*) (Hairmansis, 2005). Sifat ini penting dalam usaha untuk meningkatkan taraf heterosis padi hibrida melalui persilangan antar subspecies. Dalam strategi pemuliaan padi hibrida dengan tiga galur penggunaan gen *wide compatibility* akan efektif jika gen tersebut diintroduksi ke dalam galur mandul jantan (CMS) karena jumlah CMS yang terbatas dibandingkan dengan jumlah restorer. Selain sifat-sifat tersebut, padi-padi gogo lokal yang digunakan pada penelitian ini pada umumnya memiliki ketahanan lapang yang baik terhadap serangan penyakit blas serta toleran terhadap kekeringan (Tabel 1), sehingga varietas-varietas yang teridentifikasi baik sebagai galur pelestari kesuburan maupun galur pemulih kesuburan dari penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber genetik untuk perbaikan tetua hibrida.

#### KESIMPULAN

Evaluasi daya pemulih kesuburan terhadap sejumlah varietas padi lokal dari kelompok tropical japonica menunjukkan sebagian besar varietas yang diuji tergolong ke dalam kelompok maintainer dan maintainer sebagian. Varietas-varietas yang termasuk ke dalam maintainer antara lain Ase Lapan, Ase Mandi, Hawara Bunar dan Lampung Kuning. Varietas-varietas tersebut potensial untuk digunakan dalam program pemuliaan untuk perbaikan sifat tetua padi hibrida.

#### DAFTAR PUSTAKA

Govinda Raj, K., S.S. Virmani. 1988. Genetics of restoration of 'WA' type cytoplasmic male sterility in rice. *Crop Sci.* 28: 787-792.

Hairmansis, A. 2005. Identifikasi dan pengujian daya gabung genotipe padi yang membawa gen *wide compatibility* pada persilangan antar varietas dan antar subspecies. (Tesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 70 hal.

IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice. IRRI. Manila. 52 p.

Khush, G.S., R.C. Aquino, S.S. Virmani, T.S. Bharaj. 1998. Use of tropical japonica germplasm for enhancing heterosis in rice. *In: Virmani S.S., E.A. Siddiq, K. Muralidharan* (eds). *Advance in Hybrid Rice Technology. Proceedings of the 3rd International Symposium on Hybrid Rice.* Hyderabad, 14-16 Nov 1996. IRRI. Manila. p. 59-66.

Suwarno. 2004. Pemuliaan dan Pengembangan Padi Hibrida. Makalah Seminar Nasional Padi Hibrida 2004: Prospek Pemanfaatan Padi Hibrida dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Nasional. Bogor. 9 Okt. 2004. Himpunan Mahasiswa Agronomi Fak. Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor. 19 hal.

Suwarno, E. Lubis, E. Sunarjo. 2001. Breeding of upland rice in Indonesia. *In: Kardin M.K., I. Prasadja, M. Syam* (eds). *Upland Rice Research in Indonesia: Current Status and Future Direction.* Central Research Institute for Food Crops. Bogor. p. 7-14.

Virmani S.S. 1994. Heterosis and Hybrid Rice Breeding. *Monographs on Theoretical and Applied Genetics* 22. Springer Verlag. Berlin. 189 p.

Virmani S.S. 1999. Exploitation of heterosis for shifting the yield frontier in rice. *In: Coors J.G., S. Pandey* (eds). *Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. Proceedings of the Internatinal Symposium on the Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops.* Mexico City, 17-22 Agus 1997. American Society of Agronomi and Crop Science Society of America. Wisconsin. p. 423-438.

Virmani S.S., B.C. Viraktamath, C.L. Casal, R.S. Toledo, M.T. Lopez, J.O. Manalo. 1997. *Hybrid Rice Breeding Manual.* IRRI. Manila. 151 p.