

Ketahanan Genotipe Padi terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Patotipe III, IV, dan VIII

Untung Susanto dan Sudir

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

Jl. Raya 9 Sukamandi Subang

Email: untungsus2004@yahoo.com

Naskah diterima 21 September 2011 dan disetujui diterbitkan 24 September 2012

ABSTRACT. Rice Genotypes Resistant to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Pathotypes III, IV, and VIII. Testing of resistance to dominant BLB pathotypes of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) bacterium were carried out on 22 IRBB isogenic lines (IL), 22 local varieties (LV), 6 new varieties (NV), one differential variety, and 49 F1 crosses of IL with NV, IL with local varieties or LV with NV. The study was conducted in the screened field of Indonesian Center for Rice Research in Sukamandi during the Dry Season of 2010 and Wet Season of 2010/2011. Each of the experiments was arranged in a randomized block design with three replications. Three dominant pathotypes of Xoo were tested, i.e. pathotype III, IV, and VIII. The results showed that for Xoo pathotype III, there were three ILs reacted moderately resistant (MR), 18 lines moderately susceptible (MS), one line susceptible (S), 15 local varieties resistant (R) and 7 MR; 4 new varieties were R and one new variety was MR, while 48 F1 were R and one F1 line was S. Reactions of the rice genotypes to Xoo pathotype IV indicated two isogenic lines were MR, 20 isogenic lines were S, four local varieties were MS and 18 varieties were S, 6 F1 lines were MR, one F1 line was MS, 38 F1 were line S and 4 F1 line highly susceptible (HS), one new variety was MS, four new varieties were S, and one new variety was HS. Resistance to pathotype IV was a complex trait that needs specific genetic combination. Reactions of rice genotypes to Xoo pathotype VIII showed 14 isogenic lines were MS and 8 were S; 5 local varieties were MR, 10 were S, and 7 were S; 16 F1 lines were R, 25 F1 lines were MR, and 8 F1 lines were MS. IRBB10 (Xa10) and IRBB64 (Xa4 + xa5 + Xa7 + Xa21) were each more resistant to Xoo pathotypes III, IV, and VIII than the other isogenic lines. The differential variety Java 14 (Xa1, xa3, Xa12) showed MR reaction to Xoo pathotypes III, IV and VIII, and was potential to be used as a donor parent in breeding for broad spectrum resistance to BLB.

Keywords: rice genotypes, bacterial blight resistance; *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* pathotypes.

ABSTRAK. Pengujian ketahanan 22 galur padi isogenik (IRBB), 22 varietas lokal, 6 varietas unggul baru (VUB), satu varietas diferensial, dan 49 galur F1 hasil persilangan dari galur inbrida (GI) dengan VUB serta GI dengan varietas lokal dan varietas lokal dengan VUB terhadap HDB [*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) patotipe III, IV, dan VIII] telah dilakukan secara terpisah di rumah kaca Balai Besar Penelitian Padi di Sukamandi pada Musim tanam (MT) I dan MT II tahun 2010. Masing-masing percobaan ditata dalam rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Hasil pengujian terhadap patotipe III menunjukkan bahwa tiga galur IRBB bereaksi agak tahan (AT), 18 galur agak rentan, dan satu galur rentan; 15 varietas lokal bereaksi tahan dan tujuh varietas agak tahan; empat VUB tahan, dan satu varietas agak tahan, sedangkan 48 galur F1 tahan dan satu galur agak tahan. Reaksi terhadap Xoo patotipe IV menunjukkan bahwa dua galur IRBB agak rentan dan 20 galur rentan; empat varietas lokal bereaksi agak rentan, dan 18 varietas rentan; enam

galur F1 bereaksi agak tahan dan satu galur agak rentan, 38 galur rentan, dan empat galur sangat rentan. Satu VUB bereaksi agak rentan, empat rentan dan satu sangat rentan. Ketahanan terhadap Xoo patotipe IV bersifat kompleks dan memerlukan kombinasi genetik spesifik. Empat belas galur IRBB agak rentan dan delapan galur rentan, lima varietas lokal agak tahan, 10 varietas lokal agak rentan, dan tujuh varietas lokal rentan, 16 F1 tahan, 25 F1 agak tahan, dan delapan F1 agak rentan terhadap Xoo patotipe VIII. Galur IRBB10 (Xa10) dan IRBB64 (Xa4+xa5+Xa7+Xa21) relatif tahan terhadap HDB strain III, IV, dan VIII dibanding materi genetik lain yang diuji. Java 14 (Xa1, xa3, Xa12), salah satu varietas padi diferensial, agak tahan terhadap Xoo patotipe III, IV dan VIII, dan potensial digunakan sebagai tetua donor dalam perakitan padi tahan HDB berspektrum luas.

Kata kunci: ketahanan, genotipe, hawar daun bakteri, patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*.

Hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) merupakan salah satu penyakit penting yang tersebar di berbagai ekosistem tanaman padi di Indonesia (Hifni dan Kardin 1998, Suparyono *et al.* 2004). Xoo menginfeksi tanaman secara sistemik ke berbagai bagian tanaman padi dan menyebabkan berkurangnya proses fotosintesis pada berbagai stadia pertumbuhan tanaman. Pada tanaman padi stadia muda, Xoo dapat menimbulkan gejala layu (*kresek*), sedangkan pada stadia pembentukan anakan, berbunga, dan pemasakan buah menghasilkan gejala hawar (*blight*). Patogen ini juga merusak malai dan gabah padi, sehingga benih padi berpeluang menularkan penyakit HDB di lapangan. Kerusakan tanaman dan kehilangan hasil padi oleh penyakit ini dapat mencapai 15-80%, bergantung pada fase tanaman saat penyakit timbul (Mew 1989, Reddy and Shang-Zhi 1989). Menurut Suparyono dan Sudir (1992), ambang kerusakan oleh penyakit HDB berkisar antara 20-30% pada tanaman dua minggu sebelum panen untuk varietas tahan hingga rentan. Di atas ambang tersebut, kehilangan hasil gabah meningkat 5-7% setiap kenaikan keparahan penyakit 10%.

Selama ini, pengendalian penyakit HDB umumnya dilakukan dengan menanam varietas tahan (Qi and Mew 1989, Reddy and Shang-Zhi 1989), karena selain sangat efektif juga mudah diterapkan petani. Namun teknologi

ini terkendala oleh kemampuan *Xoo* membentuk strain baru (patotipe) yang mampu mematahkan ketahanan varietas padi (Suparyono *et al.* 2003). Pergiliran varietas tahan perlu dirancang secara cermat untuk mengantisipasi perubahan strain *Xoo* dan agar ketahanan varietas dapat berfungsi dengan baik dan bertahan lebih lama (Ogawa 1993). Taktik ini memerlukan dukungan berbagai data, terutama yang berkaitan dengan profil patotipe *Xoo* di suatu ekosistem padi dan respons genotipe padi pada berbagai ekosistem sebagai gambaran interaksi antara patotipe dan genotipe padi (Nayak *et al.* 2008, Hoang *et al.* 2008).

Berdasarkan virulensi *Xoo* terhadap varietas padi diferensial Kinmaze, Kogyoku, Tetep, Wase Aikoku, dan Java 14 yang memiliki gen ketahanan berbeda, strain *Xoo* telah dikelompokkan menjadi 12 patotipe (Suparyono *et al.* 2003). Sudir *et al.* (2009) melaporkan bahwa patotipe *Xoo* yang dominan pada sentra produksi padi di Jawa adalah patotipe III, IV, dan VIII dengan komposisi berturut-turut 23,5%, 15,9%, dan 60,6%. *Xoo* patotipe VIII paling dominan dan memiliki wilayah sebar sangat luas, baik di wilayah dataran rendah maupun dataran sedang. Sementara itu, *Xoo* patotipe III dan IV merupakan patotipe yang terdapat di daerah tertentu, terutama di dataran rendah (Suparyono *et al.* 2004, Sudir *et al.* 2010). Bertitik tolak dari keadaan ini, program pemuliaan padi ke depan, seleksi plasma nutfah padi, dan evaluasi galur-galur harapan sebaiknya ditujukan untuk memperoleh kultivar yang tahan terhadap ketiga patotipe tersebut, terutama patotipe VIII.

Karakterisasi ketahanan plasma nutfah padi terhadap HDB telah mengidentifikasi 22 aksesi yang tahan HDB. Pengujian sejak MT 2004/2005 hingga MT 2006/2007 lebih banyak difokuskan pada ketahanan terhadap *Xoo* patotipe III (Data base Plasma Nutfah 2009, Wening *et al.* 2012). Koleksi plasma nutfah tersebut diharapkan memiliki ketahanan terhadap patotipe *Xoo* yang dominan di Indonesia, dan dapat menjadi sumber gen ketahanan yang potensial. Sementara itu, International Rice Research Institute (IRRI) telah merakit galur-galur isogenik dan melakukan *pyramiding* gen-gen pengendali ketahanan terhadap HDB (Vera Crus 2002, Ona *et al.* 2010). Gen-gen tersebut secara spesifik telah efektif untuk pengelolaan HDB di beberapa negara (Loan *et al.* 2006, Webb *et al.* 2010). Pengujian galur-galur tersebut pada kondisi aktual saat ini diharapkan dapat membantu penyusunan strategi pemuliaan untuk merakit varietas padi tahan HDB yang berspektrum luas.

Tulisan ini merupakan hasil pengujian ketahanan galur-galur isogenik (GI), varietas unggul baru (VUB), varietas lokal (VL), dan tanaman F1 persilangan antara GI dengan VUB, GI dengan VL, dan VUB dengan VL terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium dan rumah kaca (*Screen Field*) Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), Sukamandi, pada MT I dan II tahun 2010. Isolat *Xoo* yang digunakan dalam pengujian adalah patotipe III dengan kode 02809, berasal dari Karawang, patotipe IV dengan kode isolat 01009, berasal dari Subang, dan patotipe VIII dengan kode isolat 12009, berasal dari Malang. Kelompok isolat tersebut merupakan kelompok patotipe *Xoo* yang dominan di daerah asalnya.

Pengujian ketahanan dilakukan dalam tiga kelompok, yaitu: (1) pengujian galur-galur IRBB, (2) pengujian varietas lokal dan varietas unggul terbaru, dan (3) pengujian populasi F1 hasil persilangan.

Pengujian Galur IRBB

Dua puluh dua galur isogenik dan *pyramiding* asal IRRI (galur-galur IRBB) serta Java 14 dan Ciherang diuji di rumah kaca BB Padi, Sukamandi, pada MT I 2010. Bibit padi berumur 21 hari setelah semai ditanam pada petakan yang terdiri atas dua baris, masing-masing 10 tanaman, dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm, 1-3 bibit per lubang. Varietas Ciherang dijadikan sebagai cek rentan dan genotipe Java 14 sebagai cek tahan. Percobaan menggunakan rancangan faktorial acak kelompok dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah genotipe padi (24 genotipe) dan faktor kedua adalah isolat *Xoo* (tiga patotipe *Xoo*).

Tanaman uji diinokulasi dengan inokulum *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII pada umur 35 hari setelah tanam (HST) dengan metode gunting (Suparyono *et al.* 2003). Ujung-ujung daun padi pada tiga rumpun tanaman tiap genotipe dipotong sepanjang 10 cm dengan gunting inokulasi berisi inokulum bakteri umur 48 jam dengan kepekatan 10^8 cfu. Agar obyek penelitian tidak mendapat cekaman suhu terlalu tinggi, inokulasi dilakukan menjelang sore hari antara pukul 15.00-17.30. Inokulasi dilakukan terhadap tiga individu rumpun tanaman di setiap galur dan diulang tiga kali. Pengamatan keparahan penyakit dilakukan terhadap tiga rumpun tanaman yang diinokulasi sebanyak lima daun bergejala terpanjang/rumpun. Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur panjang gejala pada 15 dan 30 hari sesudah inokulasi (HSI). Keparahen penyakit ditentukan berdasarkan rasio antara panjang gejala dengan panjang daun. Reaksi ketahanan varietas dikelompokkan berdasarkan keparahan penyakit pada pengamatan 30 HSI. Pengelompokan akhir dilakukan berdasar *Standard Evaluation System* (IRRI 1996) menggunakan skala keparahan 0, 1, 3, 5, 7 dan 9 (Tabel 1).

Tabel 1. Pengelompokan tingkat ketahanan terhadap penyakit hawar daun bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* (IRRI 1996).

Nilai skala	Gejala/keparahan penyakit	Tingkat ketahanan
0	Tidak ada gejala	Sangat tahan (ST)
1	Keparahan 1-6%	Tahan (T)
3	Keparahan > 6-12%	Agak tahan (AT)
5	Keparahan > 12-25%	Agak rentan (AR)
7	Keparahan > 25-50%	Rentan (R)
9	Keparahan > 50-100%	Sangat rentan (SR)

Pengujian Varietas Lokal dan VUB

Pada pengujian ini, 22 varietas padi lokal dari koleksi plasma nutfah BB Padi beserta lima varietas unggul baru (VUB) diuji pada MT II 2010 dengan metode yang sama dengan pengujian galur IRBB dengan varietas Angke dan Code yang masing-masing memiliki gen ketahanan *xa5* dan *Xa7* sebagai cek tahan, tanpa menggunakan cek rentan.

Pengujian Populasi F1

Pada pengujian ini, 49 kombinasi persilangan generasi F1 hasil silang tunggal diuji pada MT II 2010 pada lahan di antara rumah kaca BB Padi, Sukamandi. Penanaman dilakukan tanpa ulangan, setiap kombinasi persilangan ditanam satu baris yang terdiri atas 20 tanaman atau menyesuaikan dengan ketersediaan benih. Penanaman dilakukan terhadap bibit umur 21 hari setelah semai, satu bibit per lubang tanam. Inokulasi dilakukan terhadap tiga individu rumpun tanaman pada setiap kombinasi persilangan dan diulang tiga kali. Pengamatan dilakukan pada dua minggu setelah inokulasi pada lima daun bergejala terpanjang pada tiap rumpun. Sebagai materi silang tunggal diasumsikan tanaman bersifat homogen (memiliki reaksi fenotipe yang seragam) dan secara genetik bersifat heterosigot. Inokulasi dan skoring dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian 1 dan 2 di atas. Cek varietas tahan dan peka tidak diikuti dalam set ini, namun isolat yang digunakan telah terverifikasi berdasarkan reaksi varietas diferensial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketahanan Galur-galur IRBB

Hasil pengujian ketahanan 22 galur isogenik IRBB terhadap bakteri *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII dengan varietas Ciherang dan Java 14 sebagai cek disajikan pada Tabel 2. Tiga galur (IRBB10, IRBB50 dan IRBB64) bereaksi agak tahan (AT), 18 galur agak rentan (AR), dan satu galur rentan (R) terhadap *Xoo* patotipe III. Tingkat

keparahan penyakit HDB yang disebabkan oleh *Xoo* patotipe III pada galur isogenik yang diuji berkisar antara 9,6-27,7%, sedangkan tingkat keparahan HDB pada ketiga galur bereaksi agak tahan berturut-turut 9,9%, 10,5%, dan 10,7%. Pada pengujian ketahanan terhadap *Xoo* patotipe IV tidak diperoleh galur yang bereaksi tahan dan agak tahan, hanya dua galur yang bereaksi agak rentan (IRBB10, IRBB64), 19 galur rentan, dan satu galur (IRBB11) sangat rentan terhadap penyakit HDB dengan tingkat keparahan berkisar antara 21,4-62,1%. Galur IRBB10 dan IRBB64 yang bereaksi agak rentan menunjukkan keparahan penyakit HDB masing-masing 22,3% dan 21,4%. Hasil pengujian ketahanan galur-galur IRBB terhadap *Xoo* patotipe VIII juga tidak memperoleh galur bereaksi tahan dan agak tahan, tetapi hanya 14 galur agak rentan dan delapan galur rentan dengan tingkat keparahan penyakit HDB berkisar antara 17,5-32,2%.

Galur IRBB10, IRBB50, dan IRBB64 yang masing-masing memiliki gen ketahanan *Xa10*, *Xa4* + *xa5*, dan *Xa4* + *xa5* + *Xa7* + *Xa21* dapat dijadikan sebagai sumber ketahanan terhadap *Xoo* patotipe III. Hal ini mengindikasikan bahwa *Xa10* merupakan salah satu gen yang efektif untuk ketahanan terhadap *Xoo* patotipe III pada kondisi gen tunggal. Gen *Xa4* bersama *xa5* dapat memberikan reaksi tahan terhadap HDB strain III, namun harus dalam kombinasi yang tepat. Kombinasi *Xa4* + *xa5* dengan gen *Xa7* dan *Xa21* mampu memberikan ketahanan terhadap HDB strain III sebagaimana yang dimiliki IRBB64, namun reaksi kombinasi *Xa4* + *xa5* dengan *Xa13* terhadap HDB strain III menjadi agak rentan sebagaimana yang terjadi pada IRBB56 (*Xa4* + *xa5* + *xa13*) dan IRBB66 (*Xa4* + *xa5* + *Xa7* + *xa13* + *Xa21*). Kombinasi *Xa4* dan *xa5* dengan *Xa21* tanpa *Xa7* juga tidak mampu memberikan ketahanan terhadap HDB strain III, sebagaimana terjadi pada IRBB57 yang bereaksi agak rentan. Hal ini mengindikasikan bahwa gen *Xa10* memiliki mekanisme ketahanan yang berbeda dengan gen *Xa4* dan *xa5*, sehingga pergiliran varietas yang memiliki gen-gen yang berbeda tersebut dapat memberikan ketahanan yang lebih lama (*durable*). Genotipe padi yang memiliki gen tahan *Xoo* patotipe tertentu tidak berarti tidak dapat menginfeksi genotipe tersebut, *Xoo* dapat menginfeksi tetapi tidak menimbulkan keparahan penyakit HDB yang tinggi sebagaimana terjadi pada *Xoo* patotipe III terhadap IRBB10, IRBB50, dan IRBB64.

Dinamika perubahan patotipe *Xoo* di lapangan berlangsung cepat, sehingga gen yang semula tahan HDB dapat patah dalam waktu yang tidak terlalu lama. Hifni dan Kardin (1988) melaporkan bahwa gen *xa5*, *Xa7*, dan *Xa21* pada awalnya efektif terhadap *Xoo*, tetapi kemudian muncul strain baru *Xoo* yang mampu

Tabel 2. Reaksi ketahanan galur-galur IRBB yang memiliki gen ketahanan berbeda terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII serta keparahan HDB pada kondisi semi lapangan. Sukamandi, Musim Tanam I, 2010.

No.	Galur/ varietas	Kandungan gen ketahanan*	Keparahan (%), skor dan ketahanan terhadap HDB								
			Patotipe III			Patotipe IV			Patotipe VIII		
			Kep	Skor	TK	Kep	Skor	TK	Kep	Skor	TK
1	IRBB1	<i>Xa1</i>	17.7	5	AR	33.1	7	R	19.3	5	AR
2	IRBB3	<i>Xa3</i>	12.6	5	AR	38.2	7	R	23.8	5	AR
3	IRBB4	<i>Xa4</i>	21.1	5	AR	44.1	7	R	29.5	7	R
4	IRBB5	<i>xa5</i>	17.9	5	AR	36.0	7	R	23.2	5	AR
5	IRBB7	<i>Xa7</i>	15.7	5	AR	26.4	7	R	23.9	5	AR
6	IRBB8	<i>xa8</i>	21.2	5	AR	43.8	7	R	29.6	7	R
7	IRBB10	<i>Xa10</i>	9.6	3	AT	22.3	5	AR	19.8	5	AR
8	IRBB11	<i>Xa11</i>	27.7	7	R	62.1	9	SR	29.4	7	R
9	IRBB13	<i>Xa13</i>	16.2	5	AR	48.6	7	R	29.0	7	R
10	IRBB14	<i>Xa14</i>	21.2	5	AR	28.0	7	R	24.0	5	AR
11	IRBB21	<i>Xa21</i>	14.3	5	AR	32.8	7	R	22.2	5	AR
12	IRBB50	<i>Xa4+xa5</i>	10.5	3	AT	42.4	7	R	22.1	5	AR
13	IRBB51	<i>Xa4+xa13</i>	19.0	5	AR	37.0	7	R	33.1	7	R
14	IRBB52	<i>Xa4+Xa21</i>	20.6	5	AR	31.7	7	R	24.8	5	AR
15	IRBB53	-	16.5	5	AR	31.5	7	R	30.9	7	R
16	IRBB54	<i>xa5+Xa21</i>	19.5	5	AR	34.6	7	R	17.5	5	AR
17	IRBB56	<i>Xa4+xa5+xa13</i>	17.1	5	AR	26.4	7	R	19.3	5	AR
18	IRBB57	<i>Xa4+xa5+Xa21</i>	15.6	5	AR	41.8	7	R	25.2	7	R
19	IRBB58	-	16.3	5	AR	30.0	7	R	21.8	5	AR
20	IRBB59	<i>xa5+xa13+Xa21</i>	14.4	5	AR	31.0	7	R	24.8	5	AR
21	IRBB64	<i>Xa4+xa5+Xa7+Xa21</i>	10.7	3	AT	21.4	5	AR	32.2	7	R
22	IRBB66	<i>Xa4+xa5+Xa7+ xa13+Xa21</i>	15.6	5	AR	28.1	7	R	23.1	5	AR
23	Java14	<i>Xa1, xa3, Xa12</i>	6.8	3	AT	11.6	3	AT	9.3	3	AT
24	Ciherang	-	24.1	5	AR	34.6	7	R	34.7	7	R

* = Vera Cruz (2002); - : tidak diketahui gen ketahanannya, Kep. = keparahan penyakit hawar daun bakteri (HDB) (%), TK = Tingkat ketahanan, T = Tahan, AT = Agak tahan, AR = Agak rentan, R = Rentan, SR = Sangat rentan.

mematahkan kombinasi ketiga gen tahan tersebut. Hal ini menunjukkan variabilitas virulensi strain *Xoo* semakin luas, sehingga perlu disusun strategi tertentu dalam pemuliaan padi, khususnya yang berkaitan dengan ketahanan terhadap HDB, sehingga dapat diperoleh genotipe padi yang memiliki ketahanan yang lebih kuat terhadap perubahan populasi strain *Xoo* di lapangan.

Varietas Ciherang yang digunakan sebagai pembanding bereaksi agak rentan terhadap *Xoo* patotipe III, dan rentan terhadap patotipe IV dan VIII. Hal ini menunjukkan varietas Ciherang relatif rentan terhadap populasi *Xoo* yang terdapat di lapangan dan berpotensi menjadi rentan jika penularan *Xoo* meluas, terutama jika varietas ditanam secara tunggal pada hamparan yang luas. Perbaikan ketahanan varietas Ciherang dan pergiliran dengan varietas lain yang memiliki gen-gen tahan yang efektif dan beragam diperlukan agar tidak terjadi penularan HDB secara luas.

Varietas Java 14 yang juga digunakan sebagai pembanding memiliki tiga gen tahan yang dominan terhadap HDB, yaitu *Xa1*, *xa3*, dan *Xa12*, serta bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Hal ini

mengindikasikan kombinasi ketiga gen tersebut memberikan tingkat ketahanan yang cukup baik terhadap patotipe-patotipe *Xoo* yang dominan di Indonesia. Ketahanan Java 14 terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII relatif lebih baik daripada galur-galur IRBB yang diuji. Gen ketahanan terhadap HDB pada Java 14, seperti halnya gen *Xa10* pada IRBB10, diharapkan efektif digunakan untuk perakitan varietas padi tahan HDB berspektrum luas di Indonesia.

Ogawa *et al.* (2003) melaporkan, Java 14 yang tergolong padi japonica merupakan salah satu genotipe tahan HDB yang memiliki gen ketahanan *xa3* dan banyak digunakan untuk pengembangan varietas di Korea, China, Laos, Philippina, dan Indonesia. Hal ini juga mengindikasikan perlunya pencarian sumber-sumber ketahanan dari plasma nutfah padi lokal asal Indonesia, sehingga berpotensi lebih besar untuk mendapatkan sumber ketahanan yang lebih baik.

Gen-gen *Xa* pada padi telah dipetakan dan marka genetik yang terpaut dengan gen-gen tersebut telah tersedia (Gowda *et al.* 2003, Zhi-Hui *et al.* 2010), sehingga MAS (*Marker-aided Selection*) sudah dapat dilakukan

terhadap gen-gen tersebut. Penggunaan teknik MAS dapat mempercepat proses pemuliaan padi dan memberikan keyakinan bahwa galur terseleksi betul-betul membawa gen yang ditargetkan (Collard and Mackill 2008). Saat ini, teknologi untuk ekstraksi DNA dan penemuan marka DNA baru yang efektif dan relatif murah memberi peluang bagi penerapan teknik MAS menjadi semakin murah (Mackill 2007).

Ketahanan Varietas Lokal dan VUB

Hasil pengujian ketahanan 22 varietas padi lokal dan VUB terhadap *Xoo* patotipe III menunjukkan 15 varietas di antaranya bereaksi tahan dan tujuh varietas bereaksi agak tahan (Tabel 3). Secara keseluruhan, tingkat keparahan penyakit HDB yang disebabkan oleh *Xoo* patotipe III pada varietas lokal berkisar antara 3,7-7,2%. Varietas yang tahan terhadap *Xoo* patotipe III dapat digunakan untuk melengkapi gen-gen tahan yang

terdapat pada IRBB10, IRBB50, IRBB64. Banyaknya genotipe yang tahan terhadap *Xoo* patotipe III memberi harapan bahwa spektrum variabilitas genetik memiliki ketahanan cukup besar, sehingga dapat dijadikan sebagai varietas penyangga (*buffer*), dengan demikian ketahanan varietas padi terhadap HDB dapat bertahan relatif lama.

Pada pengujian ketahanan varietas lokal terhadap *Xoo* patotipe IV tidak dijumpai varietas yang tahan atau agak tahan, hanya diperoleh empat varietas yang agak rentan, 17 varietas rentan, dan satu varietas sangat rentan. Secara keseluruhan, tingkat keparahan penyakit HDB yang disebabkan oleh *Xoo* patotipe IV pada varietas lokal berkisar antara 16,0-51,4%. Empat varietas yang bereaksi agak rentan terhadap *Xoo* patotipe IV adalah Ketan Garut, Pandan Wangi, Remaja, dan Gembang dengan tingkat keparahan penyakit HDB berturut-turut 24,1%, 18,6%, 21,8%, dan 16,0%. Keempat genotipe

Tabel 3. Ketahanan varietas padi lokal dan varietas unggul baru (VUB) terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII serta keparahan HDB pada kondisi semi lapangan. Sukamandi, Musim Tanam II, 2010.

Reaksi varietas terhadap <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> :										
Aksesi/ varietas	Nomor aksesi	Patotipe III			Patotipe IV			Patotipe VIII		
		Kep	Skor	TK	Kep	Skor	TK	Kep	Skor	TK
Varietas lokal										
Bandang Bujur	4669	4.6	1	T	37.4	7	R	17.5	5	AR
Genjah Welut	2365	3.7	1	T	39.8	7	R	17.9	5	AR
Ibu	4949	5.5	1	AT	45.9	7	R	19.9	5	AR
Jembar	1509	6.6	3	AT	46.5	7	R	38.5	7	R
Katik Ana	3664	5.6	1	AT	49.1	7	R	26.1	7	R
Kaya Merah	2813	5.0	1	T	41.9	7	R	22.2	5	AR
Ketan Garut	1005	4.0	1	T	24.1	5	AR	10.6	3	AT
Kuntu Kuranyi	3978	5.4	1	T	47.2	7	R	18.9	5	AR
Lumbu	2203	4.2	1	T	25.4	7	R	14.0	5	AR
Mashuri	1393	4.3	1	T	25.4	7	R	11.0	3	AT
Mentri	1023	5.7	1	T	40.2	7	R	19.1	5	AR
Natrom	1499	6.0	1	T	49.1	7	R	31.5	7	R
Omad	1418	6.2	3	AT	43.8	7	R	35.3	7	R
Omas	1328	5.2	1	T	35.5	7	R	12.7	5	AR
Pandan Wangi	1649	6.0	1	T	18.6	5	AR	7.8	3	AT
Remaja	1008	5.1	1	T	21.8	5	AR	7.6	3	AT
Rembang	2859	6.9	3	AT	51.4	7	R	26.8	7	R
Sekemiling	4010	6.0	1	AT	45.5	7	R	31.0	7	R
Serepet Tinggi	3928	4.8	1	T	38.7	7	R	13.6	5	AR
Sunting Beringin	2455	7.2	3	AT	48.0	7	R	24.8	5	AR
Gembang		4.3	1	T	16.0	5	AR	10.8	3	AT
Keriting		5.1	1	T	40.9	7	R	26.6	7	R
Varietas unggul baru										
Inpari 1		7.1	3	AT	52.1	9	SR	26.0	7	R
Inpari 4		5.0	1	T	49.0	7	R	20.0	5	AR
Inpari 6		5.4	1	T	49.0	7	R	21.8	5	AR
Conde (Xa7)		4.5	1	T	39.0	7	R	10.1	3	AT
Angke (xa5)		4.9	1	T	17.3	5	AR	9.1	3	AT

Kep. = keparahan penyakit hawar daun bakteri (HDB) (%). TK = Tingkat ketahanan; T = Tahan; AT = Agak tahan; AR = Agak rentan; R = Rentan, dan SR = Sangat rentan. Skor HDB = 1-9 (IRRI, 1996).

tersebut diduga tidak memiliki ketahanan vertikal terhadap *Xoo* patotipe IV.

Hasil pengujian ketahanan varietas lokal terhadap *Xoo* patotipe VIII juga menunjukkan tidak ada varietas yang tahan, hanya lima varietas agak tahan, 10 varietas agak rentan, dan tujuh varietas rentan (Tabel 3). Secara keseluruhan, tingkat keparahan penyakit oleh *Xoo* patotipe VIII berkisar antara 7,6-38,5%. Kelima varietas lokal yang bereaksi agak tahan (skor 3) terhadap *Xoo* patotipe VIII bereaksi tahan (skor 1) terhadap *Xoo* patotipe III. Kecuali Mashuri (rentan), varietas-varietas lokal tersebut bereaksi agak rentan terhadap *Xoo* patotipe IV. Hal ini mengindikasikan bahwa varietas lokal Ketan Garut, Pandan Wangi, Remaja, dan Gembang memiliki ketahanan yang berspektrum luas terhadap ketiga patotipe yang merupakan strain utama penyebab HDB yang dominan di Indonesia.

Varietas lokal yang diuji dalam penelitian ini belum diidentifikasi gen ketahanannya terhadap *Xoo*. Meskipun demikian, keberadaan varietas yang tahan mengindikasikan adanya gen tahan yang mengendalikan ketahanan terhadap HDB. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui gen ketahanan yang terdapat pada varietas lokal yang tahan dan kesamaan alelnya dengan gen-gen *Xa* yang telah diketahui.

Hasil pengujian ketahanan VUB menunjukkan bahwa Inpari 4, Inpari 6, Conde, dan Angke bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, sedangkan Inpari 1 bereaksi agak tahan. Inpari 1 bereaksi sangat rentan terhadap *Xoo* patotipe IV, Inpari 4, Inpari 6, dan Conde bereaksi rentan, sedangkan Angke agak rentan. Terhadap bakteri *Xoo* patotipe VIII, Inpari 1 bereaksi rentan, Inpari 4 dan Inpari 6 agak rentan, Conde dan Angke masing-masing bereaksi agak tahan (Tabel 3). Secara keseluruhan, varietas Angke relatif lebih tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII dibanding VUB lain yang diuji, meskipun hanya bereaksi agak rentan terhadap *Xoo* patotipe IV. Pada tahun 2010, Suprihatno *et al.* (2010) melaporkan bahwa varietas Inpari 1, Inpari 4, Inpari 6, Conde, dan Angke tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV dan VIII. Hal ini menunjukkan adanya dinamika ketahanan genotipe padi terhadap strain *Xoo*, sehingga ketahanan suatu varietas padi perlu selalu dipantau secara periodik. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan secara periodik untuk mengetahui dinamika populasi patotipe *Xoo* dan ketahanan varietas padi di lapangan.

Ketahanan Populasi F1

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari 49 populasi tanaman F1 yang diuji, 48 populasi bereaksi tahan dan satu populasi bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe

III. Reaksi populasi tanaman F1 tersebut terhadap *Xoo* patotipe IV menunjukkan bahwa enam populasi agak tahan, satu populasi F1 agak rentan, 38 populasi rentan, dan empat populasi sangat rentan. Ketahanan populasi F1 terhadap *Xoo* patotipe VIII terdiri atas 16 populasi bereaksi tahan, 25 populasi agak tahan, dan 8 populasi agak rentan (Tabel 4). Ketahanan populasi F1 terhadap ketiga patotipe *Xoo* tersebut cenderung lebih baik daripada ketahanan kedua tetuanya. Hal ini disebabkan oleh ketahanan tanaman F1 mencerminkan reaksi ketahanan pada komposisi tanaman heterozigot, sehingga dimungkinkan adanya heterosis yang disebabkan oleh efek dominan, over dominan, maupun interaksi antaralel dan lokus. Gen pengendali ketahanan tersebut berpeluang mengalami segregasi pada generasi F2. Reaksi ketahanan pada tanaman F1 lebih memberikan informasi adanya faktor interaksi alelik pada tiap kombinasi persilangan yang mampu memberikan reaksi tahan terhadap patotipe *Xoo* yang diuji.

Hasil penelitian juga menunjukkan semua tanaman F1 hasil persilangan IRBB57, baik sebagai tetua jantan maupun betina dengan genotipe lain (lima kombinasi persilangan) selalu memberikan reaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII dan agak tahan terhadap patotipe IV. Hal serupa juga ditunjukkan oleh populasi F1 dari hasil persilangan IR64 yang digunakan sebagai tetua betina (Tabel 4). Hal ini juga menunjukkan bahwa populasi F1 yang diuji memiliki lebih banyak konstitusi genetik yang mampu memunculkan sifat tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Hal ini dapat terjadi karena adanya fenomena heterosis sebagai akibat dari terkumpulnya gen-gen ketahanan terhadap *Xoo* pada tanaman F1 yang berasal dari kedua tetuanya melalui mekanisme dominan (*dominance*), *over dominance* atau interaksi yang bersifat kompleks di antara gen tahan. Fenomena ini mengindikasikan adanya peluang dalam perakitan padi hibrida tahan HDB berspektrum luas. Berbagai upaya telah dilakukan untuk merakit padi hibrida tahan HDB spektrum luas, terutama dengan memanfaatkan gen *Xa4*, *Xa7* dan *Xa21* (Borines *et al.* 2003). Saat ini telah dihasilkan hibrida-hibrida padi yang relatif tahan terhadap salah satu atau beberapa ras HDB, antara lain Hipa 3, Hipa 4, Hipa 5 Ceva, Hipa 8 Pioneer, Hipa 10, dan Hipa 11 (Suprihatno *et al.* 2010).

Galur IRBB57 yang memiliki gen *Xa4*, *xa5* dan *Xa21* menghasilkan F1 yang relatif tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. IRBB50 dan IRBB64 yang agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III relatif lebih tahan dibandingkan dengan galur IRBB lain, karena masing-masing memiliki gen *Xa4* + *xa5* dan *Xa4* + *xa5* + *Xa7* + *Xa21*. IRBB5 yang memiliki gen *xa5* tidak memperlihatkan ketahanannya terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan

Tabel 4. Ketahanan 49 populasi F1 hasil persilangan galur IRBB terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* patotipe III, IV dan VIII. Sukamandi, MT II, 2010.

Tetua betina	Tetua jantan	Reaksi F1 terhadap <i>Xanthomonas oryzae</i> pv. <i>oryzae</i> :								
		Patotipe III			Patotipe IV			Patotipe VIII		
		Kep	Skor	TK	Kep	Skor	TK	Kep	Skor	TK
Ciherang	IRBB66	3.2	1	T	32.4	7	R	5.8	3	AT
Ciherang	IRBB10	3.5	1	T	36.1	7	R	9.7	3	AT
IR64	IRBB66	4.8	1	T	30.3	7	R	9.1	3	AT
IR64	IRBB10	3.7	1	T	57.8	9	SR	13.9	5	AR
Srijaya	Slegreng	3.6	1	T	27.5	7	R	11.9	3	AT
Srijaya	Silugonggo	3.9	1	T	64.4	9	SR	9.4	3	AT
Srijaya	Dodokan	3.5	1	T	42.7	7	R	17.4	5	AR
Srijaya	Impari 13	4.0	1	T	58.7	9	SR	23.3	5	AR
Srijaya	Ciherang	3.9	1	T	40.7	7	R	11.4	3	AT
Srijaya	Cisadane	2.4	1	T	23.9	5	AR	11.7	3	AT
Srijaya	Mudgo	5.2	1	T	41.5	7	R	7.1	3	AT
Srijaya	Milky Rice	1.9	1	T	49.1	7	R	8.9	3	AT
Ciherang	Srijaya	6.9	3	AT	38.9	7	R	9.4	3	AT
Ciherang	Slegreng	4.9	1	T	42.6	7	R	3.5	1	T
Ciherang	Silugonggo	3.1	1	T	37.1	7	R	4.7	1	T
Ciherang	Dodokan	3.0	1	T	47.1	7	R	5.5	1	T
Ciherang	Inpari 13	3.1	1	T	32.9	7	R	10.2	3	AT
Ciherang	Cisadane	2.5	1	T	26.2	7	R	5.3	1	T
Ciherang	Mudgo	5.6	1	T	41.0	7	R	9.3	3	AT
Ciherang	Milky Rice	4.0	1	T	36.7	7	R	3.5	1	T
IRBB56	Ciherang	3.0	1	T	37.6	7	R	5.4	1	T
IRBB56	Milky Rice	3.6	1	T	35.2	7	R	13.7	5	AR
IRBB56	Slegreng	4.1	1	T	35.7	7	R	7.7	3	AT
IRBB57	Ciherang	3.7	1	T	6.4	3	AT	3.7	1	T
IRBB57	Milky Rice	3.1	1	T	9.0	3	AT	6.0	1	T
IRBB57	Slegreng	4.6	1	T	6.3	3	AT	4.5	1	T
IRBB66	Slegreng	4.8	1	T	34.7	7	R	8.7	3	AT
IRBB66	Milky Rice	4.1	1	T	36.5	7	R	8.9	3	AT
IRBB66	Ciherang	3.5	1	T	26.1	7	R	8.2	3	AT
IRBB66	IR64	2.7	1	T	55.3	9	SR	16.8	5	AR
Cigeulis	Srijaya	3.1	1	T	46.4	7	R	6.1	3	AT
IRBB5	Srijaya	2.2	1	T	37.3	7	R	11.8	3	AT
OM5240	Milky Rice	2.5	1	T	38.9	7	R	10.3	3	AT
OM1490	Slegreng	2.0	1	T	34.2	7	R	17.4	5	AR
OM3536	Srijaya	3.5	1	T	43.6	7	R	14.9	5	AR
Inpari 13	Milky Rice	3.3	1	T	30.9	7	R	11.2	3	AT
Inpari 13	Srijaya	3.5	1	T	50.8	7	R	7.7	3	AT
Ciherang	IRBB56	2.4	1	T	34.1	7	R	25.0	5	AR
Ciherang	IRBB57	3.3	1	T	7.6	3	AT	4.5	1	T
Ciherang	IRBB59	3.4	1	T	31.9	7	R	3.9	1	T
Ciherang	IRBB50	2.4	1	T	27.7	7	R	3.5	1	T
Ciherang	IRBB51	3.7	1	T	32.0	7	R	9.6	3	AT
Ciherang	IRBB52	3.2	1	T	42.5	7	R	3.3	1	T
IR64	IRBB50	4.7	1	T	44.5	7	R	6.3	3	AT
IR64	IRBB51	3.0	1	T	48.4	7	R	6.3	3	AT
IR64	IRBB52	3.1	1	T	6.1	3	AT	6.0	1	T
IR64	IRBB56	3.6	1	T	27.7	7	R	5.4	1	T
IR64	IRBB57	3.9	1	T	10.6	3	AT	5.2	1	T
IR64	IRBB59	3.3	1	T	35.5	7	R	6.2	3	AT

Kep. = keparahan penyakit hawar daun bakteri (HDB) (%). TK = Tingkat ketahanan; T = Tahan; AT = Agak tahan; AR = Agak rentan; R = Rentan, dan SR = Sangat rentan. Skor HDB = 1-9 (IRRI, 1996).

VIII, berarti gen ini tidak dapat menahan virulensi ketiga patotipe *Xoo*. Namun varietas Angke yang memiliki gen *xa5* dengan latar belakang genetik yang berbeda (IR64) relatif tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Hal ini menunjukkan bahwa gen *xa5* jika dikombinasikan dengan gen ketahanan dari genotipe-genotipe padi lain mampu memberikan reaksi relatif tahan terhadap patotipe-patotipe *Xoo* dominan di Indonesia. Oleh karenanya, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mendapatkan kombinasi gen ketahanan terhadap *Xoo* yang tepat serta meng-identifikasi gen-gen lain yang belum diidentifikasi, sehingga penyusunan rancangan dan strategi pemuliaan padi lebih nyata dan akurat.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa berdasarkan virulensi tiga isolat *Xoo* yang digunakan untuk pengujian ketahanan dan mewakili tiga patotipe *Xoo* (III, IV, dan VIII) yang paling dominan di Indonesia (Sudir *et al.* 2003, Suparyono *et al.* 2004), maka patotipe IV memiliki tingkat virulensi tertinggi, diikuti oleh patotipe VIII dan III. Hal ini ditunjukkan secara konsisten dalam pengujian ketahanan galur-galur IRBB, varietas lokal, VUB, dan populasi tanaman F1 yang telah dilakukan (Tabel 2, 3, dan 4). Rata-rata ketahanan galur IRBB terhadap *Xoo* patotipe IV paling rendah dibanding ketahanan terhadap patotipe VIII dan III. Ketahanan varietas lokal, VUB, dan populasi F1 hasil persilangan dua tetua tahan juga menunjukkan kecenderungan yang sama. Di samping itu, perbedaan tingkat ketahanan suatu genotipe padi terhadap ketiga patotipe *Xoo* juga cenderung konsisten dan tidak bersifat diferensial. Misalnya IRBB50 rentan terhadap patotipe IV, agak rentan terhadap patotipe VIII, dan rentan terhadap patotipe III, sementara genotipe lain yang agak tahan terhadap patotipe IV bereaksi lebih rentan terhadap patotipe VIII atau III.

Perbedaan ketahanan genotipe padi terhadap patotipe *Xoo* yang berbeda di samping disebabkan oleh perbedaan virulensi isolat *Xoo* (Tabel 2) juga dapat disebabkan oleh jumlah dan komposisi gen ketahanan terhadap HDB yang dimiliki masing-masing genotipe padi. Genotipe yang memiliki gen ketahanan yang lebih banyak dan gen tertentu berpeluang memiliki tingkat ketahanan yang lebih tinggi dan langgeng (*durable*) dibanding genotipe lain yang memiliki lebih sedikit gen ketahanan, karena terjadinya interaksi positif antargen ketahanan, baik efek dominan (*dominance*), *over dominance*, maupun interaksi kompleks lainnya, seperti ditunjukkan oleh IRBB64 (*Xa4+xa5+Xa7+Xa21*) dibanding IRBB4 (*Xa4*), IRBB5 (*xa5*), IRBB7 (*Xa7*), dan IRBB52 (*Xa4 +Xa21*).

Di antara ketiga patotipe *Xoo* yang dominan di Indonesia, patotipe IV memiliki virulensi paling tinggi, sehingga hanya sedikit genotipe padi yang bereaksi

tahan. Hal ini berdasarkan data pada Tabel 4 yang menunjukkan bahwa hasil kombinasi persilangan (F1) yang relatif tahan (enam kombinasi bereaksi agak tahan dengan skor 3) terhadap *Xoo* patotipe IV cenderung bereaksi sangat tahan (skor 1) terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII. Data pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa genotipe yang relatif tahan terhadap *Xoo* patotipe IV (Java 14) lebih tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII. Hal serupa juga ditunjukkan pada Tabel 3 bahwa empat varietas lokal (Gembang, Ketan Garut, Pandan Wangi, Remaja) dan VUB Conde yang relatif lebih tahan terhadap *Xoo* patotipe IV juga relatif tahan terhadap patotipe III dan VIII. Hal sebaliknya tidak terjadi, misalnya genotipe padi yang bersifat relatif tahan terhadap *Xoo* patotipe III tidak selalu relatif lebih tahan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII. Demikian juga genotipe padi yang relatif lebih tahan terhadap *Xoo* patotipe VIII belum tentu relatif lebih tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan IV. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan terhadap *Xoo* patotipe IV cenderung bersifat luas, yaitu tahan juga terhadap patotipe III dan VIII. Oleh karena itu, selain peningkatan keragaman genetik ketahanan terhadap strain III dan VIII, pencarian sumber gen dan komposisi gen yang optimum tahan terhadap *Xoo* patotipe IV perlu dilakukan untuk merakit padi tahan HDB berspektrum luas. Seleksi individu tanaman padi yang masih bersegregasi menggunakan bakteri *Xoo* patotipe IV hendaknya dilakukan sejak generasi awal, sehingga komposisi genetik optimum yang efektif memunculkan ketahanan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII dapat terus terbawa hingga generasi lanjut.

KESIMPULAN

1. Java14 (*Xa1*, *Xa3* dan *Xa12*), IRBB10 (*Xa10*), Ketan Garut, Pandan Wangi, Remaja, dan Gembang bereaksi tahan atau agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III serta agak tahan atau agak rentan terhadap patotipe IV dan VIII, sehingga memiliki ketahanan yang relatif baik dan berspektrum luas.
2. Ketahanan genotipe padi terhadap *Xoo* patotipe IV cenderung diikuti oleh ketahanan terhadap patotipe III dan VIII, meskipun tidak berlaku secara mutlak.
3. Tanaman F1 cenderung bereaksi dengan tingkat ketahanan yang lebih baik daripada tetuanya, baik terhadap *Xoo* patotipe III, IV, atau VIII. Hal ini mengindikasikan adanya peluang pemanfaatan teknologi padi hibrida untuk merakit padi tahan HDB berspektrum luas.

SARAN

1. Studi lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui keberadaan dan jenis gen ketahanan terhadap HDB pada genotipe-genotipe yang dalam penelitian ini telah teridentifikasi relatif tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII.
2. Pencarian sumber-sumber gen baru ketahanan terhadap HDB dengan spektrum yang luas perlu terus dilakukan untuk mendapatkan sumber gen yang lebih baik dan beragam untuk pemuliaan serta studi genetika padi tahan HDB berspektrum luas.
3. Monitoring perlu dilakukan secara periodik untuk mengetahui perubahan komposisi patotipe *Xoo* di lapangan dan kelanggengan ketahanan VUB terhadap HDB.

DAFTAR PUSTAKA

- Borines, L., E. Redona, B. Porter, F. White, C. Vera Cruz, and H. Leung. 2003. Molecular markers for detecting bacterial blight resistance genes in maintainer lines of rice hybrids, pp. 245-247. *In* Khush, G.S., D.S. Brar, and B. Hardy (eds.). *Advance in Rice Genetics*. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Collard, B.C.Y. and D.J. Mackill. 2007. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Phil. Trans. R. Soc. B*. 363: 557-572.
- Gowda, M., R.C. Venu, K. Roopalakshmi, M.V. Sreerekha, and R.S. Kulkarni. 2003. Advance in rice breeding, genetics, and genomics. *Molecular Breeding* 11: 337-352.
- Hifni, H.R. and M.K. Kardin. 1998. Pengelompokan isolat *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dengan menggunakan galur isogenik padi IRRI. *Hayati* 5: 66-72.
- Hoang, D.D., N.K. Oanh, T.D. Toan, P. Van du, and L.C. Loan. 2008. Pathotype profile of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates from the rice ecosystem in Culong River Delta. *Omonrice* 16:34-40.
- IRRI. 1996. *Standard Evaluation System for Rice*. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Loan, L.C., V.T.T. Ngan, and P.V. Du. 2006. Preliminary evaluation on resistance genes against rice bacterial leaf blight in Can Tho Province-Vietnam. *Omonrice* 14:44-47.
- Mackill, D.J. 2007. Molecular markers and marker-assisted selection in rice, p. 147-168. *In*: R.K. Varshney and R. Tuberosa (eds.). *Genomics Assisted Crop Improvement*. Vol. 2: *Genomics Applications in Crops*. Springer, New York.
- Mew, T.W. 1989. An overview of the world bacterial leaf blight situation, p. 7-12. *In*: *Bacterial blight of rice*. IRRI, Manila, Philippines.
- Nayak, D., M.L. Shanti, L.K. Bose, U.D. Singh, and P. Nayak. 2008. Pathogenicity association in *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* the causal organism of rice bacterial blight disease. *Asian Research Publishing Network (ARPN). Agric. and Biol. Sci.* 3(1): 12-27.
- Ogawa, T. 1993. Methods and strategy for monitoring race distribution and identification of resistance genes to bacterial leaf blight (*Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) in rice. *JARQ* 27:71-80.
- Ogawa, T., N. Endo, G.A. Bustro Jr., S. Taura, and G.S. Khush. 2003. Evolutionary significance of varietal groups resistance to bacterial leaf blight in rice, p. 99-103. *In*: Khush, G.S., D.S. Brar, and B. Hardy (eds.). *Advance in Rice Genetics*. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Ona, C., M. Casal, dela Paz, and Q. Zhang. 2010. *International Rice Research Notes* (0117-4185):1-3.
- Qi, Z. and T.W. Mew. 1989. Types of resistance in rice to bacterial blight, p. 125-134. *In*: *Bacterial Blight of Rice*. IRRI, Manila, Philippines.
- Reddy, R. and Y. Zhang-Zhi. 1989. Survival of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*, the causal organism of bacterial blight, p.65-78. *In*: *Bacterial Blight of Rice*. IRRI, Manila, Philippines.
- Sudir, Triny S. Kadir, dan Suprihanto. 2009. Identifikasi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, penyebab penyakit hawar daun bakteri padi di sentra produksi padi di Jawa. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 28(3):131-138.
- Sudir, Triny S. Kadir, dan Suprihanto. 2010. Pemetaan patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, penyebab penyakit hawar daun bakteri padi di sentra produksi padi di Jawa. *Laporan Hasil Penelitian Tahun 2010*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. 43p.
- Suparyono dan Sudir. 1992. Perkembangan penyakit bakteri hawar daun pada stadia tumbuh yang berbeda dan pengaruhnya terhadap hasil padi. *Media Penelitian Sukamandi* 12:6-9.
- Suparyono, Sudir, dan Suprihanto. 2003. Komposisi patotipe patogen hawar daun bakteri pada tanaman padi stadium tumbuh berbeda. *Penelitian Pertanian* 22(1):45-50.
- Suparyono, Sudir, dan Suprihanto. 2004. Pathotype profile of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*, isolates from the rice ecosystem in Java. *Indonesian J. Agric. Sci.* 5(2):63-69.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, S.E. Baehaki, Suprihanto, A. Setyono, S.D. Indrasari, M.Y. Samaullah, dan H. Sembiring. 2010. Deskripsi varietas padi. *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. 105p.
- Vera Cruz, Casiana. 2002. *Breeding for rice diseases*. *Rice Breeding Course*. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Webb, M.K., E. Garcia, C.M. Vera Cruz, and J.E. Leach. 2010. Influence of rice development on the function of bacterial blight resistance genes. *Eur. J. Plant Pathol.* 128:399-407.
- Wening, R.H., P. Sasmita, Nafisah, N. Yunani, U. Susanto, and M.J. Mejaya. 2012. Keragaman ketahanan plasma nutfah padi terhadap cekaman biotik dan abiotik. *Seminar Nasional Penelitian Padi*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi (*in press*).
- Zhi-hui, X., H. Fei, G. Li-fen, Y. Qian-hua, Z. Wen-xue, L. Di, and L. Yue-hua. 2010. Application of functional markers to identify genes for bacterial blight resistance in *Oryza rufipogon*. *Rice Science* 17(1):73-76.