

Karakterisasi Sifat Morfologi dan Ketahanan terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Beberapa Varietas Padi

Morphological Characterization and Resistant to Bacterial Leaf Blight among Rice Genotypes

Dini Yuliani, Rina Hapsari Wening, dan Sudir

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang, Jawa Barat
Email: diniyuliani2010@gmail.com

Naskah diterima 21 April 2014 dan disetujui diterbitkan 31 Desember 2014

ABSTRACT. *Bacterial leaf blight, caused by Xanthomonas oryzae pv oryzae (Xoo) is common disease on rice crop in Indonesia. Resistance variety when available, would be a good control measure to the disease, which could be easily adopted by farmers. Source of gene for resistance needs to be identified among rice genotypes, to be used as parents in the breeding program. This research was aimed to characterize the morphological traits and the degree of resistance among rice genotypes against Xoo pathotype III, IV, and VIII. The experiment was conducted at Sukamandi experimental field of Indonesian Center for Rice Research, during the wet season of 2012/2013 and dry season of 2013, using a randomized factorial design. The first factor was three Xoo pathotypes i.e. pathotype III, IV, and VIII, the second factor was 20 rice genotypes including three check varieties, i.e. Ciherang, Inpari 13, and Angke. Observations of morphological and agronomic characters were done on rice plants started from primordial to grain ripening phase. Observations on BLB disease severity were done by measuring the longest symptoms on the leaves at two, three, and four weeks after inoculation. The morphological characters of the isogenic lines showed moderate leaf surface type with an open habitus (60°). Plant height ranged from 99 to 190 cm, maturity between 109 to 157 days after sowing, and the number of tillers was 9-23 tillers/hill. Against the Xoo pathotype III, IV, and VIII, three genotypes of near isogenic lines i.e. IRBB 60, IRBB 61, and IRBB 55 each was resistance, not significantly different from resistance check variety Angke, in two cropping seasons. All three isogenic lines can be used as parent to develop new resistant variety to bacterial leaf blight.*

Keywords: *Rice, genotype, bacterial leaf blight, characterization resistance.*

ABSTRAK. Tanaman padi di Indonesia sering dihadapkan pada serangan penyakit hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae pv. oryzae (Xoo)*. Pengendalian penyakit HDB dengan varietas tahan merupakan salah satu teknik yang murah dan mudah dilakukan petani. Genotipe padi sebagai sumber tetua untuk perakitan varietas tahan perlu diketahui reaksi ketahanannya terhadap penyakit HDB. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan mengevaluasi ketahanan genotipe padi terhadap penyakit HDB patotipe III, IV, dan VIII. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Sukamandi Balai Besar Penelitian Tanaman Padi pada musim hujan 2012/2013 dan musim kemarau 2013 dengan rancangan percobaan faktorial acak kelompok. Faktor pertama adalah tiga patotipe Xoo, yaitu patotipe III, IV, dan VIII. Faktor kedua adalah 20 genotipe padi dan tiga varietas pembanding, yaitu

Ciherang, Inpari 13, dan Angke. Pengamatan karakterisasi morfologi dan agronomi dilakukan pada tanaman padi mulai pada fase primordia hingga menguning. Pengamatan intensitas penyakit HDB dilakukan dengan mengukur gejala terpanjang pada umur 2, 3, dan 4 minggu setelah inokulasi. Hasil penelitian menunjukkan karakter morfologi dari genotipe padi yang diteliti memiliki tipe permukaan daun sedang dan habitus terbuka (60°). Karakter agronomi dari genotipe padi memiliki tinggi tanaman 99-190 cm, umur matang 109-157 hari, dan jumlah anakan 9-23 anakan/rumpun. Dari pengujian ketahanan terhadap HDB patotipe III, IV, dan VIII diperoleh tiga genotipe padi yang berasal dari galur isogenik yaitu IRBB 60, IRBB 61, dan IRBB 55. Intensitas penyakit HDB tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Angke pada dua musim tanam. Ketiga galur isogenik tersebut dapat dijadikan tetua tahan dalam perakitan varietas unggul baru tahan HDB.

Kata kunci: Padi, genotipe, hawar daun bakteri, karakterisasi ketahanan.

PENDAHULUAN

Hawar daun bakteri (HDB) yang disebabkan oleh *Xanthomonas oryzae pv. oryzae (Xoo)* merupakan salah satu penyakit utama tanaman padi di negara-negara produsen beras, termasuk Indonesia. Penyakit HDB dapat merusak semua fase tumbuh pada tanaman padi mulai dari persemaian hingga menjelang panen dengan dua gejala khas, yaitu kresek dan hawar. Kresek yaitu gejala yang timbul pada tanaman padi pada fase vegetatif, sedangkan gejala hawar timbul pada fase generatif. Baik kresek maupun hawar menyebabkan daun tanaman berwarna hijau kelabu, melipat, menggulung, dan akhirnya mengering (Sudir 2011). Akibat kerusakan pada daun, kemampuan fotosintesis tanaman padi menjadi berkurang dan proses pengisian gabah terganggu sehingga gabah tidak terisi penuh bahkan hampa (Mew *et al.* 1982 dalam Sudir dan Sutaryo 2011). Penularan yang terjadi pada fase awal vegetatif dapat menyebabkan tanaman puso, sedangkan serangan pada fase tanaman generatif menyebabkan

pengisian gabah menjadi kurang sempurna dan kehilangan hasil mencapai 50% (Shen and Ronald 2002).

Di Jepang, kehilangan hasil yang diakibatkan penyakit ini berkisar antara 20-50%. Di daerah tropis, misalnya Indonesia, kerusakan pertanaman padi lebih besar dibandingkan dengan di daerah subtropis (Khaeruni 2001). Ambang kerusakan tanaman padi oleh penyakit HDB adalah pada intensitas penularan 20-30% dua minggu sebelum panen pada varietas tahan hingga rentan. Setiap kenaikan 10% intensitas penyakit HDB dari ambang kerusakan menyebabkan kehilangan hasil gabah meningkat 5-7% (Suparyono dan Sudir 1992 dalam Susanto dan Sudir 2012). Luas penularan HDB di Indonesia pada tahun 2010 mencapai 110.248 ha, 12 ha di antaranya puso. Luas penularan yang paling parah terjadi di Jawa Barat 40.486 ha, Jawa Tengah 30.029 ha, Jawa Timur 23.504 ha, Banten 3.745 ha, dan Sulawesi Tenggara 2.678 ha (Ditlin 2011).

HDB termasuk penyakit yang sulit dikendalikan karena bakteri *Xoo* memiliki keragaman patotipe yang tinggi dan virulensinya mudah berubah dalam waktu relatif singkat untuk menyesuaikan diri dengan ketahanan varietas pada inangnya. Berdasarkan virulensinya terhadap varietas diferensial (Kinmaze, Kogyoku, Tetep, Wase Aikoku, dan Java 14) dengan gen ketahanan berbeda, bakteri *Xoo* telah dikelompokkan ke dalam berbagai patotipe. Saat ini di Indonesia terdapat 12 patotipe *Xoo* yang sebaran dan dominasinya mudah berubah yang dipengaruhi oleh varietas padi, musim, dan lokasi (Kadir *et al.* 2009). Sudir *et al.* (2009) melaporkan tiga patotipe *Xoo* yang dominan di sentra produksi padi di Jawa yaitu patotipe III, IV, dan VIII dengan komposisi dan dominasi yang bervariasi.

Penanaman varietas tahan merupakan salah satu teknik pengendalian yang efektif dan mudah dilakukan petani. Gen ketahanan *Xoo* pada varietas padi Indonesia sebagian berasal dari varietas lokal, varietas unggul nasional, dan varietas introduksi (Silitonga 2010). Perakitan varietas padi dengan penggunaan gen-gen tahan dari berbagai varietas berpeluang menghasilkan varietas tahan HDB yang 'disukai' petani. Menurut Nafisah *et al.* (2006), varietas lokal masih dipertahankan petani karena keunggulannya yang tidak dimiliki oleh varietas padi modern. Genotipe padi yang berasal dari varietas lokal dapat menjadi sumber gen ketahanan penyakit HDB. Namun, varietas lokal belum intensif digunakan sebagai tetua dalam program pemuliaan. Varietas lokal yang teridentifikasi tahan terhadap HDB dapat dimanfaatkan sebagai sumber gen ketahanan dalam perakitan varietas tahan. Variasi genetik yang semakin luas dapat menjadi alternatif pergiliran varietas untuk memperlambat bakteri *Xoo* membentuk patotipe yang lebih virulen. Dari sisi patogenesis, evaluasi ketahanan terhadap patotipe *Xoo*

tertentu juga berguna untuk mengetahui status virulensi patogen terhadap ketahanan genotipe padi.

International Rice Research Institute (IRRI) telah merakit galur-galur isogenik dan melakukan penumpukan (piramiding) gen-gen pengendali ketahanan terhadap HDB (Vera Crus, 2002). Hasil piramiding gen telah teridentifikasi lebih dari 25 gen ketahanan terhadap HDB (Lee *et al.* 2003; Yang *et al.* 2003). Gen-gen *Xa* yang terkandung dalam galur isogenik secara spesifik efektif untuk pengelolaan HDB di beberapa negara (Loan *et al.* 2006). Menurut Tasliah (2012), piramiding gen-gen *Xa* merupakan salah satu cara untuk mendapatkan tanaman padi yang memiliki ketahanan HDB yang lebih lama. Galur-galur isogenik yang diuji adalah IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61, mengandung kombinasi gen berturut-turut (*xa13 + Xa21*), (*Xa4 + xa5 + xa13 + Xa21*), dan (*Xa4 + xa5 + Xa7*) (Vera Crus 2002). Pengujian galur-galur tersebut diharapkan dapat membantu penyusunan strategi pemuliaan untuk merakit varietas padi tahan HDB yang memiliki spektrum luas.

Bertitik tolak pada komposisi dan dominasi patotipe *Xoo* di Indonesia, evaluasi genotipe padi sebaiknya ditujukan untuk memperoleh galur/varietas yang tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII, sehingga dapat menjadi sumber gen ketahanan yang potensial. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter morfologis dan agronomis serta ketahanan 20 genotipe padi terhadap penyakit HDB.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Sukamandi, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, pada MH 2012/2013 dan MK 2013. Materi uji terdiri atas Padi Jalawara, Yoing, Rampur Masuli, Tomas, Radha 11, Glabed, Kutuk, Djembon, Ringkak Janggut, Ciganjur, Mansur, Simerah, IR 71033-121-15-B, IR 73678-6-9-B, Swamalata, Ketan Blimbing, Kuntulan, IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61. Genotipe-genotipe tersebut memiliki potensi hasil yang cukup tinggi pada musim sebelumnya, namun belum pernah diuji ketahanannya terhadap HDB. Sebagai pembanding digunakan varietas Ciherang, Inpari 13, dan Angke. Ciherang dan Inpari 13 merupakan varietas populer dan tersebar luas di Indonesia. Angke merupakan varietas pembanding tahan HDB, memiliki gen tahan *xa5* yang bersifat resesif (Suprihatno *et al.* 2011).

Penelitian menggunakan rancangan faktorial acak kelompok dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah tiga patotipe *Xoo* yaitu patotipe III, IV, dan VIII. Faktor kedua adalah 20 genotipe padi dan tiga varietas pembanding. Benih masing-masing genotipe disemai.

Setelah berumur 21 hari setelah sebar (HSS), bibit dipindah tanam pada petak berukuran 2 m x 5 m dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm (160 rumpun/petak). Tanaman padi dipupuk nitrogen dalam bentuk urea, sesuai rekomendasi, diaplikasikan tiga kali, masing-masing 1/3 bagian pada 10-12 hari setelah tanam (HST), fase pembentukan anakan aktif, dan fase primordia. Seluruh petak diberi pupuk P sesuai dengan rekomendasi dan diaplikasikan seluruhnya pada pemupukan pertama. Penyiangan gulma dilakukan secara manual pada tanaman berumur 21 dan 42 HST. Pengendalian tikus dilakukan dengan pemasangan pagar plastik dan pengemposan.

Peubah yang diamati adalah karakter morfologi (permukaan daun dan sudut batang) dan karakter agronomi tanaman (tinggi tanaman, jumlah anakan dan umur matang). Permukaan daun diamati pada fase bunting hingga fase pembungaan. Kekasaran dan kehalusan permukaan helaian daun didasarkan pada perabaan daun secara cermat menggunakan ibu jari dan jari telunjuk. Sudut batang diamati pada fase matang susu hingga fase pemasakan. Penampakan tegakan rumpun tanaman diamati berdasarkan besar sudut yang terbentuk antara batang anakan dengan garis imajiner yang berada di tengah-tengah rumpun, tegak lurus dengan permukaan tanah. Permukaan daun dan sudut batang dikategorikan berdasarkan *Standard Evaluation System for Rice* IRR1 (1996) seperti tersaji pada Tabel 1. Tinggi tanaman dan jumlah anakan diamati dari 10 rumpun tanaman contoh pada saat tanaman memasuki fase matang susu hingga fase pemasakan. Umur matang dihitung sejak semai benih hingga gabah pada malai telah menguning atau matang 80%.

Tahapan isolasi bakteri *Xoo* mengacu pada metode yang dilakukan Sudir *et al.* (2013). Biakan murni bakteri *Xoo* berumur 48 jam disuspensikan dengan menggunakan air steril hingga kepekatan 10^8 cfu. Suspensi kemudian ditampung dalam wadah yang terdapat pada gunting inokulasi. Inokulasi bakteri *Xoo* patotipe III, IV dan VIII dilakukan pada 20 rumpun tanaman sampel per petak yang terletak pada lima titik diagonal dengan empat rumpun per titik. Inokulasi dilakukan pada saat tanaman padi menjelang fase primordia dengan metode gunting. Ujung daun padi pada rumpun sampel tiap genotipe dipotong sepanjang kira-kira 10 cm dengan gunting inokulasi yang berisi suspensi bakteri *Xoo*. Untuk menghindari terik matahari, inokulasi dilakukan menjelang sore hari, sekitar pukul 16.00-17.30 WIB.

Pengamatan intensitas penyakit HDB dilakukan pada 20 rumpun tanaman sampel per petak yang telah diinokulasi *Xoo*. Pengamatan dilakukan dengan mengukur lima daun bergejala terpanjang/rumpun pada

Tabel 1. Deskriptor tanaman padi berdasarkan SES IRR1 (1996).

Karakter	Skala	Kategori
Permukaan daun	1	Tidak berbulu
	2	Sedang
	3	Berbulu
Habitus/sudut batang	1	Tegak (<30°)
	3	Sedang (45°)
	5	Terbuka (60°)
	7	Terserak (>60°)
	9	Batang terbawah mengenai permukaan tanah

Tabel 2. Pengelompokan tingkat ketahanan genotipe padi terhadap penyakit hawar daun bakteri berdasar SES untuk padi (IRRI 1996).

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

umur 2, 3, dan 4 minggu setelah inokulasi (MSI). Intensitas penyakit adalah rasio dari panjang gejala HDB, dibagi panjang daun yang diinokulasi, dikali 100%. Reaksi ketahanan genotipe padi dikelompokkan berdasarkan intensitas penyakit pada pengamatan terakhir (empat MSI) berdasar *Standard Evaluation System for Rice* (IRRI 1996) menggunakan skala 0, 1, 3, 5, 7, dan 9 (Tabel 2).

Untuk mengetahui pengaruh genotipe padi dan patotipe *Xoo* terhadap intensitas penyakit HDB, data pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan uji F pada taraf 5%. Jika perlakuan berpengaruh nyata maka dilakukan uji lanjut menggunakan *Least Significance Difference* (LSD) pada taraf 5% (Gomez and Gomez 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Morfologi dan Agronomi

Hasil pengamatan karakter 20 genotipe padi dan tiga varietas pembanding tersaji pada Tabel 3. Komposisi tipe permukaan daun dari genotipe padi yang diuji adalah tidak berbulu 13%, berbulu 39%, dan sedang 48%. Bentuk sudut batang pertumbuhan genotipe padi sebagian besar terbuka (48%), tipe habitus sedang (39%), dan tegak (13%). Karakter morfologi kualitatif tanaman padi seperti permukaan daun dan sudut batang dapat

Tabel 3. Karakter permukaan daun dan sudut batang beberapa genotipe padi. Sukamandi, MH 2012/2013.

No. lapang	Genotipe/ varietas	Permukaan daun	Sudut batang
Genotipe			
1001	1 Padi Jalawara	Tidak berbulu	Terbuka (60°)
1002	2 Yoing	Berbulu	Terbuka (60°)
1003	3 Rampur Masuli	Sedang	Sedang (45°)
1004	4 Tomas	Berbulu	Sedang (45°)
1005	5 Radha 11	Berbulu	Sedang (45°)
1006	6 Glabed	Berbulu	Sedang (45°)
1007	7 Kutuk	Tidak berbulu	Tegak (<30°)
1008	8 Djembon	Berbulu	Terbuka (60°)
1009	9 Ringkak Janggut	Sedang	Terbuka (60°)
1010	10 Ciganjur	Sedang	Sedang (45°)
1011	11 Mansur	Berbulu	Terbuka (60°)
1012	12 Simerah	Sedang	Terbuka (60°)
1018	13 Ketan Blimbing	Berbulu	Sedang (45°)
1021	14 Kuntulan	Sedang	Terbuka (60°)
1015	15 IR 71033-121-15-B	Berbulu	Terbuka (60°)
1016	16 IR73678-6-9-B	Tidak berbulu	Tegak (<30°)
1017	17 Swarnalata	Berbulu	Tegak (<30°)
1013	18 IR-BB61	Sedang	Terbuka (60°)
1014	19 IR-BB60 (IR72920-1-44-4)	Sedang	Terbuka (60°)
1019	20 IR-BB55 (IR72916-51-1-3)	Sedang	Terbuka (60°)
Varietas pembanding			
1022	A Ciharang	Sedang	Sedang (45°)
1023	B Inpari 13	Sedang	Sedang (45°)
1024	C Angke	Sedang	Sedang (45°)

dijadikan penciri dalam mengidentifikasi suatu genotipe padi dan hubungan kekerabatan.

Tinggi tanaman, umur matang, dan jumlah anakan tersaji pada Tabel 4. Genotipe padi varietas lokal (No. 1-14) memiliki karakter yang sangat bervariasi pada tinggi tanaman, berkisar antara 133-191 cm, umur matang 109-145 hari, dan jumlah anakan antara 9-18 anakan/rumpun. Varietas lokal memiliki jumlah anakan dengan kisaran yang luas, merupakan karakter spesifik sebagai sumber keragaman genetik untuk kemajuan pemuliaan. Jumlah anakan produktif mengindikasikan total malai yang akan terbentuk di satu rumpun.

Genotipe padi yang berasal dari galur/varietas introduksi (No. 15-17) mempunyai tinggi tanaman 121-174 cm, umur matang antara 110-157 hari, dan jumlah anakan 17-23 batang/rumpun. Genotipe padi yang berasal dari galur isogenik (No. 18 s/d 20) mempunyai keragaman yang lebih sempit, tinggi tanaman berkisar antara 99-107 cm, umur matang 114-117 hari, dan jumlah anakan berkisar 18-19 anakan/rumpun. Varietas unggul baru yang tidak memiliki hubungan kekerabatan dan digunakan sebagai varietas pembanding memiliki tinggi tanaman 111-125 cm, umur matang 110-119 hari, dan

Tabel 4. Tinggi tanaman, umur matang, dan jumlah anakan beberapa genotipe padi. Sukamandi, MH 2012/2013.

No. lapang	Genotipe/ varietas	Tinggi tanaman (cm)	Umur matang (HSS)	Jumlah anakan/ rumpun
Genotipe				
1001	1 Padi Jalawara	168	109	9
1002	2 Yoing	170	137	10
1003	3 Rampur Masuli	144	120	17
1004	4 Tomas	190	137	11
1005	5 Radha 11	152	124	16
1006	6 Glabed	137	117	14
1007	7 Kutuk	157	120	10
1008	8 Djembon	175	134	13
1009	9 Ringkak Janggut	183	141	12
1010	10 Ciganjur	133	112	18
1011	11 Mansur	190	145	9
1012	12 Simerah	160	112	17
1018	13 Ketan Blimbing	145	137	13
1021	14 Kuntulan	191	143	10
1015	15 IR 71033-121-15-B	126	112	18
1016	16 IR73678-6-9-B	121	110	17
1017	17 Swarnalata	174	157	23
1013	18 IR-BB61	107	114	18
1014	19 IR-BB60 (IR72920-1-44-4)	100	114	19
1019	20 IR-BB55 (IR72916-51-1-3)	99	117	19
Varietas Pembanding				
1022	A Ciharang	125	115	19
1023	B Inpari 13	118	110	19
1024	C Angke	111	119	20

jumlah anakan yang cukup banyak, berkisar antara 19-20 batang/rumpun.

Reaksi Ketahanan Genotipe Padi terhadap HDB pada MH 2012/2013

Hasil analisis sidik ragam data MH 2012/2013 menunjukkan bahwa pengaruh patotipe *Xoo* dan genotipe padi nyata ($P < 0,001$) dan terdapat interaksi antara keduanya terhadap intensitas penyakit HDB (Tabel 5). Virulensi patogen *Xoo* dan tingkat ketahanan genotipe padi menentukan intensitas penyakit HDB pada masing-masing genotipe yang diuji.

Intensitas penyakit yang ditimbulkan oleh *Xoo* patotipe III pada 16 genotipe padi (Yoing, Radha 11, Glabed, Kutuk, Djembon, Ringkak Janggut, Ciganjur, Mansur, Simerah, IRBB 55, IRBB 60, IRBB 61, Swarnalata, Ketan Blimbing, IR73678-6-9-B, dan Kuntulan) tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Angke (Tabel 6). Genotipe IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 memiliki tingkat ketahanan terhadap *Xoo* patotipe IV dan genotipe Kutuk, IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 tahan terhadap *Xoo* patotipe VIII, yang tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Angke.

Hasil pengamatan pada empat minggu setelah inokulasi (MSI) menunjukkan tiga galur isogenik (IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61) tidak berbeda nyata dengan varietas tahan Angke. Nilai koefisien keragaman genotipe padi antarkelompok patotipe *Xoo* juga tidak berbeda. Hal ini menunjukkan semua genotipe padi memiliki peluang yang sama untuk terpilih menjadi tetua tahan dan dapat digunakan sebagai sumber gen ketahanan terhadap HDB.

Tabel 5. Analisis sidik ragam patotipe *Xoo* dan genotipe padi terhadap intensitas penyakit HDB. Sukamandi, MH 2012/2013.

Sumber keragaman	DB	MH 2012/2013
Patotipe <i>Xoo</i>	2	*
Genotipe padi	22	*
Ulangan	2	ns
Patotipe x genotipe	44	*
R ²		0,93
CV (%)		13,48

* = berbeda nyata, ns= tidak berbeda nyata pada taraf LSD 5%.

Genotipe Kutuk, Ciganjur, Mansur, IRBB 55, IRBB 60, Ketan Blimbing, dan IRBB 61 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dengan intensitas penularan berkisar 3,7-5,8%. Genotipe Padi Jalawara, Yoing, Rampur Masuli, Tomas, Radha 11, Glabed, Djembon, Ringkak Janggut, Simerah, IR73678-6-9-B, Swarnalata, dan Kuntulan bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III dengan intensitas penularan 7,4-12,2%.

Varietas lokal Kutuk, Ciganjur, Mansur, dan Ketan Blimbing yang bereaksi tahan belum teridentifikasi gen ketahanannya terhadap *Xoo*. Meskipun demikian, varietas lokal yang tahan telah mengindikasikan adanya gen tahan terhadap HDB. Tiga galur isogenik yang bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III diketahui memiliki gen ketahanan terhadap HDB (Vera Cruz 2002). Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui gen ketahanan yang terdapat pada varietas lokal yang tahan dan kesamaannya dengan gen-gen *Xa* yang telah diketahui.

Di antara galur isogenik, galur IRBB 61 bereaksi tahan dengan intensitas penularan 6,4% dan galur IRBB 55 dan

Tabel 6. Intensitas penyakit dan reaksi ketahanan genotipe padi terhadap HDB pada 4 minggu setelah inokulasi, Sukamandi, MH 2012/2013.

No.	Genotipe/varietas	Patotipe III		Patotipe IV		Patotipe VIII	
		IP (%)	Reaksi	IP (%)	Reaksi	IP (%)	Reaksi
Genotipe							
1	Padi Jalawara	12,15*	3 AT	62,74*	9 SR	48,57*	7 R
2	Yoing	7,44 ns	3 AT	40,37*	7 R	26,39*	7 R
3	Rampur Masuli	12,35*	3 AT	44,50*	7 R	27,42*	7 R
4	Tomas	10,55*	3 AT	42,35*	7 R	20,81*	5 AR
5	Radha 11	10,19 ns	3 AT	41,55*	7 R	22,64*	5 AR
6	Glabed	8,00 ns	3 AT	55,36*	9 SR	23,51*	5 AR
7	Kutuk	4,59 ns	1 T	24,37*	5 AR	9,03 ns	3 AT
8	Djembon	8,33 ns	3 AT	51,19*	9 SR	26,37*	7 R
9	Ringkak Janggut	8,7 ns	3 AT	43,42*	7 R	26,67*	7 R
10	Ciganjur	5,66 ns	1 T	54,02*	9 SR	40,04*	7 R
11	Mansur	4,53 ns	1 T	39,41*	7 R	26,75*	7 R
12	Simerah	9,48 ns	3 AT	57,44*	7 R	28,31*	7 R
13	Ketan Blimbing	5,84 ns	1 T	39,13*	7 R	21,29*	5 AR
14	Kuntulan	7,63 ns	3 AT	50,52*	7 R	20,51*	5 AR
15	IR 71033-121-15-B	14,66*	5 AR	64,08*	9 SR	38,76*	7 R
16	IR 73678-6-9-B	10,17 ns	3 AT	49,91*	7 R	32,10*	7 R
17	Swarnalata	11,08 ns	3 AT	33,76*	7 R	13,95*	5 AR
18	IRBB 61	3,69 ns	1 T	6,42 ns	1 T	5,67 ns	1 T
19	IRBB 60 (IR72920-1-44-4)	4,59 ns	1 T	7,51 ns	3 AT	7,31 ns	3 AT
20	IRBB 55 (IR72916-51-1-3)	4,71 ns	1 T	8,65 ns	3 AT	5,37 ns	1 T
Varietas pembanding							
21	Ciherang	12,43	3 AT	57,19	9 SR	37,08	7 R
22	Inpari 13	9,69	3 AT	52,06	9 SR	44,82	7 R
23	Angke	5,33	1 T	6,59	1 T	3,39	1 T
	LSD 5%	0,96		0,88		1,19	
	CV	20,15		8,71		15,28	

ns: intensitas penyakit tidak berbeda nyata terhadap Angke berdasarkan LSD 5%, *: intensitas penyakit berbeda nyata lebih tinggi dari Angke. IP: intensitas penyakit HDB, T: tahan, AT: agak tahan, R: rentan, AR: agak rentan, SR: sangat rentan.

IRBB 60 bereaksi agak tahan dengan intensitas penularan berturut-turut 7,5% dan 8,7% terhadap *Xoo* patotipe IV. Reaksi ketahanan terhadap *Xoo* patotipe VIII teridentifikasi dari galur isogenik yang bereaksi tahan, yaitu IRBB 55 dan IRBB 61 dengan intensitas penularan berturut-turut 5,4% dan 5,7%, sedangkan IRBB 60 yang bereaksi agak tahan dengan intensitas penularan 7,3%.

Ketahanan galur isogenik IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 terhadap semua patotipe *Xoo* disebabkan ketiga galur memiliki gen ketahanan berturut-turut *xa13 + Xa21, Xa4 + xa5 + xa13 + Xa21*, dan *Xa4 + xa5 + Xa7* (Vera Cruz 2002). Varietas pembanding tahan Angke, bereaksi tahan terhadap semua patotipe *Xoo*. Menurut Suprihatno *et al.* (2011), varietas Angke tahan terhadap HDB patotipe III, IV dan VIII dengan gen tahan *xa5* yang bersifat resesif. Varietas pembanding Ciherang dan Inpari 13 bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III, rentan terhadap *Xoo* patotipe VIII, dan sangat rentan terhadap *Xoo* patotipe IV.

Reaksi Ketahanan Genotipe Padi terhadap HDB pada MK 2013

Analisis sidik ragam menunjukkan patotipe *Xoo* dan genotipe padi berpengaruh nyata, namun tidak terjadi interaksi antara keduanya (Tabel 7). Patotipe *Xoo* dan genotipe padi menunjukkan respon yang berbeda nyata dalam hal intensitas penularan HDB. Namun tidak terjadi interaksi antara patotipe *Xoo* dengan genotipe padi terhadap intensitas penularan HDB. Data klimatologi yang diperoleh dari stasiun Sukamandi pada MK 2013 menunjukkan rata-rata kelembaban relatif, curah hujan, kecepatan angin, dan radiasi matahari lebih tinggi dibanding MH 2012/2013.

Intensitas penyakit oleh *Xoo* patotipe III pada genotipe Yoing, Kutuk, Mansur, IRBB 55, IRBB 60, Ketan Blimbing, dan IRBB 61 tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Angke. Berdasarkan nilai intensitas penyakit terhadap *Xoo* patotipe IV, genotipe Kutuk, Ringkak Janggut, Mansur, IRBB 55, IRBB 60, dan

IRBB 61 tidak berbeda nyata dengan varietas Angke (Tabel 8). Intensitas penyakit oleh *Xoo* patotipe VIII pada genotipe IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Angke. Ketahanan ketiga genotipe tersebut termasuk ke dalam ketahanan horizontal karena bersifat moderat terhadap patogen *Xoo*.

Menurut Gnanamanickam *et al.* (1999), respon ketahanan yang bervariasi terhadap patogen diklasifikasikan pada dua kategori, yaitu ketahanan kualitatif dan kuantitatif. Ketahanan kualitatif umumnya dikontrol oleh gen mayor, dipengaruhi oleh gen tunggal yang dominan atau resesif. Ketahanan kuantitatif yang dikenal dengan ketahanan horizontal adalah ketahanan medium, umumnya tidak sangat tahan terhadap patogen spesifik. Model ketahanan ini yang diinginkan dalam program pemuliaan karena dapat mencegah patahnya ketahanan genotipe.

Terhadap *Xoo* patotipe III, genotipe IRBB 60 bereaksi agak tahan dengan intensitas penularan penyakit 12%. Terhadap *Xoo* patotipe VIII, genotipe IRBB 55, IRBB 60, IRBB 61, dan Ketan Blimbing bereaksi agak rentan dengan intensitas penularan penyakit 20-25%. Akan tetapi semua genotipe padi menunjukkan reaksi rentan hingga sangat rentan terhadap *Xoo* patotipe IV. Varietas pembanding tahan Angke bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III, namun agak rentan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII.

Hasil pengamatan pada 4 MSI menunjukkan intensitas penyakit HDB pada genotipe IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 tidak berbeda nyata dibandingkan dengan varietas Angke, terhadap semua patotipe *Xoo*. Ketiga galur isogenik tersebut bereaksi konsisten tahan terhadap semua patotipe *Xoo* pada dua musim tanam. IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 yang masing-masing memiliki gen ketahanan *xa13 + Xa21, Xa4 + xa5 + xa13 + Xa21*, dan *Xa4 + xa5 + Xa7* nampaknya memiliki tingkat ketahanan yang stabil, sehingga dapat dijadikan tetua tahan dalam perakitan varietas unggul tahan HDB.

Perbedaan ketahanan genotipe padi yang berbeda terhadap patotipe *Xoo* di samping disebabkan oleh virulensi isolat *Xoo* juga disebabkan oleh jumlah dan komposisi gen ketahanan terhadap HDB yang dimiliki masing-masing genotipe padi. Genotipe yang memiliki gen ketahanan yang lebih banyak berpeluang memiliki tingkat ketahanan yang lebih lama (*durable*) dibandingkan dengan genotipe yang lebih sedikit gen ketahanannya seperti yang ditunjukkan oleh IRBB 60 (Tabel 8). Menurut Zhang Qi (2009), varietas padi yang hanya memiliki gen ketahanan *Xa4* menjadi rentan terhadap HDB di India dan Indonesia. Hal ini juga terjadi pada varietas padi yang mengandung gen *Xa21* yang terbukti telah patah ketahanannya terhadap HDB di India,

Tabel 7. Analisis sidik ragam patotipe *Xoo* dan genotipe padi terhadap intensitas penularan HDB. Sukamandi, MK 2013.

Sumber keragaman	DB	MK 2013
Patotipe <i>Xoo</i>	2	*
Genotipe padi	22	*
Ulangan	2	ns
Patotipe x genotipe	44	ns
R ²		0,83
CV (%)		12,35

* = berbeda nyata, ns= tidak berbeda nyata pada taraf LSD 5%.

Tabel 8. Intensitas penularan penyakit dan reaksi ketahanan genotipe padi terhadap HDB pada 4 minggu setelah inokulasi, Sukamandi, MK 2013.

No.	Genotipe/varietas	Patotipe III		Patotipe IV		Patotipe VIII	
		IP (%)	Reaksi	IP (%)	Reaksi	IP (%)	Reaksi
Genotipe							
1	Padi Jalawara	36,02 *	7 R	73,29 *	9 SR	60,13 *	9 SR
2	Yoing	18,11 ns	5 AR	50,86 *	7 R	34,73 *	7 R
3	Rampur Masuli	23,78 *	5 AR	55,25 *	9 SR	39,53 *	7 R
4	Tomas	23,16 *	5 AR	43,54 *	7 R	31,82 *	7 R
5	Radha 11	20,38 *	5 AR	55,56 *	9 SR	28,62 *	7 R
6	Glabeled	26,27 *	7 R	59,28 *	9 SR	44,40 *	7 R
7	Kutuk	18,35 ns	5 AR	35,14 ns	7 R	30,16 *	7 R
8	Djembon	24,98 *	5 AR	43,81 *	7 R	37,71 *	7 R
9	Ringkak Janggut	20,35 *	5 AR	37,66 ns	7 R	32,95 *	7 R
10	Ciganjur	34,33 *	7 R	52,40 *	9 SR	50,96 *	7 R
11	Mansur	17,09 ns	5 AR	40,54 ns	7 R	32,92 *	7 R
12	Simerah	34,41 *	7 R	54,49 *	9 SR	52,34 *	9 SR
15	Ketan Blimbing	17,08 ns	5 AR	41,04 *	7 R	24,67 ns	5 AR
16	Kuntulan	29,35 *	7 R	50,22 *	7 R	33,38 *	7 R
17	IR 71033-121-15-B	38,98 *	7 R	63,77 *	9 SR	52,36 *	9 SR
18	IR73678-6-9-B	38,92 *	7 R	63,92 *	9 SR	51,51 *	9 SR
20	Swarnalata	27,19 *	7 R	49,58 *	7 R	41,33 *	7 R
13	IRBB 61	16,26 ns	5 AR	33,18 ns	7 R	20,94 ns	5 AR
14	IRBB 60 (IR72920-1-44-4)	11,99 ns	3 AT	33,45 ns	7 R	20,13 ns	5 AR
19	IRBB 55 (IR72916-51-1-3)	15,77 ns	5 AR	27,53 ns	7 R	20,15 ns	5 AR
Varietas Pembanding							
21	Ciherang	29,76	7 R	69,63	9 SR	48,56	7 R
22	Inpari 13	30,42	7 R	59,45	9 SR	38,36	7 R
23	Angke	10,93	3 AT	24,66	5 AR	14,46	5 AR
LSD 5%		1,06		1,44		1,24	
CV		13,20		12,63		12,59	

ns: intensitas penyakit tidak berbeda nyata terhadap Angke berdasarkan LSD 5%, *: intensitas penyakit berbeda nyata lebih tinggi dari Angke. IP: intensitas penyakit HDB, T: tahan, AT: agak tahan, R: rentan, AR: agak rentan, SR: sangat rentan.

Korea, Nepal, dan Cina. Oleh karena itu, galur isogenik IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 dapat digunakan untuk pergiliran varietas karena memiliki gen-gen yang berbeda sehingga galur/varietas diharapkan tidak mudah patah oleh patogen *Xoo* yang semakin virulen.

Karakter Morfologi dan Agronomi Genotipe Padi Tahan HDB

Terdapat delapan genotipe yang teridentifikasi tahan terhadap HDB yaitu Kutuk, Ciganjur, Mansur, Ketan Blimbing, IRBB 55, IRBB 60, IRBB 61, dan Angke. Varietas lokal Kutuk, Ciganjur, Mansur, dan Ketan Blimbing memiliki permukaan daun dan sudut batang berturut-turut tidak berbulu, tegak; sedang, sedang; berbulu, terbuka; dan berbulu, sedang.

Galur isogenik IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 memiliki ciri permukaan daun sedang dan sudut batang terbuka. Varietas pembanding tahan Angke memiliki permukaan daun sedang dan sudut batang sedang (Tabel 3). Karakter agronomi berupa permukaan daun dan sudut

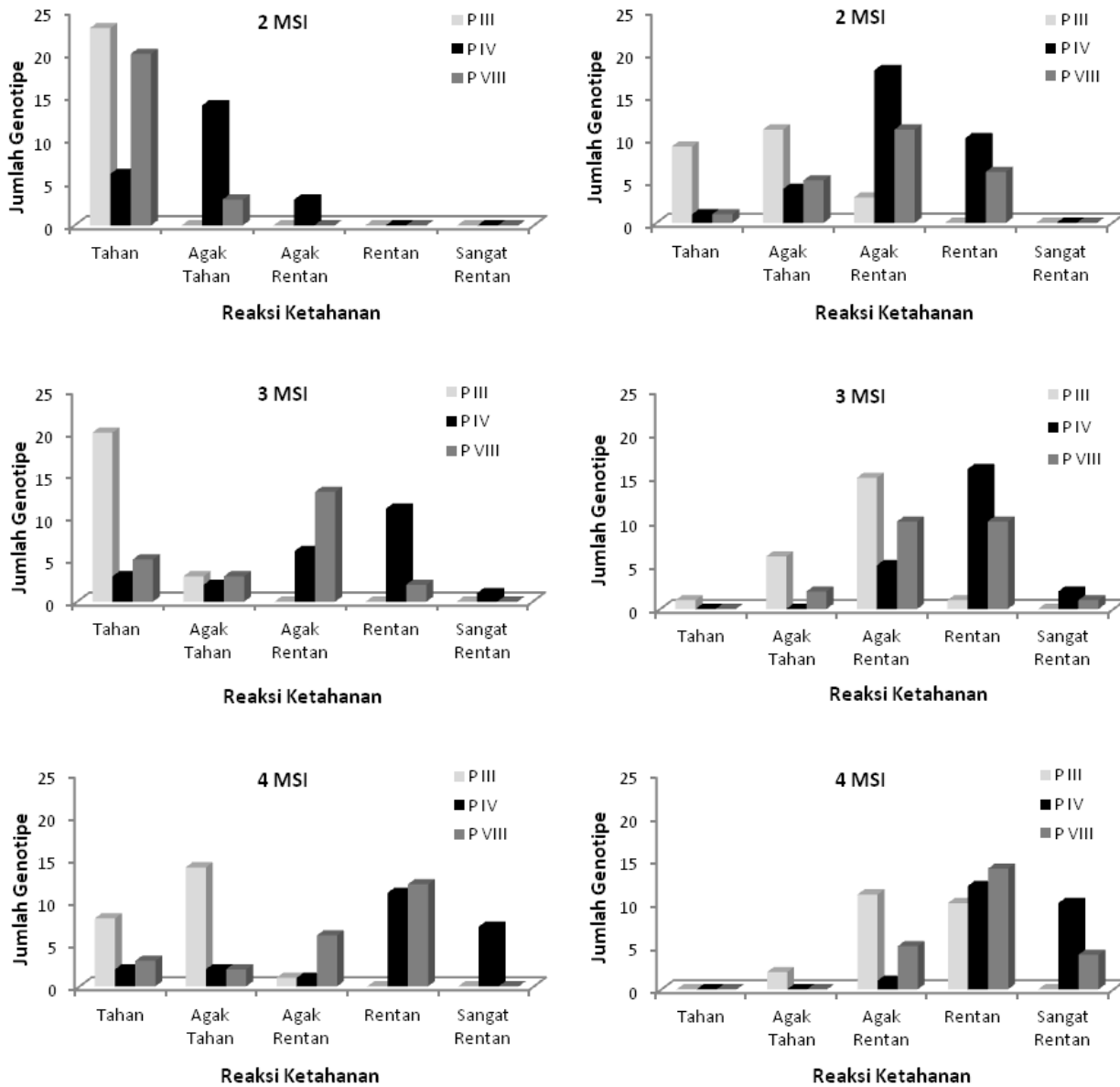
batang genotipe tahan HDB cukup beragam, dan tidak terdapat keterkaitan antara permukaan daun dan sudut batang tanaman dengan ketahanan terhadap HDB.

Delapan genotipe tahan HDB memiliki tinggi tanaman, umur matang, dan jumlah anakan yang sangat beragam. Varietas lokal Kutuk, Ciganjur, Mansur, dan Ketan Blimbing termasuk kategori tanaman tinggi dengan kisaran 133-190 cm. Ketiga galur isogenik tergolong tanaman pendek berkisar antara 99-107 cm dan varietas pembanding tahan Angke termasuk kategori tanaman sedang dengan tinggi 111 cm.

Varietas lokal Kutuk dan Ciganjur memiliki umur matang berturut-turut 120 hari dan 112 hari, tergolong berumur genjah. Varietas lokal Mansur dan Ketan Blimbing dengan umur matang berturut-turut 145 hari dan 137, hari tergolong berumur sedang. Galur isogenik IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 memiliki umur matang berkisar antara 114-117 hari. Varietas pembanding tahan Angke memiliki umur matang 119 hari. Galur isogenik dan varietas pembanding Angke berumur genjah.

MH 2012/2013

MK 2013



Gambar 1. Perkembangan reaksi ketahanan genotipe padi terhadap *Xoo* patotipe III, IV dan VIII pada MH 2012/2013 (kiri) dan MK 2013 (kanan).

Jumlah anakan varietas lokal Kutuk, Ciganjur, dan Ketan Blimbing tergolong sedang, dengan kisaran 10-18 anakan/rumpun. Varietas lokal Mansur memiliki sembilan anakan/rumpun, tergolong sedikit. Galur isogenik IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 memiliki jumlah anakan banyak dengan kisaran 18-19 anakan/rumpun. Varietas pembandingan tahan Angke memiliki jumlah anakan banyak, 20 anakan/rumpun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sifat ketahanan suatu genotipe

padi terhadap HDB tidak terkait dengan karakter morfologi dan agronomi. Ketahanan terhadap HDB lebih ditentukan oleh gen yang ada pada genotipe padi.

Perkembangan Penyakit HDB pada Genotipe Padi

Evaluasi genotipe padi terhadap penyakit HDB pada MH 2012/2013 menunjukkan sebagian besar genotipe bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII pada 2

MSI. Pada 3 MSI mulai terjadi perubahan genotipe yang awalnya bereaksi tahan menjadi agak tahan hingga rentan. Namun teridentifikasi 20 genotipe bereaksi tahan dan tiga genotipe agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III. Pada pengamatan 4 MSI terdapat delapan genotipe bereaksi tahan dan 14 genotipe agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III, sedangkan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII yang awalnya bereaksi tahan dan agak tahan bergeser menjadi rentan dan sangat rentan (Gambar 1).

Pada pengamatan awal MK 2013 diperoleh sembilan genotipe yang bereaksi tahan dan 11 genotipe agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III. Reaksi ketahanan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII dijumpai berturut-turut pada empat dan lima genotipe yang bereaksi agak tahan. Pada pengamatan 3 MSI terdapat enam genotipe yang menunjukkan reaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III. Perkembangan penyakit HDB patotipe III, IV, dan VIII pada genotipe padi merata pada skala agak rentan dan sangat rentan.

Pada pengamatan 4 MSI hanya terdapat dua genotipe yang bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan selebihnya rentan hingga sangat rentan. Galur isogenik IRBB 55, IRBB 60 dan IRBB 61 meskipun bereaksi agak rentan dan rentan terhadap HDB, tetapi intensitas penyakitnya tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Angke. Hal ini disebabkan karena ketiga galur isogenik memiliki gen ketahanan terhadap patogen *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Patotipe III adalah isolat-isolat bakteri yang virulen terhadap varietas Kinmaze, Kogyoku, dan Tetep, namun virulensinya rendah terhadap Wase Aikoku dan Java 14. Patotipe IV adalah isolat-isolat bakteri yang virulen terhadap semua varietas diferensial asal Jepang. Patotipe VIII adalah isolat-isolat bakteri yang virulen terhadap Kinmaze, Kogyoku, Tetep, dan Wase Aikoku, namun virulensinya rendah terhadap Java 14 (Sudir *et al.* 2009).

Intensitas penyakit HDB pada genotipe padi berkembang lebih cepat pada MK 2013 dibanding MH 2012/2013. Hal ini berkaitan dengan faktor lingkungan, terutama kelembaban relatif, curah hujan, kecepatan angin, dan radiasi matahari. Berdasarkan data klimatologi dari stasiun Sukamandi pada MK 2013, rata-rata kelembaban relatif 85%; curah hujan 89,7 mm; kecepatan angin 0,8 m/det; dan radiasi matahari 861,8. Pada MH 2012/2013, rata-rata kelembaban relatif 82,9%; curah hujan 68,9 mm; kecepatan angin 0,1 m/det; dan radiasi matahari 389,7. Dari data klimatologi tersebut diketahui MH 2012/2013 merupakan musim hujan dengan iklim kering, sedangkan MK 2013 merupakan musim kemarau dengan iklim basah.

Perbedaan kelembaban relatif antara MH 2012/2013 dengan MK 2013 menyebabkan perbedaan intensitas

penyakit HDB. Sebagian besar penyakit yang disebabkan oleh bakteri berkembang dengan cepat pada kelembaban relatif tinggi. Kelembaban mengaktifkan bakteri untuk menginfeksi tumbuhan sehingga mempengaruhi perluasan dan tingkat penularan penyakit. Penularan penyakit diperparah oleh angin yang berperan dalam penyebaran patogen, bahkan lebih penting dalam perkembangan penyakit apabila angin bersamaan dengan hujan. Pada MK 2013, kecepatan angin dan curah hujan lebih tinggi dibanding MH 2012/2013.

Radiasi matahari pada MK 2013 lebih tinggi daripada MH 2012/2013. Radiasi matahari dalam bentuk intensitas atau lama penyinaran kemungkinan dapat meningkatkan kerentanan tumbuhan terhadap infeksi dan juga mempengaruhi intensitas penyakit. Selain itu, intensitas penyakit HDB pada MK 2013 lebih tinggi dibanding MH 2012/2013 kemungkinan disebabkan oleh akumulasi patogen *Xoo* pada musim tanam sebelumnya.

Kemungkinan lain terjadinya perbedaan ketahanan genotipe padi terhadap HDB pada dua musim tanam disebabkan oleh interaksi antara ketahanan tanaman terhadap virulensi patogen *Xoo*. Periode waktu ketahanan varietas ditentukan oleh beberapa faktor seperti komposisi dan dominasi patotipe *Xoo*, kecepatan perubahan patotipe *Xoo*, frekuensi penanaman padi, dan komposisi varietas dengan latar belakang genetik berbeda yang ditanam pada waktu dan hamparan tertentu (Suparyono *et al.* 2003).

Menurut Sudir dan Suprihanto (2006), perubahan ketahanan varietas terhadap *Xoo* dapat terjadi setelah tiga kali inokulasi *Xoo* secara beruntun, seperti yang ditunjukkan oleh varietas Java 14. Tingkat ketahanannya berubah dari tahan menjadi rentan dengan intensitas penyakit 12,6-33,4%. Intensitas penyakit HDB juga dipengaruhi oleh waktu tanam, varietas padi, dan stadia tumbuh tanaman (Sudir dan Suprihanto 2008).

Galur isogenik IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 yang telah teruji stabil tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV dan VIII pada dua musim tanam, dapat digunakan sebagai sumber gen tahan HDB dan atau dapat ditanam untuk menekan perkembangan penyakit HDB di lapangan. Penyebaran dan penggunaan varietas tahan telah terbukti efektif dalam beberapa kasus untuk patogen daun seperti *Pseudomonas* dan *Xanthomonas* (Charkowski 2007). Untuk meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit HDB perlu dilakukan kesesuaian penanaman varietas dengan keberadaan patotipe *Xoo* di lapangan, sehingga penularan penyakit dapat ditekan, umur ketahanan varietas terhadap penyakit HDB dapat diperpanjang, kehilangan hasil dapat ditekan, dan pendapatan petani dapat ditingkatkan (Sudir *et al.* 2009).

KESIMPULAN

1. Tidak terdapat keterkaitan antara karakter permukaan daun, sudut batang pertumbuhan tanaman, dan beberapa karakter agronomi (tinggi tanaman, jumlah anakan, dan umur matang) dengan ketahanan terhadap penyakit HDB.
2. Intensitas penyakit pada varietas tahan dipengaruhi oleh patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*.
3. Varietas lokal Kutuk, Ciganjur, Mansur, dan Ketan Blimbing bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III. Varietas lokal Kutuk bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe VIII, sedangkan 15 genotipe lainnya bereaksi agak rentan hingga sangat rentan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII.
4. Galur isogenik IRBB 55, IRBB 60, dan IRBB 61 menunjukkan intensitas penyakit HDB tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Angke dan konsisten tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Galur isogenik tersebut dapat digunakan dalam perakitan varietas unggul baru tahan HDB.

DAFTAR PUSTAKA

- Charkowski, A.O. 2007. Potensial disease control strategies revealed by genome sequencing and functional genetics of plant pathogenic bacteria, p. 462-497. In Punja, Z.K., S.H. De Boer, dan H. Sanfacon (eds.). *Biotechnology and Plant Disease Management*. Biddles Ltd, King's Lynn. London.
- Ditlin (Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan). 2011. Laporan Tahunan 2010 Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. Dirjen Tanaman Pangan. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Gnanamanickam, S.S., V.B. Priyadarisini, N.N. Narayanan, P. Vasudevan, and S. Kavitha. 1999. An overview of bacterial blight disease of rice and strategies for its management. *Current Science* 77 (11): 1435-1443.
- Gomez, A.K. and A.A. Gomez. 1995. *Prosedur statistika untuk penelitian pertanian*. (Terjemahan oleh Enang Sjamsudin & Justika Baharsjah). Edisi 11. UI Press, Jakarta.
- IRRI. 1996. *Standard evaluation system for rice*. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Kadir, T.S., Y. Suryadi, Sudir, dan M. Machmud. 2009. Penyakit bakteri padi dan cara pengendaliannya. *dalam* Buku Padi: Inovasi Teknologi Produksi. Daradjat A.A., A. Setiono, A.K. Makarim, dan A. Hasanuddin (eds). Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan. Kementerian Pertanian, Sukamandi.
- Khaeruni, A. 2001. *Penyakit hawar daun bakteri pada padi: Masalah dan Upaya Pemecahannya*. IPB Press. Bogor.
- Lee, K.S., S. Patotipebandith, E.R. Angeles, and G.S. Khush. 2003. Inheritance of resistance to bacterial blight in 21 cultivars of rice. *Phytopathology* 93:147-152.
- 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.
- Nafisah, A.A. Daradjat, dan H. Sembiring. 2006. Keragaman genetik padi dan upaya pemanfaatannya dalam mendukung ketahanan pangan. *Lokakarya Nasional Pengelolaan dan Perlindungan Sumber Daya Genetik di Indonesia: Manfaat Ekonomi untuk Mewujudkan Ketahanan Nasional*. Puslitbang Peternakan. Kementerian Pertanian, Bogor.
- Shen, Y. and P. Rhonald. 2002. Molecular determinants of disease and resistance in interaction of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and rice. *J. Microbe and Infection* 4(13):1361-1367.
- Silitonga, T.S. 2010. The use of biotechnology in the characterization, evaluation, and utilization of Indonesian rice germplasm. *J. Agro Biogen* 6(1):49-56.
- Sudir dan Suprihanto. 2006. Perubahan virulensi strain *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 25(2):100-115.
- Sudir dan Suprihanto. 2008. Hubungan antara populasi bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dengan intensitas penyakit hawar daun bakteri pada beberapa varietas padi. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 27(2): 68-75.
- Sudir, Suprihanto, dan T.S. Kadir. 2009. Identifikasi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, penyebab penyakit hawar daun bakteri di sentra produksi padi di Jawa. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 28(3):131-138.
- Sudir. 2011. Komposisi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, penyebab penyakit hawar daun bakteri padi di daerah sentra produksi padi di Jawa. *Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian padi Nasional 2010*. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Sudir, dan B. Sutaryo. 2011. Reaksi padi hibrida terhadap penyakit hawar daun bakteri dan hubungannya dengan hasil gabah. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 30(2): 88-94.
- Sudir, Y.A. Yogi, dan Syahri. 2013. Komposisi dan sebaran patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* di sentra produksi padi di Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 32(2): 98-108.
- Suparyono, Sudir, dan Suprihanto. 2003. Komposisi patotipe patogen hawar daun bakteri pada tanaman padi stadium tumbuh berbeda. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 22(1): 45-50.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, Suwarno, E. Lubis, S.E. Baehaki, Sudir, S.D. Indrasari, I.P. Wardana, dan M.J. Mejaya. 2011. *Deskripsi varietas padi*. Edisi Revisi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi.
- Susanto, U. dan Sudir. 2012. Ketahanan genotipe padi terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* patotipe III, IV, dan VIII. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 31(2): 108-116.
- Tasliah. 2012. Gen ketahanan tanaman padi terhadap bakteri hawar daun (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*). *Jurnal Litbang Pertanian* 31(3):103-112.
- Vera Cruz, Casiana. 2002. *Breeding for rice disease*. Rice Breeding Course. IRRI, Los Banos, Phillipines.
- Yang, Z., X. Sun, S. Wang, and Q. Zhang. 2003. Genetic and physical mapping of a new gene for bacterial blight resistance in rice. *Theor. Appl. Genet.* 106:1467-1472.
- Zhang Qi. 2009. Genetics and improvement of bacterial blight resistance of hybrid rice in China. *Rice Science* 16(2): 83-92.