

Ketahanan Varietas Unggul Baru dan Galur Isogenik Padi terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri pada Kondisi Lapangan

Resistance of New Superior Varieties and Superior Rice Lines to Bacterial Leaf Blight in Field Conditions

Dini Yuliani, Suprihanto, dan Sudir

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi
Jl. Raya IX Sukamandi, Subang, Jawa Barat, Indonesia 41256
E-mail: diniyuliani2010@gmail.com

Naskah diterima 19 Oktober 2020, direvisi 13 April 2021, disetujui diterbitkan 29 April 2021

ABSTRACT

Bacterial leaf blight (BLB) is a major disease of rice in Indonesia. Cilacap District of Central Java Province and Kuningan District of West Java Province are two endemic areas of BLB. The field trial was carried out in Cilacap and Kuningan in planting season of 2017 to evaluate resistance to BLB of 20 rice genotypes including 10 new improved varieties, one differential variety, nine isogenic lines. The trial was arranged in a completed block design with three replications. Data collected were: 1) Incidences and severities of BLB; 2) Resistances of the rice genotypes to BLB; and 3) Pathotypes of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo). The results showed the incidence of BLB disease in Cilacap of 0-100% and disease severity of 0 to 85.18%. In Kuningan, the disease incidence was 0-100% and the disease severity from 0 to 79.26%. The varieties of Inpari-32, Java-14, and the lines of IRBB-5, IRBB-7, IRBB-21, and IRBB-57 were resistant to BLB in Cilacap and Kuningan. Those varieties/lines were expected to be used as a source of resistance to BLB in Cilacap and Kuningan. Xoo pathotype test showed that 14 Xoo isolates from Cilacap classified as pathotype VIII, while nine Xoo isolates from Kuningan were classified as pathotype III. The planting of resistant varieties based on the existence of the dominant of Xoo pathotypes which specific in the field can reduce the incidence and the severity of BLB disease effectively and efficiently, while the assembly of BLB resistant varieties can use the resistant genes of xa5, Xa7, and Xa21 as they were still effective to control the dominant pathotypes of BLB in Indonesia.

Keywords: Rice, varieties, bacterial leaf blight, resistance

ABSTRAK

Hawar daun bakteri (HDB) merupakan salah satu penyakit utama padi. Kabupaten Cilacap Jawa Tengah dan Kabupaten Kuningan Jawa Barat merupakan daerah endemis HDB. Penelitian lapangan dilakukan di Cilacap dan Kuningan pada musim tanam 2017 untuk mengevaluasi ketahanan 20 genotipe padi yang terdiri atas 10 varietas unggul baru, satu varietas diferensial, dan sembilan galur isogenik terhadap HDB. Penelitian ditata dengan rancangan acak

kelompok dengan tiga ulangan. Data yang dikumpulkan mencakup 1) Keberadaan dan keparahan penyakit HDB; 2) Ketahanan genotipe padi terhadap HDB; dan 3) Patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo). Hasil penelitian menunjukkan keberadaan penyakit HDB di Cilacap berkisar 0-100% dengan keparahan 0-85,18%. Di Kuningan, keberadaan penyakit berkisar 0-100% dengan keparahan 0-79,26%. Varietas Inpari-32, Java-14, dan galur IRBB-5, IRBB-7, IRBB-21, dan IRBB-57 bereaksi tahan terhadap HDB di Cilacap maupun Kuningan. Varietas/galur tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai sumber ketahanan terhadap HDB di kedua wilayah. Hasil pengujian patotipe Xoo menunjukkan 14 isolat Xoo yang berasal dari Cilacap tergolong patotipe VIII, sedangkan sembilan isolat Xoo yang berasal dari Kuningan tergolong patotipe III. Penanaman varietas tahan berdasarkan keberadaan patotipe Xoo dominan yang spesifik di lapangan dapat menekan keberadaan dan keparahan penyakit HDB secara efektif dan efisien, sedangkan perakitan varietas tahan HDB dapat menggunakan gen-gen tahan xa5, Xa7, dan Xa21 yang masih efektif mengendalikan patotipe dominan HDB di Indonesia.

Kata kunci: Padi, varietas, hawar daun bakteri, ketahanan

PENDAHULUAN

Hawar daun bakteri (HDB) merupakan penyakit utama padi yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo). Penyakit ini tersebar di seluruh wilayah pertanaman padi di Indonesia (Suparyono *et al.* 2004). Perkiraan luas serangan HDB mencapai 39.494 ha (Ditlin, 2020) dengan kehilangan hasil padi 15-80%, bergantung pada stadia tanaman saat penyakit timbul (Lalitha *et al.* 2010). Penyakit HDB relatif sulit dikendalikan dan memerlukan strategi tertentu, terutama karena patogennya sangat bervariasi dan mudah mengalami perubahan patotipe (Sudir *et al.* 2012).

Saat ini di Indonesia terdapat tiga patotipe dan yang dominan di Pulau Jawa dan di Luar Pulau Jawa, yaitu patotipe III, IV, dan VIII (Sudir and Yuliani 2016).

Perubahan komposisi dan virulensi patotipe *Xoo* di lapangan disebabkan oleh berbagai faktor, baik abiotik seperti suhu dan kelembaban maupun biotik berupa varietas padi yang ditanam (Sudir *et al.* 2012). Hal ini menyebabkan varietas padi yang semula tahan berubah tingkat ketahanannya setelah ditanam beberapa musim di suatu wilayah, bahkan dapat menjadi rentan (Suparyono *et al.* 2004). Oleh karena itu, beberapa varietas unggul baru (VUB) yang telah diketahui tingkat ketahanannya pada pengujian di rumah kaca perlu diuji kembali di lapangan.

Ledakan penyakit HDB dapat terjadi karena varietas padi yang ditanam tidak memiliki ketahanan terhadap penyakit atau memiliki ketahanan namun yang tidak sesuai dengan patotipe *Xoo* di lapangan. Pemahaman mengenai tingkat ketahanan varietas sangat penting sebagai dasar pewilayahan varietas tahan. Hal ini bertujuan agar anjuran penanaman varietas tahan sebagai komponen utama pengendalian penyakit HDB lebih efektif dan efisien.

Dalam jangka panjang, perakitan varietas untuk memperoleh varietas padi tahan HDB menggunakan sumber ketahanan yang sesuai dengan patotipe patogen di lapangan (Sudir *et al.* 2012). Gen-gen ketahanan pada tanaman padi telah diidentifikasi dan tercatat 32 gen *Xa*, dan sampai saat ini sudah diidentifikasi sampai gen *xa43(t)*. Eksplorasi gen-gen baru masih berlangsung dan membuka peluang untuk memperoleh gen ketahanan baru. Di Indonesia, telah dirakit dua varietas padi tahan HDB, yaitu Angke dan Conde yang masing-masing membawa gen *xa5* dan *Xa7* (Tasliyah 2012). Pengujian varietas dan galur yang potensial tahan pada kondisi aktual diharapkan dapat membantu penyusunan strategi pemuliaan untuk merakit varietas padi tahan HDB di lapangan.

Patotipe *Xoo* dapat berubah dan dipengaruhi oleh seleksi buatan maupun seleksi alami dari gen ketahanan terhadap patogen bakteri. Hal ini mencerminkan pentingnya eksplorasi dan identifikasi sumber ketahanan baru untuk mengendalikan patotipe yang berubah-ubah (Chun *et al.* 2012). Sejak pengendalian kimia mulai kurang efektif di lapangan, pemanfaatan varietas tahan dinilai sebagai cara ampuh untuk mengendalikan penyakit (Suryadi *et al.* 2014). Seiring dengan berkembangnya bioteknologi, maka identifikasi, kloning, dan analisis fungsional suatu gen dapat dilakukan relatif cepat. Saat ini telah diperoleh 32 gen ketahanan terhadap HDB pada tanaman padi yang dibudidayakan maupun dari kerabat liarnya (Akhtar *et al.* 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan varietas unggul baru dan galur isogenik padi terhadap penyakit HDB pada kondisi lapangan di Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah, dan di Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada musim tanam 2017 di dua lokasi, yaitu Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah, dengan ketinggian lokasi 168 m di atas permukaan laut (dpl) dan Kabupaten Kuningan, Provinsi Jawa Barat, dengan ketinggian lokasi 500 m dpl. Kedua lokasi merupakan daerah endemis HDB. Bahan yang digunakan adalah 20 genotipe padi dengan ketahanan yang berbeda terhadap HDB, terdiri atas 10 varietas unggul baru (VUB) dari Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi), satu varietas diferensial asal Jepang, dan sembilan galur isogenik dari International Rice Research Institute (IRRI) (Tabel 1).

Pada masing-masing lokasi, setiap genotipe ditanam pada petakan berukuran 1 m x 4 m dengan jarak tanam 20 cm x 20 cm (± 100 rumpun/petak). Tanaman padi dibiarkan terinfeksi patogen HDB secara alamiah. Pertanaman padi diberi pupuk sebelum tanam, 20 dan 40 hari setelah tanam (HST). Selanjutnya dilakukan pemeliharaan tanaman hingga menjelang panen. Percobaan ditata dengan rancangan acak kelompok, tiga ulangan. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui: 1) Keberadaan dan keparahan HDB, 2) Ketahanan genotipe padi yang diuji, serta 3) Patotipe *Xoo* di lahan percobaan.

Keberadaan dan Keparahan Hawar Daun Bakteri

Pengamatan dan pengambilan sampel dilakukan pada fase generatif (dua minggu sebelum panen). Pada tiap petak diambil 20 rumpun secara acak sistematis. Setiap sampel diamati keberadaan dan skor keparahan penyakit HDB dengan metode skoring (IRRI 2014) dan diambil sampel tanaman yang terinfeksi patogen HDB. Berdasarkan skor keparahan penyakit dihitung keparahan penyakit HDB menggunakan rumus yang dikembangkan Horswal dan Cooling dalam Sudir *et al.* (2004):

$$KP = \sum (ni_i \cdot Vi) / (Z \cdot N) \times 100\%$$

KP = keparahan penyakit (%), ni_i = jumlah sampel dengan nilai skor keparahan tertentu, i = skor keparahan (0, 1, 3, 5, 7 dan 9), V = nilai skor dari sampel ke- i , N = jumlah sampel yang diamati, dan Z = skor keparahan tertinggi.

Sampel daun terinfeksi HDB dimasukkan ke dalam amplop dan diberi catatan nama varietas, tanggal koleksi, dan skor keparahan rumpun sampel terinfeksi. Sampel kemudian dibawa ke Laboratorium Penyakit BB Padi untuk keperluan isolasi patogen HDB.

Tabel 1. Varietas padi dengan tingkat ketahanannya terhadap hawar daun bakteri.

Varietas/galur	Gen tahan	Jenis	Ketahanan terhadap HDB		
			Patotipe I	Patotipe II	Patotipe III
Inpari-1	-	VUB	T	T	T
Inpari-6	-	VUB	T	T	T
Inpari-11	-	VUB	T	AT	AT
Inpari-17	-	VUB	T	T	T
Inpari-25	-	VUB	T	AT	AT
Inpari -32	-	VUB	T	AT	AT
Inpari HDB	-	VUB	T	AT	AT
Ciherang	-	VUB	T	T	?
Hipa-3	-	VUB	?	AT	AT
Hipa-4	-	VUB	?	AT	AT
Java-14	<i>Xa1, Xa3, Xa12</i>	Varietas differensial	T	T	T
IRBB-1	<i>Xa1</i>	Galur isogenik	AR	R	AR
IRBB-2	<i>Xa2</i>	Galur isogenik	?	?	?
IRBB-3	<i>Xa3</i>	Galur isogenik	AR	R	AR
IRBB-4	<i>Xa4</i>	Galur isogenik	AR	R	R
IRBB-5	<i>xa5</i>	Galur isogenik	AR	R	AR
IRBB-7	<i>Xa7</i>	Galur isogenik	AR	R	AR
IRBB-10	<i>Xa10</i>	Galur isogenik	?	?	?
IRBB-21	<i>Xa21</i>	Galur isogenik	AR	R	AR
IRBB-57	<i>Xa4, Xa5, Xa21</i>	Galur piramiding	AR	R	AR

T = tahan, AT = agak tahan, R = rentan, ? = belum diketahui, VUB = Varietas Unggul Baru.

Sumber: Suprihatno *et al.* (2011); Jamil *et al.* (2016); Suparyono *et al.* (2004); Khoshkdaman *et al.* (2014); Susanto dan Sudir (2012).

Evaluasi Ketahanan Genotipe Padi terhadap Hawar Daun Bakteri

Dari hasil perhitungan keparahan penyakit dengan metode pengamatan keberadaan dan keparahan HDB, ditentukan tingkat ketahanan varietas/galur uji terhadap HDB dengan kriteria pada Tabel 2, mengacu pada SES IRR1 untuk padi (IRRI 2014).

Tabel 2. Kriteria ketahanan varietas/galur terhadap penyakit HDB

Skor	Luas penularan (%)	Keterangan
1	0-3	Sangat tahan
2	4-6	Tahan
3	7-12	Agak tahan
4	13-25	Agak rentan
5	26-50	Rentan
6	51-75	Rentan
7	76-87	Sangat rentan
8	88-94	Sangat rentan
9	95-100	Sangat rentan

Identifikasi Patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Isolasi bakteri *Xoo* menggunakan metode *leaf washing*. Daun-daun padi yang bergejala penyakit HDB dipotong kecil-kecil ± 1 mm, kemudian dicuci dengan alkohol satu kali dan air destilasi steril dua kali. Potongan daun padi

direndam dalam larutan Pepton 5% selama 15-30 menit supaya bakteri *Xoo* berkembang dengan baik. Kemudian larutan pepton yang mengandung bakteri *Xoo* digoreskan ke dalam cawan petri yang berisi medium Potato Sukrose Agar (PSA). Inkubasi dilakukan di laboratorium pada suhu kamar. Koloni tunggal khas bakteri *Xoo* dipindahkan ke medium PSA miring, diperbanyak dan diinokulasikan pada varietas diferensial untuk identifikasi patotipe *Xoo*.

Pengujian patotipe *Xoo* dilakukan di rumah kaca BB Padi pada lima varietas diferensial yang memiliki latar belakang genetik ketahanan berbeda terhadap *Xoo* (Sudir *et al.* 2009). Tiap varietas diferensial ditanam pada tiga ember plastik sebagai ulangan. Lima varietas diferensial diinokulasi dengan bakteri *Xoo* dengan metode gunting pada saat tanaman padi menjelang stadia primordia. Ujung-ujung daun padi dipotong ± 5-10 cm dengan gunting inokulasi berisi suspensi bakteri umur 48 jam dengan konsentrasi 10^8 cfu.

Pengamatan keparahan penyakit HDB dilakukan dengan cara mengukur panjang gejala pada 15 hari setelah inokulasi. Keparahannya adalah rasio antara panjang gejala dengan panjang daun. Reaksi ketahanan varietas dikelompokkan berdasarkan keparahan penyakit. Jika keparahan penyakit < 11% berarti varietas/galur uji tergolong tahan, sedangkan keparahan > 11% berarti rentan (Sudir *et al.* 2009). Pengelompokan patotipe *Xoo* berdasarkan nilai interaksi antara varietas diferensial dengan isolat *Xoo* (Tabel 3).

Tabel 3. Pengelompokan patotipe Xoo berdasarkan interaksi antara varietas diferensial dengan isolat Xoo.

Varietas	Gen tahan	Reaksi ketahanan terhadap bakteri Xoo												
		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Kinmaze	Tidak ada	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	T
Kogyoku	Xa-1, Xa-12	T	R	R	R	T	T	R	R	R	T	R	T	T
Tetap	Xa-1, Xa-2	T	T	R	R	T	R	R	R	T	R	T	T	T
Wase Aikoku	Xa-3 (Xa-12)	T	T	T	R	R	T	T	R	R	R	R	R	R
Java 14	Xa-1, Xa-2, dan Xa-12	T	T	T	R	T	T	R	T	T	T	R	T	T
Kelompok patotipe Xoo		I	I	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	

T = tahan, severitas penyakit < 11%, R = rentan, severitas penyakit > 11% (Sudir *et al.* 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketahanan Genotipe Padi terhadap Hawar Daun Bakteri

Pengamatan pertama di Cilacap pada awal stadia generatif belum ditemukan penyakit HDB. Gejala penyakit HDB ditemukan pada pengamatan dua minggu sebelum panen dengan perkembangan penyakit yang cukup baik. Menurut Khaeruni *et al.* (2014), fase pertumbuhan dan varietas padi berpengaruh terhadap perkembangan penyakit HDB, semakin muda fase pertumbuhan tanaman saat terinfeksi semakin cepat perkembangan penyakit. Keberadaan penyakit HDB mulai dari 0 hingga 100%, sedangkan keparahan penyakit berkisar antara 0 hingga 85,18% (Tabel 4). Varietas/galur

Tabel 4. Keberadaan dan keparahan hawar daun bakteri pada beberapa varietas unggul baru dan galur IRBB di Kabupaten Cilacap, MT 2017.

Varietas	Insidensi (%)	Severitas (%)	Reaksi ketahanan
Inpari-1	13,33 fg	15,55 ef	Agak rentan
Inpari-6	30,67 ef	27,41 de	Rentan
Inpari-11	51,67 de	37,77 cd	Rentan
Inpari-17	0,00 i	0,00 g	Sangat tahan
Inpari-25	57,67 cde	36,30 cd	Rentan
Inpari-32	0,00 i	0,00 g	Sangat tahan
Inpari HDB	9,00 gh	11,11 f	Agak tahan
Ciherang	63,33 bcd	48,15 bc	Rentan
Hipa-3	23,33 fg	22,96 def	Agak rentan
Hipa-4	93,33 ab	71,85 ab	Sangat rentan
Java-14	0,00 i	0,00 g	Sangat tahan
IRBB-1	86,33 abc	67,41 ab	Sangat rentan
IRBB-2	0,00 i	0,00 g	Sangat tahan
IRBB-3	86,67 abc	67,41 ab	Rentan
IRBB-4	78,33 abcd	64,45 ab	Rentan
IRBB-5	0,00 i	0,00 g	Sangat tahan

Angka-angka sekolom yang oleh diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji 0,05 DMRT.

yang menunjukkan keberadaan dan keparahan penyakit terendah 0% adalah Inpari-17, Inpari-32, Java-14, IRBB-2, dan IRBB-5. Keberadaan dan keparahan penyakit tertinggi dijumpai pada galur IRBB-10.

Dari evaluasi ketahanan varietas di Cilacap berdasarkan SES IRRI (2014) diperoleh lima varietas yang sangat tahan terhadap HDB, yaitu Inpari-17, Inpari-32, Java-14, IRBB-2, dan IRBB-5. Tiga galur yang bereaksi tahan adalah IRBB-7, IRBB-21, dan IRBB-57. Terdapat satu varietas yang agak tahan, yaitu Inpari HDB (Tabel 4). Hal ini sejalan dengan pernyataan Khoshkdaman *et al.* (2014) bahwa keragaman dan variasi virulensi dari Xoo dipengaruhi oleh jenis varietas, agroekosistem, iklim, dan waktu tanam padi.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan keberadaan dan keparahan penyakit HDB terendah pada varietas/galur Inpari-17, Inpari-32, Java-14, IRBB-2, IRBB-5, IRBB-7, IRBB-21, dan IRBB-57 (Tabel 4). Di Cilacap, delapan genotipe tersebut bereaksi agak tahan hingga sangat tahan terhadap HDB populasi lapang, sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai sumber ketahanan di Kabupaten Cilacap.

Di Kuningan, penyakit HDB berkembang dengan baik. Penyakit ini ditemukan pada 18 petak percobaan dengan keberadaan penyakit tertinggi (100%) pada varietas Inpari-1, Inpari-11, Inpari-25, Ciherang, Hipa-3, IRBB-4, dan IRBB-10 sedangkan terendah pada varietas/galur Inpari-32, Java-14, IRBB-21, dan IRBB-57. Keparahannya penyakit HDB tertinggi dijumpai pada varietas/galur Ciherang, Hipa-3, Hipa-4, IRBB-1, dan IRBB-10 sedangkan terendah pada varietas/galur Inpari-32, Java-14, IRBB-7, dan IRBB-57 (Tabel 5).

Dari evaluasi ketahanan varietas/galur padi di Kuningan berdasarkan SES IRRI (2014) diperoleh dua varietas yang bereaksi sangat tahan HDB, yaitu Inpari-32 dan Java-14. Dua galur yang bereaksi tahan adalah IRBB-7 dan IRBB-21. Terdapat satu galur yang agak tahan, yaitu IRBB-57 (Tabel 5). Varietas Inpari-32 dapat

dikembangkan di Kabupaten Kuningan untuk mengendalikan patogen HDB dan di beberapa daerah hasilnya baik dan tahan terhadap penyakit ini. Varietas Java-14 dan galur IRBB-7, IRBB-21, dan IRBB-57 dapat dijadikan tetua tahan untuk perakitan varietas padi tahan HDB seperti Angke, Conde, dan Inpari-32

Reaksi ketahanan suatu varietas terhadap patogen dapat dinilai berdasarkan pendek panjangnya masa inkubasi, rendah tingginya keberadaan atau keparahan penyakit yang dan rendah tingginya laju infeksi (Rahim *et al.* 2012). Keberadaan penyakit pada dasarnya adalah penyebaran penyakit pada lokasi tersebut, yaitu pertambahan tanaman yang terinfeksi pada pengamatan berikutnya. Keparahannya penyakit mencerminkan perkembangan penyakit pada tiap rumpun tanaman sehingga dapat diketahui tingkat kerusakan tanaman yang berpotensi mencapai ambang kerusakan (Aditya *et al.* 2015). Hal ini dapat dilihat pada varietas/galur tahan yang menunjukkan keberadaan dan keparahan penyakit lebih rendah dibandingkan dengan varietas/galur yang rentan terhadap penyakit HDB (Tabel 4 dan 5).

Tabel 5. Keberadaan dan keparahan hawar daun bakteri pada beberapa varietas unggul baru dan galur IRBB di Kabupaten Kuningan, MT 2017

Varietas	Keberadaan (%)	Keparahan (%)	Reaksi ketahanan
Inpari-1	100,00 a	58,52 ab	Sangat rentan
Inpari-6	61,33 bc	37,78 bc	Rentan
Inpari-11	100,00 a	58,52 ab	Sangat rentan
Inpari-17	41,00 c	17,03 d	Agak rentan
Inpari-25	100,00 a	24,44 cd	Agak rentan
Inpari-32	0,00 e	0,00 h	Sangat tahan
Inpari HDB	44,33 c	15,55 de	Agak rentan
Ciherang	100,00 a	74,81 a	Sangat rentan
Hipa-3	100,00 a	77,78 a	Sangat rentan
Hipa-4	96,67 a	74,81 a	Sangat rentan
Java-14	0,00 e	0,00 h	Sangat tahan
IRBB-1	96,67 a	77,78 a	Sangat rentan
IRBB-2	12,00 d	15,55 de	Agak rentan
IRBB-3	84,33 ab	61,48 a	Sangat rentan
IRBB-4	100,00 a	64,44 a	Sangat rentan
IRBB-5	7,33 de	12,59 def	Agak tahan
IRBB-7	6,67 de	5,18 gh	Tahan
IRBB-10	100,00 a	79,26 a	Sangat rentan
IRBB-21	4,33 de	5,93 fg	Tahan
IRBB-57	4,00 de	7,41 efg	Agak tahan

Angka-angka sekolom yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata pada uji 0,05 DMRT

Keberadaan dan keparahan penyakit di Kuningan lebih tinggi dibandingkan dengan Cilacap. Hal ini terlihat pada Tabel 5, dimana keberadaan dan keparahan penyakit cukup tinggi pada hampir semua petak percobaan, kecuali pada petak yang ditanami varietas

Inpari-32 dan Java-14. Perbedaan keberadaan dan keparahan penyakit di kedua lokasi kemungkinan dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Kuningan berada ketinggian tempat 500 mdpl, sedangkan Cilacap pada ketinggian tempat 168 mdpl. Tinggi tempat mempengaruhi suhu dan kelembaban sebagai salah satu faktor penyebab perkembangan penyakit.

Perkembangan penyakit juga dipengaruhi oleh varietas padi, semakin tahan varietas yang digunakan semakin kecil keparahan penyakit dan semakin lambat perkembangan penyakit tersebut (Khaeruni *et al.* 2014). Perkembangan penyakit disebabkan oleh kombinasi yang tepat pada waktunya dari unsur-unsur yang sama dengan yang mengakibatkan penyakit, diantaranya tanaman inang yang rentan, patogen yang virulen, kondisi lingkungan yang menguntungkan dan terjadi dalam waktu yang cukup lama (Agrios 2005).

Secara umum terdapat dua varietas yang konsisten sangat tahan di Cilacap dan Kuningan, yaitu Inpari-32 dan Java-14. Dua galur yang konsisten tahan di kedua kabupaten ialah IRBB-7 dan IRBB-21. Galur IRBB-5 bereaksi sangat tahan di Cilacap, sedangkan di Kuningan agak tahan. Galur IRBB-57 juga bereaksi tahan di Cilacap dan agak tahan di Kuningan. Varietas Inpari-32, Java-14, dan galur IRBB-5, IRBB-7, IRBB-21, dan IRBB-57 dapat digunakan sebagai sumber ketahanan terhadap HDB di Cilacap maupun Kuningan.

Selain itu, dari hasil pengujian ketahanan varietas di lapangan diperoleh tujuh varietas yang semula bereaksi tahan atau agak tahan terhadap tiga patotipe *Xoo* dominan (patotipe III, IV, dan VIII) menjadi agak rentan hingga sangat rentan, yaitu Inpari-1, Inpari-6, Inpari-11, Inpari-25, Ciherang, Hipa-3, dan Hipa-4. Berdasarkan deskripsi varietas padi, ketujuh varietas tersebut bereaksi agak tahan hingga tahan terhadap tiga patotipe *Xoo*. Namun ketahanan dapat berubah dalam waktu paling cepat 6 tahun sejak varietas dilepas. Varietas Ciherang dilepas pada tahun 2000, Hipa-3 dan Hipa-4 pada tahun 2004, Inpari-1 dan Inpari-6 pada tahun 2008, Inpari-11 pada tahun 2010, dan Inpari-25 pada tahun 2012 (Jamil *et al.* 2016). Hal ini menunjukkan varietas yang semula tahan dapat patah ketahanannya dalam waktu yang relatif cepat. Kemungkinan patogen mampu beradaptasi dari tekanan seleksi suatu varietas yang kemudian mematahkan ketahanan varietas tersebut.

Patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

Hasil isolasi bakteri *Xoo* dari sampel tanaman padi yang terinfeksi HDB di Cilacap diperoleh 14 isolat *Xoo*. Hasil identifikasi patotipe *Xoo* dari 14 isolat diperoleh patotipe VIII (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bakteri *Xoo* yang dominan di Cilacap adalah patotipe VIII. *Xoo* patotipe

VIII adalah bakteri *Xoo* yang memiliki virulensi tinggi terhadap varietas diferensial, yaitu Kinmaze, Kogyoku, Tetep, dan Wase Aikoku, namun tidak virulen terhadap varietas diferensial Java-14 (Suparyono *et al.* 2004).

Hasil isolasi *Xoo* dari sampel tanaman padi terinfeksi HDB dari Kuningan diperoleh sembilan isolat *Xoo*. Identifikasi patotipe dari sembilan isolat tersebut menunjukkan bakteri *Xoo* yang menginfeksi tanaman padi di Kuningan adalah patotipe III (Tabel 7). Artinya, bakteri *Xoo* yang dominan di Kuningan adalah patotipe III. Patotipe III adalah bakteri *Xoo* yang memiliki virulensi tinggi terhadap varietas diferensial, yaitu Kinmaze, Kogyoku, dan Tetep, tetapi tidak virulen terhadap varietas diferensial Wase Aikoku dan Java-14 (Suparyono *et al.* 2004).

Varietas yang berbeda dievaluasi ketahanannya di lapangan menunjukkan keberadaan dan keparahan yang berbeda namun memiliki patotipe yang sama di suatu lokasi. Cilacap didominasi oleh patotipe VIII,

sedangkan Kuningan didominasi oleh patotipe III (Tabel 6 dan 7). Hal ini menunjukkan satu patotipe *Xoo* memberikan perbedaan reaksi keparahan atau ketahanan pada beberapa varietas seperti terlihat pada Tabel 4 dan 5. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rahim *et al.* (2012) yang melaporkan tingkat keparahan penyakit HDB berpengaruh nyata pada varietas padi komersial pada umur rata-rata 69,66 dan 73 hari setelah tanam, namun tidak berbeda nyata dengan patotipe dan interaksi antara varietas dengan patotipe.

Selain patotipe *Xoo*, faktor penyebab varietas yang semula tahan menjadi rentan diantaranya genetik, cara budidaya petani setempat, dan lingkungan budi daya. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Agrios (2005) bahwa bakteri berkembang cepat dengan cara membelah diri menjadi dua kali lipat setiap 20 hingga 30 menit pada tanaman yang rentan sepanjang kondisi lingkungan menguntungkan.

Tabel 6. Identifikasi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* yang berasal dari beberapa varietas padi di Kabupaten Cilacap, MT 2017.

Asal isolat <i>Xoo</i> dari varietas	Keparahan HDB (%) / Reaksi ketahanan varietas diferensial					Patotipe <i>Xoo</i>
	Kinmaze	Kogyoku	Tetep	Wase Aikoku	Java 14	
Inpari-1	49,5 R	52,3 R	51,1 R	17,1 R	7,7 T	VIII
Inpari-6	48,9 R	54,6 R	53,3 R	15,9 R	9,6 T	VIII
Inpari-11	52,3 R	52,7 R	50,8 R	16,7 R	8,6 T	VIII
Inpari-25	55,8 R	54,9 R	56,6 R	19,4 R	10,1 T	VIII
Inpari HDB	56,1 R	51,5 R	54,7 R	16,0 R	9,0 T	VIII
Ciherang	53,5 R	51,1 R	52,9 R	19,2 R	10,6 T	VIII
Hipa-3	52,4 R	49,3 R	52,1 R	21,0 R	9,0 T	VIII
Hipa-4	46,2 R	50,9 R	56,4 R	15,9 R	8,8 T	VIII
IRBB-1	54,5 R	44,5 R	52,8 R	17,6 R	7,7 T	VIII
IRBB-3	46,7 R	45,8 R	54,7 R	18,5 R	10,7 T	VIII
IRBB-4	45,4 R	48,2 R	60,2 R	18,2 R	9,4 T	VIII
IRBB-10	48,9 R	54,3 R	59,7 R	18,5 R	9,5 T	VIII
IRBB-21	52,9 R	47,1 R	56,5 R	15,6 R	9,7 T	VIII
IRBB-57	60,8 R	47,9 R	62,4 R	14,3 R	9,6 T	VIII

R= rentan, T= tahan

Tabel 7. Identifikasi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* yang berasal dari beberapa varietas padi di Kabupaten Kuningan, MT 2017.

Asal isolat <i>Xoo</i> dari varietas	Keparahan HDB (%) / Reaksi ketahanan varietas diferensial					Patotipe <i>Xoo</i>
	Kinmaze	Kogyoku	Tetep	Wase Aikoku	Java 14	
Inpari-1	33,1 R	32,2 R	30,7 R	7,2 T	3,4 T	III
Inpari-6	29,1 R	37,3 R	30,0 R	5,0 T	4,4 T	III
Inpari-11	32,1 R	32,4 R	31,6 R	5,9 T	3,6 T	III
Inpari-25	29,3 R	36,1 R	35,3 R	5,9 T	4,0 T	III
Inpari HDB	33,5 R	30,3 R	37,3 R	10,6 T	3,8 T	III
Ciherang	32,2 R	36,9 R	35,7 R	11,0 T	6,2 T	III
Hipa-3	32,5 R	38,0 R	38,1 R	4,9 T	2,6 T	III
Hipa-4	34,1 R	34,9 R	44,4 R	2,7 T	3,2 T	III
IRBB-1	34,6 R	34,0 R	42,3 R	6,5 T	5,0 T	III

R= rentan, T= tahan

Salah satu strategi pengendalian penyakit HDB adalah penanaman varietas tahan berdasarkan keberadaan dominasi patotipe *Xoo* di lapangan. Penanaman varietas padi di suatu wilayah perlu mempertimbangkan patotipe HDB yang dominan. Beberapa varietas dengan ketahanan terhadap patotipe tertentu telah tersedia. Dalam perakitan varietas tahan HDB, seleksi di daerah endemik dibantu teknik *Marker Assisted Selection* (MAS) dapat digunakan agar lebih efektif. Meskipun demikian, seleksi di lapangan tidak dapat ditinggalkan dan menjadi pembuktian akhir (Wening *et al.* 2016).

Budi daya tanaman padi dalam skala luas dan jangka panjang menyebabkan gen tunggal untuk ketahanan menghasilkan perubahan yang signifikan dalam frekuensi ras patogen dengan konsekuensi patahnya ketahanan pada varietas tertentu. Untuk mengatasi masalah patahnya ketahanan varietas, piramiding gen ketahanan pada varietas berbeda penting dilakukan. Piramiding gen ketahanan dengan alat bantu penanda molekuler sedang dikembangkan. Gen tersebut untuk menanggulangi *stress biotic*, diantaranya penyakit HDB dan blas serta hama wereng coklat. Penanda molekuler dikembangkan untuk ketahanan tanaman yang lebih tahan lama pada padi modern (Khan *et al.* 2015).

Ketahanan mungkin dapat diperoleh dengan menggabungkan beberapa atau banyak gen ketahanan dalam suatu varietas. Beberapa gen mungkin menekan perkembangan penyakit dan berperan penting untuk ketahanan tanaman. Tanaman dengan ketahanan vertikal yaitu varietas/galur dengan satu gen tahan mempunyai ketahanan yang sempurna terhadap ras patogen tertentu. Namun memicu tekanan seleksi yang tinggi terhadap patogen sehingga membentuk ras patogen yang lebih virulen. Hal ini menyebabkan patahnya varietas dengan ketahanan vertikal dan dapat menimbulkan epidemi yang hebat. Untuk mengatasi patahnya ketahanan suatu varietas diantaranya dapat dilakukan melalui perakitan varietas dengan ketahanan horizontal, yaitu varietas dengan beberapa gen tahan yang memiliki sifat ketahanan yang dapat bertahan lebih lama dibandingkan dengan ketahanan vertikal (Agrios 2005).

Hasil penelitian Nafisah *et al.* (2007) menunjukkan sifat ketahanan terhadap HDB dari populasi yang gen tetuanya berasal dari hasil silang ganda memiliki heritabilitas yang lebih tinggi daripada yang tetuanya memiliki sumber gen dari silang tunggal. Populasi yang memiliki jumlah gen tahan lebih sedikit memiliki heritabilitas genetik yang lebih rendah daripada populasi yang tetuanya memiliki lebih banyak gen tahan. Hal ini mengindikasikan seleksi daur dapat digunakan untuk

membentuk genotipe dengan gen ketahanan piramida melalui metode konvensional.

Pengembangan varietas tahan menjadi strategi paling efektif dan ekonomis untuk mengendalikan penyakit HDB. Perakitan varietas tahan dengan menggabungkan teknik konvensional dengan molekuler merupakan salah satu cara untuk memperoleh varietas tahan yang beradaptasi lama terhadap patogen HDB di lapangan. Varietas yang dapat bertahan hidup mempunyai sederetan gen mayor dan minor yang berbeda-beda untuk ketahanan. Seleksi terus berlangsung dimana pun varietas tersebut ditanam, setiap daerah bebas menyeleksi varietas yang dapat beradaptasi dengan lingkungannya dan tahan terhadap patogen yang terdapat di daerah tersebut (Agrios 2005).

Dari pengujian ketahanan varietas terhadap HDB di Cilacap dan Kuningan teridentifikasi dua varietas tahan, yaitu Inpari-17 dan Inpari-32 yang sesuai dengan ketahanan berdasarkan deskripsi varietas padi. Inpari-32 merupakan varietas unggul baru yang dilepas pada tahun 2013. Varietas unggul ini adalah hasil persilangan antara varietas Ciherang dengan galur IRBB-64 (Jamil *et al.* 2016). Galur IRBB-64 memiliki gen-gen tahan piramiding, yaitu *Xa4+xa5+Xa7+Xa21* (Khoshkdaman *et al.* 2014). Hal ini menyebabkan Inpari-32 konsisten sangat tahan di Cilacap dan Kuningan. Begitu juga varietas diferensial Java-14 yang konsisten tahan terhadap HDB, baik di rumah kaca maupun lapangan. Java-14 merupakan varietas diferensial asal Jepang sebagai penguji patotipe *Xoo* yang memiliki gen tahan piramiding, yaitu *Xa1, Xa3, dan Xa12* (Suparyono *et al.* 2004).

Hasil penelitian ini menunjukkan galur-galur IRBB-5, IRBB-7, IRBB-21, dan IRBB-57 memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap HDB. Hasil penelitian Khoshkdaman *et al.* (2014) menunjukkan galur isogenik IRBB-1, IRBB-3, dan IRBB-4 rentan terhadap penyakit HDB. Namun galur IRBB-7 dan IRBB-21 agak tahan. Galur IRBB-5, IRBB-7, dan IRBB-21 masing-masing memiliki gen tahan isogenik, yaitu *xa5, Xa7, dan Xa21*. Galur IRBB57 memiliki gen tahan piramiding, yaitu *Xa4, Xa5, dan Xa21*.

Di beberapa negara, perakitan varietas tahan menggunakan gen tahan *xa5, Xa7, dan Xa21* karena masih efektif terhadap strain dominan HDB. Piramiding ketiga gen *Xa* tersebut diperlukan untuk mendapatkan varietas padi yang memiliki ketahanan yang lama terhadap HDB (Tasliyah 2012). Uji patogenisitas dari isolat-isolat *Xoo* menunjukkan gen tahan *xa5, Xa7, dan Xa21* masih cukup efektif menangkal infeksi penyakit HDB pada tanaman padi dengan tingkat ketahanan berturut-turut 93,57%, 77,49%, dan 85,37% (Tasliyah *et al.* 2013).

Gen *xa5* dapat digunakan sebagai tetua donor dalam program perakitan padi untuk mempercepat pengembangan varietas tahan HDB melalui pendekatan MAS (Singh *et al.* 2015). Gen *Xa7* dan *Xa21* dimanfaatkan dalam program perakitan varietas hibrida untuk ketahanan spektrum luas terhadap penyakit HDB di Cina (Qi 2009). IRBB-21 bereaksi tahan atau agak tahan terhadap isolat yang diuji, sedangkan semua galur transgenik bereaksi rentan. Hal ini menunjukkan latar belakang genetik dari tanaman inang dan isolat *Xoo* yang digunakan berpengaruh terhadap kerentanan atau ketahanan tanaman (Sundaram *et al.* 2011). Oleh karena itu, gen-gen tahan *xa5*, *Xa7*, dan *Xa21* dapat direkomendasikan dalam program perakitan varietas tahan HDB di Indonesia, seperti varietas Angke, Conde, dan Inpari-32 yang mengandung gen tahan *Xa*.

Pyramiding dua atau lebih gen tahan *Xa* dan pencarian gen tahan baru yang efektif untuk mengantisipasi kemunculan populasi *Xoo* yang lebih luas merupakan pendekatan yang paling sesuai untuk manajemen HDB di masa yang akan datang (Lore *et al.* 2011). Tiga gen tahan (*Xa4+xa5+Xa21*) pada galur IRBB-57 telah ditransfer ke varietas *rentan japonica* Mangeumbyeo menggunakan *marker assisted backcrossing* (MAB) yang berproduksi tinggi dan memiliki kualitas bulir yang bagus di Korea Selatan (Suh *et al.* 2013).

Menurut Kumar *et al.* (2013), genotipe tahan mengakumulasi lebih sedikit jumlah peroksida dan radikal bebas. Induksi yang lebih tinggi dari antioksidan utama, terutama flavonoid dan fenolik memungkinkan genotipe tahan membatasi akumulasi H_2O_2 sehingga menangkalkan efek merusak yang tidak dapat diubah pada tingkat seluler dan subseluler. Hal tersebut ditemukan pada IRBB-21 terkait dengan sifat antioksidan dan terdapat mekanisme lainnya yang mengatur ketahanan yang diberikan oleh gen *Xa21* yang ada pada IRBB-21.

Daun yang terinfeksi HDB menunjukkan kadar hara N dan P yang relatif tidak berbeda, tetapi kandungan K dan protein terutama pada genotipe IRBB-5 dan IRBB-7 relatif lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya. Kandungan gula pada tanaman padi tampaknya mempengaruhi ketahanan terhadap HDB. Semakin tinggi kadar gula pada tanaman padi semakin rendah keparahan HDB dan sebaliknya (Suryadi dan Kadir, 2008).

KESIMPULAN

Keberadaan penyakit HDB di Kabupaten Cilacap berkisar antara 0 hingga 100% dan keparahan berkisar antara 0 hingga 85,18%. Di Kabupaten Kuningan,

keberadaan penyakit berkisar antara 0 hingga 100% dan keparahan penyakit 0 hingga 79,26%.

Varietas Inpari-32, Java-14, dan galur IRBB-5, IRBB-7, IRBB-21, dan IRBB-57 bereaksi tahan terhadap HDB, baik di Cilacap maupun Kuningan. Varietas/galur tersebut diharapkan dapat digunakan sebagai sumber ketahanan terhadap HDB di Cilacap maupun Kuningan. *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* di Cilacap tergolong patotipe VIII, sedangkan dari Kuningan patotipe III.

Penanaman varietas tahan berdasarkan keberadaan patotipe *Xoo* dominan yang spesifik di lapangan efektif menekan keberadaan dan keparahan penyakit HDB. Perakitan varietas tahan HDB dapat menggunakan *Pyramiding gene* dengan gen tahan *xa5*, *Xa7*, dan *Xa21* karena masih efektif terhadap patotipe dominan HDB di Indonesia dan memberikan ketahanan yang dapat bertahan lama seperti pada Inpari-32 dan Java-14.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Suwarji dan Umin Sumarlin atas bantuan pelaksanaan penelitian di laboratorium dan lapangan dengan baik dan penuh tanggung jawab.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, R.H., W.S. Wahyuni, dan P.A. Mihadjo. 2015. Ketahanan lapangan lima genotipe padi terhadap penyakit hawar daun bakteri. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 11(5): 159-165.
- Agrios, G.N. 2005. *Plant pathology*. Fifth Edition. USA: Elsevier Academic Press. 948 Hal.
- Akhtar, M.A., F.M. Abbasi, H. Ahmad, M. Shahzad, M.A. Shah, and A.H. Shah. 2011. Evaluation of rice germplasm against *Xanthomonas oryzae* causing bacterial leaf blight. *Pakistan Journal of Botany* 43(6): 3021-3023.
- Chun, X., C. Hongqi, and Z. Xudong. 2012. Identification, mapping, isolation of the genes resisting to bacterial blight and breeding application in rice. *Molecular Plant Breeding* 3(12): 121-131. doi: 10.5376/mpb.2012.03.0012.
- Ditlin (Direktorat Perlindungan Tanaman). 2020. Luas serangan kresek pada tanaman padi tahun 2015-2020 (ha). Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Kementerian Pertanian.
- IRRI (International Rice Research Institute). 2014. *Standart evaluation system for rice*. 5th Edition. Los Banos, Philippines. 55p.
- Jamil, A., Satoto, P. Sasmita, Y. Baliadi, A. Guswara, dan Suharna. 2016. Deskripsi varietas unggul baru padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. 82 hlm.
- Khaeruni, A., M. Taufik, T. Wijayanto, and E.A. Johan. 2014. Perkembangan penyakit hawar daun bakteri pada tiga varietas padi sawah yang diinokulasi pada beberapa fase pertumbuhan. *Jurnal Fitopatologi* 10(4): 119-125.

- Khan, T.H., F.Z. Evamoni, M.H. Rubel, K.M. Nasiruddin, dan M. Rahman. 2015. Screening of rice varieties for bacterial leaf blight resistance by using SSR Markers. *Journal of Bioscience and Agriculture Research* 3(1): 45-58.
- Khoshkdaman, M., A.A. Ebadi, F. Majidi-Shilsar, and S. Dariush. 2014. Preliminary evaluation of resistance genes in rice against bacterial leaf blight in Gulan Province-Iran. *Agricultural Sciences* 5(2): 94-98. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2014.52012>.
- Kumar, A., M.Z. Gul, A. Zeeshan, W. Bimolata, I.A. Qureshi, and I.A. Ghazi. 2013. Differential antioxidative responses of three different rice genotypes during bacterial blight infection. *Australian Journal of Crop Science* 7(12): 1893-1900.
- Lalitha, M.S., D.G. Lalitha, K.G Naveen, and H.E. Shashidhar. 2010. Molecular marker-assisted selection: A tool for insulating parental lines of hybrid rice against bacterial leaf blight. *Internasional Journal of Plant Pathology* 1: 114-123.
- Lore, J.S., Y. Vikal, M.S. Hunjan, R.K. Goel, T.S. Bharaj, and G.L. Raina. 2011. Genotypic and pathotypic diversity of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, the cause of bacterial blight of rice in Punjab State of India. *Journal of Phytopathology* 159: 479-487.
- Nafisah, A.A. Daradjat, B. Suprihatno, dan T.S. Kadir. 2007. Heritabilitas karakter ketahanan hawar daun bakteri dari tiga populasi tanaman padi hasil seleksi daur siklus pertama. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 26(2): 100-105.
- Qi, Z. 2009. Genetics and improvement of bacterial blight resistance of hybrid rice in China. *Rice Science* 16(2): 83-92.
- Rahim, A., A. Khaeruni, dan M. Taufik. 2012. Reaksi ketahanan beberapa varietas padi komersial terhadap patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolat Sulawesi Tenggara. *Berkala Penelitian Agronomi* 1(2): 132-138.
- Singh, A.K., R. Nayak, and P.K. Singh. 2015. Identification of bacterial leaf blight resistance genes in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Science and Nature* 6(2): 283-287.
- Sudir, H. Pane, dan S.Y. Jatmiko. 2004. Pengendalian penyakit bercak daun pada tanaman padi di lahan sawah tadah hujan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 23(3): 142-150.
- Sudir, Suprihanto, dan T.S. Kadir. 2009. Identifikasi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, penyebab penyakit hawar daun bakteri padi di daerah sentra produksi padi di Jawa. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 28(3): 131-138.
- Sudir, B. Nuryanto, dan T.S. Kadir. 2012. Epidemiologi, patotipe, dan strategi pengendalian penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *Buletin IPTEK Tanaman Pangan* 7(2): 79-87.
- Sudir, and D. Yuliani. 2016. Composition and distribution of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* pathotypes, the pathogen of rice bacterial leaf blight in Indonesia. *Agrivita Journal of Agricultural science* 38(2): 174-185.
- Suh, J.P., J.U. Jeung, T.H. Noh, Y.C. Cho, S.H. Park, H.S. Park, M.S. Shin, C.K. Kim, and K.K. Jena. 2013. Development of breeding lines with three pyramided resistance genes that confer broad-spectrum bacterial blight resistance and their molecular analysis in rice. *Rice* 6(5): 1-11.
- Sundaram, R.M., G.S. Laha, B.C. Viraktamath, K. Sujatha, P. Natarajkumar, Y. Hari, R.K. Srinivasa, C.S. Reddy, S.M. Balachandran, M.S. Madhav, S.K. Hajira, N.S. Rani, M.R. Vishnupriya, and R.V. Sonti. 2011. Marker assisted breeding for development of bacterial blight resistant rice. *In: Muralidharan, K., and E.A. Siddiq. Genomics and Crop Improvement: Relevance and Reservations. Hyderabad, India: Institute of Biotechnology, Acharya NG Ranga Agricultural University. P: 154-182.*
- Suparyono, Sudir, dan Suprihanto. 2004. Pathotype profile of *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*, isolates from the rice ecosystem in Java. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 5(2): 63-69.
- Suprihatno, B., A.A. Daradjat, Satoto, S.E. Baehaki, Sudir, A. Setyono, S.D. Indrasari, M.Y. Samaullah, dan M.J. Mejaya. 2011. Deskripsi varietas padi. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. 115 hlm.
- Suryadi, Y., dan T.S. Kadir. 2008. Kajian infeksi *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* terhadap beberapa genotype padi: hubungan kandungan hara dengan penyakit. *Ilmu Pertanian* 15(1): 26-36.
- Suryadi, Y., D.N. Susilowati, P. Lestari, Sutoro, M. Ifa, T.S. Kadir, S.S. Albani, dan I.M. Artika. 2014. Analisis keragaman genetik isolat bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dari Jawa Barat dan Jawa Tengah berdasarkan analisis ARDRA gen 16SrRNA. *Jurnal Fitopatologi* 10(2): 53-60.
- Susanto, U., dan Sudir. 2012. Ketahanan genotype 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 Penelitian Pengembangan Pertanian* 31(3): 103-112.
- Tasliah, Mahrup, dan J. Prasetyono. 2013. Identifikasi molekuler hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) dan uji patogenitasnya pada galur-galur padi isogenic. *Jurnal Agro Biogen* 9(2): 49-57.
- Wening, R.H., U. Susanto, dan Satoto. 2016. Varietas unggul padi tahan hawar daun bakteri: perakitan dan penyebaran di sentra produksi. *Buletin IPTEK Tanaman Pangan* 11(2): 119-126.

