

Ketahanan Galur Isogenik IRBBN dan Galur Harapan Padi terhadap Patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Dominan pada Tanaman Padi di Indonesia

(The Resistance of IRBBN Isogenic Lines and Promising Lines of Rice to Dominant *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Pathotype at Rice Plants in Indonesia)

Dini Yuliani*, Untung Susanto, dan Sudir

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Jl. Raya 9 Sukamandi, Subang, Jawa Barat 41256, Indonesia

Telp. (0260) 520157, Faks. (0260) 520157

*E-mail: diniyuliani2010@gmail.com

Diajukan: 3 Januari 2017; Direvisi: 27 Februari 2017; Diterima: 26 April 2017

ABSTRACT

The resistance genes in IRBB near isogenic lines (NILs) which was introduced from International Rice Research Institute (IRRI) have been known. It could be used as source of resistance to the dominant *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) pathotype in Indonesia. The purpose of this research was to evaluate IRBBN NILs and promising lines to the dominant *Xoo* pathotype in Indonesia i.e. pathotype III, IV, and VIII. Research was conducted at Sukamandi experimental field station in Subang, West Java, at dry seasons (DS) 2012 and wet seasons (WS) 2012/2013. The experiment was conducted following Factorial Randomized Completely Block Design with three replications. The first factor were three pathotype *Xoo* that was pathotype III, IV, and VIII, while the second factor were 20 IRBB lines, 6 promising lines, and 6 refferer varieties such as Conde, Lusi, Logawa, Java 14, Angke, dan Inpari 1. The result showed that three isogenic lines i.e. IRBB 21, IRBB 50, and IRBB 52 were resistant to *Xoo* pathotype III, IV, and VIII at DS 2012. At WS 2012/2013 was obtained five isogenic lines i.e. IRBB 52, IRBB 53, IRBB 54, IRBB 56, and IRBB 57 resistant to *Xoo* pathotype III, IV, and VIII. IRBB 52 was consistently resistant to the three *Xoo* pathotypes in two cropping seasons. It could be recommended to be used as donor in developing new resistant varieties to bacterial leaf blight.

Keywords: resistance, IRBB near isogenic lines, promising lines, bacterial leaf blight.

ABSTRAK

Galur isogenik IRBB introduksi dari *International Rice Research Institute* (IRRI) telah diketahui gen ketahanannya dan dapat digunakan sebagai sumber ketahanan terhadap patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) dominan di Indonesia. Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan galur isogenik dan galur harapan terhadap patotipe *Xoo* dominan di Indonesia, yaitu patotipe III, IV, dan VIII. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Sukamandi, Subang, Jawa Barat pada musim kemarau (MK) 2012 dan musim hujan (MH) 2012/2013. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Faktorial Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah tiga patotipe *Xoo*, yaitu patotipe III, IV, dan VIII, sedangkan faktor kedua yaitu materi yang diuji sebanyak 20 galur IRBB, 6 galur harapan padi, dan 6 varietas pembanding, yaitu Conde, Lusi, Logawa, Java 14, Angke, dan Inpari 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa galur isogenik IRBB 21, IRBB 50, dan IRBB 52 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII pada MK 2012. Pada MH 2012/2013 diperoleh lima galur isogenik IRBB 52, IRBB 53, IRBB 54, IRBB 56, dan IRBB 57 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Galur isogenik IRBB 52 konsisten tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII pada dua musim tanam. Oleh karena itu, galur tersebut dapat direkomendasikan untuk dijadikan tetua tahan untuk perakitan varietas tahan HDB.

Kata kunci: ketahanan, galur isogenik IRBB, galur harapan, hawar daun bakteri.

PENDAHULUAN

Penyakit 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 (Suparyono et al. 2004). Luas serangan penyakit HDB pada tahun 2010, 2011, 2012, 2013, dan 2014 berturut-turut mencapai 111.738,60, 115.256,90, 83.998,93, 78.643,75, dan 65.294,12 ha. Luas tanaman padi yang mengalami puso akibat penyakit HDB berturut-turut 11,50, 62,20, 32,75, 6,50, dan 18,95 ha (Ditlantan 2015).

Bakteri *Xoo* merupakan patogen tular benih pada padi yang mampu bertahan selama 40 hari setelah dipanen (Ou 1985). Kemampuan patogen *Xoo* tersebut, apabila didukung oleh pertukaran atau penyebaran benih padi antardaerah akan meningkatkan serangan penyakit HDB terkait dengan meluasnya areal pertanaman varietas unggul yang rentan terhadap HDB. Kerusakan tanaman dan kehilangan hasil padi oleh penyakit HDB di Indonesia dapat mencapai 70–80%, di India mencapai antara 6–60%, dan di Jepang mencapai 20–50% (Adhikari et al., 1995; Nayak et al., 2008).

Penyakit HDB termasuk penyakit yang sulit dikendalikan karena bakteri *Xoo* memiliki keragaman patotipe yang luas. Berdasarkan virulensinya terhadap varietas diferensial (Kinmaze, Kogyoku, Tetep, Wase Aikoku, dan Java 14) diperoleh tiga patotipe *Xoo* yang dominan di sentra produksi padi di Jawa, yaitu patotipe III, IV, dan VIII dengan komposisi dan dominasinya yang bervariasi. Patotipe VIII umumnya dominan baik di dataran rendah maupun dataran sedang, sedangkan patotipe III dan IV merupakan patotipe dominan khas untuk daerah dataran sedang (Sudir et al. 2009).

Patotipe III adalah kelompok isolat bakteri *Xoo* yang memiliki virulensi tinggi terhadap varietas diferensial yang memiliki gen tahan *Xa1* dan *Xa12* (Kogyoku) dan varietas diferensial yang memiliki gen tahan *Xa2* dan *Xa3* (Tetep), tetapi virulensinya rendah terhadap varietas diferensial yang memiliki gen tahan *Xa3* dan *Xa12* (Wase Aikoku), serta varietas diferensial yang memiliki

gabungan gen tahan *Xa1*, *Xa2*, dan *Xa12* (Java 14). Patotipe IV terdiri atas isolat-isolat bakteri *Xoo* yang memiliki virulensi tinggi terhadap semua varietas diferensial. Patotipe VIII memiliki virulensi tinggi terhadap varietas diferensial yang memiliki gen tahan *Xa2* dan *Xa3*, tetapi virulensinya rendah terhadap varietas diferensial yang memiliki gabungan gen tahan *Xa1*, *Xa2*, dan *Xa12* (Nayak 2008). Patotipe IV memiliki agresivitas yang paling tinggi dibanding dengan kedua patotipe lainnya terhadap varietas diferensial.

Perkembangan penyakit HDB dipengaruhi oleh beberapa faktor baik faktor biotik maupun abiotik. Oleh karena itu, pengendalian penyakit HDB harus dilakukan secara terpadu. Penanaman varietas tahan merupakan komponen utama dalam pengendalian HDB. Namun, penanaman satu jenis varietas tahan secara terus menerus tidak dianjurkan karena akan memacu terbentuknya patotipe baru yang lebih virulen (Sudir et al. 2012). Berbagai varietas dan galur padi dengan berbagai tingkat ketahanan terhadap HDB telah dikembangkan, namun kemudian diketahui varietas tahan hanya efektif terhadap patotipe tertentu di lokasi tertentu. Menurut Sudir & Suprihanto (2006), perubahan ketahanan varietas terhadap *Xoo* dapat terjadi setelah tiga kali inokulasi *Xoo* secara beruntun seperti yang ditunjukkan oleh varietas Java 14.

Upaya pencarian sumber gen tahan dan perakitan varietas tahan HDB yang mengacu pada keberadaan patotipe di lapang harus terus dilakukan. Identifikasi dengan menggunakan galur isogenik dapat mengetahui identitas gen ketahanan yang tepat untuk suatu wilayah tertentu. Selain itu, galur isogenik berperan sebagai pembeda ketahanan terhadap patotipe *Xoo* karena memiliki latar belakang genetik yang lebih seragam. Dengan berasumsi bahwa hubungan patotipe *Xoo* dan varietas padi mengikuti pola gen ke gen, maka jumlah dan komposisi gen virulen pada masing-masing patotipe *Xoo* pun dapat diketahui. Hal ini berguna bagi pemulia dalam memilih dan menggunakan gen ketahanan terhadap *Xoo* agar keefektifannya dapat berlangsung lama (Hifni & Kardin 1998).

Galur isogenik IRBB yang memiliki gen tahan terhadap *Xoo* di beberapa negara seperti Filipina, Vietnam, Cina, dan Korea diharapkan me-

miliki gen ketahanan terhadap patotipe *Xoo* yang dominan di Indonesia, yaitu *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII, sehingga dapat menjadi sumber gen ketahanan yang potensial. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ketahanan galur-galur isogenik dan galur harapan padi terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Informasi dari hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu penyusunan strategi pemuliaan untuk merakit varietas padi tahan HDB yang memiliki spektrum luas. Variasi genetik yang semakin banyak dapat menjadi alternatif pergiliran varietas untuk memperlambat HDB membentuk patotipe baru yang lebih virulen.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Besar Penelitian Tanaman Padi di Sukamandi, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Percobaan dilaksanakan pada musim kemarau (MK) 2012 dan musim hujan (MH) 2012/2013.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Faktorial Acak Kelompok dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah 3 patotipe *Xoo*, yaitu patotipe III, IV, dan VIII.

Sedangkan faktor kedua, yaitu materi yang diuji sebanyak 20 galur IRBB introduksi dari IRRI, enam galur harapan padi, dan enam varietas pembanding, yaitu Conde, Lusi, Logawa, Java 14, Angke, dan Inpari 1 (Tabel 1). Bibit padi ditanam dengan sistem pindah tanam pada saat bibit berumur 21 hari setelah sebar. Seluruh plot diberi pupuk N dan P sesuai dengan dosis rekomendasi. Pemupukan nitrogen dalam bentuk urea diberikan secara bertahap sebanyak tiga kali, masing-masing sepertiga bagian diberikan pada umur tanaman padi 10–12 HST, pada fase pembentukan anakan aktif, dan fase primordia. Pupuk P diaplikasikan seluruhnya pada pemupukan pertama.

Sebanyak 20 rumpun tanaman per petak yang terletak pada lima titik diagonal dengan empat rumpun per titik diinokulasi dengan bakteri *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Inokulasi dilakukan pada saat pertanaman menjelang stadium primordia dengan metode gunting. Ujung daun digunting sepanjang kira-kira 10 cm dari ujung daun dengan gunting inokulasi yang berisi suspensi bakteri *Xoo* umur 48 jam dengan kepekatan 10^8 cfu. Untuk menghindari terik matahari, inokulasi dilakukan menjelang sore hari sekitar pukul 16.00–17.30 WIB.

Tabel 1. Galur/varietas dengan gen ketahanan terhadap hawar daun bakteri.

Galur/varietas	Gen ketahanan pada galur/ varietas	Galur/varietas	Gen ketahanan pada galur/varietas	Galur/varietas	Gen ketahanan pada galur/varietas
Galur isogenik		Galur harapan		Varietas pembanding	
IRBB 1	<i>Xa1</i>	IR83832-26-2-1-2	-	Conde	<i>Xa7</i>
IRBB 3	<i>Xa3</i>	IR84738-55-3-2-3	-	Lusi	-
IRBB 4	<i>Xa4</i>	IR84738-96-1-1-1	-	Logawa	-
IRBB 5	<i>xa5</i>	IR82571-602-3-2-2	-	Java 14	<i>Xa1</i> + <i>Xa3</i> + <i>Xa12</i>
IRBB 7	<i>Xa7</i>	IR83301-521-1-1-2-3	-	Angke	<i>xa5</i>
IRBB 8	<i>xa8</i>	IR72889-69-2-2-2	-	Inpari 1	-
IRBB 10	<i>Xa10</i>				
IRBB 11	<i>Xa11</i>				
IRBB 13	<i>xa13</i>				
IRBB 14	<i>Xa14</i>				
IRBB 21	<i>Xa21</i>				
IRBB 50	<i>Xa4</i> + <i>xa5</i>				
IRBB 51	<i>Xa4</i> + <i>xa13</i>				
IRBB 52	<i>Xa4</i> + <i>Xa21</i>				
IRBB 53	<i>xa5</i> + <i>xa13</i>				
IRBB 54	<i>xa5</i> + <i>Xa21</i>				
IRBB 56	<i>Xa4</i> + <i>xa5</i> + <i>xa13</i>				
IRBB 57	<i>Xa4</i> + <i>xa5</i> + <i>Xa21</i>				
IRBB 58	<i>Xa4</i> + <i>xa13</i> + <i>Xa21</i>				
IRBB 66	<i>Xa4</i> + <i>xa5</i> + <i>Xa7</i> + <i>xa13</i> + <i>Xa21</i>				

Sumber: Hoang (2010); Ogawa (1993); Suprihatno et al. (2010); Tasliah et al. (2013).

Pengamatan keparahan penyakit HDB dilakukan pada 20 rumpun tanaman yang telah diinokulasi patotipe *Xoo*. Pengamatan dilakukan dengan cara mengukur lima daun bergejala terpanjang tiap rumpun pada dua dan tiga minggu setelah inokulasi (MSI). Keparahannya penyakit adalah rasio dari panjang gejala dibagi panjang daun yang diinokulasi dikali 100%. Reaksi ketahanan aksesori dikelompokkan berdasarkan keparahan penyakit pada pengamatan 3 MSI. Pengelompokan dilakukan berdasar *Standard Evaluation System for Rice* (IRRI 2013) menggunakan skala keparahan 0, 1, 3, 5, 7, dan 9 (Tabel 2).

Untuk mengetahui pengaruh galur padi dan patotipe *Xoo* terhadap keparahan penyakit HDB yang diamati, data hasil pengamatan dianalisis secara statistik dengan menggunakan uji F (sidik ragam) pada taraf 5%. Jika hasil analisis menunjukkan berpengaruh nyata antarfaktor maka untuk mengetahui perlakuan yang menunjukkan hasil terbaik dilakukan uji lanjut dengan menggunakan *Least Significance Difference* (LSD) pada taraf 5% (Gomez & Gomez 1984).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketahanan Genotipe Padi pada MK 2012

Hasil analisis sidik ragam pengujian ketahanan 20 galur isogenik IRBB, enam galur harapan, dan enam varietas pembanding terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII pada musim kemarau (MK) 2012 menunjukkan bahwa antara patotipe *Xoo* dan genotipe padi berbeda nyata ($P < 0,001$) dan terjadi interaksi antara keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa keparahan penyakit HDB pada MK 2012 dipengaruhi oleh virulensi patogen *Xoo* dan tingkat ketahanan genotipe padi.

Hasil uji lanjut dengan LSD menunjukkan bahwa keparahan penyakit HDB pada 20 galur isogenik IRBB dan enam galur harapan lebih tinggi dibanding dengan varietas pembanding tahan Java 14 terhadap *Xoo* patotipe III. Delapan galur isogenik, yaitu IRBB 21, IRBB 50, IRBB 53, IRBB 54, IRBB 56, IRBB 57, dan IRBB 66 serta satu galur harapan, yaitu IR83832-26-2-1-2 memiliki keparahan penyakit yang tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Java 14 terhadap *Xoo* patotipe IV. Ada lima galur isogenik yang memiliki keparahan penyakit tidak berbeda nyata dibanding dengan Java 14 terhadap *Xoo* patotipe VIII, yaitu IRBB 21, IRBB 50, IRBB 52, IRBB 54, dan IRBB 56 serta satu galur harapan, yaitu IR83832-26-2-1-2 (Tabel 3).

Pada perlakuan inokulasi menggunakan *Xoo* patotipe III diperoleh 15 galur IRBB yang memiliki tanggap reaksi tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 3,78–5,91% dan lima galur agak tahan berkisar antara 6,09–9,93%. Pada pengujian menggunakan *Xoo* patotipe IV teridentifikasi tiga galur bereaksi tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 4,49–5,60% dan empat galur bereaksi agak tahan berkisar antara 7,86–9,81%. Sedangkan pada *Xoo* patotipe VIII dijumpai tiga galur bereaksi tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 4,87–5,85% dan enam galur bereaksi agak tahan berkisar antara 6,51–11,03% (Tabel 3).

Galur-galur harapan yang diuji terhadap *Xoo* patotipe III teridentifikasi lima galur bereaksi tahan, yaitu IR83832-26-2-1-2, IR84738-55-3-2-3, IR84738-96-1-1-1, IR83301-521-1-1-2-3, dan IR72889-69-2-2-2 dengan keparahan penyakit berturut-turut 4,35, 4,86, 4,11, 3,76, dan 4,44% serta satu galur bereaksi agak tahan, yaitu IR82571-602-3-2-2 dengan keparahan sebesar 9,79%. Terhadap *Xoo* patotipe IV diperoleh satu

Tabel 2. Skala ketahanan terhadap HDB (IRRI 2013).

Nilai skala	Luas 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)

Tabel 3. Rerata keparahan penyakit galur isogenik IRBB dan galur harapan terhadap *X. oryzae* pv. *oryzae*, Sukamandi MK 2012.

Galur/varietas	Patotipe III		Patotipe IV		Patotipe VIII	
	Kep. (%)	Reaksi	Kep. (%)	Reaksi	Kep. (%)	Reaksi
Galur isogenik						
IRBB 1	7,92*	3 AT	36,49*	7 R	26,92*	7 R
IRBB 3	5,65*	1 T	29,26*	7 R	22,33*	5 AR
IRBB 4	5,40*	1 T	34,95*	7 R	26,42*	7 R
IRBB 5	6,09*	3 AT	17,43*	5 AR	13,33*	5 AR
IRBB 7	6,93*	3 AT	62,04*	9 SR	36,18*	7 R
IRBB 8	4,39*	1 T	45,14*	7 R	27,23*	7 R
IRBB 10	4,99*	1 T	38,20*	7 R	28,69*	7 R
IRBB 11	5,91*	1 T	44,30*	7 R	45,95*	7 R
IRBB 13	9,93*	3 AT	39,22*	7 R	30,57*	7 R
IRBB 14	5,44*	1 T	30,93*	7 R	27,03*	7 R
IRBB 21	3,90*	1 T	4,96 ns	1 T	4,87 ns	1 T
IRBB 50	3,78*	1 T	5,60 ns	1 T	4,92 ns	1 T
IRBB 51	4,27*	1 T	33,60*	7 R	16,94*	5 AR
IRBB 52	4,77*	1 T	4,99 ns	1 T	5,85 ns	1 T
IRBB 53	5,90*	1 T	5,28 ns	1 T	11,03*	3 AT
IRBB 54	5,54*	1 T	7,86 ns	3 AT	6,51 ns	3 AT
IRBB 56	5,77*	1 T	9,81 ns	3 AT	7,16 ns	3 AT
IRBB 57	4,95*	1 T	9,00 ns	3 AT	8,59*	3 AT
IRBB 58	5,89*	1 T	13,82*	5 AR	10,73*	3 AT
IRBB 66	6,32*	3 AT	9,07 ns	3 AT	7,83*	3 AT
Galur harapan						
IR83832-26-2-1-2	4,35*	1 T	5,55 ns	1 T	5,59 ns	1 T
IR84738-55-3-2-3	4,86*	1 T	27,56*	7 R	24,49*	5 AR
IR84738-96-1-1-1	4,11*	1 T	20,43*	5 AR	8,27*	3 AT
IR82571-602-3-2-2	9,79*	3 AT	57,61*	9 SR	41,30*	7 R
IR83301-521-1-1-2-3	3,76*	1 T	20,97*	5 AR	9,59*	3 AT
IR72889-69-2-2-2	4,44*	1 T	14,85*	5 AR	11,47*	3 AT
Varietas pembanding						
Conde	4,78	1 T	6,47	3 AT	5,82	1 T
Lusi	3,67	1 T	30,86	7 R	17,71	5 AR
Logawa	4,15	1 T	16,78	5 AR	8,75	3 AT
Java 14	1,58	1 T	5,08	1 T	2,26	1 T
Angke	5,17	1 T	9,81	3 AT	10,09	3 AT
Inpari 1	5,76	1 T	47,68	7 R	31,56	7 R
LSD 5%	0,49		0,86		1,12	
CV	12,54		11,55		17,53	

ns = keparahan penyakit tidak berbeda nyata terhadap Java 14 berdasarkan LSD 5%, * = keparahan penyakit berbeda nyata lebih tinggi dari Java 14. Kep. = keparahan penyakit HDB, T = tahan, AT = agak tahan, R = rentan, AR = agak rentan, SR = sangat rentan.

galur yang bereaksi tahan, yaitu IR83832-26-2-1-2 dengan keparahan penyakit sebesar 5,55%, sedangkan galur-galur harapan lainnya bereaksi agak rentan hingga sangat rentan. Terhadap *Xoo* patotipe VIII diperoleh satu galur bereaksi tahan, yaitu IR83832-26-2-1-2 dengan keparahan penyakit 5,59% dan tiga galur bereaksi agak tahan, yaitu IR84738-96-1-1-1, IR83301-521-1-1-2-3, dan IR72889-69-2-2-2 dengan keparahan penyakit berturut-turut 8,27, 9,59, dan 11,47%. Galur harapan

IR83832-26-2-1-2 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII diharapkan dapat dikembangkan menjadi varietas padi tahan HDB berspektrum luas di Indonesia (Tabel 3).

Data yang diperoleh pada MK 2012 menunjukkan bahwa varietas pembanding Lusi, Logawa, dan Inpari 1 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III berturut-turut dengan keparahan 3,67, 4,15, dan 5,17%. Terhadap *Xoo* patotipe IV, Lusi bereaksi rentan (30,86%), Logawa agak rentan (16,78%),

dan Inpari 1 rentan (47,68%). Terhadap *Xoo* patotipe VIII, Lusi bereaksi agak rentan (17,71%), Logawa agak tahan (8,75%), dan Inpari 1 agak rentan (13,56%). Conde bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII dengan keparahan penyakit berturut-turut 4,78 dan 5,82% serta agak tahan (6,47%) terhadap *Xoo* patotipe IV. Angke menunjukkan reaksi tahan (5,17%) terhadap *Xoo* patotipe III dan agak tahan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII dengan keparahan penyakit berturut-turut 9,81 dan 10,09%. Ketahanan Java 14 lebih baik dibanding dengan varietas pembanding lainnya terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII berturut-turut dengan keparahan 1,58, 5,08, dan 4,82%. Suparyono et al. (2003) melaporkan bahwa Java 14 memiliki tiga gen tahan terhadap HDB, yaitu *Xa1*, *Xa3*, dan *Xa12*.

Ketahanan Genotipe Padi pada MH 2012/2013

Hasil analisis sidik ragam pengujian ketahanan 20 galur isogenik IRBB dan enam galur harapan terhadap bakteri *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII pada musim hujan (MH) 2012/2013 menunjukkan bahwa antara patotipe *Xoo* dan genotipe padi berbeda nyata ($P < 0,001$) dan terjadi interaksi antara keduanya. Hal ini menunjukkan bahwa keparahan penyakit HDB MH 2012/2013 dipengaruhi oleh virulensi patogen *Xoo* dan tingkat ketahanan genotipe padi.

Hasil uji lanjut dengan LSD menunjukkan bahwa keparahan penyakit HDB pada 16 galur isogenik dan lima galur harapan tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Java 14 terhadap *Xoo* patotipe III. Sepuluh galur isogenik IRBB dan dua galur harapan yaitu IR83832-26-2-1-2 dan IR72889-69-2-2-2 memiliki keparahan penyakit yang tidak berbeda nyata dengan varietas pembanding tahan Java 14 pada inokulasi menggunakan *Xoo* patotipe IV. Ada 15 galur isogenik IRBB dan lima galur harapan, yaitu IR83832-26-2-1-2, IR84738-55-3-2-3, IR84738-96-1-1-1, IR83301-521-1-1-2-3, dan IR72889-69-2-2-2 yang memiliki keparahan penyakit tidak berbeda nyata dibanding dengan Java 14 pada inokulasi menggunakan *Xoo* patotipe VIII (Tabel 4).

Pada perlakuan inokulasi *Xoo* patotipe III terhadap galur IRBB menunjukkan 15 galur IRBB

bereaksi tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 2,82–5,18% dan empat galur bereaksi agak tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 7,75–10,13%. Pada pengujian menggunakan *Xoo* patotipe IV teridentifikasi lima galur bereaksi tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 4,62–5,93% dan lima galur bereaksi agak tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 7,60–12,74%. Sedangkan pada *Xoo* patotipe VIII dijumpai sembilan galur bereaksi tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 2,99–5,37% dan lima galur bereaksi agak tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 6,66–12,12% (Tabel 4).

Galur-galur harapan yang diuji dengan *Xoo* patotipe III teridentifikasi lima galur bereaksi tahan dengan keparahan penyakit berkisar antara 2,25–5,18%. Terhadap *Xoo* patotipe IV diperoleh satu galur yang bereaksi agak tahan, yaitu IR72889-69-2-2-2 dengan keparahan sebesar 7,68%, sedangkan galur-galur harapan lainnya bereaksi agak rentan hingga sangat rentan. Terhadap *Xoo* patotipe VIII diperoleh tiga galur bereaksi tahan, yaitu IR83832-26-2-1-2, IR84738-96-1-1-1, dan IR72889-69-2-2-2 dengan keparahan penyakit berturut-turut 5,56, 5,51, dan 5,77% serta dua galur bereaksi agak tahan, yaitu IR83301-521-1-1-2-3 dan IR84738-55-3-2-3 dengan keparahan penyakit berturut-turut 7,18 dan 10,68% (Tabel 4). Galur harapan IR72889-69-2-2-2 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII, namun bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe IV. Galur tersebut berpotensi untuk dikembangkan menjadi varietas tahan HDB.

Data yang diperoleh dari penelitian pada MH 2012/2013 menunjukkan bahwa varietas pembanding Lusi dan Conde bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dengan keparahan penyakit berturut-turut 2,68 dan 3,27%, bereaksi agak tahan *Xoo* patotipe VIII berturut-turut 11,80 dan 10,66%, dan bereaksi agak rentan *Xoo* patotipe IV berturut-turut 24,61 dan 15,41%. Logawa bereaksi tahan dengan keparahan 11,53% terhadap *Xoo* patotipe III dan agak tahan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII berturut-turut dengan keparahan 11,53 dan 7,12%. Angke menunjukkan reaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII berturut-turut dengan keparahan 2,18 dan 3,31%, namun bereaksi agak rentan

Tabel 4. Rata-rata keparahan penyakit galur isogenik IRBB dan galur harapan terhadap *X. oryzae* pv. *oryzae*, Sukamandi MH 2012/2013.

Galur/varietas	Patotipe III		Patotipe IV		Patotipe VIII	
	Kep. (%)	Reaksi	Kep. (%)	Reaksi	Kep. (%)	Reaksi
Galur Isogenik						
IRBB 1	4,45 ns	1 T	25,08*	5 AR	12,12 ns	3 AT
IRBB 3	4,52 ns	1 T	27,28*	7 R	18,62*	5 AR
IRBB 4	3,87 ns	1 T	31,34*	7 R	11,23 ns	3 AT
IRBB 5	3,63 ns	1 T	10,18 ns	3 AT	4,32 ns	1 T
IRBB 7	4,41 ns	1 T	21,03*	5 AR	7,91 ns	3 AT
IRBB 8	8,96*	3 AT	55,02*	9 SR	11,11 ns	3 AT
IRBB 10	5,18 ns	1 T	32,29*	7 R	13,57 ns	5 AR
IRBB 11	19,48*	5 AR	72,99*	9 SR	48,00*	7 T
IRBB 13	7,75*	3 AT	30,03*	7 R	21,64*	5 AR
IRBB 14	10,13*	3 AT	49,18*	7 R	31,52*	5 AR
IRBB 21	4,09 ns	1 T	8,91 ns	3 AT	4,01 ns	1 T
IRBB 50	3,51 ns	1 T	7,60 ns	3 AT	3,46 ns	1 T
IRBB 51	7,06*	3 AT	60,67*	9 SR	35,82*	7 R
IRBB 52	3,45 ns	1 T	5,93 ns	1 T	5,37 ns	1 T
IRBB 53	2,82 ns	1 T	4,62 ns	1 T	2,99 ns	1 T
IRBB 54	3,21 ns	1 T	4,95 ns	1 T	3,89 ns	1 T
IRBB 56	3,49 ns	1 T	5,10 ns	1 T	3,30 ns	1 T
IRBB 57	3,10 ns	1 T	5,22 ns	1 T	3,38 ns	1 T
IRBB 58	4,39 ns	1 T	12,74 ns	3 AT	6,66 ns	3 AT
IRBB 66	3,02 ns	1 T	9,53 ns	3 AT	3,70 ns	1 T
Galur Harapan						
IR83832-26-2-1-2	3,46 ns	1 T	14,48 ns	5 AR	5,56 ns	1 T
IR84738-55-3-2-3	2,25 ns	1 T	18,92*	5 AR	10,68 ns	3 AT
IR84738-96-1-1-1	3,09 ns	1 T	16,47*	5 AR	5,51 ns	1 T
IR82571-602-3-2-2	13,12*	5 AR	55,04*	9 SR	24,12*	5 AR
IR83301-521-1-1-2-3	2,58 ns	1 T	18,84*	5 AR	7,18 ns	3 AT
IR72889-69-2-2-2	5,22 ns	1 T	7,68 ns	3 AT	5,77 ns	1 T
Varietas Pembanding						
Conde	3,27	1 T	15,41	5 AR	10,66	3 AT
Lusi	2,68	1 T	24,61	5 AR	11,80	3 AT
Logawa	8,10	3 AT	11,53	3 AT	7,12	3 AT
Java 14	3,38	1 T	5,62	1 T	4,82	1 T
Angke	2,18	1 T	14,90	5 AR	3,31	1 T
Inpari 1	5,63	1 T	28,21	7 R	22,51	5 AR
LSD 5%	0,61		1,28		1,42	
CV	16,27		17,93		17,92	

ns = keparahan penyakit tidak berbeda nyata terhadap Java 14 berdasarkan LSD 5%, * = keparahan penyakit berbeda nyata lebih tinggi dari Java 14, Kep. = keparahan penyakit HDB, T = tahan, AT = agak tahan, R = rentan, AR = agak rentan, SR = sangat rentan.

sebesar 14,90% terhadap *Xoo* patotipe IV. Inpari 1 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, agak rentan *Xoo* patotipe VIII dan rentan *Xoo* patotipe IV dengan keparahan berturut-turut 5,63, 22,51, dan 22,81% (Tabel 4). Menurut Suprihatno et al. (2010), varietas Lusi bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe III. Logawa tahan terhadap *Xoo* patotipe III, sedangkan Inpari 1 tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Conde dan Angke

masing-masing memiliki gen ketahanan *Xa7* dan *xa5*.

Java 14 memiliki tanggap reaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII dengan keparahan penyakit berturut-turut 3,38, 5,62, dan 4,82% (Tabel 4). Ketahanan Java 14 lebih baik dibanding dengan varietas pembanding lainnya dan konsisten pada dua musim tanam. Hal ini menunjukkan Java 14 memiliki tingkat ketahanan yang

sangat baik terhadap patotipe *Xoo* dominan di Indonesia. Ogawa et al. (2003) melaporkan Java 14 merupakan salah satu genotipe tahan HDB yang memiliki gen ketahanan *Xa3* dan banyak digunakan untuk pengembangan varietas di Korea, Cina, Laos, Filipina, dan Indonesia.

Hasil pengamatan pada MK 2012 diperoleh gen-gen tahan efektif terhadap patotipe *Xoo* dominan di Indonesia, yaitu galur isogenik IRBB 21, IRBB 50, dan IRBB 52 menunjukkan reaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Galur-galur isogenik tersebut memiliki gen ketahanan yang berturut-turut *Xa21*, *Xa4 + xa5*, dan *Xa4 + Xa21* (Hoang 2010; Tasliyah 2013). Hal ini diharapkan gen *Xa4*, *xa5*, dan *Xa21* dapat dijadikan gen ketahanan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII baik dalam kondisi gen tunggal maupun kombinasi gen yang tepat.

Kombinasi gen *xa5 + Xa21* juga *Xa4 + xa5 + Xa21* menunjukkan reaksi yang berbeda, yaitu tahan terhadap *Xoo* patotipe III, namun bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII. Galur isogenik lainnya yang memiliki gen ketahanan *Xa* yang lebih banyak seperti IRBB 56, IRBB 57, IRBB 58, dan IRBB 66 dapat terinfeksi oleh *Xoo* meskipun dengan keparahan penyakit yang rendah dengan reaksi agak tahan hingga agak rentan. Hal ini mengindikasikan IRBB 56, IRBB 57, IRBB 58, dan IRBB 66 memiliki mekanisme ketahanan yang berbeda dengan IRBB 21, IRBB 50, dan IRBB 52.

Hasil pengamatan pada MH 2012/2013 diperoleh informasi gen-gen tahan yang efektif terhadap patotipe *Xoo* dominan di Indonesia, yaitu IRBB 52, IRBB 53, IRBB 54, IRBB 56, dan IRBB 57, menunjukkan reaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV dan VIII. Galur isogenik IRBB 52 memiliki kombinasi gen tahan *Xa4 + Xa21*, galur isogenik IRBB 53 IRBB memiliki kombinasi gen tahan *xa5 + xa13*, galur isogenik IRBB 54 memiliki kombinasi gen tahan *xa5 + Xa21*, galur isogenik IRBB 56 memiliki kombinasi gen tahan *Xa4 + xa5 + xa13*, dan galur isogenik IRBB 57 memiliki kombinasi gen tahan *Xa4 + xa5 + Xa21* (Hoang 2010; Tasliyah 2013). Kelima galur isogenik IRBB tersebut dapat dijadikan sebagai

sumber ketahanan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII.

Galur-galur isogenik dengan kombinasi gen yang lebih banyak lebih tereksresi pada musim hujan dibanding musim kemarau, yaitu gen efektif *Xa4*, *xa5*, *xa13*, dan *Xa21*. Hal ini bermanfaat untuk pergiliran varietas dengan latar belakang genetik yang berbeda sehingga keberadaan varietas tahan HDB dapat berlangsung lama di lapang. Galur-galur isogenik IRBB baik pada musim kemarau maupun musim hujan memiliki keparahan penyakit yang berbeda antara satu sama lainnya (Tabel 3 dan 4) namun memiliki rentang skala keparahan yang sama berdasarkan SES IRRI (Tabel 2).

Menurut Tasliyah (2013), uji patogenisitas dari isolat *Xoo* menunjukkan bahwa gen ketahanan *xa5*, *Xa7* dan *Xa21* masih cukup efektif menangkal serangan penyakit HDB pada pertanaman padi dengan persentase keparahan penyakit berturut-turut sebesar 93,57, 77,49, dan 85,37%. Nafisah et al. (2007), melaporkan bahwa pemanfaatan galur-galur IRBB dalam program pemuliaan yang menggunakan metode seleksi daur menghasilkan genotipe rekombinan yang memiliki lebih dari satu gen tahan HDB.

Pada MH 2012/2013 diperoleh juga tiga galur isogenik, yaitu IRBB 21, IRBB 50, dan IRBB 66 yang memiliki reaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII, namun bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe IV. Galur isogenik IRBB 21 memiliki gen tunggal tahan *Xa21*, galur isogenik IRBB 50 memiliki kombinasi gen tahan *Xa4 + xa5*, dan galur isogenik IRBB 66 memiliki kombinasi gen tahan *Xa4 + xa5 + Xa7 + xa13 + Xa21* (Hoang 2010; Tasliyah 2013). Mekanisme ketahanan IRBB 21 dan IRBB 50 berubah terhadap *Xoo* patotipe IV yang awalnya tahan pada musim kemarau menjadi agak tahan pada musim hujan. Menurut Susanto & Sudir (2012), ketahanan genotipe padi terhadap *Xoo* patotipe IV cenderung diikuti oleh ketahanan terhadap patotipe III dan VIII, meskipun tidak berlaku secara mutlak. Namun IRBB 21, IRBB 50, dan IRBB 66 berpeluang besar untuk dijadikan sumber ketahanan terhadap HDB.

Pada MK 2012, galur harapan IR83832-26-2-1-2 yang merupakan hasil persilangan dari

IR72903-121-2-1-2 dengan NSICRC110 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII. Sedangkan pada MH 2012/2013, galur IR72889-69-2-2-2 yang merupakan hasil persilangan dari IR60912-93-3-2-3-3 dengan IR68056-115-3-2 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII, serta bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe IV. Galur-galur harapan yang bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII belum teridentifikasi gen ketahanannya terhadap *Xoo*. Namun dari hasil penelitian ini mengindikasikan adanya gen tahan yang mengendalikan ketahanan terhadap HDB. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui gen ketahanan yang terdapat pada galur harapan tersebut.

Keparahan penyakit HDB pada galur/varietas uji relatif lebih tinggi terjadi pada MH 2012/2013 dibanding dengan MK 2012. Hal ini disebabkan faktor iklim, yaitu suhu dan kelembaban udara yang tinggi pada musim hujan cenderung kondusif untuk perkembangan penyakit HDB. Perkembangan penyakit HDB di lapang dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama iklim, curah hujan, ketahanan varietas dan pola bercocok tanam (Kadir et al. 2009). Kejadian dan keparahan penyakit HDB pada musim hujan umumnya lebih parah dibanding pada musim kemarau, pada musim hujan biasanya terjadi perubahan patotipe *Xoo* ke arah yang lebih virulen (Sudir & Suprihanto 2006). Hoang et al. (2008) melaporkan bahwa 41 isolat bakteri *Xoo* yang berasal dari Delta Mekong terdiri atas enam patotipe yang virulen terhadap gen ketahanan *Xa1*, *Xa3*, *Xa4*, *Xa10*, *Xa11*, dan *Xa14* selama MH 2006. Kelembaban udara pada musim hujan mengaktifasi bakteri untuk menginfeksi tumbuhan sehingga mempengaruhi perluasan dan tingkat serangan penyakit HDB.

Kemungkinan lain terjadinya pergeseran ketahanan galur isogenik dan galur harapan terhadap HDB pada dua musim tanam disebabkan oleh interaksi antara ketahanan tanaman terhadap virulensi patogen yang terjadi pada tanaman. Dinamika perubahan patotipe *Xoo* di lapang berlangsung cepat sehingga gen yang semula tahan HDB dapat patah dalam waktu yang tidak terlalu lama. Selain itu, keparahan penyakit HDB pada MH 2012/2013 lebih tinggi dibanding dengan MK

2012 kemungkinan disebabkan oleh akumulasi patogen *Xoo* pada musim tanam sebelumnya.

Galur isogenik IRBB 52 yang telah teruji stabil terhadap *Xoo* patotipe III, IV dan VIII pada dua musim tanam dapat digunakan sebagai sumber gen tahan HDB dan dapat ditanam untuk menekan perkembangan penyakit HDB di lapang. Ketahanan galur isogenik IRBB 52 setara dengan varietas pembandingan tahan Java 14 terhadap *Xoo* patotipe IV dan VIII. Menurut Sudir et al. (2009), untuk meningkatkan efektifitas pengendalian penyakit HDB perlu dilakukan kesesuaian penanaman varietas dengan keadaan patotipe patogen yang ada di lapang sehingga serangan penyakit HDB dapat ditekan, umur ketahanan varietas terhadap penyakit HDB dapat diperpanjang, kehilangan hasil dapat ditekan, pendapatan petani dapat ditingkatkan.

KESIMPULAN

Galur isogenik IRBB 21, IRBB 50, dan IRBB 52 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII pada musim kemarau 2012 memiliki kombinasi gen-gen tahan, yaitu *Xa4*, *xa5*, dan *Xa21*. Sedangkan pada musim hujan 2012/2013 galur isogenik IRBB 52, IRBB 53, IRBB 54, IRBB 56, dan IRBB 57 bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII memiliki kombinasi gen-gen tahan, yaitu *Xa4*, *xa5*, *xal3*, dan *Xa21*. Galur isogenik IRBB 52 dengan gen tahan *Xa4* + *Xa21* konsisten bereaksi tahan terhadap semua patotipe *Xoo* dominan, yaitu patotipe III, IV, dan VIII pada dua musim tanam.

Galur harapan IR83832-26-2-1-2 memiliki tanggap reaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII pada MK 2012, sedangkan pada MH 2012/2013 diperoleh IR72889-69-2-2-2 yang bereaksi tahan terhadap *Xoo* patotipe III dan VIII, namun bereaksi agak tahan terhadap *Xoo* patotipe IV. Untuk mengetahui gen tahan yang terkandung baik pada galur harapan maupun varietas pembandingan diperlukan penelitian secara molekuler. Baik galur isogenik (IRBB) maupun galur harapan yang memiliki ketahanan terhadap *Xoo* patotipe III, IV, dan VIII dapat direkomendasikan untuk dijadikan tetua tahan pada program perakitan varietas tahan HDB.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, T.B., Cruz, C.M.V., Zhang, Q., Nelson, R.J., Skinner, D.Z., Mew, T.W. & Leach, J.E. (1995) Genetic diversity of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Asia. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*, 61 (3), 966–971.
- Direktorat Perlindungan Tanaman (2015) *Luas Serangan OPT utama padi*. Jakarta, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian.
- Gomez, A.A. & Gomez, K.A. (1984) *Statistical procedures for agricultural research*. An International Rice Research Institute Book, John Wiley & Sons. 680 p.
- Hifni, H.R. & Kardin, M.K. (1998) Pengelompokan isolat *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dengan menggunakan galur isogenik padi IRRI. *Hayati*, 5 (3), 66–72.
- Hoang, D.D., Oanh, N.K., Toan, N.D., Van Du, P. & Loan, L.C. (2008) Pathotype profile of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates from the rice ecosystem in Culong River Delta. *Omonrice*, 16, 34–40.
- Hoang, D.D., Van Du, P. & Loan, L.C. (2010) Study on the use of combination resistance genes in rice lines against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in Culong River Delta. *Omonrice*, 17, 147–151.
- International Rice Research Institute (2013) *Standard evaluation system for rice*. Philippines, International Rice Research Institute.
- Kadir, T.S., Suryadi, Y., Sudir, & Machmud, M. (2009) Penyakit bakteri padi dan cara pengendaliannya. Dalam: Daradjat, A.A., Setiono, A., Makarim, A.K. & Hasanuddin A. (editor). *Buku padi: Inovasi teknologi produksi*. Sukamandi, Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.
- Nafisah, Daradjat, A.A., Suprihatno, B. & Kadir, T.S. (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.
- Nayak, D., Shanti, M.L., Bose, L.K., Singh, U.D. & Nayak, P. (2008). Pathogenicity association in *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* the causal organism of rice bacterial blight disease. *ARPJN Journal of Agricultural and Biological Disease* 3 (1), 12–27.
- Ogawa, T. (1993) Methods and strategy for monitoring race distribution and identification of resistance genes to bacterial leaf blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) in rice. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 27, 71–80.
- Ogawa, T., Endo, N., Busto Jr., G.A., Taura, S. & Kush, G.S. (2003) Evolutionary significance of varietal groups resistance to bacterial leaf blight in rice. In: Kush, G.S., Brar, D.S. & Hardy, B. (eds.) *Advance in Rice Genetics*. Los Banos, Philippines, International Rice Research Institute. pp. 99–103.
- Ou, S.H. (1985) *Rice diseases*. 2nd ed. England, Commonwealth Mycological Institute.
- Sudir & Suprihanto (2006) Perubahan virulensi strain *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *urnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 25 (2), 100–115.
- Sudir, Suprihanto & Kadir, T.S. (2009) Identifikasi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*, penyebab penyakit hawar daun bakteri padi di sentra produksi padi di Jawa. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 28 (3), 131–138.
- Sudir, Nuryanto, B. & Kadir, T.S. (2012) Epidemiologi, patotipe, dan strategi pengendalian penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *Buletin Iptek Tanaman Pangan*, 7 (2), 79–87.
- Suparyono, Sudir, & Suprihanto (2003) Komposisi patotipe patogen hawar daun bakteri pada tanaman padi stadium tumbuh berbeda. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 22 (1), 45–50.
- Suparyono, Sudir, & 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., Daradjat, A.A., Satoto, Baehaki, S.E., Suprihanto, Indrasari, S.D., Wardana, I.P. & Sembiring, H. (2010) *Deskripsi varietas padi*. Sukamandi, Balai besar Penelitian Tanaman Padi
- Susanto, U. & 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, Mahrup, & Prasetyono, J. (2013) Identifikasi molekuler hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) dan uji patogenisitasnya pada galur-galur padi isogenik. *Jurnal AgroBiogen* 9 (2), 49–57.
-