

## Identifikasi Patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dari Tanaman Padi di Sulawesi Selatan

### Pathotype Identification of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Isolates from South Sulawesi

Asysyuura<sup>1</sup>, Abdjad Asih Nawangsih<sup>1\*</sup>, Kikin Hamzah Mutaqin<sup>1</sup>, Sudir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

<sup>2</sup>Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi

#### ABSTRAK

*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri (HDB) merupakan salah satu faktor penting dalam penurunan produksi padi. Bakteri patogen ini dikenal memiliki banyak patotipe yang dapat menyebabkan kendala dalam upaya pengendalian. Penelitian dilakukan untuk menentukan penyebaran patotipe *X. oryzae* pv. *oryzae* di beberapa kabupaten di Sulawesi Selatan. Pengelompokan patotipe mengikuti metode Kozaka yang didasarkan pada respons varietas tanaman padi diferensial. Infeksi *X. oryzae* pv. *oryzae* dari sampel tanaman padi bergejala dideteksi dengan teknik PCR menggunakan pasangan primer spesifik XOR-R2/XOR-F. Dari 36 galur bakteri, sebanyak 29 galur bakteri positif *X. oryzae* pv. *oryzae* yang terbagi atas 3 patotipe, yaitu patotipe III (6 isolat), patotipe IV (21 isolat), dan patotipe XII (2 isolat). Hasil identifikasi menunjukkan *X. oryzae* pv. *oryzae* patotipe IV merupakan patotipe yang tersebar luas di Sulawesi Selatan.

Kata kunci: hawar daun bakteri, PCR, varietas diferensial

#### ABSTRACT

*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* is the causal agent of bacterial leaf blight (BLB), one of important constraint in rice production. The pathogen is known to have many pathotypes which caused difficulties in disease control. This research was conducted to determine the distribution of *X. oryzae* pv. *oryzae*'s pathotypes in seven districts in South Sulawesi. Grouping of pathotypes was performed according to Kozaka method, i.e. based on the response of differential rice varieties. Infection of *X. oryzae* pv. *oryzae* was confirmed by PCR using specific primers XOR-R2/XOR-F. Out of 36 isolates, 29 isolates were identified as *X. oryzae* pv. *oryzae* which belong to pathotype III (6 isolates), pathotype IV (21 isolates), and pathotype XII (2 isolates). This result indicated that *X. oryzae* pv. *oryzae* pathotype IV was distributed widely in South Sulawesi.

Key words: bacterial leaf blight, differential varieties, PCR

---

\*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Kamper, Kampus Dramaga IPB, Bogor 16680  
Tel : 0251-8629364, Faks: 0251-8629362 ; Surel: asnawangsih@yahoo.com

## PENDAHULUAN

Bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun (HDB) pada padi diketahui memiliki keragaman patotipe. Keragaman patotipe ini menyebabkan mudah patahnya suatu ketahanan varietas tanaman padi (Sudir *et al.* 2012). Penggunaan varietas padi yang tahan terhadap infeksi patogen *X. oryzae* pv. *oryzae* masih menjadi komponen utama dalam tindakan pengendalian. Selain efektif, penggunaan varietas tahan juga lebih murah dan mudah dilakukan oleh petani. Permasalahan yang muncul dalam penggunaan varietas tahan ialah terbentuknya patotipe baru seiring dengan perkembangan varietas yang digunakan. Suryadi *et al.* (2006) melaporkan bahwa *X. oryzae* pv. *oryzae* memiliki tingkat variabilitas virulensi dan pembentukan galur baru di lapangan yang menyebabkan terjadinya pergeseran patotipe.

Penyakit HDB menjadi salah satu penyakit padi yang penting dan tersebar di berbagai ekosistem penghasil padi di Indonesia, termasuk Sulawesi Selatan. Kehilangan hasil karena *X. oryzae* pv. *oryzae* dapat mencapai 50–70% (Mew *et al.* 1982). Pada umumnya petani mengandalkan penggunaan varietas padi yang tahan untuk mengendalikan penyakit tersebut. Pengetahuan tentang jenis patotipe yang ada di wilayah tersebut menjadi penting untuk diketahui sebagai dasar penentuan langkah pengendalian yang tepat. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menentukan sebaran patotipe bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* di pertanaman padi di wilayah Sulawesi Selatan. Teknik identifikasi secara molekuler dilakukan untuk mendapatkan galur yang positif *X. oryzae* pv. *oryzae* dengan tingkat akurasi yang lebih baik.

## BAHAN DAN METODE

### Pengambilan Sampel Tanaman Padi

Sampel tanaman padi diambil dari 7 kabupaten di Sulawesi Selatan, yaitu Kabupaten Barru, Bone, Pangkep, Maros, Takalar, Jeneponto, dan Bantaeng. Sampel yang diambil berupa daun padi yang bergejala

hawar dimulai dari ujung daun hingga bagian tengah. Ciri hawar daun ialah berwarna kuning hingga putih keabu-abuan. Sampel disimpan dalam kantong kertas dan diberi label identitas berupa jenis varietas, daerah/ lokasi, dan tanggal pengambilan.

### Isolasi dan Identifikasi Bakteri

Isolasi bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* dilakukan pada medium agar-agar Wakimoto (1000 mL ekstrak dari 300 g kentang, 17 g sukrosa, 7 g pepton, 0.5 g  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 1 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , 17 g agar-agar bakto). Daun bergejala dipotong berukuran 1 cm × 1 cm dan direndam dalam etanol 70% selama 2 menit. Potongan daun dibilas air steril dan direndam kembali dalam air steril selama 2 menit; selanjutnya suspensi bakteri diencerkan secara berseri sampai pengenceran  $10^{-5}$ . Sebanyak 100  $\mu\text{L}$  suspensi disebar pada medium agar-agar Wakimoto dan diinkubasi pada suhu ruang selama 3–5 hari. Bentuk koloni tunggal yang tumbuh dan menunjukkan morfologi berwarna kuning, bulat, dan tepian rata diduga sebagai bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae*. Koloni tersebut dimurnikan pada medium agar-agar Wakimoto dan dibuat biakan stok untuk identifikasi secara molekuler.

Identifikasi bakteri dilakukan dengan teknik PCR koloni. Sebanyak 100  $\mu\text{L}$  ddH<sub>2</sub>O dimasukkan ke dalam tabung eppendorf 1.5 mL, ditambahkan 1 loop bakteri, dan diinkubasikan pada suhu 95 °C selama 10 menit. Metode ini merupakan modifikasi dari metode Dafa'alla *et al.* (2000) yang ditambah dengan proses inkubasi pada penangas air pada suhu 65 °C selama 2 jam (setiap 10 menit dibolak-balik). Supernatan yang diperoleh digunakan sebagai templat DNA. Amplifikasi DNA dilakukan menggunakan 1 pasang primer spesifik, yaitu XOR-F (5'-GCATGACGTCATCGTCCTGT-3') dan XOR-R2 (5'-CTCGGAGCTATATGCCGTGC-3') (Adachi dan Oku 2000; Keshavarz *et al.* 2011). Reaksi PCR terdiri atas 10.5  $\mu\text{L}$  Go Taq® green Master Mix (Promega), 9.5  $\mu\text{L}$  ddH<sub>2</sub>O, 2  $\mu\text{L}$  templat DNA, 1.5  $\mu\text{L}$  primer *forward* XOR-F pada 10 pM, 1.5  $\mu\text{L}$  primer *reverse* XOR-R2 pada 10 pM. Amplifikasi

PCR dilakukan pada suhu denaturasi awal 95 °C selama 2 menit sebanyak 1 siklus, selanjutnya berturut-turut denaturasi pada suhu 95 °C selama 30 detik, penempelan pada suhu 63 °C selama 30 detik, dan pemanjangan DNA pada suhu 72 °C selama 1 menit sebanyak 29 siklus; pemanjangan DNA terakhir selama 7 menit pada suhu 72°C. Hasil amplifikasi dianalisis menggunakan elektroforesis pada gel agarosa 1.5% dengan tegangan 100 Volt DC selama 30 menit. Hasil elektroforesis divisualisasi menggunakan *gel doc* (UVITEC) (Cambridge). Galur bakteri yang teramplifikasi pada 470 pb dinyatakan positif *X. oryzae* pv. *oryzae*.

### **Pengelompokan Patotipe Bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae***

Galur bakteri yang positif *X. oryzae* pv. *oryzae* dari hasil amplifikasi DNA diperbanyak dan digunakan untuk inokulasi pada 5 varietas padi diferensial yang masing-masing telah memiliki gen ketahanan yang berbeda (Kozaka 1969). Inokulasi bakteri dilakukan dengan cara *clip-method*, yaitu memotong ujung daun tanaman padi sekitar 2–3 cm menggunakan gunting yang telah dicelupkan dalam suspensi *X. oryzae* pv. *oryzae* berumur 48 jam dengan konsentrasi 10<sup>8</sup>–10<sup>9</sup> cfu mL<sup>-1</sup>. Tanaman padi tersebut disungkup plastik dan diinkubasi pada suhu ruang. Pengamatan terhadap kemunculan gejala penyakit dilakukan 14 hari setelah inokulasi (HSI). Peubah yang diamati ialah panjang bercak dan panjang daun. Nisbah panjang bercak dibandingkan dengan panjang daun yang diinokulasi merupakan intensitas penyakit (IP).

$$IP = \frac{a}{b} \times 100\%, \text{ dengan}$$

a, panjang gejala/bercak HDB (cm); dan b, panjang daun yang diinokulasi (cm). Tanaman yang memiliki IP < 11% dikategorikan tahan, sedangkan ≥ 11% dikategorikan rentan.

### **Analisis Sikuen DNA**

DNA bakteri hasil amplifikasi positif *X. oryzae* pv. *oryzae* dikirim ke Laboratorium First Base Asia, Malaysia. Runutan nukleotidanya dianalisis dengan bantuan

program *basic local alignment search tool* (BLAST) pada situs *national center for biotechnology information* (NCBI).

Sebanyak 7 produk PCR dari hasil identifikasi galur *X. oryzae* pv. *oryzae*, yang masing-masing mewakili kabupaten tempat pengambilan sampel digunakan sebagai bahan input untuk analisis filogenetika guna menentukan kemiripannya dengan galur pada pusat data GenBank. Konstruksi pohon filogenetika dilakukan menggunakan program Mega 6.

## **HASIL**

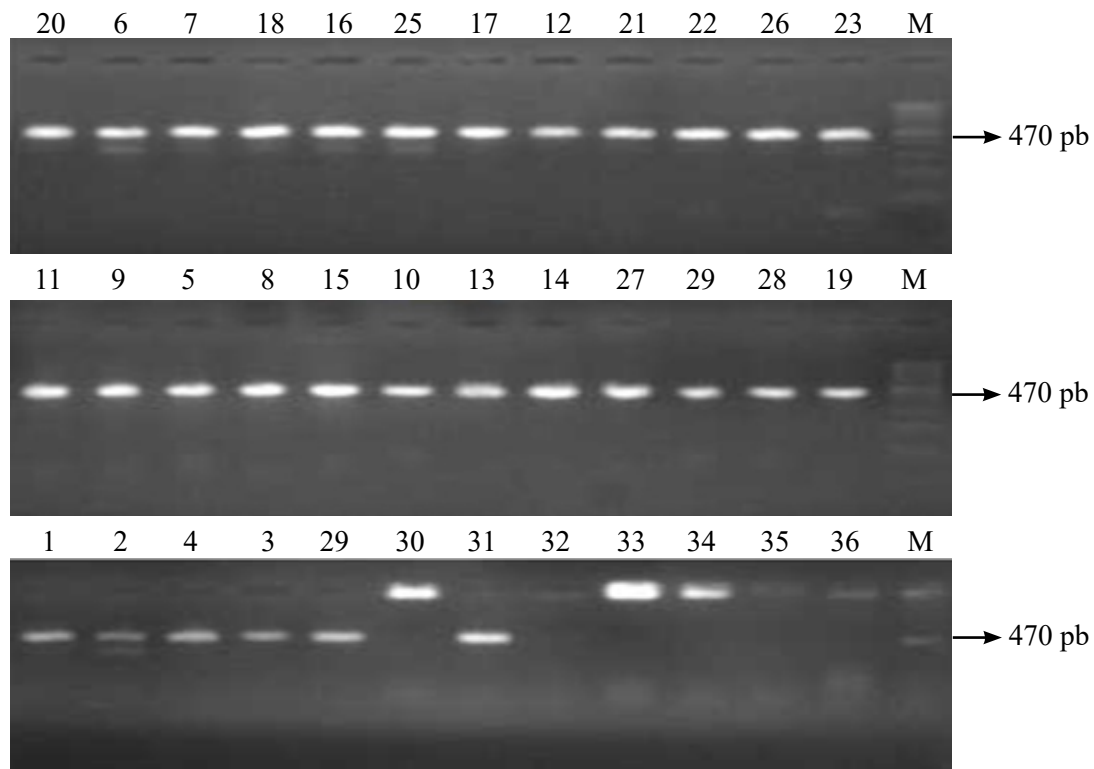
### **Galur *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae***

Sebanyak 75 galur bakteri diperoleh dari sampel daun padi. Galur bakteri dikelompokkan berdasarkan warna koloni, yaitu: 33 putih, 3 oranye, dan 39 kuning. Galur bakteri yang berwarna kuning diidentifikasi lanjut menggunakan teknik molekuler. Berdasarkan hasil perbandingan dengan program BLAST menunjukkan tingkat homologi yang mencapai 99.5–100% terhadap bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* yang berasal dari negara lain seperti Cina, Korea, India, Jepang, dan Amerika.

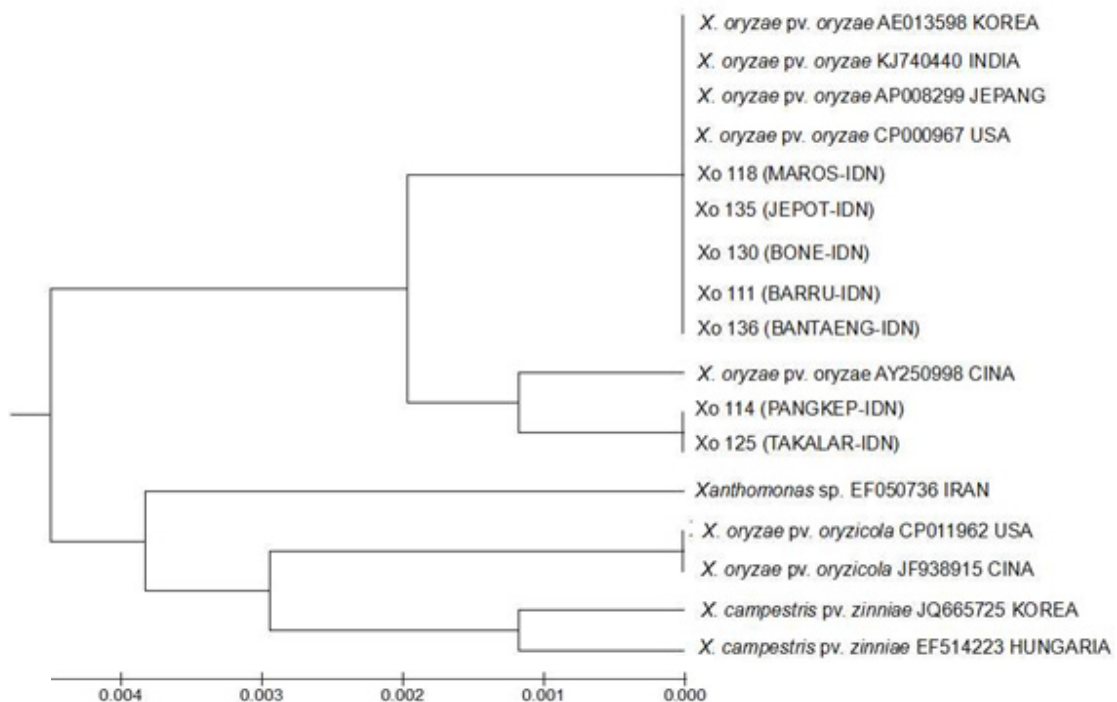
Berdasarkan hasil identifikasi molekuler diketahui tidak semua galur yang berwarna kuning ialah *X. oryzae* pv. *oryzae*. Hasil amplifikasi DNA terhadap 39 galur bakteri berwarna kuning menunjukkan hanya 29 galur yang menghasilkan pita DNA berukuran 470 pb (Gambar 1). Galur-galur tersebut tersebar di 7 kabupaten di Sulawesi Selatan. Berdasarkan hasil analisis filogenetika terhadap 7 galur yang masing-masing mewakili satu kabupaten, terlihat bahwa 7 galur bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* memiliki kemiripan dengan *X. oryzae* pv. *oryzae* dari Amerika Serikat, Cina, Korea, Jepang dan India dengan nilai *bootstrap* 0.000–0.001 (Gambar 2).

### **Patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae***

Pengelompokan patotipe dari 29 galur menghasilkan 3 kelompok patotipe yang berbeda. Patotipe III menginfeksi 5 varietas padi, yaitu: Cisadane, Ketan, Cigeulis,



Gambar 1 Hasil amplifikasi produk PCR koloni menggunakan primer XOR-R2/XOR-F terhadap galur yang diduga *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. Angka di atas pita DNA menunjukkan nomor kode isolat seperti tercantum pada Tabel 1; M, Penanda DNA 100 pb; Nomor 29–36 berturut-turut ialah Xo113Jpt, Isolat (Iso) 101Mrs, Kontrol +, Iso069Bn, Iso080Btg, Iso066Br, Iso052Tkl dan Iso053Tkl.



Gambar 2 Pohon filogenetika bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* asal Sulawesi Selatan dengan negara lain berdasarkan logaritma UPGMA (bootstrap 1000 kali ulangan).

Cisantana, dan Membramo (Tabel 1). Patotipe IV menginfeksi 14 varietas padi, yaitu: Cisantana, Ciliwung, Cisdane, Inpari 31, Inpari 4, Inpari 28, Inpari 3, Inpari 23, Inpari 9, IR64, Camindi, Cigeulis, Ciherang, dan Ketan; dan patotipe XII pada 2 varietas padi, yaitu: Cisdane dan Inpari 9. Padi varietas Cisdane dapat diinfeksi oleh ketiga patotipe tersebut (Tabel 1).

Balai Besar Penelitian Tanaman Padi (BB Padi 2017) menyatakan bahwa padi varietas Inpari 3 dan 9 agak tahan terhadap patotipe III, tetapi agak rentan terhadap patotipe IV dan VII. Varietas Inpari 4 dinyatakan agak tahan patotipe III dan IV, tetapi agak rentan terhadap patotipe VIII. Varietas Inpari 23 memiliki sifat tahan terhadap patotipe III, agak tahan terhadap patotipe IV, tetapi rentan terhadap patotipe VIII. Varietas Inpari 28 tahan terhadap patotipe III tetapi agak rentan terhadap patotipe IV dan VII. Varietas Inpari 31 dinyatakan tahan terhadap patotipe III dan agak tahan terhadap patotipe IV dan VIII.

## PEMBAHASAN

Galur *X. oryzae* pv. *oryzae* pada medium Wakimoto mempunyai koloni bakteri dengan ciri berwarna kuning. Hal tersebut merupakan ciri yang mendasar dari genus *Xanthomonas* yang mengandung xantomonadin sehingga menghasilkan pigmen berwarna kuning, demikian juga pada *X. oryzae* pv. *oryzicola* (Lang *et al.* 2010; Onasanya *et al.* 2010). Selain *Xanthomonas* terdapat bakteri lain yang juga mampu menghasilkan pigmen berwarna kuning sehingga diperlukan teknik lain untuk menunjang keakuratan identifikasi. Oleh karena itu, identifikasi dengan teknik molekuler menggunakan primer spesifik diperlukan untuk mengidentifikasi *X. oryzae* pv. *oryzae*.

Berdasarkan hasil sikuen DNA yang dianalisis dengan program BLAST, terlihat bahwa galur bakteri asal Sulawesi Selatan menunjukkan tingkat kesamaan yang tinggi terhadap galur *X. oryzae* pv. *oryzae* yang terdapat di Cina, Korea, India, Jepang, dan Amerika dengan nilai homologi 95–100%.

Besarnya persentase kelompok patotipe IV yang ditemukan menunjukkan bahwa patotipe ini dominan menginfeksi tanaman padi di Sulawesi Selatan. Berbeda halnya dengan Kabupaten Pangkep dan Takalar ditemukan patotipe baru yang muncul, yaitu patotipe XII, meskipun patotipe IV tetap mendominasi. Patotipe XII merupakan patotipe yang tingkat virulennya diduga lebih tinggi daripada patotipe yang sudah ada karena gen virulennya dapat mengatasi banyak gen ketahanan yang dimiliki oleh tanaman. Gen tersebut adalah *PthXo1*, *PthXo2*, dan *PthXoS* yang dikode oleh kelompok gen *AvrBs3/PthA* yang mampu berkontribusi secara spesifik untuk mematahkan banyak gen ketahanan tanaman inang seperti *Xa5*, *Xa7*, dan *Xa21* (Hifni dan Kardin 1998).

Pergeseran patotipe *X. oryzae* pv. *oryzae* terjadi disejumlah daerah yang berbeda di daerah Sulawesi Selatan seperti di Kabupaten Bone yang awalnya didominasi oleh patotipe III (Khaeruni dan Wijayanto 2013) sekarang berubah dan didominasi oleh patotipe IV. Beberapa daerah ternyata tidak mengalami perubahan jenis patotipe *X. oryzae* pv. *oryzae*, seperti yang terjadi di kabupaten Maros yang masih didominasi oleh patotipe IV (Yuliani *et al.* 2012). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan wilayah tidak memengaruhi keberadaan atau infeksi patotipe pada padi.

Setiap wilayah pertanaman padi yang terinfeksi *X. oryzae* pv. *oryzae* dalam penelitian ini tidak diinfeksi oleh satu jenis patotipe meskipun ada kelompok patotipe yang dominan. Adanya dominasi patotipe yang terjadi membuktikan bahwa perkembangan dan perubahan patotipe dapat terjadi di setiap wilayah pertanaman yang memungkinkan patogen dapat berkembang dan tidak memiliki kisaran wilayah tertentu.

Sudir dan Suprihanto (2006) melaporkan perubahan patotipe dapat terjadi dalam jangka waktu dua musim tanam. Namun hasil penelitian mereka tidak melaporkan perubahan patotipe meskipun dihasilkan patotipe XII yang tergolong baru terdapat di wilayah Sulawesi Selatan. Tingkat persentase patotipe tersebut di Kabupaten Pangkep dan

Tabel 1 Kelompok patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* pada beberapa varietas padi asal Sulawesi Selatan

No.	Kode galur	Varietas padi	Kabupaten	Intensitas penyakit pada varietas padi diferensial Jepang (%)					Kelompok patotipe
				Tetep	Java 14	Kinmase	Kogyoku	Wase Aikoku	
1	xo 110	Cisadane	Barru	14.68 R	8.84 T	16.55 R	11.66 R	7.76 T	III
2	xo 111	Cisantana	Barru	13.49 R	11.06 R	34.26 R	14.61 R	13.67 R	IV
3	xo 112	Cisantana	Barru	11.88 R	12.57 R	17.12 R	18.62 R	13.33 R	IV
4	xo 113	Ciliwung	Barru	13.23 R	20.79 R	21.87 R	19.24 R	17.91 R	IV
5	xo 114	Cisadane	Pangkep	13.01 R	16.66 R	14.11 R	23.79 R	13.51 R	IV
6	xo 115	Cisadane	Pangkep	8.35 T	8.41 T	10.73 T	8.98 T	18.4 R	XII
7	xo 116	Ketan	Pangkep	12.35 R	10.35 T	13.61 R	12.06 R	10.68 T	III
8	xo 117	Cisadane	Pangkep	12.04 R	20.36 R	15.94 R	13.84 R	12.87 R	IV
9	xo 118	Inpari 31	Maros	11.18 R	17.5 R	23.47 R	11.34 R	41.44 R	IV
10	xo 119	Inpari 4	Maros	17.91 R	16.03 R	12.32 R	12.69 R	34.81 R	IV
11	xo 120	Inpari 28	Maros	13.41 R	18.16 R	17.42 R	13.69 R	12.90 R	IV
12	xo 121	Cigeulis	Maros	19.71 R	10.94 T	16.93 R	16.03 R	10.69 T	III
13	xo 122	Ciliwung	Maros	19.18 R	22.82 R	25.33 R	12.72 R	14.82 R	IV
14	xo 123	Inpari 3	Maros	16.02 R	13.06 R	18.98 R	14.65 R	29.12 R	IV
15	xo 124	Inpari 23	Maros	12.94 R	13.86 R	15.46 R	11.66 R	11.95 R	IV
16	xo 125	Inpari 9	Takalar	6.32 T	8.26 T	7.26 T	10.61 T	15.26 R	XII
17	xo 126	Ciliwung	Takalar	18.01 R	24.36 R	29.78 R	16.35 R	22.48 R	IV
18	xo 127	Inpari 9	Takalar	12.29 R	14.44 R	25.22 R	14.18 R	20.16 R	IV
19	xo 128	Cisantana	Takalar	14.92 R	10.35 T	13.42 R	13.3 R	9.03 T	III
20	xo 129	IR 64	Takalar	16.17 R	15.05 R	16.23 R	15.61 R	38.29 R	IV
21	xo 130	Camindi	Bone	14.28 R	12.47 R	36.77 R	16.39 R	19.35 R	IV
22	xo 131	Cigeulis	Bone	12.79 R	17.97 R	17.47 R	19.02 R	20.33 R	IV
23	xo 132	Membramo	Jeneponto	11.68 R	10.54 T	12.67 R	14.18 R	9.45 R	III
24	xo 133	Ciherang	Jeneponto	14.1 R	12.87 R	14.78 R	13.78 R	15.53 R	IV
25	xo 134	Ketan	Jeneponto	12.77 R	16.39 R	19.33 R	14.15 R	13.05 R	IV
26	xo 135	Cigeulis	Jeneponto	14.93 R	15.17 R	12.0 R	14.21 R	33.41 R	IV
27	xo 136	Membramo	Bantaeng	14.07 R	10.28 T	29.12 R	12.18 R	10.76 T	III
28	xo 137	Inpari 4	Bantaeng	11.76 R	13.63 R	13.57 R	12.12 R	26.47 R	IV
29	xo 138	Inpari 4	Bantaeng	17.07 R	13.9 R	12.68 R	13.27 R	23.32 R	IV

T, Tahan: Intensitas penyakit &lt; 11%; R, Rentan: Intensitas penyakit ≥ 11%.

Takalar hanya 6.8%. Munculnya patotipe XII pada area pertanaman padi di beberapa wilayah di Sulawesi Selatan menunjukkan adanya pergeseran patotipe yang berkembang pada lahan pertanian meskipun tidak besar. Hal tersebut menjadi perhatian baru dalam proses evaluasi perkembangan patotipe bakteri dalam pergeseran patotipe di lapangan.

Berdasarkan kondisi yang ditemukan dalam penelitian ini, evaluasi perkembangan patotipe bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* senantiasa diperlukan sebagai acuan dalam pengendalian penyakit tanaman padi. Besarnya pengaruh varietas tanaman padi yang menjadi komponen utama dalam teknik pengendalian merupakan acuan dalam tindakan evaluasi terhadap pergeseran patotipe yang sewaktu-waktu dapat berubah sehingga pemantauan tetap perlu dilakukan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adachi N, Oku T. 2000. PCR-mediated detection of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* by amplification of the 16S-23S rDNA spacer region sequence. *J General Plant Pathol.* 66(4):303–309. DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00012969>.
- [BB Padi] Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2017. Inbrida Padi Sawah (Inpari). [bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/varietas/inbrida-padi-sawah-irigasi-inpari](http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/varietas/inbrida-padi-sawah-irigasi-inpari) [diakses 22 Maret 2017].
- Dafa'alla TH, Hobom G, Zahner H. 2000. Direct colony identification by PCR-miniprep. *J Mol Biol.* 1(3):65–66.
- Hifni HR, Kardin K. 1998. Pengelompokan isolat *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* dengan menggunakan galur isogenik padi IRRI. *J Hayati.* 5(3):66–72.
- Keshavarz K, Sijam K, Abidin MHZ, Habibudin H, Nazerian E. 2011. Rapid identification and differentiation of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strain with primer 16S-23S rDNA from the rice fields in Peninsular Malaysia. *J Plant Pathol.* 5:93–99. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajppaj.2011.93.99>.
- Khaeruni A, Wijayanto T. 2013. Pathotype grouping of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates from South Sulawesi and Southeast Sulawesi. *J Agr Sci Agrivita.* 35(2):138-144. DOI: <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p138-144>.
- Kozaka T. 1969. Control of rice disease with resistant varieties. *J Agr Hort.* 44(1):208–212.
- Lang JM, Hamilton JP, Diaz MGQ, Sluys V, Burgos MRG, MC Cruz V, Buell CR, Tisserat NA, Leach JE. 2010. Genomic-based diagnostic marker development for *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzicola*. *J Ame Phytopathol Soc.* 94(3):311–319. DOI: <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p138-144>.
- Mew TW, Vera C, Rayes RC. 1982. Interaction of *Xanthomonas campestris oryzae* and resistance of rice cultivar. *Phytopathology.* 72(7):786–789. DOI: <https://doi.org/10.1094/Phyto-72-786>.
- Onasanya A, Basso A, Somado E, Gasore ER, Nwilene FE, Ingelbrecht I, Lomo J, Wydr K, Ekperigin MM, Langa M. 2010. Development of combined molecular diagnostic and DNA fingerprinting technique for rice bacteria pathogens in Africa. *JBiotech.* 9(2):89–105. DOI: <https://doi.org/10.3923/biotech.2010.89.105>.
- Sudir, Nuryanto B, Triny. 2012. Epidemiologi, patotipe, dan strategi pengendalian penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *J Tanaman Pangan.* 7(2):79–87.
- Sudir, Suprihanto. 2006. Perubahan virulensi strain *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. *J Penelitian Tanaman Pangan.* 25(2):100–107.
- Suryadi Y, Kadir TS, Machmud M. 2006. Deteksi *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab hawar daun bakteri pada tanaman padi. *J Tanaman Pangan.* 25(2):108–115.
- Yuliani D, Faizal A, Sudir. 2012. Identifikasi patotipe *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri

padi di sentra produksi padi di Sulawesi Selatan. Di dalam: Buku I: *Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Padi Nasional 2011*. 2011 Jul 27–28. Sukamandi (ID): Besar Penelitian Tanaman Padi. hlm 121–130.