

Galur Isogenik *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Hasil Penyinaran Ultraviolet dan Potensinya Sebagai Penginduksi Resistensi Padi terhadap Penyakit Hawar Daun Bakteri

Isogenic *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Strain Resulted from Ultraviolet Irradiation and Their Potency as Plant Resistance Inducer Against Rice Bacterial Leaf Blight

Fitria Yuliani, Giyanto*, Kikin Hamzah Mutaqin
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Penyakit hawar daun bakteri oleh *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman padi dengan tingkat kerusakan mencapai 50%. Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengendalikan penyakit ini ialah menggunakan galur bakteri nonpatogen isogenik yang dapat menginduksi ketahanan tanaman. Penelitian ini bertujuan mendapatkan *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik menggunakan penyinaran ultraviolet dan mengevaluasi kemampuan isolat dalam menginduksi ketahanan tanaman padi. Biakan *X. oryzae* pv. *oryzae* dipapar dengan sinar UV selama 3, 5, 10 dan 15 menit. Sebanyak 99 koloni yang tumbuh diseleksi patogenesisnya, selanjutnya dikonfirmasi identitasnya menggunakan primer XOR-F dan XOR-R2 sehingga didapat 16 galur isogenik. Produksi eksopolisakarida *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik berkisar antara 1.4 dan 9.8 mg mL⁻¹, sedangkan tipe liarnya 6.0 mg mL⁻¹. Lima galur terpilih (M313, M57, M101, M1513 dan M1515) menunjukkan penurunan virulensi 92.8–98.6%. Aplikasi kelima galur tersebut pada bibit padi memperlihatkan masa inkubasi 6.6–5.4 hari setelah inokulasi (hsi), lebih pendek dibandingkan dengan tipe liar, yaitu 4.8 hsi. Perlakuan *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik juga mengakibatkan penekanan perkembangan penyakit dengan nilai AUDPC lebih kecil dibandingkan dengan tipe liar dan kontrol. Aplikasi *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik tidak memengaruhi pertumbuhan, tetapi meningkatkan produksi tanaman. Galur M101 memiliki masa inkubasi 5.7 hsi, nilai AUDPC paling rendah (615), dan bobot kering gabah (2.8 g per 100 bulir) lebih tinggi dibandingkan dengan tipe liarnya (2.0 g per 100 bulir).

Kata kunci: AUDPC, induksi ketahanan, masa inkubasi, patogenesis

ABSTRACT

Bacterial leaf blight (BLB) caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* is an important rice disease and may cause 50% plant damage. One approach to manage this disease is using isogenic non-pathogenic strain that can induce plant resistance. This study was conducted to obtain isogenic strains of *X. oryzae* pv. *oryzae* through ultraviolet irradiation and evaluate ability of the isolates in inducing plant resistance. Bacteria *X. oryzae* pv. *oryzae* were exposed to UV for 3, 5, 10 and 15 min. A total of 99 colonies obtained were selected through pathogenicity tests, followed by confirmation using XOR-F and XOR-R2 primers. As much as 16 isogenic strain isolates were obtained with the ability to produce exopolysaccharides (EPS) ranges between 1.4–9.8 mg mL⁻¹ compared to wild-type 6.0 mg mL⁻¹. Five isogenic strains isolates (M313, M57, M101, M1513 and M1515) caused virulence reduction of 92.8–98.6%. Application of those five isogenic isolates prolonged incubation period of *X. oryzae* pv. *Oryzae*,

*Alamat penulis korespondensi: Laboratorium Bakteriologi Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680
Tel: 0251-8376268, Faks : 0251-8629364, Surel: giyanto2@yahoo.com

i.e. 6.6–5.4 days compared to the wild-type i.e. 4.8 days after inoculation. Suppression of disease progression was also observed with AUDPC value 615.0–827.5, which was lower than those caused by wild-type and control, i.e. 863.3 and 682.5, respectively. Application of isogenic strain isolates did not affect plant growth but it increased plant productivity. Isogenic strain M101 was the best isolate with an incubation period of 5.7 days after inoculation, having the lowest AUDPC value (615.0), and yielded dry weight of 100 grains higher (2.8 g) than those of the wild-type (2.0 g).

Keywords: AUDPC, incubation period, pathogenicity, resistance inducer

PENDAHULUAN

Penyakit hawar daun bakteri (HDB) oleh *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* merupakan salah satu penyakit utama tanaman padi. Bakteri ini menyerang pada fase pertumbuhan vegetatif dan generatif dan menimbulkan gejala berupa hawar berwarna cokelat keabuan pada daun. Luas serangan penyakit HDB di Indonesia selama periode Oktober 2011–Maret 2012 mencapai 98% (Ditjen TP 2012). *X. oryzae* pv. *oryzae* patotipe IV merupakan galur yang ganas dan banyak ditemukan di lapangan (Harfiah *et al.* 2015).

Salah satu upaya pengendalian penyakit tanaman ialah pemanfaatan bakteri nonpatogen isogenik (Rukayadi *et al.* 2000). Bakteri ini merupakan bakteri yang kehilangan kemampuan dalam menimbulkan penyakit akibat perubahan gen yang mengodekan virulensi yang dapat dihasilkan melalui mutasi.

Bakteri nonpatogen isogenik sebagai agens biokontrol lebih menguntungkan karena mutan akan berperilaku sama dengan tipe liarnya dalam merespons perubahan lingkungan (Wahyudi *et al.* 2011). Gangguan pada gen pembentukan eksopolisakarida menjadi salah satu target mutasi untuk menghasilkan galur isogenik. Eksopolisakarida berupa lendir terdapat pada permukaan sel dan sering dikaitkan dengan virulensi patogen (Lee *et al.* 2005). Gangguan pada gen pengatur produksi eksopolisakarida menyebabkan penurunan kemampuan galur bakteri isogenik menginfeksi inang sehingga diharapkan mampu berkompetisi dengan tipe liarnya dan mengaktifkan mekanisme ketahanan tanaman. Penelitian ini bertujuan mendapatkan galur *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik yang memiliki virulensi rendah melalui penyinaran ultraviolet

dan mengevaluasi kemampuan galur isogenik untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi.

BAHAN DAN METODE

Induksi Penyinaran Ultraviolet *X. oryzae* pv. *oryzae*

X. oryzae pv. *oryzae* patotipe IV (tipe liar) merupakan koleksi Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, Sukamandi. Bakteri ini diperbanyak dalam 50 mL medium cair sukrosa kentang dan digojog ± 22 jam sampai kerapatan sel 10^8 cfu mL⁻¹ ($OD_{600} = 0.2$). Sebanyak 100 µL suspensi bakteri disebar pada medium agar-agar sukrosa kentang (ASK) menggunakan *glass bead* selanjutnya dipapar sinar UV-C (100–280 nm) pada ESCO laminar model EQU/03-EHC dengan waktu yang berbeda, yaitu 3, 5, 10, dan 15 menit. Selanjutnya biakan bakteri diinkubasi pada suhu 28 °C di tempat gelap selama 48 jam. Koloni yang tumbuh dipindahkan pada medium ASK dan selanjutnya dipapar sinar UV dengan perlakuan yang sama dengan sebelumnya (Thein dan Prathuangwong 2010).

Seleksi Galur *X. oryzae* pv. *oryzae* Isogenik

Uji Patogenisitas. Suspensi galur *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik dan tipe liar (10^8 cfu mL⁻¹) masing-masing diinokulasikan pada daun padi berumur 30 hari setelah tanam (HST). Gunting dicelupkan ke dalam suspensi bakteri, selanjutnya digunakan untuk menggunting daun. Pengamatan panjang hawar dilakukan pada hari ke-14 setelah inokulasi.

Konfirmasi Galur *X. oryzae* pv. *oryzae* Isogenik. Konfirmasi *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik dilakukan dengan teknik PCR menggunakan

pasangan primer spesifik XOR-F(5'-GCATGACGTCATCGTCCTG-3') dan XOR-R2(5'-CTCGGAGCTATATGCCGTGC-3'). Proses PCR dilakukan dengan tahapan denaturasi awal 95 °C selama 2 menit; diikuti 29 siklus terdiri atas tahapan denaturasi 95 °C selama 30 detik, aneling pada suhu 63 °C selama 30 detik, dan pemanjangan pada suhu 72 °C selama 1 menit; serta ekstensi akhir 72 °C selama 7 menit (Keshavarz *et al.* 2011).

Produksi Eksopolisakarida. Sebanyak 16 galur *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik diremajakan di dalam 10 mL medium cair sukrosa kentang dan digojog 24 jam. Sebanyak 1 mL suspensi bakteri dipindahkan ke tabung mikro 2 mL selanjutnya disentrifugasi pada suhu 4 °C dengan kecepatan 6000 rpm selama 20 menit. Supernatan dipindahkan ke tabung mikro 2 mL dan ditambahkan etanol dingin (96%) sebanyak 2 kali volume supernatan dan didiamkan satu malam. Selanjutnya tabung mikro disentrifugasi pada suhu 4 °C kecepatan 6000 rpm selama 20 menit. Pelet dikeringkan di dalam oven (55 °C) dan ditimbang bobot keringnya (Nudyanto dan Zubaidah 2015).

Induksi Ketahanan Tanaman Padi Menggunakan *X. oryzae* pv. *oryzae* Isogenik

Percobaan ini disusun dalam rancangan acak lengkap. Perlakuan terdiri atas inokulasi 5 galur *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik terpilih, kontrol positif (*X. oryzae* pv. *oryzae* patotipe IV), dan kontrol negatif (akuades steril) dengan 8 ulangan, masing-masing terdiri atas 1 unit tanaman (Tabel 1). Percobaan dilakukan di lahan percobaan Departemen Proteksi Tanaman IPB Bogor (6° 30' LS, 106° 30' BT) dengan ketinggian tempat 150 m dpl.

Aplikasi *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik tahap I dilakukan pada 25 benih padi IR-64 dengan merendamnya di dalam suspensi sel bakteri (10⁸ cfu mL⁻¹) selama 48 jam. Selanjutnya benih padi disemai pada tanah steril. Bibit berumur 14 hari dipindahkan ke ember plastik yang berisi tanah sawah steril. Aplikasi tahap II dilakukan pada tanaman padi berumur 35 HST dengan penyiraman suspensi sel bakteri sebanyak 20 mL tanaman⁻¹ di sekitar perakaran tanaman.

Inokulasi *X. oryzae* pv. *oryzae* patotipe IV dilakukan pada daun bendera (85 HST) dengan metode pengguntingan daun menggunakan gunting steril yang telah dicelupkan pada biakan cair *X. oryzae* pv. *oryzae* patotipe IV (10⁸ cfu mL⁻¹). Tanaman yang telah diinokulasi disungkup dengan plastik bening selama 3 hari untuk menjaga kelembapan mikro di sekitar tanaman.

Pengamatan Penyakit Hawar Daun Bakteri

Pengamatan masa inkubasi dimulai dari hari pertama setelah inokulasi sampai gejala penyakit terlihat pada tanaman. Keparahan penyakit (KP) merupakan persentase luasnya jaringan tanaman terserang patogen dari total luasan yang diamati, yang dinyatakan dalam rumus berikut:

$$KP = \frac{\sum_{i=1}^n (n_i \times v_i)}{Z \times N} \times 100 \%, \text{ dengan}$$

KP, keparahan penyakit; n_i , jumlah jaringan terserang pada setiap skala; v_i , skala serangan; Z, skala serangan tertinggi; dan N, total jaringan yang diamati. Skala perhitungan berdasarkan *standard evolution system* (IRRI 2014). Pengamatan dilakukan setiap 3 hari dimulai 3 hari setelah inokulasi dan dihentikan setelah gejala hawar sampai pangkal daun.

Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) adalah jumlah penyakit pada setiap perlakuan dari pengamatan pertama hingga pengamatan terakhir. Penghitungan AUDPC menggunakan rumus:

$$AUDPC = \sum_{i=0}^n \left[\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right] \times (t_{i+1} - t_i), \text{ dengan}$$

Y_i , insidensi penyakit pada waktu ke- i ;
 t_i , waktu pengamatan ke- i .

Pengukuran tinggi dan jumlah anakan padi dilakukan setiap minggu sampai minggu ke-10

Tabel 1 Galur *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik terpilih dan lama penyinaran UV-C (100–280 nm)

Lama penyinaran UV (menit)	Kode galur <i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>
0	Patotipe IV (tipe liar)
3	M313
5	M57
10	M101
15	M1513 dan M1515

setelah tanam. Jumlah anakan produktif dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Anakan produktif} = \frac{A}{B} \times 100 \%, \text{ dengan}$$

A, jumlah anakan yang menghasilkan malai; dan B, jumlah anakan keseluruhan. Bobot kering gabah ditentukan dengan menghitung bobot malai yang telah dikeringkan. Pengamatan juga dilakukan terhadap bobot kering 100 bulir padi.

Analisis Data

Data penyakit hawar daun dianalisis menggunakan program *statistical analysis system* (SAS) versi 9.0 dan diuji lanjut menggunakan DMRT pada taraf 5%.

HASIL

Induksi penyinaran UV menghasilkan 99 galur isogenik. Jumlah koloni yang tumbuh semakin sedikit dengan semakin lamanya waktu pemaparan UV (Tabel 2). Galur M101, M1513, dan M1515 memperlihatkan perubahan bentuk, demikian juga warna menjadi kuning pucat dan lendir lebih sedikit dibandingkan dengan tipe liarnya (Gambar 1).

Dari 99 galur bakteri yang diuji dengan teknik PCR diperoleh 16 galur yang positif sama dengan tipe liarnya. Uji patogenisitas 26 galur hasil penyinaran UV menunjukkan penurunan virulensi 25.4–98.6%. Galur M1513 dan M101 memperlihatkan produksi eksopolisakarida paling rendah, yaitu 1.4 mg mL⁻¹ dan 1.6 mg mL⁻¹ berbeda nyata dengan tipe liar 6.0 mg mL⁻¹. Hasil seleksi didapat 5 galur terpilih (M313, M57, M101,

M1513, dan M1515) yang menunjukkan penurunan virulensi sebesar 92.8–98.6% dan penurunan produksi eksopolisakarida dibandingkan tipe liarnya (Tabel 3).

Induksi Ketahanan Galur *X. oryzae* pv. *oryzae* Isogenik

Aplikasi galur isogenik mampu memperpanjang masa inkubasi *X. oryzae* pv. *oryzae* dan memperlihatkan intensitas penyakit yang lebih rendah dibandingkan dengan aplikasi tipe liarnya. Hasil pengamatan menunjukkan lama masa inkubasi tidak menggambarkan rendahnya intensitas penyakit (Tabel 4). Masa inkubasi paling lama terdapat pada perlakuan galur M1515, yaitu 6.6 HSI sedangkan tipe liar 4.9 HSI, tetapi menunjukkan intensitas penyakit yang tidak berbeda nyata dengan aplikasi tipe liar. Galur M101 mempunyai masa inkubasi 5.7 HSI dan memperlihatkan intensitas penyakit terendah dari semua perlakuan, yaitu 66.1% berbeda nyata dengan aplikasi tipe liar (85.5%). Galur M101 juga memiliki nilai AUDPC yang paling rendah (615.0) sedangkan tipe liar 863.3. Nilai AUDPC yang rendah menunjukkan perkembangan penyakit lebih lambat.

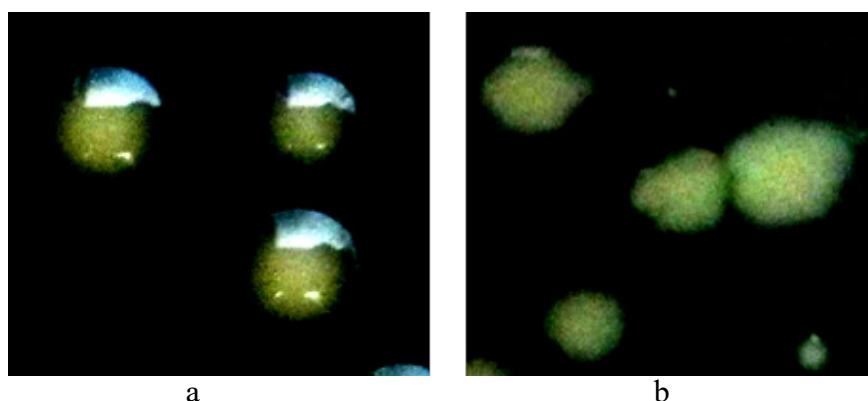
Aplikasi galur isogenik tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan, tetapi berpengaruh pada produksi tanaman (Tabel 5). Sebanyak 5 galur isogenik menunjukkan kenaikan bobot kering bulir per malai yang nyata daripada tipe liarnya. Bobot bulir per malai berkisar antara 1.1 g dan 1.4 g, sedangkan tipe liarnya hanya 0.5 g dan kontrol 1.1 g. Galur M101 memperlihatkan bobot kering 100 bulir tertinggi dan berbeda nyata dengan tipe liarnya.

PEMBAHASAN

Radiasi ultraviolet mampu melakukan penetrasi ke dinding sel yang mengakibatkan perubahan komposisi asam nukleatnya. Terbentuknya timina dimer memengaruhi proses replikasi menyebabkan terjadinya mutasi. Mutasi dengan penyinaran ultraviolet berakibat pada kesalahan menyandi protein jika tidak bersifat letal sehingga menimbulkan

Tabel 2 Jumlah koloni bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* isogenik pada lama penyinaran UV-C (100–280 nm) yang berbeda

Lama penyinaran UV (menit)	Jumlah koloni yang tumbuh
3	50
5	23
10	18
15	8
Total isolat	99



Gambar 1 Morfologi *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* M101 berubah dibandingkan dengan tipe liarnya pada medium agar-agar sukrosa kentang (5 hsi), perubahan terlihat pada bentuk, warna, pinggiran, dan lendir pada permukaan koloni. a, Koloni patotipe IV; b, Galur M101.

Tabel 3 Karakteristik fenotip galur *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isogenik

Lama Penyinaran UV (menit)	Kode galur <i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Uji PCR	Panjang hawar (cm)	Penurunan virulensi	Produksi EPS (mg mL ⁻¹)
0	Patotipe 4 (tipe liar)	+	13.8 a	0.0	6.0 c
	M36	+	7.9 c	42.8	8.4 b
	M313	+	1.0 e	92.8	2.6 gh
	M323	+	4.0 d	71.0	3.4 ef
3	M331	+	6.4 c	53.6	2.0 ij
	M334	+	3.1 d	77.5	2.8 gh
	M338	+	6.9 c	50.0	3.8 e
	M57	+	0.3 e	97.8	5.8 c
5	M511	+	7.8 c	43.5	3.2 fg
	M514	+	6.9 c	50.0	9.8 a
	M517	+	10.3 b	25.4	6.2 c
	M101	+	0.5 e	96.4	1.6 j
10	M102	+	0.5 e	96.4	3.6 ef
	M105	+	0.7 e	94.9	2.4 hi
	M153	+	1.4 e	89.9	4.6 d
15	M1513	+	0.2 e	98.6	1.4 j
	M1515	+	0.2 e	98.6	2.2 hi

+, berdasarkan pada uji PCR isolat berkerabat dengan *X. oryzae* pv. *oryzae*.

Angka dalam satu kolom diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada Uji DMRT α 5%.

penampakan fenotip yang berbeda dari keadaan normalnya dan dapat diwariskan pada keturunannya (Rajeshwar *et al.* 2002). Mutasi yang dihasilkan berupa salah baca kode genetik (Hockbeger 2002). Absorpsi radiasi ultraviolet menyebabkan terbentuknya ikatan kovalen dua molekul timin yang saling berdekatan (timina dimer) pada suatu urutan DNA (Rastogi *et al.* 2010).

Pemaparan UV pada penelitian ini menghasilkan perubahan morfologi pada beberapa galur, penurunan kemampuan galur dalam menginfeksi inang dan penurunan produksi eksopolisakarida. Mutan *Streptomyces fradiae* NRRL-2702 mengalami perubahan morfologi dari tipe liarnya setelah diberi pemaparan UV (Khaliq *et al.* 2007). Uji patogenisitas mutan *X. oryzae* pv. *oryzae*

Tabel 4 Aplikasi galur *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isogenik terhadap perkembangan penyakit hawar daun bakteri

Galur isogenik <i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Masa inkubasi (HSI)	Keparahan penyakit (%)	Nilai AUDPC
M313	5.7 b	71.7 b	617.5
M57	5.4 bc	76.7 ab	827.5
M101	5.7 b	66.1 b	615.0
M1513	6.5 a	74.4 ab	624.2
M1515	6.6 a	70.3 b	632.1
Patotipe IV (tipe liar)	4.9 c	85.6 a	863.3
Kontrol	5.6 b	72.2 b	682.5

Angka dalam satu kolom diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada Uji DMRT α 5%. HSI, hari setelah inokulasi; AUDPC, *Area Under Disease Progress Curve*.

Tabel 5 Aplikasi galur *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isogenik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi

Galur isogenik <i>X. oryzae</i> pv. <i>oryzae</i>	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan	Anakan produktif (%)	Bobot bulir per malai (g)	Bobot 100 bulir (g)
M313	93.2 a	26.2 a	69.0 a	1.1 ab	2.4 d
M57	92.4 a	21.5 a	78.4 a	1.0 ab	2.5 cd
M101	94.4 a	25.2 a	72.3 a	1.1 ab	2.8 a
M1513	93.1 a	21.5 a	76.7 a	1.4 a	2.6 bc
M1515	92.9 a	25.0 a	69.2 a	1.3 ab	2.6 bc
Patotipe IV (tipe liar)	95.1 a	26.4 a	69.5 a	0.5 c	2.0 e
Kontrol	92.8 a	24.0 a	74.9 a	1.0 b	2.6 ab

Angka dalam satu kolom diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada Uji DMRT α 5%.

Hrp-(M5) menunjukkan mutan masih menimbulkan gejala penyakit pada padi, namun lebih rendah daripada tipe liarnya. Wahyudi (2011) menduga karena adanya keterlibatan gen-gen lain yang menentukan sifat virulen *X. oryzae* pv. *oryzae*.

Eksopolisakarida (EPS) merupakan polimer dari gula dengan bobot molekul tinggi yang disekresikan oleh mikroorganisme ke lingkungan eksternalnya. EPS dari bakteri berperan dalam menghambat translokasi unsur hara dan air, melindungi bakteri dalam keadaan ekstrem, dan menetralkan senyawa yang dikeluarkan oleh tanaman (Lee *et al.* 2005). Pada penelitian ini penurunan produksi EPS menjadi indikator terjadinya gangguan genetik pada faktor pembentukan EPS. Thein dan Prathuangwong (2010) menyatakan penurunan produksi EPS mutan *X. oryzae* pv. *oryzae* hasil penyinaran UV dilihat dari ukuran

koloni mutan yang lebih kecil dibandingkan dengan tipe liarnya pada medium yang mengandung sukrosa.

Galur isogenik diduga mampu menekan pertumbuhan tipe liarnya dengan menginduksi ketahanan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian terlihat masa inkubasi bakteri tipe liar lebih panjang pada perlakuan galur isogenik. Thein dan Prathuangwong (2010) melaporkan galur M-690 hasil mutasi UV bakteri *X. oryzae* pv. *oryzae* mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit HBD dengan intensitas penyakit 36.7% dibandingkan dengan tipe liarnya 46.7%.

Aplikasi galur isogenik tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan, tetapi berpengaruh terhadap hasil tanaman yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan dibandingkan dengan aplikasi tipe liarnya. Peningkatan

produksi tanaman diduga akibat aktifnya mekanisme ketahanan tanaman. Mulsanti *et al.* (2014) melaporkan bahwa bobot kering 100 bulir padi IR-64 berkisar antara 2.4 g dan 2.57 g.

Dari hasil yang didapat terlihat bahwa rendahnya produksi EPS tidak diiringi dengan penurunan virulensi galur isogenik. EPS merupakan salah satu faktor virulensi *X. oryzae* pv. *oryzae* sehingga penurunan produksi EPS tidak menyebabkan hilangnya seluruh kemampuan patogen dalam menimbulkan penyakit. Hal ini disebabkan adanya keterlibatan gen-gen lain yang menentukan sifat virulen *X. oryzae* pv. *oryzae* (Wahyudi *et al.* 2011). Penurunan virulensi dan produksi EPS pada galur isogenik terpilih yang diaplikasikan pada padi mampu menginduksi ketahanan tanaman. Hal ini terlihat dari perlambatan perkembangan *X. oryzae* pv. *oryzae* berdasarkan nilai AUDPC dengan intensitas penyakit yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Keberadaan galur isogenik tidak memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.

Galur isogenik yang didapat dari penelitian ini masih berada pada tahap penelitian dasar sehingga masih diperlukan pendalaman untuk menentukan potensinya sebagai agens hayati seperti kestabilan virulensi, respons beragam varietas padi, dan dinamika populasinya di dalam jaringan tanaman padi.

DAFTAR PUSTAKA

- [Ditjen TP] Direktorat Jendral Tanaman Pangan. 2012. Evaluasi prakiraan serangan OPT utama tanaman padi dan jagung [Internet]. [diunduh 2016 Januari 24]. Tersedia pada: <http://tanamanpangan.deptan.go.id/index.php/>.
- Harfiah W, Abadi AL, Qurata'aini L. 2015. Ketahanan lima galur padi (*Oryza sativa* L.) terhadap dua isolat *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. J HPT. 3(2): 2338-4336.
- Hockberger PE. 2002. A history of ultraviolet photobiology for humans, animals and microorganisms. Photobiol. 76: 561–579. DOI: [https://doi.org/10.1562/0031-8655\(2002\)0760561AHOUF2.0.CO2](https://doi.org/10.1562/0031-8655(2002)0760561AHOUF2.0.CO2).
- [IRRI] International Rice Research Institute. 2014. Standart evaluation system for rice (5th ed). Philippines (PH): Agricultural Research Los Banos University.
- Keshavarz K, Sijam K, Ahmad M, Abidin Z, Hashim H, Nazerian E. 2011. Rapid identification and differentiation of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* strain with primer 16S-23S rDNA from rice fields in Peninsular Malaysia. Asian J Plant Pathol. 5(2): 93-99. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajppaj.2011.93.99>.
- Khaliq S, Kalsoom A, Muhammad AG, Ruqia I, Ahmad MK, Muhammad M. 2007. Change incolony morphology and kinetic softy losin production after UV and gammairradiation mutagenesis of *Streptomycesfradiae* NRRL-2702. Microbiol Res. 164: 469-477. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2007.02.005>.
- Lee BM, Park DS, Kang JG, Kim ES, Song IC, Park UH, Yoon JH, Hahn BS, Koo GB, Koh JS. 2005. The genome sequence of *Xanthomonas oryzae* pathovar *oryzae* KACC10331, the bacterial blight pathogen of rice. Nucleic Acids Res. 33(2):577-586. DOI: <https://doi.org/10.1093/nar/gki206>.
- Mulsanti IW, Wahyuni S, Sembiring H. 2014. Hasil Padi dari empat kelas benih yang berbeda. Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 33(3): 169-176.
- Nudyanto A, Zubaidah E. 2015. Isolasi bakteri asam laktat penghasil eksopolisakarida dari kimchi. J Pangan Agroindustri. 3(2): 743-748.
- Rukayadi Y, Suwanto A, Tjahjono, Harling R. 2000. Survival and epiphytic fitness of a nonpathogenic mutant of *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*. Appl Environ Microbiol. 66(3): 1183-1189. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.66.3.1183-1189.2000>.
- Rajeshwar PS, Donat PH. 2002. UV-induced DNA damage and repair. Photochem Photobiol Sci. 1: 225-236. DOI: <https://doi.org/10.1039/b201230h>.

- Rastogi RP, Richa, Kumar A, Tyagi MB, Rajeshwar PS. 2010. Molecular mechanisms of ultraviolet radiation-induced DNA damage and repair. *J Nucleic Acids*. doi:10.4061/2010/592980. DOI: <https://doi.org/10.4061/2010/592980>.
- Thein A, Prathuangwong S. 2010. Novel strains of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* uv mutated induce systemic resistance in rice against bacterial leaf blight disease. *Kasetsart J*. 44:1026–1043.
- Wahyudi AT, Meliah S, Nawangsih AA. 2011. *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* bakteri penyebab hawar daun pada padi: isolasi, karakterisasi, dan telaah mutagenesis dengan transposon. *Makara Sains*. 15(1):89-96.