

Induksi Resistensi dengan *Rhodotorula minuta* untuk Mengendalikan Antraknosa (*Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds) Pada Tanaman Cabai

Sri Hartati^{1*}, Linda Tarina², Endah Yulia¹, dan Luciana Djaya¹

¹Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21, Jatinangor, Indonesia 45363

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21, Jatinangor, Indonesia 45363

*Email: s.hartati@unpad.ac.id

ABSTRACT

Induced Resistance to Anthracnose (*Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds) by *Rhodotorula minuta* on Chili Plants

Anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* is a major disease of chili plants that may cause a big loss. The application of yeasts as resistance inducers on chili plants is an environmentally-friendly control method. This study was carried out to evaluate the potency of *Rhodotorula minuta* in inducing resistance to anthracnose on chili plants. The experiment was carried out at the Laboratory of Plant Protection Biotechnology and Glass House at Ciparanje Research Station, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, in Jatinangor and Laboratory of Biorin, PAU, Institut Pertanian Bogor. The experiment was arranged in a randomized complete block design with 9 treatments and 5 replications. Induction of resistance by *R. minuta* was tested by inoculating tested chili plants with *C. acutatum* at different time of inoculation, i.e. 3, 5, 7, and 10 days after the induction treatments. The results of the experiment showed that *R. minuta* was able to induce resistance to anthracnose on chili plants. The smallest area of anthracnose symptom, of 0.1125 cm², was found on leaves of treated plants by *R. minuta* inoculated at 7 days after treatment. Treatment of *R. minuta* on plants inoculated at 7 days after treatment showed the best induction response, the anthracnose suppression was 47.33%, and the activity of peroxidase was increased by 1.7 times (0.748 ΔA_{420} /menit. μ g protein).

Keywords: Yeast, Peroxidase, Induction response, Time of inoculation

ABSTRAK

Antraknosa merupakan salah satu penyakit utama pada tanaman cabai yang menyebabkan kerugian cukup besar. Penggunaan khamir sebagai agens penginduksi resistensi tanaman cabai merupakan salah satu alternatif ramah lingkungan untuk pengendalian penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan khamir *R. minuta* dalam menginduksi resistensi tanaman cabai untuk mengendalikan penyakit antraknosa cabai. Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman dan Rumah Kaca Kebun Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran di Jatinangor serta Laboratorium Biorin, PAU, Institut Pertanian Bogor. Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 9 perlakuan dan 5 ulangan. Pengaruh induksi resistensi diuji dengan perbedaan waktu inokulasi *C. acutatum* yaitu 3, 5, 7, dan 10 hari setelah perlakuan induksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa khamir *R. minuta* memiliki kemampuan menginduksi resistensi tanaman cabai terhadap antraknosa. Luas gejala antraknosa terkecil terjadi pada perlakuan induksi *R. minuta* dengan waktu inokulasi 7 hari setelah perlakuan yaitu sebesar 0,1125 cm². Perlakuan *R. minuta* dengan waktu inokulasi 7 hari setelah perlakuan merupakan respon induksi terbaik dengan tingkat penekanan antraknosa sebesar 47,33%, serta meningkatkan aktivitas enzim peroksidase 1,7 kali yaitu sebesar 0,748 ΔA_{420} /menit. μ g protein.

Kata kunci: Khamir, Peroksidase, Respon induksi, Waktu inokulasi

PENDAHULUAN

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Produktivitas cabai di Indonesia dari tahun 2015-2017 berturut-turut 8,65 ton/ha, 8,47 ton/ha dan 8,46 ton/ha (BPS, 2017). Produktivitas cabai tersebut masih berada di bawah potensi produktivitas cabai yang bisa mencapai 12-15 ton/ha (Duriat & Agus, 2003). Berbagai kendala dalam budidaya tanaman cabai dapat menyebabkan menurunnya produktivitas cabai di Indonesia, salah satunya adalah serangan hama dan patogen. Salah satu patogen yang dapat menurunkan produktivitas cabai adalah *Colletotrichum acutatum* penyebab antraknosa. Penyakit antraknosa dapat menurunkan produksi cabai di Indonesia sebesar 10-80% pada musim hujan dan 2-35% pada musim kemarau (Widodo, 2007).

Pengendalian penyakit antraknosa pada umumnya dilakukan dengan menggunakan fungisida sintetik (Marsuni & Pramudi, 2016). Namun, penggunaan fungisida sintetik dapat berdampak buruk terhadap lingkungan tanah, air dan organisme non target (Aktar *et al.*, 2009).

Salah satu cara pengendalian ramah lingkungan untuk penyakit tanaman adalah dengan melakukan induksi resistensi. Induksi resistensi adalah suatu proses untuk mengaktifkan resistensi alami tanaman inang melalui pemberian stimulan tertentu tanpa adanya introduksi gen-gen baru (Walters *et al.*, 2007). Stimulan atau bahan penginduksi tersebut dapat berupa bahan kimia tertentu, mikroorganisme nonpatogen, patogen avirulen, ras patogen inkompatibel, dan patogen virulen yang gagal menginfeksi karena kondisi lingkungan yang tidak optimal (Vallad & Goodman, 2004). Bahan penginduksi dapat menginduksi tanaman sehingga menghasilkan respon pertahanan yang diawali dengan terbentuknya oksigen reaktif (ROS) (Habibullah dkk., 2018).

Khamir merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai agens penginduksi resistensi tanaman. Beberapa khamir telah dilaporkan dapat menginduksi resistensi tanaman terhadap berbagai penyakit tanaman. Khamir *Rhodotorula mucilaginosa* telah dilaporkan dapat menginduksi resistensi stroberi terhadap penyakit busuk lunak dan *blue mold* (Zhang *et al.*, 2014). Khamir *R. mucilaginosa* juga dapat menginduksi resistensi buah apel terhadap penyakit *gray mold* dan *blue mold* (Li *et al.*, 2011). *Aureobasidium pullulans* menginduksi resistensi buah apel terhadap penyakit *gray mold* dan *blue*

mold (Ippolito *et al.*, 2000). *Metschnikowia fructicola* menginduksi resistensi jeruk limau untuk mengendalikan *Penicillium digitatum* (HersHKovitz *et al.*, 2012). *Saccharomyces cerevisiae* mampu menginduksi resistensi tanaman melalui peningkatan aktivitas peroksidase, polyphenoloxidase, fenilalanin amonia-lyase, β -1,3-*glukanase* dan kitinase secara lokal dan sistemik pada tanaman tomat, lada dan mentimun II.

Menurut Bell (1988) dalam induksi resistensi, tanaman membutuhkan waktu untuk mengaktifkan sistem pertahanannya terhadap patogen. *Candida saitoana* dengan kerapatan 10^8 sel/ml dapat mengendalikan patogen *Botrytis cinerea* pada buah apel sebesar 50-70% pada hari ke 7 setelah aplikasi khamir (El Ghaout *et al.*, 2003). *Pichia guilliermondii* dengan kerapatan sel 10^8 sel/ml dapat menginduksi resistensi tanaman cabai terhadap penyakit antraknosa pada 3 hari setelah perlakuan khamir (Nantawanit, 2010). Hasil penelitian Zhang *et al.* (2014), menunjukkan bahwa khamir *R. mucilaginosa* dengan kerapatan sel 10^8 sel/ml dapat menginduksi resistensi buah stroberi terhadap penyakit busuk lunak (*Rhizopus stolonifer*) dan *gray mold* (*Botrytis cinerea*) pada 3 hari setelah perlakuan khamir. Khamir *R. mucilaginosa* dengan kerapatan sel 10^8 sel/ml juga mampu menginduksi resistensi buah apel terhadap penyakit *gray mold* dan *blue mold* yang disebabkan oleh patogen *Penicillium expansum* dan *B. cinerea* pada 5 hari setelah perlakuan khamir.

Khamir *R. minuta* yang diisolasi dari buah cabai berpotensi sebagai agens antagonis patogen antraknosa pada cabai melalui mekanisme secara langsung (Hartati, 2016). Akan tetapi, kemampuan *R. minuta* tersebut dalam menginduksi resistensi tanaman cabai untuk penyakit yang sama belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan khamir *R. minuta* dalam menginduksi resistensi tanaman cabai untuk mengendalikan penyakit antraknosa cabai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, dan rumah kaca Kebun Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran di Jatinangor. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 9 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan tersebut menggunakan teknik perendaman benih dan penyiraman bibit cabai dengan suspensi *R.*

minuta dengan waktu inokulasi patogen *C. acutatum* yang berbeda. Perlakuan yang diuji adalah sebagai berikut :

- A = Perlakuan *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* 3 hari setelah perlakuan (hsp)
- B = Perlakuan *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* 5 hsp
- C = Perlakuan *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* 7 hsp
- D = Perlakuan *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* 10 hsp
- E = Kontrol (+) tanpa perlakuan *R. minuta*, inokulasi *C. acutatum* 3 hsp
- F = Kontrol (+) tanpa perlakuan *R. minuta*, inokulasi *C. acutatum* 5 hsp
- G = Kontrol (+) tanpa perlakuan *R. minuta*, inokulasi *C. acutatum* 7 hsp
- H = Kontrol (+) tanpa perlakuan *R. minuta*, inokulasi *C. acutatum* 10 hsp
- I = Kontrol (-) tanpa perlakuan *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum*

Penyediaan *R. minuta* dan *C. acutatum*

Khamir *R. minuta* yang digunakan dalam penelitian ini diisolasi dari buah cabai dari pertanaman cabai di Darmaga Bogor. Jamur *C. acutatum* diisolasi dari tanaman cabai bergejala antraknosa dari pertanaman cabai di Sumedang. *R. minuta* diremajakan dalam media *Yeast Malt Extract broth* (YMB), selanjutnya ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Media PDA juga digunakan untuk perbanyak jamur *C. acutatum*. Suspensi khamir dibuat dari biakan murni khamir berumur 5 hari dengan kerapatan sel 10^8 sel/ml, sedangkan suspensi *C. acutatum* dibuat dari biakan murni jamur berumur 10 hari dengan kerapatan konidia 10^6 konidia/ml. Kerapatan sel khamir dan jamur dihitung dengan menggunakan haemasitometer.

Persiapan Benih Cabai

Benih cabai yang digunakan adalah varietas Unpad CB-2 koleksi Dr. Ir. Neni Rostini, MS. Laboratorium Pemuliaan Tanaman dan Produksi Tanaman. Varietas cabai tersebut merupakan hasil persilangan *Capsicum frutescens* dengan varietas Unpad CB 1 yang keturunannya disilangkan dengan cabai keriting lokal kode seleksi 1-7-2-2 atau RM08 AXKRTRM 1B (Kementerian Pertanian, 2015).

Perlakuan Induksi Resistensi

Benih cabai direndam dalam air hangat selama \pm 4 jam sebelum diberi perlakuan induksi untuk memudahkan benih berkecambah. Setelah

direndam air hangat, benih cabai ditiriskan selanjutnya diberi perlakuan induksi. Perlakuan induksi dilakukan dengan merendam benih cabai dalam suspensi khamir *R. minuta* kerapatan 10^8 sel/ml selama 60 menit. Selanjutnya, benih diperam selama 12 jam dalam kertas tissue steril lembab. Perlakuan kontrol dilakukan dengan merendam benih dalam akuades steril.

Benih cabai berperlakuan kemudian disemai pada media semai siap pakai "*Fam Organic*" dalam polibag berukuran 10x15 cm. Media semai ini merupakan campuran dari tanah, sekam bakar, *cocopeat* dan pupuk kascing. Bibit cabai berumur 5 minggu dipindah ke polibag berukuran 20x25 cm dan diinduksi kembali dengan suspensi khamir dengan cara menyiramkan suspensi khamir sebanyak 30 ml per bibit (kerapatan 10^8 sel/ml). Media tanam yang digunakan untuk pindah tanam berupa campuran tanah dengan pupuk kandang sapi dengan perbandingan 2:1. Pupuk yang digunakan adalah urea (200 kg/ha), Za (450 kg/ha), SP₃₆ (150 kg/ha), dan KCl (150 kg/ha) (Setiadi, 2006).

Inokulasi Patogen

Inokulasi patogen *C. acutatum* dilakukan sesuai perlakuan waktu inokulasi yaitu 3, 5, 7, dan 10 hari setelah perlakuan penginduksian pada bibit cabai (hsp). Inokulasi patogen *C. acutatum* dilakukan pada tanaman cabai sehat. Daun tanaman cabai sehat diinokulasi patogen dengan cara meneteskan suspensi *C. acutatum* dengan kerapatan 10^6 konidia/ml sebanyak 0,1 ml/daun. Inokulasi tersebut dilakukan pada luka yang dibuat dengan jarum steril. Tanaman yang telah diinokulasi disungkup menggunakan kantung plastik untuk menjaga kelembaban.

Analisis Aktivitas Enzim Peroksidase

Aktivitas enzim peroksidase diuji berdasarkan metode Kar & Mishra (1976). Analisis enzim dilakukan pada daun cabai empat hari setelah inokulasi (Li *et al.*, 2011). Supernatan dibuat dari 0,5 gram daun cabai yang digerus sampai halus dan ditambahkan 0,05 M *buffer* fosfat (pH 7) dengan perbandingan 1:4 (g/ml), kemudian disaring menggunakan kertas saring *Whatman* no. 1. Filtrat daun cabai yang didapatkan disentrifugasi pada suhu 4°C selama 10 menit dengan kecepatan 5000 rpm. Supernatan yang diperoleh digunakan sebagai sediaan enzim.

Sediaan enzim sebanyak 100 μ l ditambah 2,5 ml pirogalol 0,2 M direaksikan dengan 250 μ l H₂O₂ 1%. Absorbansi diukur pada panjang

gelombang 420 nm dengan spektrofotometer setiap 30 detik dalam periode 0-240 detik. Blanko merupakan larutan yang sama ditambah 0,05 M *buffer* fosfat (pH 7) tanpa sediaan enzim. Peningkatan nilai absorbansi persatuan waktu per bobot protein ($\Delta A_{420}/\text{menit.mg}$ protein) yang didapatkan merupakan nilai aktivitas peroksidase.

Total protein dianalisis menggunakan metode Lowry (1951). Sediaan enzim sebanyak 1 ml dicampur dengan 5 ml pereaksi C lalu diinkubasi pada suhu ruang selama 10 menit, selanjutnya ditambah 0,5 ml pereaksi D dan diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit. Absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 500 nm. Kadar protein sampel dihitung dari nilai absorbansi dengan konstanta dan koefisien persamaan regresi linier pada kurva standar BSA.

Pengamatan Masa Inkubasi dan Persentase Penekanan Gejala

Masa inkubasi diamati untuk mengetahui waktu dari inokulasi patogen sampai muncul gejala penyakit pertama kali. Tanaman yang telah diinokulasi dengan *C. acutatum* diamati setiap hari sampai muncul gejala pertama pada semua perlakuan.

Persentase penekanan gejala antraknosa pada daun cabai diukur berdasarkan luas gejala yang muncul pada saat masa inkubasi. Luas gejala diukur menggunakan plastik transparan berpetak dengan ukuran 0,5 cm x 0,5 cm (Sasmita, 2015). Perhitungan luas gejala pada daun menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Luas gejala} = \text{Jumlah petak bergejala} \times \text{luas petak}$$

Persentase penekanan gejala dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penekanan gejala (\%)} = \frac{\text{LGk} - \text{LGp}}{\text{LGk}} \times 100\%$$

Keterangan:

LGk = Luas gejala antraknosa pada kontrol

LGp = Luas gejala antraknosa pada perlakuan

Pengamatan Aktivitas Enzim Peroksidase

Aktivitas peroksidase diamati pada perlakuan waktu inokulasi patogen 7 hsp. Perhitungan aktivitas enzim peroksidase berdasarkan rumus Kar & Mishra (1976).

$$\text{UAE} = \frac{\Delta\text{OD} \times \text{sediaan enzim (ml)}}{\text{Jumlah protein (mg)} \times \text{waktu inkubasi (menit)}} \times \text{Fp(x)}$$

Keterangan:

ΔOD = Koefisien regresi persamaan linear nilai absorbansi dan waktu inkubasi ($Y = a + bx$)

Fp(x) = Faktor pengenceran sampel

Penentuan kadar protein terlarut dilakukan berdasarkan rumus Lowry *et al.* (1951).

$$\text{Jumlah protein} = \frac{\text{Nilai absorbansi} - a}{b} \times \text{Fp(x)}$$

Keterangan:

Nilai a = Konstanta regresi persamaan linear kurva standar BSA ($Y = a + bx$)

Nilai b = Koefisien regresi persamaan linear kurva standar BSA ($Y = a + bx$)

Fp(x) = Faktor pengenceran sampel

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) menggunakan program SPSS Versi 22.0 *for windows*. Jika terdapat pengaruh perlakuan, maka dilakukan uji lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Induksi oleh *R. minuta* terhadap Masa Inkubasi Penyakit Antraknosa

Perlakuan induksi resistensi tanaman cabai oleh khamir *R. minuta* tidak mempengaruhi waktu inkubasi penyakit antraknosa. Gejala antraknosa muncul pada 7 hari setelah inokulasi pada semua perlakuan (Tabel 1).

Waktu inkubasi penyakit antraknosa dalam penelitian ini termasuk cepat. Menurut Herwidyarti dkk. (2013) waktu inkubasi penyakit antraknosa adalah 12 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa virulensi *C. acutatum* yang digunakan cukup tinggi. Terbentuknya gejala antraknosa oleh *C. acutatum* juga disebabkan oleh jumlah inokulum yang cukup yaitu dengan kerapatan konidia 10^6 konidia/ml. Selain virulensi patogen dan jumlah inokulum, masa inkubasi penyakit juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Gejala antraknosa pada cabai didukung oleh kondisi lingkungan yang optimal yaitu suhu sekitar 27°C dan kelembaban di atas 80% (Meilin 2014). Suhu dan kelembaban yang sama juga terjadi pada lokasi penelitian.

Tabel 1. Masa inkubasi penyakit antraknosa pada tanaman cabai dengan perlakuan induksi resistensi *R. minuta*

Perlakuan	Masa inkubasi penyakit (hari)
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 3 hari setelah perlakuan (hsp)	7
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 5 hsp	7
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 7 hsp	7
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 10 hsp	7
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 3 hsp)	7
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 5 hsp)	7
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 7 hsp)	7
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 10 hsp)	7

Tidak adanya penundaan masa inkubasi pada perlakuan induksi oleh *R. minuta* diduga karena respon induksi terjadi ketika gejala tanaman muncul. Hal tersebut terjadi karena tanaman yang diberi perlakuan induksi resistensi memerlukan waktu untuk mengaktifkan sistem pertahanannya (Bell, 1988).

Pengaruh Induksi oleh *R. minuta* terhadap Luas Gejala Antraknosa dan Penekanan Penyakit

Luas gejala antraknosa diukur sesuai dengan masa inkubasi penyakit yaitu pada 7 hari setelah inokulasi (hsi). Gejala antraknosa yang terjadi seperti yang dilaporkan oleh Coates *et al.* (2016) yaitu timbulnya lesio berwarna coklat sampai coklat tua atau hitam, bentuk lesio tidak beraturan, dan

terdapat halo berwarna kuning pada bagian pinggirnya. Seiring dengan perkembangan gejala, lesio tersebut akan berbentuk cekung dan mengarah ke tepi daun.

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa pada 7 hsi rata-rata luas gejala antraknosa terbesar terjadi pada kontrol positif dengan inokulasi *C. acutatum* pada 5 dan 10 hari setelah perlakuan (hsp) yaitu sebesar 0,2750 cm². Adapun rata-rata luas gejala antraknosa terkecil terjadi pada perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* pada 7 hsp yaitu sebesar 0,1125 cm² (Tabel 2). Tanaman cabai yang tidak diinduksi dan tidak diinokulasi patogen (kontrol negatif) tidak menunjukkan gejala penyakit antraknosa dari awal sampai akhir pengamatan.

Tabel 2. Luas gejala penyakit antraknosa daun cabai pada 7 hari setelah inokulasi (hsi) dengan perlakuan induksi resistensi *R. minuta*

Perlakuan	Rata-rata luas gejala (cm ²)
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 3 hsp	0,2375 c
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 5 hsp	0,2375 c
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 7 hsp	0,1125 ab
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 10 hsp	0,1625 bc
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 3 hsp)	0,2500 c
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 5 hsp)	0,2750 c
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 7 hsp)	0,2625 c
Kontrol + (Tanpa <i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 10 hsp)	0,2750 c
Kontrol – (Tanpa <i>R. minuta</i> dan inokulasi <i>C. acutatum</i>)	0,0000 a

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan analisis statistik diketahui bahwa perlakuan induksi resistensi oleh *R. minuta* berpengaruh terhadap luas gejala antraknosa. Luas gejala antraknosa pada perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* 7 hsp berbeda nyata dengan seluruh perlakuan kecuali dengan perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* 10 hsp.

Sementara itu, terdapat perbedaan yang nyata antara kontrol negatif dengan seluruh perlakuan kecuali dengan perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* pada 7 hsp (Tabel 2).

Hasil pengamatan luas gejala tersebut sesuai dengan persentase penekanan gejala antraknosa (Tabel 3). Persentase penekanan penyakit terbesar

terjadi pada perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* 7 hsp yaitu sebesar 47,33% sedangkan persentase penekanan penyakit antraknosa terkecil terjadi pada perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* 3 hsp yaitu sebesar 5,67%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa respon induksi resistensi pada tanaman cabai terjadi pada hari ke-3 sampai ke-10 setelah aplikasi *R. minuta*. Respon induksi resistensi terbaik terjadi pada perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* 7 hsp (Tabel 3).

Penekanan perkembangan luas gejala antraknosa pada tanaman cabai akibat perlakuan

induksi resistensi oleh *R. minuta* diduga disebabkan oleh adanya peningkatan aktivitas enzim pertahanan. Enzim yang berkaitan dengan pertahanan tanaman biasanya meningkat setelah adanya inokulasi patogen pada tanaman yang diinduksi. Hal ini sesuai dengan dasar pemikiran induksi resistensi yang menyatakan bahwa reaksi pertahanan tanaman tidak diekspresikan sebelum induksi resistensi diberikan dan ekspresi ketahanan akan muncul setelah adanya infeksi patogen pada waktu dan lokasi yang berbeda (Olivera *et al.*, 2016).

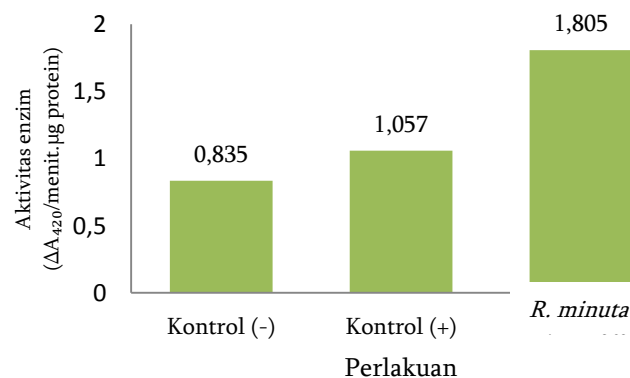
Tabel 3. Persentase penekanan penyakit antraknosa pada tanaman cabai dengan perlakuan induksi resistensi *R. minuta*

Perlakuan	Penekanan penyakit (%)
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 3 hsp	5,67
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 5 hsp	15,67
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 7 hsp	47,33
<i>R. minuta</i> , inokulasi <i>C. acutatum</i> 10 hsp	34,67

Selain disebabkan oleh peningkatan enzim pertahanan, terhambatnya perkembangan luas gejala antraknosa pada tanaman cabai bisa disebabkan tanaman yang terinduksi menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman. Bahan penginduksi dapat mengaktifkan jalur sekunder tanaman dalam merespon stres dan serangan patogen (Sharma *et al.*, 2009). Selain itu, agens penginduksi resistensi juga dapat meningkatkan hormon pertumbuhan tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik dan sulit untuk diinfeksi patogen (Gao *et al.*, 2010).

Pengaruh Induksi oleh *R. minuta* terhadap Peningkatan Aktivitas Enzim Peroksidase

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan aktivitas enzim peroksidase yang tinggi pada tanaman yang diinduksi oleh *R. minuta* (Gambar 1). Aktivitas enzim peroksidase pada tanaman cabai dengan perlakuan *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* pada 7 hsp meningkat sebesar 1,7 kali dibandingkan dengan perlakuan inokulasi *C. acutatum* tanpa induksi khamir (0,748 ΔA_{420} /menit. μ g protein).



Gambar 1. Aktivitas enzim peroksidase tanaman cabai dengan perlakuan induksi *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* 7 hsp

Kenaikan aktivitas enzim tersebut sesuai dengan penelitian Taufik dkk. (2010) bahwa

perlakuan induksi resistensi tanaman cabai dengan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*)

terhadap penyakit *cucumber mozaik virus* dapat meningkatkan aktivitas enzim peroksidase 1,7 kali lebih tinggi dari perlakuan kontrol pada 7 hari setelah perlakuan. Selain itu, penelitian Ippolito *et al.* (2000) melaporkan bahwa khamir *Aureobasidium pullulans* dengan kerapatan sel 10^7 sel/ml dapat menginduksi resistensi buah apel untuk mengendalikan penyakit *gray mold* dan *blue mold* dan dapat meningkatkan aktivitas enzim peroksidase 6 kali lebih tinggi dibandingkan kontrol.

Terjadinya peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada penelitian ini, sejalan dengan penekanan luas gejala antraknosa. Peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada perlakuan induksi dengan *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* 7 hsp dapat memperkecil luas gejala antraknosa yang muncul pada daun cabai hingga $0,1125 \text{ cm}^2$ (Tabel 2) dan menekan penyakit dengan persentase penekanan yang paling tinggi yaitu 47,33% (Tabel 3).

Aktivitas enzim peroksidase juga terdeteksi pada tanaman kontrol negatif yaitu sebesar $0,835 \Delta A_{420}/\text{menit}.\mu\text{g}$ protein. Adanya aktivitas enzim peroksidase pada tanaman yang tidak diberi perlakuan induksi *R. minuta* maupun inokulasi *C. acutatum* menunjukkan bahwa enzim peroksidase secara alami terdapat pada tanaman. Menurut Siegel (1993) enzim peroksidase banyak terdistribusi di alam dan dapat ditemukan pada tanaman, hewan dan mikroorganisme. Enzim peroksidase pada tanaman cabai selain berperan dalam sistem pertahanan tanaman, juga dapat berperan sebagai katalisator reaksi oksidatif capsaicinoid dalam menghasilkan capsaicin (Diaz *et al.*, 2004).

Enzim peroksidase merupakan indikator terjadinya induksi resistensi baik secara lokal maupun sistemik (El-Mougy *et al.*, 2013). Peranan enzim peroksidase dalam sistem pertahanan tanaman diantaranya adalah memperkuat dinding sel melalui pembentukan protein struktural pada dinding sel tanaman dan biosintesis lignin (Stermer, 1995). Vidhyasekaran (2004) menyatakan bahwa enzim peroksidase berperan sebagai katalis dalam polimerasi monolignol untuk membentuk dinding sel tanaman. Selain itu, enzim peroksidase dapat berperan sebagai katalis reaksi oksidasi senyawa fenolik menjadi senyawa kuinon dan menghasilkan H_2O_2 yang toksik bagi patogen (Turk, 1993). Menurut Bell (1988) enzim peroksidase juga dapat mengkatalisasi pembentukan senyawa-senyawa metabolit sekunder yang bersifat toksik sebagai reaksi adanya serangan patogen.

Reaksi pertahanan tanaman dihasilkan akibat adanya elisitor yang berperan dalam pembentukan dan transduksi sinyal yang diterima oleh reseptor pada tanaman. Hindumathy (2012) menyatakan bahwa interaksi elisitor dengan reseptor diduga menghasilkan sinyal yang mengaktifkan respon pertahanan tanaman. Sel-sel khamir *R. minuta* maupun senyawa-senyawa yang dihasilkan diduga berperan sebagai elisitor. Menurut Sharma *et al.* (2009) fragmen oligosakarida yang berasal dari polisakarida dinding sel khamir diketahui berperan sebagai elisitor yang aktif menginduksi respon pertahanan inangnya

Mekanisme resistensi tanaman cabai dengan perlakuan induksi oleh *R. minuta* dan inokulasi *C. acutatum* pada 7 hsp diduga tidak hanya berasal dari aktivitas enzim peroksidase saja. Respon pertahanan tanaman dapat menghasilkan enzim yang terkait dengan stres seperti fenilalanin amonia-lyase (PAL) dan akumulasi enzim pengoksidasi komponen fenolik seperti peroksidase, polifenoloksidase, sintesis enzim *glucanohydrolase* seperti kitinase dan β -1,3-glucanase (Park & Kloepper, 2000; Hindumathy, 2012). Shan *et al.* (2014) melaporkan bahwa isolat khamir XL-1 dapat meningkatkan enzim yang berkaitan dengan resistensi tanaman yaitu polyphenoloksidase, SOD, dan β -1, 3- glucanase pada buah melon.

SIMPULAN

1. Khamir *R. minuta* mampu menginduksi resistensi tanaman cabai untuk mengendalikan antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum acutatum*.
2. Respon induksi resistensi terbaik terjadi pada 7 hari setelah perlakuan *R. minuta* dengan persentase penekanan antraknosa tertinggi sebesar 47,33%.
3. Terjadi peningkatan aktivitas enzim peroksidase pada perlakuan *R. minuta* dengan inokulasi *C. acutatum* 7 hsp sebesar $0,748 \Delta A_{420}/\text{menit}.\mu\text{g}$ protein.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat dan Inovasi Universitas Padjadjaran yang telah mendanai kegiatan ini melalui Riset Fundamental Unpad Program Hibah Internal Universitas Tahun Anggaran 2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Aktar, M, Wasim, D Sengupta, and A Chowdhury. 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Journal Interdisciplinary Toxicology*. 2(1): 1-12.
- Bell, AA. 1988. Biochemical mechanisms of diseases resistance. *Annual Review Plant Physiology*. 32: 21-28.
- BPS. 2017. Produktivitas Cabai Besar. Badan Pusat Statistik. Tersedia online pada http://www.pertanian.go.id/ap_pages/mod/datahorti. Diakses pada 22 Mei 2018.
- Coates, L, T Cooke, and L Forsberg. 2016. The Biology and Management of *Colletotrichum* Disease in Production Nurseries. Department of Agriculture, Fisheries and Forestry. Australia. 6 pp.
- Diaz, J, F Pomar, A Bernali, and F Merino. 2004. Peroxidases and metabolism of capsaicin in *Capsicum annuum* L. *Phytochemistry Reviews*. 3: 141-157.
- Duriat, A, dan M Agus. 2003. Pengenalan Penyakit Penting Pada Cabai dan Pengendaliannya Berdasarkan Epidemiologi Terapan. Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- El-Ghaouth, A, CL Wilson, and M Wisniewski. 2003. Control of postharvest decay of apple fruit with *Candida saitoana* and induction of defense responses. *Phytopathology*. 93: 344-348.
- El-Mougy, NS, MM Abdel-Kader, SM Lashin, and AA Megahed. 2013. Fungicides alternatives as plant resistance inducers against foliar diseases incidence of some vegetables grown under plastic houses conditions. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*. 3:71-81 .
- Gao, FK, CC Dai, and XZ Liu. 2010. Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. *African Journal of Microbiology Research*. 4: 1346-1351.
- Habibullah, M, A Widiastuti, dan C Sumardiyono. 2018. Respons awal ketahanan jagung terhadap *Peronosclerospora maydis* dan induksi bahan kimia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 22: 27-32.
- Hartati, S. 2016. Khamir sebagai Agens Biokontrol Antraknosa (*Colletotrichum acutatum* J. H. Simmonds) pada Cabai Pascapanen. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hershkovitz, V, C Ben-Dayan, G Raphael, M Pasmanik-Chor, J Liu, E Belausov, R Aly, M Wisniewski, and S Droby. 2012. Global changes in gene expression of grapefruit peel tissue in response to the yeast biocontrol agent *Metschnikowia fructicola*. *Molecular Plant Pathology*. 13: 338-349.
- Herwidyarti, KH, S Ratih dan DRJ Sembodo. 2013. Keparahan penyakit antraknosa pada cabai (*Capsicum annum* L.) dan berbagai jenis gulma. *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(1): 102-106.
- Hindumathy, CK. 2012. The defense activator from yeast for rapid induction of resistance in susceptible pearl millet hybrid against downy mildew disease. *International Journal of Agriculture Sciences* 4: 196-201. Tersedia online pada <http://www.bioinfo.in/contents.php>. Diakses pada 15 Juni 2019.
- Ippolito, A, AE Ghaouth, CL Wilson, and M Wisniewski. 2000. Control of postharvest decay of apple fruit by *Aureobasidium pullulans* and induction of defense responses. *Postharvest Biology and Technology*. 19: 265-272.
- Ippolito, A, AE Ghaouth, CL Wilson, and M Wisniewski. 2000. Control of postharvest decay of apple fruit by *Aureobasidium pullulans* and induction of defense responses. *Postharvest Biology and Technology*. 19: 265-272.
- Kar, M, and D Mishra. 1976. Catalase, peroksidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57: 315-319.
- Kementerian Pertanian. 2015. Deskripsi Cabai Varietas Unpad CB-2. Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 032/Kpts/SR.120/D. 2. 7/3/2015.
- Li, R, H Zhang, W Liu, and X Zheng. 2011. Biocontrol of postharvest gray and blue mold decay of apples with *Rhodotorula mucilaginosa* and possible mechanism of action. *International Journal of Food Microbiology*. 146(2): 151-156.
- Li, R, H Zhang, W Liu, and X Zheng. 2011. Biocontrol of postharvest gray and blue mold decay of apples with *Rhodotorula mucilaginosa* and possible mechanism of action. *International Journal of Food Microbiology*. 146(2): 151-156.
- Lowry, OH, NJ Rosebrough, AL Farr, and RJ Randall. 1951. Protein measurement with

- the folin phenol reagent. *Journal Biology Chemical*. 193: 265-275.
- Marsuni, Y, dan MI Pramudi. 2016. Pengendalian penyakit antraknosa pada cabai dengan budidaya tanaman yang ramah lingkungan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 26(1): 4-14.
- Meilin, A. 2014. Hama dan Penyakit pada Tanaman Cabai dan Pengendaliannya. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi. 26 hlm.
- Nantawanit, N, A Chanchaichaovivat, B Panijpan, and P Ruenwongsa. 2010. Induction of defense response against *Colletotrichum capsici* in chilli fruit by the yeast *Pichia guilliermondii* strain R13. *Journal Biological Control*. 52: 145-152.
- Olivera, MDM, CMR Varanda, and MRF Félix. 2016. Induced resistance during the interaction pathogen X plant and the use of resistance inducers. *Phytochemistry Letters reviews*. 15: 152-158.
- Park, KS, and JW Kloepper. 2000. Activation of PR-1a promoter by *Rhizobacteria* that induced systemic resistance in tobacco against *Pseudomonas syringae* pv. *Tabaci*. *Journal Biological Control*. 18(1):2-9.
- Sasmita, M. 2015. Skrining PGPR sebagai Agens Pengendali Hayati Antraknosa *Colletotricum dematium* var. *truncatum* pada Kedelai. [Skripsi]. Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Setiadi. 2006. Bertanam Cabai. Penebar Swadaya. Jakarta. 184 hlm.
- Shan, CH, W Chen, H Zhang, F-X Tang, and J-M Tong. 2014. Effecton antagonistic yeast XL-1 on resistance-associated enzyme activities in postharvest cantaloupe. *Genetics and Molecular Research*. 13: 6253- 6258.
- Sharma, RR, D Singh, and R Singh. 2009. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists. *Biological Control*. 50: 205-221.
- Siegel, BZ. 1993. Plant peroxidases: an organismic perspective. *Journal Plant Growth Regulation*. 12(3): 303-312.
- Stermer, BA. 1995. Molecular regulation of systemic induced resistance. Pp. 111-140 *in*: Induced Resistance to Disease in Plant. (R Hammerschmidt, and J Kuc, Eds.). Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Taufik, M, A Rahman, A Wahab, and SH Hidayat. 2010. Mekanisme ketahanan terinduksi oleh *Plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) pada tanaman cabai terinfeksi *Cucumber Mosaik Virus* (CMV). *Jurnal Hortikultura*. 20: 274-283.
- Turk, JE, C Breda, D Buffard, C Sallaud, RS Esnault, and A Kondorosi. 1993. Analysis of Peroxidase Gene Expression in an Hypersensitive Response Induced by Pathogenic Bacteria on Alfalfa. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht. 356 pp.
- Vallad, G, and RM Goodman. 2004. Systemic acquire resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science*. 44: 124-129.
- Vidhyasekaran, P. 2004. Concise Encyclopaedia of Plant Pathology. Food Product Press and Howard Reference Press. London. 619 pp.
- Walters, D, A Newton, and G Lyon. 2007. A Sustainable Approach to Crop Protection. Blackwell Publishing. UK. 273 pp.
- Widodo. 2007. Status of chili antrachnose in Indonesia. In First International Symposium and Chili Anthracnose. National Horticultural Research Institute, Rural Development of Administration. Republic of Korea.
- Zhang, H, L Ge, K Chen, L Zhao, and X Zhang. 2014. Enhanced biocontrol activity of *Rhodotorula mucilaginosa* cultured in media containing chitosan against postharvest diseases in strawberries: Possible mechanisms underlying the effect. *Journal Agriculture Food Chemical*. 62(18): 4214-4224.
- Zhang, H, L Ge, K Chen, L Zhao, and X Zhang. 2014. Enhanced biocontrol activity of *Rhodotorula mucilaginosa* cultured in media containing chitosan against postharvest diseases in strawberries: Possible mechanisms underlying the effect. *Journal Agriculture Food Chemical*. 62(18): 4214-4224.