

## Penghambatan Pertumbuhan *Rhizoctonia oryzae* dan *Cercospora oryzae* oleh Senyawa Volatil yang Dihasilkan Bakteri Endofit Padi

Fitri Widiyanti<sup>1\*</sup>, Endah Yulia<sup>1</sup>, dan Agung Kurniawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor Jawa Barat 45363

<sup>2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jl. Raya Bandung-Sumedang KM 21 Jatinangor Jawa Barat 45363

\*Alamat korespondensi: fitri.widiyanti@unpad.ac.id

### ABSTRACT

#### Inhibition growth of *Rhizoctonia oryzae* and *Cercospora oryzae* by volatile compound produced by rice endophytic bacteria

Fungicide application to control plant diseases have been reported to cause many environmental-related problems. Therefore, alternative controlling methods which are also environmentally friendly needed. Endophytic bacteria are known to be used as biological control agents, this is due to its antifungal properties produced by the bacteria. Laboratory of Plant Protection Biotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran is developing endophytic bacteria-based biocontrol agent in which under the testing stage. The study reported the detection of the antifungal potency of volatile compound produced by the rice endophytic bacteria in suppressing the growth of *Rhizoctonia oryzae*, the causal agent of rice sheath spot disease and *Cercospora oryzae*, the causal agent of rice narrow spot disease. The experiment was conducted using separate compartments-dual culture. The result demonstrated that the endophytic bacteria isolate Os1 and Os2 shown the best inhibition growth of *R. oryzae* at the value of 68.7% and 65.4%, respectively. Whereas, bacterial endophyte isolate Os3 gave best inhibition activity against *C. oryzae* at the value of 87.1%. Furthermore, the microscopic observation on the mycelia of *R. oryzae* and *C. oryzae* showed alterations including lysis, swelling and flattening when exposed to the volatile compound produced by the endophytic bacteria.

Keywords: Antifungal, Narrow spot disease, Malformation, Sheath spot disease

### Abstrak

Penggunaan fungisida dalam mengendalikan penyakit pada tanaman telah banyak dilaporkan menimbulkan dampak negatif terutama terhadap lingkungan. Oleh karena itu diperlukan alternatif pengendalian lain yang lebih ramah lingkungan. Bakteri endofit telah banyak dimanfaatkan sebagai agens biokontrol pada berbagai penyakit tanaman karena dikenal sebagai sumber penghasil senyawa-senyawa yang bersifat antifungal. Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran memiliki koleksi beberapa bakteri endofit hasil isolasi asal tanaman padi yang masih dalam tahap pengujian. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui potensi antijamur dari senyawa volatil yang dihasilkan oleh bakteri endofit dalam menekan pertumbuhan jamur *Rhizoctonia oryzae* penyebab penyakit bercak pelepah daun dan jamur *Cercospora oryzae* penyebab penyakit bercak daun secara *in vitro*. Percobaan dilakukan dengan metode *dual culture* dengan menggabungkan dua cawan dimana isolat bakteri endofit dan jamur patogen ditumbuhkan secara terpisah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit Os1 dan Os2 memiliki kemampuan terbaik dalam menghambat patogen *R. oryzae* dengan persentase penghambatan pertumbuhan masing-masing sebesar 68,7% dan 65,4%. Sedangkan isolat bakteri endofit Os3 adalah isolat bakteri endofit yang mempunyai kemampuan terbaik dalam menghambat perkembangan patogen *C. oryzae* dengan persentase penghambatan sebesar 87,1%. Pengamatan mikroskopis memperlihatkan bahwa

senyawa volatil yang dikeluarkan oleh isolat-isolat bakteri endofit tersebut dapat menyebabkan terjadinya malformasi seperti lisis, pembengkakan dan penipisan pada miselia jamur *R. oryzae* dan *C. oryzae*.

Kata kunci: Antifungal, Bercak coklat sempit, Bercak pelepah, Malformasi

---

## PENDAHULUAN

Padi merupakan sumber pangan utama bagi masyarakat Indonesia. Kebutuhan akan beras semakin lama semakin meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk. Upaya untuk meningkatkan hasil produksi padi menemui banyak kendala, salah satunya adalah serangan hama dan penyakit tanaman. Serangan hama dan penyakit dapat menyebabkan produksi padi menjadi tidak stabil serta mengakibatkan kesenjangan hasil antara potensi hasil dan hasil aktual (Oerke, 2006). Di Asia Tenggara, terjadinya penyakit dapat menyebabkan penurunan hasil padi sebesar 12,6% dan sementara serangan hama menyebabkan kehilangan hasil 15,2%, sehingga hasil padi hanya mencapai rata-rata 3,3 t/ha, padahal hasil yang bisa dicapai 5,6 t/ha (Oerke *et al.*, 1994). Dua diantara penyakit penting yang menyerang tanaman padi adalah penyakit bercak pelepah yang disebabkan oleh *Rhizoctonia oryzae* dan bercak coklat sempit yang disebabkan oleh *Cercospora oryzae*.

Penyakit bercak coklat sempit dilaporkan dapat menyebabkan penurunan hasil hingga mencapai 30-40% dan tersebar di seluruh daerah penghasil padi di Indonesia (Manurung dkk., 2014). Penyakit ini bahkan sudah tersebar merata di daerah Jalur Pantura Jawa Barat khususnya di Kabupaten Cirebon, Karawang, Indramayu, dan Subang (Bank Pengetahuan Padi Indonesia, 2009). Penyakit bercak coklat sempit disebabkan oleh jamur *C. oryzae*. Menurut Prasetyo dkk. (2017), dalam penelitiannya, petani khususnya di Kabupaten Jember lebih cenderung menggunakan pupuk Urea secara berlebih sehingga mengakibatkan unsur nitrogen dalam tanamanpun juga ikut berlebih. Hal tersebut menyebabkan dinding sel pada tanaman padi menipis sehingga mengakibatkan tanaman menjadi rentan terhadap serangan *C. oryzae* (Sudir dkk., 2002). Menurut Manurung dkk. (2014), *C. oryzae* membuat daun menjadi kering sebelum waktunya dan membuat tanaman menjadi rebah karena keringnya pelepah daun sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan hasil produksi.

Penyakit lain yang juga tidak kalah penting dalam menurunkan produksi tanaman padi ialah penyakit bercak pelepah daun. Penyakit ini

disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia oryzae*. Jamur *R. oryzae* telah menyebar di seluruh dunia dan dapat menurunkan hasil sebesar 21% (Lanoiselet *et al.*, 2001). Adanya gangguan dari penyakit hawar pelepah daun menyebabkan terjadinya penurunan produksi padi baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Guo *et al.*, 2006). Oleh karena itu perlu dilakukan pencarian metode pengendalian yang efektif.

Widiantini *et al.* (2017) melaporkan bahwa isolat bakteri yang didapatkan dari bagian tanaman padi sehat mampu menghambat pertumbuhan patogen *Pyricularia oryzae*. Bakteri endofit tersebut dapat menghambat pertumbuhan jamur *P. oryzae* sebesar 89,92% pada Os1 dan 80,50% pada Os2 dan untuk bakteri endofit lainnya hanya berkisar 51,25%-74,09%. Bakteri endofit melindungi tanaman dari serangan patogen melalui berbagai mekanisme, salah satu diantaranya adalah dengan mengeluarkan senyawa volatil. Senyawa volatil merupakan senyawa campuran dengan berat molekul rendah yang dihasilkan dari berbagai jalur biosintetik (Kanchiswamy *et al.*, 2015). Senyawa volatil dikeluarkan oleh mikroba dengan berbagai fungsi yang bermanfaat bagi kelangsungan hidupnya. Dilaporkan pula bahwa senyawa volatil yang dikeluarkan oleh bakteri endofit dapat memacu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi berbagai patogen (D'Alessandro *et al.*, 2014).

Kemampuan bakteri endofit isolat Os dalam menekan pertumbuhan *P. oryzae* juga dilaporkan dalam penelitian Hartati (2019). Hartati (2019) melaporkan bahwa bakteri endofit tersebut menunjukkan kemampuan dalam menghasilkan senyawa volatil yang berfungsi untuk menekan pertumbuhan *P. oryzae*. Bakteri endofit Os1 menunjukkan kemampuan efek volatil yang paling baik dalam menekan pertumbuhan jamur *P. oryzae* dibanding bakteri endofit lainnya. Oleh karena itu diharapkan bakteri endofit ini juga dapat menghasilkan senyawa volatil yang dapat menekan pertumbuhan penyakit *C. oryzae* dan *R. oryzae*, yang pada akhirnya dapat digunakan sebagai cara pengendalian yang aman dan ramah terhadap lingkungan.

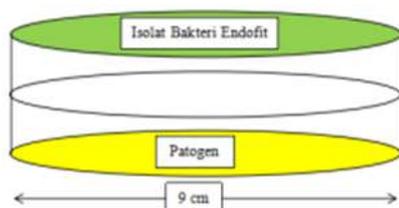
## BAHAN DAN METODE

### Perbanyak jamur *C. oryzae* dan *R. oryzae* serta perbanyak bakteri endofit isolat Os

Jamur *R. oryzae*, *C. oryzae* dan bakteri endofit isolat Os merupakan koleksi dari Laboratorium Bioteknologi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Jamur *R. oryzae* dan *C. oryzae* masing-masing ditumbuhkan dan diperbanyak pada media PDA (Potato Dextrose Agar). Sementara bakteri endofit isolat Os ditumbuhkan dan diperbanyak pada media HPDA (half strength PDA).

### Pengujian efek senyawa volatil bakteri endofit os terhadap *C. oryzae* dan *R. oryzae*

Pengujian efek senyawa volatile yang dihasilkan bakteri Os dilakukan dengan menggunakan metode *dual culture* dengan *compartment* terpisah yang dimodifikasi dari Guo *et al.* (2019). Jamur patogen ditumbuhkan pada media PDA dengan menyimpan satu biakan jamur berukuran 0,5 cm di tengah media dan bakteri Os ditumbuhkan pada media ISP2 (*International Streptomyces Project 2*, dengan komposisi yeast 4 g, malt 10 g, glucose 4 g, agar 15 g, akuades 1 l, pH 7,0±0,2) dengan cara menggoreskan secara penuh pada permukaan agar. Kedua biakan jamur patogen dan isolat bakteri endofit kemudian digabungkan menjadi satu seperti pada Gambar 1. Masing-masing biakan jamur patogen yang digabungkan dengan media ISP2 tanpa bakteri digunakan sebagai kontrol. Pengamatan dilakukan terhadap diameter koloni jamur patogen.



Gambar 1. Ilustrasi pengujian efek volatil isolat bakteri endofit terhadap patogen *C. oryzae* dan *R. oryzae*

Pengolahan statistik terhadap data hasil percobaan dilakukan menggunakan program R Statistik versi 1.1.456. Analisis data hasil percobaan dilakukan dengan ANOVA kemudian apabila hasil menunjukkan perbedaan yang nyata maka dilakukan uji Tukey HSD sebagai uji lanjutan pada taraf nyata

5% (Gomez & Gomez, 1995). Analisis lanjut Uji Tukey HSD dilakukan terhadap diameter koloni *R. oryzae* dan *C. oryzae*. Persentase penghambatan pertumbuhan jamur patogen akibat senyawa volatil dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$I = \frac{c - t}{c} \times 100\%$$

Keterangan:

I = persentase penghambatan

c = jari-jari kontrol *P. oryzae*

t = jari-jari perlakuan *P. oryzae*

Pengamatan pengaruh senyawa volatil yang dikeluarkan oleh isolat bakteri endofit terhadap pertumbuhan jamur patogen dilakukan setiap hari. Pengamatan dihentikan setelah koloni jamur patogen pada perlakuan kontrol telah memenuhi cawan petri. Pengamatan secara mikroskopis terhadap kondisi hifa jamur patogen pada setiap perlakuan dilakukan pada akhir pengujian dengan perbesaran 400 kali.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh senyawa volatil dari isolat bakteri endofit tanaman padi terhadap pertumbuhan *R. oryzae* dan *C. oryzae*

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh isolat bakteri endofit Os yang diuji memiliki kemampuan menghasilkan senyawa volatil yang dapat menekan pertumbuhan jamur patogen baik *R. oryzae* (Gambar 2) maupun *C. oryzae* (Gambar 3). Kemampuan isolat bakteri endofit dalam menekan patogen *R. oryzae* menunjukkan persentase penghambatan tertinggi ditunjukkan oleh isolat Os1 dan Os2 dimana keduanya mampu menghambat pertumbuhan patogen *R. oryzae* secara berurutan sebesar 68,7% dan 65,4%. Sementara persentase penghambatan terendah ditunjukkan oleh isolat bakteri endofit Os8 yang hanya mampu menghambat sebesar 11,9%. Isolat bakteri endofit Os1 dan Os2 terlihat mampu menghambat pertumbuhan *R. oryzae* secara signifikan berdasarkan data uji lanjut Tukey HSD (Tabel 1).

Kemudian hasil pengujian isolat bakteri endofit Os terhadap penghambatan patogen *C. oryzae* juga menunjukkan hasil penekanan pertumbuhan yang baik.

Tabel 1. Diameter koloni jamur *R. oryzae* dan persentase penghambatan pertumbuhannya setelah *dual culture* dengan bakteri endofit isolat Os pada pengamatan 8 HSP.

Perlakuan	Diameter <i>R. oryzae</i> (cm)	Persentase Penghambatan (%)
Kontrol	9,00 a	-
Os1	2,81 d	68,7
Os2	3,11 d	65,4
Os3	3,63 cd	59,6
Os4	6,25 bc	30,5
Os5	5,26 bcd	41,5
Os6	5,48 bcd	39,1
Os7	3,70 cd	58,9
Os8	7,93 ab	11,9
Os10	5,16 cd	42,6

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey HSD pada taraf nyata 5%.

Terbukti melalui hasil uji lanjut Tukey HSD yang menunjukkan bahwa seluruh isolat bakteri endofit Os yang diujikan menunjukkan diameter koloni berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Pada pengamatan terakhir (14 HSP) terlihat bahwa isolat bakteri endofit Os3 menunjukkan persentase dengan tingkat penghambatan paling tinggi dalam menekan

patogen *C. oryzae*. Besar penghambatan isolat Os3 mencapai 87,1%. Sedangkan untuk persentase penghambatan paling rendah ditunjukkan oleh isolat bakteri endofit Os10 dan Os4 dengan persentase penghambatan masing-masing sebesar 71,9% dan 70% (Tabel 2).

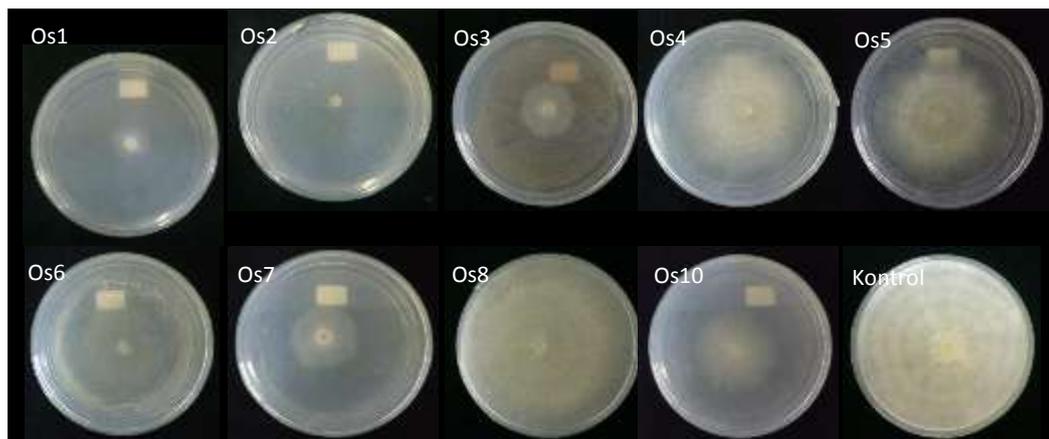
Tabel 2. Diameter koloni jamur *C. oryzae* dan persentase penghambatan pertumbuhannya setelah *dual culture* dengan bakteri endofit isolat Os pada pengamatan 14 HSP.

Perlakuan	Diameter <i>C. oryzae</i> (cm)	Persen Penghambatan (%)
Kontrol	7,88 a	-
Os1	1,51 bc	80,8
Os2	1,96 bc	75,0
Os3	1,01 c	87,1
Os4	2,36 b	70,0
Os5	1,85 bc	76,5
Os6	2,25 b	71,4
Os7	1,95 bc	75,3
Os8	1,36 bc	82,7
Os10	2,21 b	71,9

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey HSD pada taraf nyata 5%.

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hartati (2019) juga menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit Os3 dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang sifat antifungal terhadap pertumbuhan *P. oryzae*. Isolat bakteri endofit Os3 mampu menghambat pertumbuhan *P. oryzae* dengan kisaran 28,17% hingga 37,2%. Widiyantini *et al.* (2017) melaporkan bahwa isolat bakteri endofit Os3 tergolong ke dalam kelompok *Actinomycetes*. Kelompok *Actinomycetes* dari non-*Streptomyces* juga diketahui mampu menghasilkan senyawa

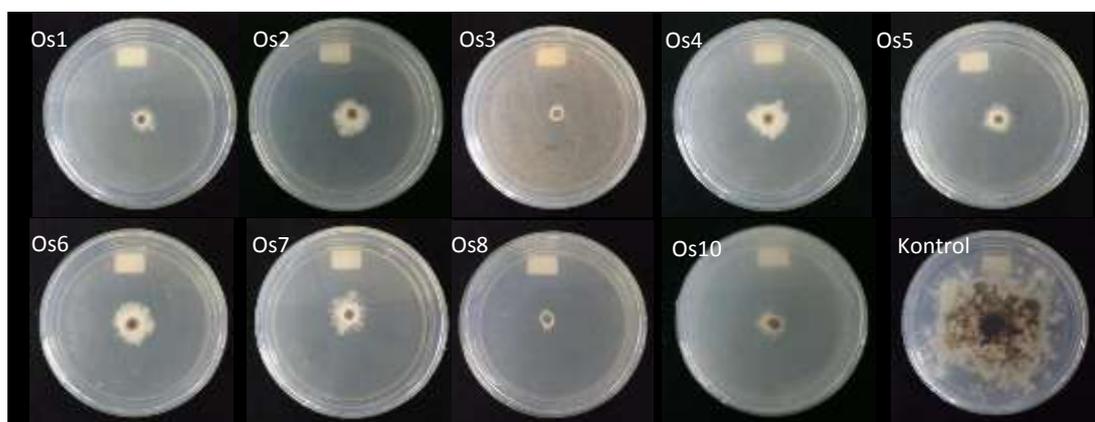
bioaktif metabolit sekitar 2500 senyawa (Solecka *et al.*, 2012). Lebih lanjut Hartati (2019) juga melaporkan bahwa isolat Os1 dan Os3 mampu menghasilkan senyawa volatil dengan aktivitas antijamur terhadap *P. oryzae* yang relatif lebih tinggi dibandingkan isolat lainnya, yaitu masing-masing sebesar 71,3% dan 62,9%. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa volatil yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit tersebut aktif terhadap beberapa patogen utama pada tanaman padi.



Gambar 2. Pengaruh senyawa volatil yang dikeluarkan oleh bakteri endofit terhadap pertumbuhan jamur *R. oryzae* pada pengamatan 8 HSP (Hari Setelah Perlakuan).

Ainun (2018) dalam penelitiannya melaporkan bahwa beberapa Isolat bakteri endofit Os seperti Os2, Os3, Os4, Os7, dan Os10 mampu menghasilkan senyawa HCN yang dikenal sebagai senyawa antifungal yang biasa dihasilkan bakteri. Senyawa anorganik seperti karbondioksida, hidrogen, amonia, karbonmonoksida, dan HCN

merupakan senyawa volatil yang dapat diemisikan oleh bakteri (Effmert *et al.*, 2012). Weisskopf (2013) menyatakan bahwa bakteri yang mampu menekan pertumbuhan jamur melalui senyawa volatil diantaranya adalah bakteri dari kelompok *Pseudomonas*, *Streptomyces* dan *Bacillus* dimana bakteri tersebut banyak menghasilkan HCN.

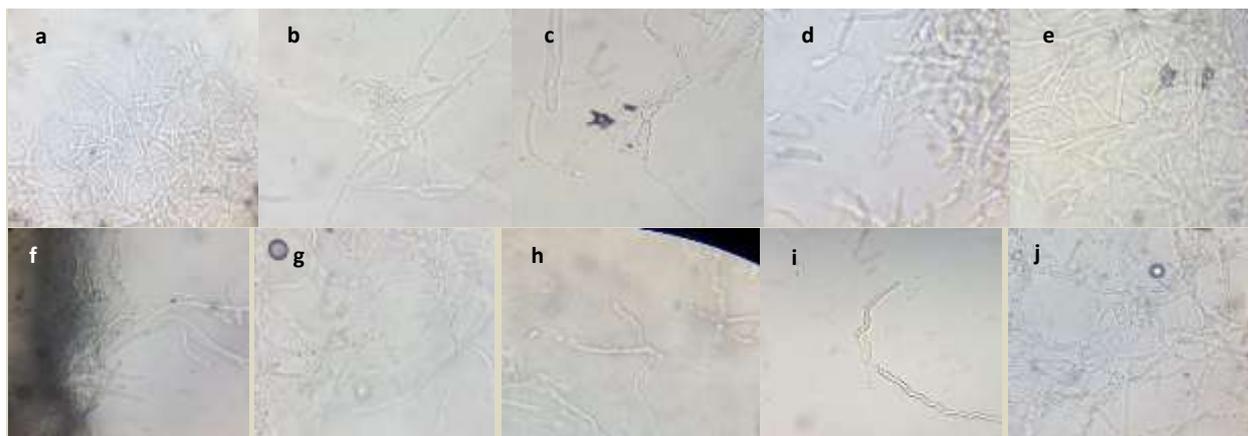


Gambar 3. Pengaruh senyawa volatil yang dikeluarkan oleh bakteri endofit terhadap pertumbuhan jamur *C. oryzae* pada 14 HSP (Hari Setelah Perlakuan).

#### **Pengaruh senyawa volatil terhadap morfologi jamur *R. oryzae* dan *C. oryzae* secara mikroskopis**

Senyawa volatil yang dikeluarkan oleh bakteri endofit isolat Os mempengaruhi morfologi miselia *R. oryzae* dan *C. oryzae*. Setelah dilakukan pengamatan secara mikroskopis, didapatkan hasil bahwa semua isolat bakteri endofit Os mampu menyebabkan perubahan morfologi miselia patogen *R. oryzae* yang diujikan. Perubahan morfologi (malformasi) yang terjadi pada patogen *R. oryzae* diantaranya seperti hifa yang melilit, hifa membengkak, hifa mengecil, dan hifa menipis (Gambar 4b-4e).

Hal serupa juga terjadi pada semua isolat bakteri endofit Os yang diujikan kepada patogen *C. oryzae*. Semua isolat bakteri endofit Os mampu merubah bentuk morfologi dari patogen *C. oryzae* (Gambar 4g-4i). Kerusakan yang terjadi pada hifa juga pernah dilaporkan dalam penelitian Chen *et al.* (2003) dimana hifa *Botryosphaeria dothidae* yang diperlakukan dengan *Paenicillus* sp. dapat mengalami pembengkakan (bubbles), yang menyebabkan hifa tidak dapat tumbuh dengan sempurna dibandingkan dengan kontrol yang tanpa perlakuan bakteri.



Gambar 4. Morfologi miselia *R. oryzae* dan *C. oryzae* yang diamati di bawah mikroskop. *R. oryzae* pada perlakuan kontrol (a), malformasi *R. oryzae* yang teramati pada perlakuan *dual culture* dengan bakteri endofit, hifa yang melilit (b), hifa membengkak (c), hifa lisis tidak berisi (d) dan hifa yang menipis (e). *C. oryzae* pada perlakuan kontrol (f), malformasi *C. oryzae* yang teramati pada perlakuan *dual culture* dengan bakteri endofit, hifa mengeriting (g, h) dan hifa tidak berisi (i, j).

Senyawa antifungal yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit secara umum mengakibatkan terjadinya pertumbuhan yang abnormal pada hifa (malformasi), yang ditunjukkan dengan pembengkakan dan pemendekan hifa yang mengakibatkan hifa tidak dapat berkembang dengan sempurna.

Haggag & Mohamed (2007) menyatakan bahwa antibiosis merupakan mekanisme antagonis dengan menghasilkan metabolit sekunder berupa antibiotik atau senyawa mirip antibiotik seperti enzim pelisis, senyawa yang mudah menguap, siderofor, dan substansi toksik lainnya. Dari berbagai isolat bakteri endofit yang diuji, memperlihatkan hasil kerusakan yang bervariasi. Adanya perbedaan kemampuan tersebut diduga karena adanya perbedaan kemampuan isolat bakteri endofit dalam mensekresikan senyawa metabolit sekunder yang bersifat antimikroba, seperti antibiotik, hydrogen, sianida (HCN) dan sintesis berbagai enzim degradasi dinding sel seperti lipase, selulase, protease, dan kitinase (Syamsudin *et al.*, 2007). Kemudian senyawa penghambat lain yang juga dihasilkan oleh agens biokontrol seperti butirolakton, amonia, 0-1,3-glukanase, 2,4-diasetilfloroglusinol, dan kitinase (Whipps, 2001).

### SIMPULAN

senyawa volatil yang dikeluarkan oleh bakteri endofit isolat Os asal tanaman padi dapat menekan pertumbuhan jamur patogen *R. oryzae* dan *C. oryzae*. Penekanan pertumbuhan terbaik ditunjukkan oleh bakteri isolat Os1 dan Os2 terhadap jamur *R. oryzae* dan isolat Os1 dan Os3

terhadap jamur *C. oryzae*. Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri endofit isolat Os menghasilkan senyawa volatil yang menekan pertumbuhan jamur patogen sehingga dapat dikembangkan untuk digunakan sebagai alternatif pengendalian penyakit bercak pelapah dan bercak coklat sempit pada tanaman padi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ainun, K. 2018. Aktivitas Bakteri Endofit Asal Tanaman Padi dalam Mendegradasi Kitin, Melarutkan Fosfat, dan Menghasilkan Asam Sianida (HCN). Universitas Padjadjaran. Skripsi.
- [BP Padi] Bank Pengetahuan Padi Indonesia. 2009. Informasi Ringkas. Tanaman Padi, Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan dan Balai Besar Penelitian
- Chen, WQ, DP Morgan, D Felts, and TJ Michailides. 2003. Antagonism of *Paenibacillus lentimorbus* to *Botryosphaeria dothidea* and biological control of panicle and shoot blight of pistachio. *Plant Disease*. 87:359-365.
- D'alessandro, M, M Erb, J Ton, A Brandenburg, D Karlen, J Zopfi, and TCJ. Turlings. 2014. Volatiles produced by soil-borne endophytic bacteria increase plant pathogen resistance and affect tritrophic interactions. *Plant, Cell and Environment*. 37: 813-26.
- Effmert, U, J Kalderás, R Warnke, and B Piechulla. 2012. Volatile mediated interactions between bacteria and fungi in the soil.

- Journal Chemical and Ecological. 38: 665-703.
- Gomez, KA, dan AA Gomez. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. Jakarta: UI Press.
- Guo, Q, A Kamio, BS Sharma, Y Sagara, M Arakawa, and K Inagaki. 2006. Survival and subsequent of rice sclerotial diseases fungi, *Rhizoctonia oryzae* and *Rhizoctonia oryzae-sativae*, in paddy fields. *Plant Disease*. 90: 615-622.
- Guo, Y, A Ghirardo, B Weber, JP Schnitzler, JP Benz, M Rosenkranz. 2019. *Trichoderma* Species differ in their volatile profiles and in antagonism toward ectomycorrhiza *Laccaria bicolor*. *Frontiers in Microbiology*. 10:891. doi: 10.3389/fmicb.2019.00891. PMID: 31105677; PMCID: PMC6499108.
- Haggag, WM, and HAA Mohamed. 2007. Biotechnological aspects of microorganism used in plant biological control. *World Journal of Agricultural Sciences*. 3(6): 771-776.
- Hartati, F. 2019. *Potensi Metabolit Sekunder Asal Isolat Bakteri Endofit Padi untuk Menghambat Pertumbuhan Patogen Penyebab Penyakit Blas (*Pyricularia oryzae* CAV.)*. Universitas Padjadjaran. Skripsi.
- Kanchiswamy, CN, M Malnoy, and ME Maffei. 2015. Chemical diversity of microbial volatiles and their potential for plant growth and productivity. *Frontiers in plant science* 6: 151-151. doi:10.3389/fpls.2015.00151.
- Lanoiselet, VM, GJ Ash, EJ Cother, MJ Priest, and A Watson. 2001. First report of *Waitea circinata* causing sheath spot and *Rhizoctonia oryzae-sativae* causing aggregate sheath spot on rice in south-eastern Australia. *Australasian Plant Pathology*. 30:369-370.
- Manurung, I.R., Pinem, M.I., Lubis, L. 2014. Uji antagonisme jamur endofit terhadap *Cercospora oryzae* Miyake dan *Culvularia lunata* (Wakk) Boed. dari tanaman padi di laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2 (4): 1563-1571.
- Oerke, EC, HW Dehne, F Schonbeck, and A Weber. 1994. *Crop Production and Crop Protection: Estimated Losses in Major Food and Cash Crops*. Netherlands: Elsevier Science.
- Oerke, EC. 2006. Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*. 144: 31-43.
- Prasetyo, MSH, R Masnilah, dan Wagiyana. 2017. Kajian intensitas penyakit bercak coklat sempit (*Cercospora oryzae*) dan teknik pengendaliannya pada padi (*Oryza sativa* L.) di kabupaten jember. *Gontor Agrotech Science Journal*. 3 (2): 59-83. DOI: 10.21111/agrotech.v3i2.932.
- Solecka, J, M Postek, J Ziemska, dan A Rajnisz-Mateusiak. 2012. Biologically active secondary metabolites from actinomycetes. *Central European Journal of Biology*. 7: 373-39.
- Sudir, Suprihanto, dan K Pirngadi. 2002. Pengolahan tanah, pemupukan dan intensitas penyakit padi: pengaruh cara pengolahan tanah dan pemupukan terhadap intensitas penyakit dan hasil padi di lahan sawah tadah hujan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 21 (2): 30-36.
- Syamsudin, S Ilyas, Alfizar dan B Amin. 2007. Pengembangan Biological Seed Treatment untuk Pengendalian Busuk *Phytophthora* pada Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). Hibah Bersaing XIV Perguruan Tinggi.
- Weisskopf, L. 2013. The potential of bacterial volatiles for crop protection against phytopathogenic fungi. *FORMATEX Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education* (A. Méndez-Vilas, Ed.): 1352-1363.
- Widiantini, F, A Herdiansyah, and E Yulia. 2017. Biocontrol potential of endophytic bacteria isolated from healthy rice plant against rice blast disease (*Pyricularia oryzae* Cav.). 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Food Security: A Comprehensive Approach, *KnE Life Sciences*, 287-295.