

**SELEKSI BAKTERI RHIZOSFER TANAMAN RAMBUTAN
SEBAGAI AGENS BOKONTROL PENYAKIT ANTRAKNOSA PADA CABAI
(*Capsicum annum* L.)**

*Selection of Rambutan Rhizosphere Bacteria as A Biocontrol Agent
of Anthracnose Disease in Chili (*Capsicum annum* L.)*

Ayu Nindita Nuraini¹, Aisyah², Evan Purnama Ramdan^{2*}

¹Program studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). ayunindita3@gmail.com

²Program studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). aisyahmp@staff.gunadarma.ac.id

³Program studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). evan_ramdan@staff.gunadarma.ac.id

*) Penulis korespondensi

ABSTRAK

Cabai merupakan sayuran yang digemari masyarakat Indonesia. Kendala dalam budidaya cabai yaitu adanya infeksi penyakit antraknosa yang disebabkan *Colletotrichum* sp. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat bakteri rizosfer yang dapat menekan pertumbuhan *Colletotrichum* sp. *Colletotrichum* diisolasi dari buah cabai bergejala antraknosa, sedangkan bakteri rizosfer diisolasi dengan teknik pengenceran dari sampel tanah di daerah perakaran tanaman rambutan. Populasi bakteri rizosfer dihitung dan dikarakterisasi secara morfologi. Isolat bakteri rizosfer diuji antibiosis dengan *Colletotrichum* dengan metoda uji *dual culture*, kemudian dihitung persentase daya hambat. Benih cabai diamati tinggi tajuk dan panjang akar 14 hari setelah semai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Colletotrichum* yang berhasil diisolasi teridentifikasi sebagai *C. acutatum*, bakteri rhizobia diisolasi sebanyak 5 morfospesies dengan populasi bakteri 4.75×10^4 CFU/mL, penekanan pertumbuhan *Colletotrichum* sp. oleh bakteri rizosfer sebesar 0.31-2.02%. Selain itu bakteri rizosfer juga memiliki potensi sebagai agens pemacu pertumbuhan tanaman.

Kata kunci: *Colletotrichum capsici*, *plant growth promoting*, uji *dual culture*

ABSTRACT

Chili is a vegetable favored by the Indonesian people. The obstacle in chili cultivation is the presence of anthracnose infection caused by Colletotrichum sp. This study aims to obtain rhizosphere bacterial isolates that can suppress growth. Colletotrichum sp. Colletotrichum was isolated from chilies with anthracnose symptoms, while rhizosphere bacteria were isolated by the dilution technique from soil samples in the root area of the rambutan plant. Rhizosphere bacterial populations were counted and characterized morphologically. Rhizosphere bacterial isolates were tested for antibiosis with Colletotrichum with a dual culture test method, then the percentage of inhibitory power was calculated. Rhizosphere bacterial isolates were also tested for the potential to promote plant growth by soaking the chili seeds in bacterial suspension overnight. Then

the chili seeds are sown in the seed tray. The crown height and root length were calculated at 14 days after sowing. The results showed that the isolated Colletotrichum was identified as C. acutatum, 5 morphospecies with a bacterial population of 4.75×10^4 CFU / mL, suppressed the growth of Colletotrichum sp. by rhizosphere bacteria 0.31-2.02%. Besides rhizosphere bacteria have potential as agents to promote plant growth.

Keywords: *Colletotrichum capsici, dual culture test, plant growth promoting*

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annuum* L) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi penting di Indonesia. Volume peredaran cabai di pasaran sangat besar akibat kebutuhan masyarakat terhadap cabai yang tinggi. Produksi cabai besar Indonesia tahun 2015 menurun dibandingkan produksi tahun 2014 sebesar 2.74%. Fluktuatif produksi cabai salah satunya dapat diakibatkan oleh luas panen yang menurun, terutama pada triwulan III dan triwulan IV (Badan Pusat Statistik 2015). Kendala lain dalam produksi cabai yaitu adanya infeksi penyakit antraknosa. Kehilangan hasil akibat penyakit antraknosa mencapai lebih dari 50% di seluruh dunia, terutama di wilayah tropis dan sub tropis (Than et al., 2008). Penyakit ini juga ditemukan pada buah cabai pascapanen yang kerusakannya dapat mencapai 50% (Soesanto, 2006) dimana nilai estetika dari buah cabai menjadi rusak. Penyebab penyakit antraknosa pada buah cabai diketahui dari 3 spesies cendawan, yaitu *Colletotrichum acutatum*,

Colletotrichum gloeosporioides, dan *Colletotrichum capsici* (AVRDC 2003). *Colletotrichum* merupakan cendawan tular udara atau tular benih yang dapat menginfeksi bagian daun, batang, dan buah. Adapun gejala pada buah berupa bercak sirkular yang berlekuk ke bagian dalam buah dengan diameter mencapai 30 mm. Pada saat serangan berat, seluruh bagian buah cabai akan mengering dan keriput (Thind dan Jhooty, 1985).

Saat ini penyakit antraknosa masih dikendalikan secara konvensional dengan penggunaan fungisida. Penggunaan fungisida yang intensif dapat meningkatkan senyawa toksik yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Selain itu, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan patogen menjadi resisten (Chowdappa et al., 2013; Rohini et al., 2016; Islam et al., 2016). Salah satu alternatif pengendalian yang saat ini banyak diteliti adalah *Plant Growth Promoting rhizobacteria* (PGPR). PGPR merupakan kelompok mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanaman melalui kolonisasi pada perakaran tanaman. PGPR

telah diketahui berperan ganda bagi tanaman yaitu sebagai agens biokontrol penyakit tanaman dan pemacu pertumbuhan tanaman (Dimkpa *et al.* 2009; Hariprasad *et al.*, 2014; Islam *et al.*, 2016). Labuschagne *et al.* (2010) menjelaskan bahwa keunggulan PGPR dibandingkan dengan pengendalian secara konvensional yaitu terjadi secara alami, tidak beracun (toksik), dan ramah lingkungan. Adapun aplikasi PGPR untuk pengendalian penyakit tanaman dapat menghasilkan beberapa mekanisme seperti kolonisasi akar, antibiosis, produksi siderofor, senyawa volatile, enzim pendegradasi dinding sel, dan sebagainya.

Aplikasi PGPR telah banyak dilaporkan pada tanaman cabai baik sebagai peningkat daya kecambah, vigor benih, dan perkembangan akar dan tajuk perkecambahan (Ramdan dan Risnawati 2018; Gowtham *et al.* 2018) sampai pada peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (Prihatiningsih *et al.* 2019; Ollo *et al.* 2019; Arta *et al.* 2019; Nurunnisa *et al.* 2020). Selain itu, aplikasi PGPR juga telah dilaporkan sebagai pengendali penyakit antraknosa pada cabai (Jayapala *et al.* 2019; Prihatiningsih *et al.* 2019; Charumathi dan Raj 2020). Eksplorasi PGPR masih sangat luas, karena asosiasinya yang spesifik dengan

perakaran tanaman. Pada penelitian ini akan diesplorasi PGPR dari daerah rhizosfer tanaman rambutan. Akan tetapi, untuk dapat ditetapkan sebagai agens hayati diperlukan serangkaian pengujian. Adapun pengujian ini dapat dilakukan dalam kondisi terbatas dan homogen pada skala *in vitro*. Setelah itu, pengujian baru dapat dilanjutkan pada tahap *in vivo* kemudian *in planta*. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menyeleksi bakteri rhizosfer tanaman rambutan sebagai agens hayati penyakit antraknosa.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan Laboratorium Agroteknologi Universitas Gunadarma Kampus F7, Ciracas. Jakarta. Berlangsungmulai bulan Maret – Juni 2020.

Isolasi dan Pemurnian Bakteri Rizosfer

Sampel tanah di daerah perakaran tanaman rambutan yang berlokasi di kebun percobaan Universitas Gunadarma, Kampus F7, Ciracas, Jakarta. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-20 cm sebanyak 1g, kemudian dimasukkan ke dalam 9 ml akuades steril. Setelah itu diencerkan secara berseri sampai

pengenceran 10^{-4} . Pada pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} ditumbuhkan pada medium nutrient agar 20%, selanjutnya diamati jumlah koloni.

Pengamatan dan Perhitungan Populasi Bakteri Rizosfer

Perhitungan populasi bakteri rizosfer dilakukan melalui penhitungan *total plate count* berdasarkan BSN (2006) menggunakan rumus:

$$N = \frac{\sum c}{[(1 \times n1) + (0.1 \times n2)]x(d)}$$

Keterangan:

N = Jumlah koloni produk, dinyatakan dalam CFU per mL

$\sum c$ = Jumlah koloni pada semua cawan yang dihitung

n1 = Jumlah cawan pada pengenceran pertama yang dihitung

n2 = Jumlah cawan pada pengenceran kedua yang dihitung

d = Pengenceran pertama yang dihitung

Isolasi dan Identifikasi *Colletotrichum* sp. dari Buah Cabai

Isolasi patogen dilakukan dari bagian buah cabai terinfeksi yang sebelumnya disterilisasi permukaan dengan dicelupkan pada alkohol selama 1 menit kemudian dibilas menggunakan akuades

steril sebanyak 2 kali. Selanjutnya dikeringanginkan pada tissu steril. Potong buah terinfeksi dan ditanam pada cawan yang berisi media tumbuh *Potato Dextrose Agar* (PDA), selanjutnya cawan tersebut diinkubasi selama 3–5 hari. Lakukan pemurnian isolat hingga mendapat isolat tunggal yang murni.

Amati morfologi baik di permukaan atas maupun di bawah media tumbuh, lalu dideksripsikan meliputi bentuk warna dan bentuk koloni. Selanjutnya potongan miselium diambil menggunakan jarum dan letakan pada object glass untuk diamati di bawah mikroskop. Morfologi dari miselium dan konidia kemudian diidentifikasi dengan mencocokkan morfologi yang ada di buku kunci identifikasi Barnett & Hunter (1998).

Uji Antibiosis penyakit antraknosa

Pengujian ini dilakukan untuk menyeleksi isolat-isolat yang berpotensi sebagai agens hayati terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum* sp. Pengujian dilakukan secara *in vitro* menggunakan uji *dual culture* antara patogen dan isolat rizobakteri pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) untuk melihat daya hambat rizobakteri terhadap patogen. Masing-masing isolat uji (rizobakter dan patogen)

diinokulasi pada media PDA dengan jarak masing-masing 3 cm secara berlawanan dari tepi cawan petri berdiameter 9 cm dan diinkubasi pada suhu ruang selama 6 hari. Setiap jenis bakteri rizosfer diuji dengan pengulangan 3 kali.

Pengamatan terhadap presentase daya hambat rizobakteri dilakukan dengan rumus:

$$DH = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

DH = daya hambat bakteri rizosfer

R1 = jari jari pertumbuhan patogen kearah tepi cawan petri

R2 = jari-jari pertumbuhan patogen kearah bakteri

Uji Potensi Bakteri Rhizosfer sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman

Isolat bakteri ditumbuhkan pada media *Nutrient Broth* (NB) 10 mL kemudian diinkubasi selama 3 hari dengan mengocok tabung selama 3 kali sehari. Selanjutnya sebanyak 30 benih cabai direndam pada masing-masing suspensi bakteri selama semalaman. Benih kemudian ditanam pada baki semai dan ditumbuhkan selama 14 hari. Tinggi tajuk

dan panjang akar diukur pada akhir pengamatan.

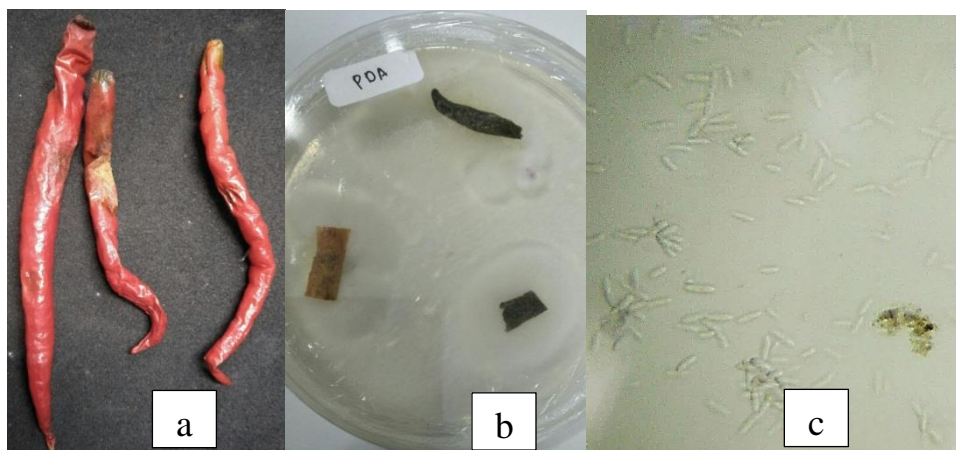
Analisis Statistik

Analisis data menggunakan program analisis ragam SAS 9.1. dan dilanjutkan dengan uji tukey pada taraf kepercayaan 5% bila terdapat pengaruh nyata hasil analisis ragam, dengan jumlah perlakuan sesuai jumlah isolat hasil seleksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Identifikasi *Colletotricum sp.*

Antraknosa merupakan penyakit yang dapat menyerang pada fase tanaman di lapangan maupun saat fase pascapanen. Gejala umum dari antraknosa yaitu berupa bercak kuning yang membentuk cekungan pada permukaan buah cabai (Gambar 1a). Awal gejala dapat ditandai dengan bercak kecil yang mengkilat, sedikit terbenam (cekung), berair, warna kuning kehitaman dan akan membesar seiring waktu. Diameter bercak akan berkembang hingga mencapai 3 - 4 cm. Kemudian warna akan berubah menjadi merah gelap hingga coklat muda. Tanda penyakit berupa kumpulan seta (aservuli) berwarna gelap pada permukaan buah.



Gambar 1. Penampakan a) buah cabai bergejala antraknosa, b) biakan *Colletotricum* sp., dan 3) konidia *Colletotricum* sp.

Aservuli pada permukaan buah akan menghasilkan spora yang membentuk lingkaran konsentrik (hadden dan black, 1989). Kerusakan berat berupa dapat menyebabkan buah menjadi keriput dan mengering serta membusuk pada musim hujan. Hasil isolasi *Colletotricum* sp. yang dibiakan di media PDA menunjukkan ciri-ciri miselium berbentuk lingkaran dan berwarna putih. Koloni jenis ini menurut Sangdee et al (2011) tampak seperti kapas dengan warna putih keabu-abuan hingga abu-abu gelap pada pukaan atas namun sebaliknya berwarna hitam dan melingkar bila dilihat dari permukaan bawah. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa patogen yang menginfeksi cabai adalah *Colletotricum acutatum* yang dicirikan dengan kodia berbentuk batang dengan ujung yang membulat (Gambar 1c). Hal ini sesuai laporan Ramdan et al. (2019) bahwa pertumbuhan *C. acutatum* lambat pada

media PDA dan memiliki konidia berbentuk batang dengan ujung membulakdan. Kondia berwarna hilain dan bersel tunggal. Bentuk konidia silindris dengan ujung membulat (tumpul), bersekat dengan panjang dan lebar konidia berkisar antara 23.5-35.0 μm dan 2.5-3.75 μm . Aservulus berwarna hitam dengan rdiameter 100 μm dengan seta berwarna coklat berukuran 75-100 x 2-6.2 μm (Sangdee et al. 2011). *C. acutatum* telah banyak dilaporkan menjadi penyebab penyakit antraknosa di Asia (Montri et al. 2009; Christoper dan Suji, 2014), sebab selain *C. acutatum* kelompok *Coletotricum* di lapang ditemukan dalam 3 spesies yaitu *C. acutatum*, *C. gloeosporiodes*, *C. capsici* (Ramdan et al. 2019).

Isolasi Bakteri Rhizobia

Bakteri rhizobia yang berhasil disolasi sebanyak 4.75×10^4 CFU/mL.

Hasil pengamatan secara morfologi terhadap 5 (lima) isolat bakteri rhizosfer rambutan ditemukan beragam ciri meliputi warna koloni, bentuk, elevasi serta tepi (Tabel 1). Adapun morfologi yang ditunjukkan yaitu warna kuning dan putih, bentuk *irregular* dan *circular*, elevasi *raised* dan *flat*, serta tepi koloni *undulate*, *entire* dan *lobate* (Gambar 2).

Menurut Fitri dan Yasmin (2011), pengamatan morfologi bakteri perlu dilakukan sebab dapat mempermudah proses identifikasi. Setelah itu, identifikasi dapat dilanjutkan dengan pengujian biokimia, teknik serologi, maupun teknik molekuler. Morfologi bakteri pada media agar dapat berbeda-beda sebab sifat dari tiap bakteri yang berbeda. Pada media agar bentuk koloni dapat berupa titik-titik,

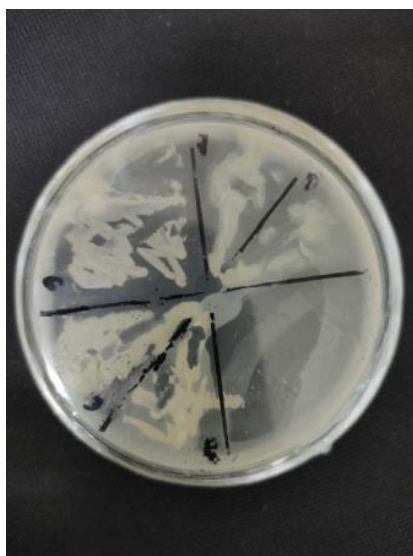
bulat, berbenang, tak teratur seperti akar dan kumpanan. Permukaan koloni dapat rata, timbul datar, melengkung, mencembung, membukit, dan serupa kawah. Sedangkan tepian koloni dapat berbentuk utuh, berombak, berbelah, bergerigi, berbenang, dan keriting. Pada warna, koloni bakteri sebagian besar berwarna keputihan atau kekuningan, akan tetapi dapat juga berwarna lain seperti kemerahan, coklat, jingga, biru, hijau dan ungu.

Penghambatan Pertumbuhan *Colletotricum* sp. oleh Bakteri Rhizobia

Hasil pengamatan uji dual kultur menunjukkan bahwa terjadi penekanan perkembangan miselium patogen oleh bakteri rhizobia (Gambar 3).

Tabel 1. Morfologi bakteri rhizobia asal rhizosfer rambutan

Kode Isolat	Warna	Bentuk	Elevasi	Tepi
ATR3	Kuning	<i>Irregular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
ATR6	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
ATR7	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Endulate</i>
ATR8	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
ATR9	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>



Gambar 2. Enam koloni bakteri rhizobia dari daerah perakaran tanaman rambutan di kebun percobaan Universitas Gunadarma, kampus F7

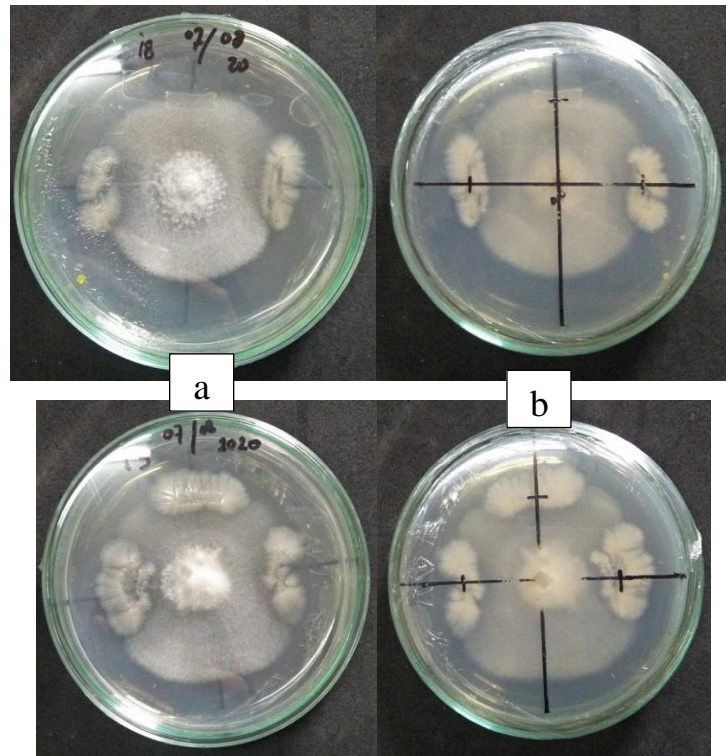
Tabel 2. Daya hambat bakteri rhizosfer terhadap pertumbuhan *Colletotrichum*

Kode Isolat	Daya Hambat (%)	Zona Bening
ATR3	2.02a*	-**
ATR6	0.31d	-
ATR7	1.57b	-
ATR8	1.26c	-
ATR9	2.01a	-
Kontrol	0.00e	-

*Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Tukey), -: tidak terbentuk zona bening

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa semua isolat berpengaruh nyata terhadap penekanan pertumbuhan *Colletotrichum acutatum* (Tabel 2). Daya hambat yang paling besar ditunjukkan oleh isolate ATR 3 dan ATR9. Penghambatan pertumbuhan *Colletotrichum* oleh bakteri rhizobia dilaporkan karena adanya

mekanisme antibiosis. Melalui mekanisme ini, enzim kitinase dari bakteri rhizobia akan merusak dinding sel *Colletotrichum* yang tersusun dari kitin (Prihatiningsi *et al.* 2019). Salah satu bakteri rhizobia yang telah diketahui aktivitas kitinasenya adalah bakteri dari genus *Bacillus* (Aziah *et al.* 2015; Lestari *et al.* 2017).



Gambar 3. Pengujian *dual culture* antara *Colletotrichum acutatum* dan bakteri rhizosfer: a) tampak atas, dan b) tampak bawah

Adapun mekanisme lain dari suatu agens biokontrol yaitu produksi metabolit sekunder seperti *volatile compounds* (hidrogen peroksida), enzim pendegradasi dinding sel (kitinase, glukonase, protease), maupun antibiotik di sekitar permukaan tanaman (Haas dan Defago 2005). Senyawa metabolit tersebut telah banyak dilaporkan signifikan dalam Mengendalikan patogen tanaman, terutama mekanisme antibiosis (Jayaprakashvel dan Mathivanan, 2011; Tanya dan Fillion, 2017). Enam kelas dari kandungan antibiotik yang berkorelasi dengan biokontrol penyakit tanaman yaitu *phenazines*, *phloroglucinols*, *pyoluteorin*,

pyrrolnitrin, *cyclic lipopeptides (diffusible compounds)* dan hidrogen sianida (*HCN*; senyawa volatil). Meskipun pada pengujian *dual culture* tidak ditemukannya zona bening (Gambar 3) sebagai tanda adanya mekanisme antibiosis dalam penekanan patogen. Akan tetapi, isolat bakteri rhizobia masih dapat berpotensi sebagai agens biokontrol sebab mekanisme penekanan patogen dapat berupa mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi. Selain itu, perlu diuji juga pada pertanaman cabai juga sehingga isolat bakteri rhizobia juga bisa diketahui mekanisme induksi ketahanan terhadap penyakit.

Pengaruh Bakteri Rhizobia terhadap Pertumbuhan Bibit Cabai

Hasil pengamatan pada parameter pertumbuhan bibit cabai menunjukkan bahwa perlakuan bakteri rhizobia memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tajuk dan panjang akar (Tabel 3). ATR3 merupakan isolat terbaik karena konsisten memacu pertumbuhan bibit cabai (tinggi tajuk dan panjang akar) dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan lain. Diikuti oleh perlakuan ATR 6, ATR8, dan ATR9 juga mampu memacu pertumbuhan bibit cabai dibandingkan dengan kontrol. Aplikasi bakteri rhizobia pada bibit dan tanaman telah dilaporkan dapat meningkatkan pertumbuhan baik pada fase vegetatif maupun generatif cabai (Syamsiah dan Royani, 2014; Ramdan dan Risnawati 2018; Arta *et al.* 2019; Prihatiningsih *et al.* 2019; Ollo *et al.* 2019). Beberapa mekanisme bakteri rhizobia yang telah diketahui mampu

meningkatkan pertumbuhan tanaman yaitu memproduksi IAA, pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, dan pemanfaatan ACC-daminase. Melalui mekanisme tersebut pertumbuhan tanaman akan terpacu (Ali *et al.* 2019; ; Prihatiningsih *et al.* 2019). Produksi IAA telah banyak ditemukan pada bakteri rhizobia pada genus *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhizobium* dan *Bradyrhizobium* (Ahmed *et al.*, 2014; Etesami *et al.*, 2015). Nitrogen (N) merupakan unsur hara esensial bagi kelangsungan hidup mikroba dan tumbuhan. Sementara itu, bakteri yang mengandung ACC-deaminase memfasilitasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan menurunkan tingkat etilen tanaman, meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik seperti bakteri patogen tanaman, hidrokarbon, logam berat seperti Ca^{2+} dan Ni^{2+} , garam, kekeringan, air, dan cahaya (Glick *et al.* 2007)

Tabel 3. Pengaruh bakteri rhizobia terhadap pertumbuhan bibit cabai

Kode Isolat	Tinggi Tajuk	Panjang Akar
ATR3	4.50a	3.10a
ATR6	3.80ab	3.17a
ATR7	3.23bc	2.37ab
ATR8	3.53ab	3.03a
ATR9	3.43ab	3.00a
Kontrol	2.10c	1.72b

*Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Tukey)

KESIMPULAN

Colletotrichum yang berhasil diisolasi dari penelitian ini teridentifikasi sebagai *C. acutatum*. Hasil pengamatan 5 morfospesies bakteri rhizobia asal rhizosfer rambutan dengan populasi 4.75×10^4 CFU/mL mampu menekan pertumbuhan *Colletotrichum acutatum* sebesar 0.31-2.02%. Bakteri rizosfer juga mampu meningkatkan pertumbuhan benih cabai yang ditandai dengan peningkatan tinggi tajuk dan panjang akar. Penelitian perlu dilanjutkan untuk menguji keamanan hayati. Pada penelitian ini daya hambat yang ditunjukkan masih rendah, sehingga penelitian perlu dilakukan pada pengendalian penyakit antraknosa langsung pada buah untuk mengetahui mekanisme lain dari bakteri rhizosfer ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed E, Holmström SJ. 2014. Siderophores in environmental research: roles and applications. *Microb Biotechnol.* 7: 196-208.
- Ali S, Hameed S, Shahid M, Iqbal M, Lazarovits G, Imran A, Functional Characterization of Potential PGPR Exhibiting Broad-spectrum Antifungal activity, *Microbiological Research* (2019),
- Arta BP, Noor GMS, Makalew AM. 2019. Respon cabai rawit varietas hiyung (*Capsicum frutescens* L.) terhadap konsentrasi PGPR (*Plant growth promoting rhizobacteria*) pada ultisol di Kabupaten Tanah Laut. *Agrotek View: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa* 2(1): 1-8.
- Barnett HL., Hunter BB., 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 4th Edition. APS Press, St, Paul. 218 p.
- Charumathi M, Raj TS. Evaluation of *Pseudomonas fluorescens* from rhizosphere soil against fruit rot of chilli caused by *Colletotrichum capsici* (SYD) Butler and Bisby. *Plant Archives* 20(1): 761-766.
- Chowdappa P, Kumar SM, Lakshmi MJ, Upreti KK, 2013. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol. Control* 65 (1), 109–117.
- Dimkpa C, Weinand T, Asch F. 2009. Plant rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant Cell Environ.* 32:1682–1694.
- Etesami H, Alikhani HA, Hosseini HM. 2015. Indole-3-acetic acid (IAA) production trait, a useful screening to select endophytic and rhizosphere competent bacteria for rice growth promoting agents. *MethodsX.* 2, 72-78.
- Fitri L, Yasmin Y. 2011. Isolasi dan pengamatan morfologi koloni bakteri kitinolitik. *Jurnal Biologi Edukasi* 3(2): 20-25.
- Glick BR, Cheng Z, Czarny J, Duan J. 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. *Eur J Plant Pathol.* 119: 329-339.
- Gowtham HG, Murali M, Singh SB, Lakshmeesha TR, Murthy KN, Amurthesh KN, Niranjana SR. 2018. Plant growth promoting rhizobacteria *Bacillus amyloliquefaciens* improves plant growth and induces resistance in

- chilli against anthracnose disease. *Biological control* 126: 209-217. Haas D, Defago G. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonas. *Nat Rev Microbiol* 3: 307-319.
- Hari Prasad P, Chandrashekar S, Singh SB, Niranjana SR, 2014. Mechanisms of plant growth promotion and disease suppression by *Pseudomonas aeruginosa* strain 2apa. *J. Basic Microbiol.* 54 (8), 792–801.
- Islam, S., Akanda, A.M., Prova, A., Islam, M.T., Hossain, M.M., 2016. Isolation and identification of plant growth promoting rhizobacteria from cucumber rhizosphere and their effect on plant growth promotion and disease suppression. *Front. Microbiol.* 6, 1360.
- Jayapala N, Mallikarjunaiah NH, Puttaswamy H, Gavirangappa H, Ramachandrapa NS. 2019. Rhizobacteria *Bacillus* spp. induce resistance against anthracnose disease in chili (*Capsicum annum* L.) through activating host defense respon. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 29(45): 1-9. Jayaprakashvel M, Mathivanan N. 2011. Management of plant disease by microbial metabolites, di dalam: Harikesh BS, Chetan K, Reddy MS, Estibaliz S, Carlos GE (Ed), *Bacteria in Agrobiologi: Plant Nutrient Management*, Springer-Verlag, Berlin, pp 237-265.
- Labuschagne N, Pretorius T, Idris AH. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria as biocontrol agents against soil-borne plant diseases. In: *Plant growth and health promoting bacteria*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 211–230.
- Nurunnisa, Kusnadi D, Harniati. 2020. Implementasi teknologi plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) pada budidaya cabai di Kecamatan Rancabungur. *Jurnal Inovasi Pertanian* 1(3): 559-568.
- Olo L, Siahaan P, Kolondam B. 2019. Uji penggunaan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) terhadap pertumbuhan vegetative tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal MIPA Unsrat online* 8(3): 150-155.
- Prihatiningsih N, Djatmiko HA, Erminawati, Lestari P. 2019. *Bacillus subtilis* from potato rhizosphere as biocontrol agent and chili growth promotor. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 23(2): 179-184.
- Ramdan EP, Risnawati. 2018. Aplikasi bakteri pemacu pertumbuhan tanaman dari babadotan dan pengaruhnya pada perkembangan benih cabai. *Jurnal Pertanian Presisi* 2(1): 1-10.
- Ramdan, EP, Arti IM, Risnawati. 2019. Identifikasi dan uji virulensi penyakit antraknosa pada pascapanen buah cabai. *Jurnal Pertanian Presisi* 3(1): 67-76.
- Rohini, Gowtham, H.G., Hari Prasad, P., Singh, S.B., Niranjana, S.R., 2016. Biological control of Phomopsis leaf blight of brinjal (*Solanum melongena* L.) with combining phylloplane and rhizosphere colonizing beneficial bacteria. *Biol. Control* 101: 123–129.
- Sangdee, A, Sachan, S & Khankhum, S 2011, 'Morphological, pathological and molecular variability of *Colletotrichum capsici* causing anthracnose of chilli in the North-

- East of Thailand', *Afr. J. Microb. Res.* 5 (25): 43-72.
- Soesanto L.2006. Penyakit Pascapanen : Sebuah Pengantar. Jakarta (ID): Kanisius.
- Syamsiah M, Royani. 2014. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.) terhadap pemberian PGPR (*Plant growth promoting* rhizobakteri) dari akar bamboo dan urine kelinci. *Jurnal Agroscience* 4(2): 109-114.
- Tanya A, Filion M. 2017. Biocontrol through antibiosis: exploring the role played by subinhibitory concentrations of antibiotics in soil and their impact on plant pathogen. *Can J Plant Pathol* 39: 675-693.
- Than PP, Prihastuti H, Phoulivong S, Taylor PW, Hyde KD. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. *J. Zhejiang Univ. Sci.* 9 (10), 764.
- Thind TS, Jhooty JS. 1985. Relative prevalence of fungal diseases of chilli fruits in Punjab. *J. Mycol. Plant Pathol.* 15 (3), 305–307.