

Karakter Fisiologis dan Kemangkusan Rizobakteri Indigenus Sulawesi Tenggara sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Cabai

Sutariati, GAK.¹⁾ dan Wahab, A²⁾

¹⁾ Fakultas Pertanian Universitas Haluoleo, Kampus Tridharma Anduonohu, Kendari 93232

²⁾ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Tenggara, Jl. Prof Muh Yamin No.89, Puwatu-Kendari 93114

Naskah diterima tanggal 3 Agustus 2011 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 28 Desember 2011

ABSTRAK. Sejumlah besar mikroorganisme yang terdapat pada rizosfer tanaman diketahui berperan penting dalam pertanian berkelanjutan karena potensinya sebagai agens pengendali hayati dan pemacu pertumbuhan tanaman. Percobaan bertujuan mengevaluasi kemampuan isolat rizobakteri indigenus Sulawesi Tenggara yang dieksplorasi dari Kabupaten Konawe, Konawe Selatan, Kendari, Muna, dan Buton dalam memproduksi hormon tumbuh *indole acetic acid* (IAA) dan melarutkan fosfat. Evaluasi juga dilakukan untuk mengetahui kemangkusan isolat rizobakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman cabai. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agronomi dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Haluoleo Kendari, Sulawesi Tenggara, dari bulan April sampai dengan Oktober 2009. Hasil percobaan menunjukkan bahwa isolat rizobakteri yang diuji memiliki kemampuan yang berbeda dalam mensintesis IAA. Rizobakteri dari kelompok *Bacillus* spp. memiliki kemampuan menghasilkan IAA dengan konsentrasi lebih tinggi (5,32–146,97 µg/ml) dibandingkan dengan *Pseudomonas fluorescens* C179, (0,78 µg/ml), sementara *Serratia* sp. C175 tidak dapat mensintesis IAA. Di lain pihak, semua isolat rizobakteri yang diuji mampu melarutkan fosfat. Sementara itu, hasil pengaruh perlakuan benih dengan rizobakteri menunjukkan bahwa dari 10 isolat yang diuji, hanya isolat *Bacillus* spp. C061, *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp. C175 yang konsisten memberikan efek yang lebih baik terhadap viabilitas benih dan pertumbuhan bibit cabai dibandingkan dengan kontrol dan isolat uji lainnya. Oleh karena itu isolat *Bacillus* spp. C061, *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp. C175 dapat direkomendasikan sebagai agens pemacu pertumbuhan cabai.

Katakunci: Rizobakteri indigenus; *Indole acetic acid*; Pelarut fosfat; Cabai

ABSTRACT. Sutariati, GAK and Wahab, A. 2012. **Physiological Characters and Effectiveness of Southeast Sulawesi Indigenous Rhizobacteria as Plant Growth Promoting Rhizobacteria of Hot Pepper.** A vast number of microorganisms present in rhizosphere have been considered as important in sustainable agriculture because of their biocontrol potential and ability to promote plant growth. The experiment was conducted at Agronomy Laboratory and Experimental Garden of Agriculture Faculty; Haluoleo University, Kendari, Southeast Sulawesi, from April till October 2009. The objective of this experiment was to evaluate the ability of Southeast Sulawesi indigenous rhizobacteria isolates explored and isolated from Konawe, South Konawe, Kendari, Muna, and Buton Regencies, to produce indole acetic acid (IAA), and solubilize phosphate. The experiments was also conducted to evaluate the effectiveness of those isolates as plant growth promoting rhizobacteria of hot pepper seedlings. Results of the experiment showed that the rhizobacteria isolates had different ability to produce IAA. Rhizobacteria from *Bacillus* spp. produced high concentrations (5.32–146.97 µg/ml) of IAA. *Pseudomonas fluorescens* C179 produced IAA 0.78 µg/ml, while *Serratia* sp. C175 did not produced IAA. On the other hand, all of isolates tested were able to be a solubilize phosphate. Meanwhile, results of the effect of rhizobacterium-seed treatment showed that of 10 isolates tested, only isolates of *Bacillus* spp. C061, *P. fluorescens* C179, and *Serratia* sp. C175 who consistently provide a better effect on seed viability and seedling growth of hot peppers compared with control and other isolates. Therefore *Bacillus* spp. C061, *P. fluorescens* C179, and *Serratia* sp. C175 isolates can be recommended as promoting agents of hot peppers.

Keywords: Indigenous rhizobacteria; IAA; Phosphate solubilization; Hot peppers

Rizosfer tanaman adalah bagian dari tanah yang menutupi permukaan perakaran tanaman, dan merupakan habitat berbagai spesies bakteri yang secara umum dikenal sebagai rizobakteri. Sebagian dari rizobakteri yang mengolonisasi akar tanaman tidak bersifat patogenik dan bahkan menguntungkan tanaman karena mampu berfungsi sebagai rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman atau lebih umum disebut *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR).

Kemangkusan rizobakteri sebagai PGPR, antara lain ditentukan oleh kemampuannya menambat nitrogen, melarutkan fosfat, memproduksi hormon tumbuh seperti *indole acetic acid* (IAA), gibberelin, sitokinin (Timmsk *et al.* 2005) atau menghasilkan berbagai senyawa/komponen penting yang bermanfaat

untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen seperti *phenylalanine ammonia lyase*, *peroxidase*, dan *polyphenol oxidase* (Nakkeeran *et al.* 2006). Oleh karena itu perbaikan pertumbuhan dan peningkatan hasil tanaman oleh PGPR tidak hanya disebabkan oleh pengaruh langsung dalam memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, dan memproduksi hormon tumbuh, tetapi juga pengaruh tidak langsung sebagai agens antagonis patogen (Domenech *et al.* 2006, Yang *et al.* 2009, Shen *et al.* 2007, Sang *et al.* 2008, Kim *et al.* 2008, Kim & Jung 2008, Damayanti & Katerina 2008).

Kemampuan rizobakteri melarutkan fosfat atau memproduksi hormon tumbuh merupakan karakteristik rizobakteri yang diinginkan. Oleh karena itu untuk

memperoleh rizobakteri yang berpotensi sebagai PGPR, karakter tersebut perlu dievaluasi. Rizobakteri dari kelompok *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas* spp. dilaporkan mampu melarutkan fosfat (Sutariati 2006, Han *et al.* 2006), sedangkan kelompok *Serratia* spp., selain mampu meningkatkan ketersediaan P juga dapat menambat nitrogen (Gholami *et al.* 2008).

Isolat *Bacillus* spp. dilaporkan mampu mensintesis hormon tumbuh IAA (Sutariati, 2006), gibberelin (Joo *et al.* 2005), dan sitokinin (Timmusk *et al.* 2005), isolat *P. fluorescens* mampu menghasilkan IAA (Sutariati 2006), gibberelin dan sitokinin (Ahmad *et al.* 2005), demikian pula isolat *Serratia* spp. dilaporkan mampu mensintesis IAA (El-Azeem *et al.* 2007).

Berdasarkan seleksi hasil percobaan sebelumnya, diperoleh 10 isolat rizobakteri yang diisolasi dari rizosfer tanaman cabai yang berpotensi sebagai PGPR. Kesepuluh isolat tersebut selanjutnya dievaluasi kemampuannya dalam memproduksi hormon tumbuh IAA dan melarutkan fosfat. Selain itu, evaluasi juga dilakukan untuk menentukan kemangkusan isolat tersebut sebagai pemacu pertumbuhan tanaman cabai.

Percobaan ini bertujuan untuk (1) mengevaluasi kemampuan isolat rizobakteri indigenus Sulawesi Tenggara yang dieksplorasi dari Kabupaten Konawe, Konawe Selatan, Kendari, Muna, dan Buton dalam memproduksi hormon tumbuh IAA dan melarutkan fosfat dan (2) mengevaluasi kemangkusan isolat rizobakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman cabai.

Hipotesis yang diajukan pada percobaan ini ialah (1) isolat rizobakteri indigenus Sulawesi Tenggara mampu memproduksi hormon tumbuh IAA dan melarutkan fosfat dan (2) isolat rizobakteri indigenus Sulawesi Tenggara berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman cabai.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agronomi dan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Haluoleo, Kendari, Sulawesi Tenggara. Pelaksanaan kegiatan dimulai bulan April sampai dengan Oktober 2009.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan berupa benih cabai varietas Tit Super, bahan kimia untuk perbanyakan bakteri antara lain *tryptic soy broth*, *nutrient broth*, protease pepton, gliserol, K_2HPO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$,

bahan-bahan untuk uji pelarut fosfat dan produksi IAA meliputi glukosa, NaCl, KCl, $MgSO_4$, $MnSO_4$, $FeSO_4$, *yeast extract*, $(NH_4)_2SO_4$, KOH, agar, asam amino triptofan, $FeCl_3$, H_2SO_4 , dan IAA murni. Alat-alat yang digunakan antara lain cawan petri, termometer, tabung *eppendorf*, gelas ukur, pipet, pinset, labu Erlenmeyer, autoklaf, *laminar air flow*, *rotary shaker*, batang pengaduk, jarum ose, dan lampu bunsen.

Sejumlah 10 isolat potensial yaitu delapan isolat *Bacillus* sp. (C046, C061, C097, C104, C106, C108, C109, C166), satu isolat *Pseudomonas fluorescens* C179, dan satu isolat *Serratia* sp. C175) hasil seleksi pada percobaan sebelumnya (Sutariati & Wahab 2010) dievaluasi kemampuannya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman cabai. Kesepuluh isolat tersebut merupakan rizobakteri indigenus Sulawesi Tenggara yang dieksplorasi dari Kabupaten Konawe, Konawe Selatan, Kendari, Muna, dan Buton.

Kemampuan Isolat Rizobakteri Melarutkan Fosfat

Pengujian kemampuan isolat rizobakteri melarutkan fosfat dievaluasi menggunakan media uji *Pikovskaya's agar* dengan penambahan *tri-calcium phosphate* (TCP) sebagai sumber fosfat. Media disterilisasi dengan pemanasan menggunakan autoklaf dan setelah sterilisasi pH media diatur menjadi 7,2 dengan KOH 5 N. Media uji dituangkan ke dalam cawan petri (ϕ 9 cm), dibuat empat lubang dengan pelubang gabus dan diisi dengan 0,2 ml suspensi isolat rizobakteri yang diuji. Pada setiap cawan petri diuji dua isolat rizobakteri yang diletakkan secara bersilangan. Media uji dengan isolat rizobakteri diinkubasi selama 3 hari dalam ruang inkubasi dengan suhu 28°C. Kemampuan melarutkan fosfat dari 10 isolat yang diuji dievaluasi secara kualitatif berdasarkan terbentuknya halo di sekitar lubang yang berisi suspensi rizobakteri (Thakuria *et al.* 2004).

Produksi IAA oleh Isolat Rizobakteri

Kemampuan masing-masing isolat rizobakteri *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. dan *Serratia* spp. untuk memproduksi IAA dianalisis dengan metode Glickman & Dessaux (1995). Isolat *Pseudomonas* spp. ditumbuhkan selama 24 jam dalam medium King's B cair, sedangkan *Bacillus* spp. dan *Serratia* spp. dalam *nutrient broth* (Schaad *et al.* 2001). Untuk memacu sintesis auksin, ke dalam masing-masing media ditambahkan asam amino triptofan 0,5 g/l.

Kultur bakteri diempar dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit, kemudian supernatan dipisahkan dari endapan bakteri, disaring dengan membran nitroselulosa berporositas 0,2 μ m, dan dianalisis kandungan IAA-nya. Kandungan IAA dalam filtrat

kultur bakteri dideteksi menggunakan pereaksi FeCl_3 12 g/l dalam 7,9 M H_2SO_4 . Pereaksi FeCl_3 (1 ml) dan filtrat kultur bakteri (1 ml) ditambahkan ke dalam tabung *ependorf* (volume 2 ml), dan campuran diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu 26°C selama 30 menit. Setelah periode inkubasi, nilai absorban campuran dibaca dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm. Kurva standar berdasarkan nilai absorban larutan IAA murni dengan konsentrasi 0, 6,25, 12,5, 25, 50, 75, 100, 150, dan 200 $\mu\text{g/ml}$ digunakan untuk menghitung kandungan IAA dalam filtrat kultur bakteri.

Evaluasi Kemampuan Rizobakteri sebagai Pemacu Pertumbuhan Cabai

Uji awal kemangkusan isolat rizobakteri sebagai pemacu pertumbuhan cabai dilakukan di laboratorium melalui uji viabilitas dan vigor benih cabai yang mendapat perlakuan rizobakteri. Rancangan percobaan yang digunakan ialah acak lengkap, terdiri atas 11 perlakuan rizobakteri yaitu delapan isolat *Bacillus* spp. (C046, C061, C097, C104, C106, C108, C109, C166), satu isolat *P. fluorescens* C179, satu isolat *Serratia* sp. C175, dan satu kontrol. Total terdapat 33 unit percobaan (tiga ulangan).

Perlakuan Benih dengan Rizobakteri

Isolat rizobakteri ditumbuhkan dalam medium TSA (*Bacillus* spp. dan *Serratia* spp.) atau King's B (*Pseudomonas* spp.) padat dan diinkubasi selama 48 jam. Koloni bakteri yang tumbuh disuspensikan dalam air suling steril sampai mencapai kerapatan populasi 10^9 cfu/ml (Bai *et al.* 2002).

Benih cabai kultivar Tit Super didesinfeksi dengan natrium hipoklorit 2% selama 5 menit, dicuci tiga kali dengan air steril, dan dikering-anginkan dalam *laminar air flow cabinet* selama 1 jam. Benih (1 g) direndam selama 24 jam dalam suspensi masing-masing isolat rizobakteri (50 ml) pada suhu kamar. Setelah perlakuan, benih dikeringanginkan kembali dalam *laminar air flow cabinet* dan siap digunakan.

Perkecambahan Benih dan Pengamatan Perkecambahan

Benih cabai yang telah diberi perlakuan rizobakteri dikecambahkan dalam bak plastik berukuran 20 x 15 x 10 cm (panjang x lebar x tinggi) berisi arang sekam steril sebagai media perkecambahan. Dalam setiap perlakuan ditanam 50 benih, dengan tiga ulangan. Perhitungan terhadap peubah pengamatan dilakukan menggunakan rumus:

1. Daya berkecambah (DB), menggambarkan viabilitas potensial benih (Sadjad *et al.* 1999), dihitung berdasarkan persentase kecambah normal

(KN) hitungan pertama yaitu 7 hari setelah tanam (HST) dan kedua (14 HST) dengan rumus:

$$DB = \frac{\sum \text{KN hitungan I} + \text{KN hitungan II}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

2. Potensi tumbuh maksimum (PTM), menggambarkan viabilitas total benih, diamati dengan cara menghitung semua benih yang berkecambah pada hari terakhir pengamatan (14 HST);
3. Keserempakan tumbuh (K_{ST}), menggambarkan vigor benih (Sadjad *et al.* 1999), dihitung berdasarkan persentase KN pada hari antara hitungan pertama (7 HST) dan kedua (14 HST) yaitu pada 10 HST.
4. Indeks vigor (IV), menggambarkan vigor kecepatan tumbuh (Copeland & McDonald 1995), dihitung berdasarkan persentase KN pada hitungan pertama (7 HST) dengan rumus :

$$IV = \frac{\sum \text{KN hitungan I}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

5. Kecepatan tumbuh relatif (K_{CT-R}), menggambarkan vigor benih, merupakan perbandingan nilai K_{CT} dengan K_{CT} maksimum. K_{CT} maksimum sendiri diperoleh dari asumsi bahwa pada saat hitungan pertama kecambah normal sudah mencapai 100%. K_{CT} dihitung berdasarkan akumulasi kecepatan tumbuh harian (Sadjad *et al.* 1999) dengan rumus:

$$K_{CT} = \sum_0^{tn} \frac{N}{t}$$

di mana:

t = Waktu pengamatan

N= % KN setiap waktu pengamatan

tn= Waktu akhir pengamatan

Perhitungan K_{CT-R} untuk benih cabai ialah:

$$K_{CT} \text{ maks} = \frac{100}{\sum \text{hari hitungan I}} = \frac{100}{7} = 14,28\%/\text{etmal}$$

$$K_{CT-R} = \frac{K_{CT}}{14,28} \times 100\%$$

6. Bobot kering kecambah normal (BKKN), menggambarkan vigor benih yang ditunjukkan dengan kemampuan mengoptimalkan cadangan makanan dalam benih ke dalam bentuk akumulasi bobot kering kecambah. Pengujian dilakukan di akhir pengamatan. Seluruh kecambah normal dicabut, dibungkus dengan aluminium foil dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 3 hari, kemudian dimasukkan ke dalam desikator ± 30 menit kemudian ditimbang;
7. Laju pertumbuhan kecambah (LPK), menggambarkan vigor benih, dihitung berdasarkan

hasil BKKN dengan rumus:

$$LPK = \frac{BKKN}{\sum \text{kecambah normal}}$$

8. T_{50} adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% total pemunculan kecambah, diamati dengan menghitung jumlah benih yang berkecambah setiap hari. T_{50} menggambarkan vigor benih, dihitung dengan rumus:

$$T_{50} = t_i + \frac{(n_{50\%} - n_i)}{(n_j - n_i)} (t_j - t_i)$$

di mana :

- t_i = Waktu antara, pada saat atau sebelum benih berkecambah 50%;
- t_j = Waktu antara, setelah benih berkecambah 50%;
- 50% = Jumlah benih berkecambah (50% dari total benih yang berkecambah);
- n_j = Jumlah benih berkecambah pada waktu t_j ;
- n_i = Jumlah benih berkecambah pada waktu t_i .

Uji Pertumbuhan Bibit Cabai

Uji kemangkusan isolat rizobakteri terhadap pertumbuhan bibit cabai dilakukan di rumah kaca. Rancangan percobaan yang digunakan ialah acak kelompok. Perlakuan yang dicobakan sama dengan percobaan sebelumnya yaitu delapan isolat *Bacillus* spp. (C046, C061, C097, C104, C106, C108, C109, C166), satu isolat *P. fluorescens* C179, satu isolat *Serratia* sp. C175, dan satu kontrol. Total terdapat 33 unit percobaan (tiga ulangan). Individu kecambah (bibit cabai) yang diperoleh dari uji perkecambahan benih dipindah-tanam ke polibag berisi 500 g media tanam campuran tanah dan pupuk kandang 4:1 (v/v).

Untuk menjaga pertumbuhan dan perkembangan bibit yang normal dilakukan penyiraman sampai kapasitas lapang setiap pagi dan sore hari. Pengamatan pertumbuhan tanaman cabai menggunakan peubah tinggi tanaman, jumlah cabang produktif dan diameter batang. Pengamatan dilakukan pada umur 8 minggu setelah pindah tanam.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam, dilanjutkan dengan uji lanjutan menggunakan uji jarak berganda Duncan (UJBD) pada taraf nyata $\alpha=0,05$, jika analisis ragam menunjukkan pengaruh nyata. Seluruh proses analisis data menggunakan program SAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Isolat Rizobakteri Melarutkan Fosfat

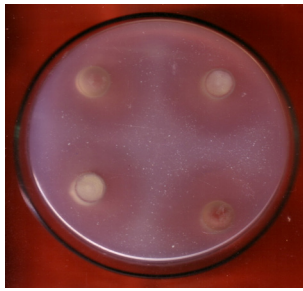
Semua isolat rizobakteri yang diuji (*Bacillus* sp. isolat C046, C061, C097, C104, C106, C108, C109, dan C166, *P. fluorescens* C179 dan *Serratia* sp. C175) mampu melarutkan fosfat dalam bentuk TCP (Tabel 1). Kemampuan rizobakteri melarutkan fosfat dalam media uji ditandai dengan terbentuknya halo pada media uji (Gambar 1). Kemampuan rizobakteri kelompok *Bacillus* sp., dalam melarutkan fosfat (isolat C061, C097, C104, C108, C166), lebih tinggi dibandingkan dengan isolat *P. fluorescens* C179 dan *Serratia* sp. C175, yang ditunjukkan dengan indikator halo yang lebih lebar.

Setiap jenis tanaman membutuhkan fosfat untuk perkembangan dan pertumbuhannya. Senyawa fosfat

Tabel 1. Kemampuan isolat rizobakteri kelompok *Bacillus* spp., *P. fluorescens*, atau *Serratia* sp. melarutkan fosfat dan memproduksi IAA dalam media yang mengandung asam amino triptofan (*Ability of rhizobacteria isolates from group of Bacillus spp., P. fluorescens, or Serratia sp. to solubilize phosphate and to produce IAA in a medium containing tryptophan*)

Isolat rizobakteri (<i>Rhizobacteria isolates</i>)	Pelarut fosfat (<i>Phosphate solubilizing</i>)	Kandungan IAA (<i>IAA concentration</i>), µg/ml filtrat
<i>Bacillus</i> sp.C046	+	22,26
<i>Bacillus</i> sp.C061	++	346,97
<i>Bacillus</i> sp.C097	++	16,48
<i>Bacillus</i> sp.C104	++	21,43
<i>Bacillus</i> sp.C106	+	5,32
<i>Bacillus</i> sp.C108	++	96,21
<i>Bacillus</i> sp.C109	+	50,76
<i>Bacillus</i> sp.C166	++	165,20
<i>P. fluorescens</i> C179	+	0,78
<i>Serratia</i> sp.C175	+	0,00

Keterangan: untuk aktivitas pelarut fosfat: + diameter halo 0-1cm, ++ diameter halo >1cm (*for activity of phosphate solubilizing: + halo diameter 0-1cm, ++ halo diameter >1cm*)



Gambar 1. Performa hasil uji pelarut fosfat oleh isolat rizobakteri dari kelompok *Bacillus* spp. (*Performance of phosphate solubilizing rhizobacteria isolates from group of Bacillus spp.*)

yang ada dalam lingkungan tumbuh tanaman tidak selalu tersedia bagi tanaman, sehingga keberadaan bakteri pelarut fosfat di rizosfer tanaman membantu penyediaan senyawa ini bagi tanaman. Kemampuan isolat rizobakteri melarutkan fosfat merupakan salah satu karakter fisiologi rizobakteri yang berhubungan dengan perannya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (Sutariati 2006).

Dibandingkan dengan kelompok *Bacillus* spp., isolat *P. fluorescens* C179 dan *Serratia* sp. C175, memiliki kemampuan yang lebih rendah dalam melarutkan fosfat (menggunakan media uji TCP sebagai sumber P). Hal ini diduga disebabkan oleh perbedaan aktivitas mineralisasi dan sumber P organik yang digunakan oleh keduanya (media uji yang digunakan sebagai sumber P ialah TCP). Seperti dijelaskan Rodriguez &

Fraga (1999), setiap jenis bakteri memiliki kekhususan sumber P organik dan mekanisme pelarutan fosfat yang berbeda antara jenis yang satu dengan lainnya. Kondisi ini dapat memengaruhi aktivitas setiap jenis rizobakteri dalam melarutkan fosfat. Jika media uji di laboratorium menggunakan sumber P yang berbeda dengan sumber P yang digunakan oleh rizobakteri tersebut, maka kemungkinan dapat terjadi pelarutan P, namun aktivitasnya tentu tidak semaksimal jika sumber P-nya ialah P organik yang digunakan oleh bakteri tersebut. Dengan demikian kemampuan pelarutan fosfat oleh rizobakteri dalam uji laboratorium menjadi tidak konsisten dengan kemampuan pelarutan P sesungguhnya di alam.

Produksi IAA oleh Isolat Rizobakteri

Hasil percobaan menunjukkan bahwa tidak semua isolat rizobakteri yang diuji mampu memproduksi IAA (Tabel 1). Semua isolat rizobakteri kelompok *Bacillus* spp. mampu menghasilkan IAA dengan kisaran konsentrasi 5,32–346,97 µg/ml filtrat. Diantara delapan isolat *Bacillus* spp., isolat C061 menghasilkan IAA dengan konsentrasi tertinggi 346,97 µg/ml. Isolat *P. fluorescens* C179 hanya mampu memproduksi IAA dengan konsentrasi 0,78 µg/ml filtrat, sementara isolat *Serratia* sp. tidak mampu memproduksi IAA (Tabel 1).

Isolat rizobakteri yang diuji (sembilan isolat), kecuali *Serratia* sp. C175 dalam percobaan ini terbukti mampu memproduksi IAA dalam media dengan penambahan asam amino triptofan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan isolat *Bacillus* spp., dan *P. fluorescens* umumnya

Tabel 2. Pengaruh perlakuan benih dengan rizobakteri terhadap potensi tumbuh maksimum (PTM), daya berkecambah (DB), keserempakan tumbuh (KST), dan indeks vigor (IV) benih cabai (*The effects of rhizobacterium-seed treatments on maximum growth potential (MGP), germination percentage (GP), growth spontaneous (GS), and vigor index (VI) of hot peppers seed*)

Perlakuan (Treatments)	PTM (MGM)	DB (GP)	KST (GS)	IV (VI)
.....%				
Tanpa perlakuan (Without treatment)	53,33 F	53,33 H	26,67 j	5,33 k
<i>Bacillus</i> sp.C046	94,67 Ab	96,00 ab	96,00 a	64,00 b
<i>Bacillus</i> sp.C061	98,67 A	92,00 a-c	90,67 a-c	64,00 b
<i>Bacillus</i> sp.C097	90,67 a-c	88,00 a-e	81,33 c-g	45,33 c-e
<i>Bacillus</i> sp.C104	93,33 Ab	90,67 a-c	77,33 d-h	41,33 de
<i>Bacillus</i> sp.C106	96,00 Ab	94,67 ab	94,67 ab	49,33 cd
<i>Bacillus</i> sp.C108	93,33 Ab	90,67 a-c	90,67 a-c	50,67 cd
<i>Bacillus</i> sp.C109	96,00 Ab	92,00 a-c	89,33 a-c	54,67 bc
<i>Bacillus</i> sp.C166	96,00 Ab	94,67 ab	92,00 a-c	53,33 c
<i>P. fluorescens</i> C179	97,33 A	88,00 a-e	84,00 b-f	26,67 gh
<i>Serratia</i> sp.C175	98,67 A	97,33 A	92,00 a-c	78,67 a
KK (CV), %	4,50	6,23	6,88	16,98

Angka pada kolom dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan 5% (Mean in each column followed by the same letter were not significantly different according to DMRT at 5% level)

Tabel 3. Pengaruh perlakuan benih dengan rizobakteri terhadap kecepatan tumbuh relatif (KCT-R), waktu yang dibutuhkan untuk berkecambah 50% (T_{50}), bobot kering kecambah normal (BKKN) dan laju pertumbuhan kecambah (LPK) benih cabai (*The effects of rhizobacterium-seed treatments on relative growth rate (GR-r), time to germinate 50% (T_{50}), normal seedling dry weight (NSDW), and seedling growth rate (SGR) of hot pepper seed*)

Perlakuan (Treatments)	KCT-R %/etmal GR-r, %/etmal	T50 hari (days)	BKKN (NSDW), g	LPK (SGR) (g/KN)
Tanpa Perlakuan	5,53 H	8,11 a	13,33 j	121,09 i
<i>Bacillus</i> sp.C046	13,39 a-c	5,36 g-i	63,33 a-c	176,76 a-d
<i>Bacillus</i> sp.C061	12,39 a-e	5,60 f-h	70,00 a	183,50 a
<i>Bacillus</i> sp.C097	11,84 a-e	5,72 f-h	53,33 b-g	170,83 b-g
<i>Bacillus</i> sp.C104	9,14 fg	8,10 a	43,33 g-i	165,43 e-h
<i>Bacillus</i> sp.C106	12,23 a-e	6,05 d-g	55,00 b-g	170,97 b-g
<i>Bacillus</i> sp.C108	12,70 a-e	5,47 f-i	56,67 b-f	172,03 b-g
<i>Bacillus</i> sp.C109	13,26 a-d	5,45 f-i	56,67 b-f	172,23 b-g
<i>Bacillus</i> sp.C166	13,04 a-e	5,60 f-h	65,00 ab	179,92 ab
<i>P. fluorescens</i> C179	10,98 c-f	5,80 e-g	56,67 b-f	175,30 a-f
<i>Serratia</i> sp.C175	14,12 a	4,77 i	65,00 ab	178,88 a-c
KK (CV), %	11,51	6,53	12,72	8,77

Angka pada kolom dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan 5% (Mean in each column followed by the same letter were not significantly different according to DMRT at 5% level)

mempunyai kemampuan memproduksi auksin (Sutariati 2006).

Bacillus spp. menghasilkan IAA lebih banyak dibandingkan isolat *P. fluorescens*. Perbedaan produksi IAA dari berbagai rizobakteri bergantung pada isolat yang diuji dan kemampuan masing-masing isolat dalam mengolonisasi perakaran tanaman (Thakuria *et al.* 2004), yang berimplikasi pada jumlah asam amino triptofan yang diperoleh dari eksudat akar tanaman untuk memacu produksi IAA oleh rizobakteri. Produksi IAA oleh rizobakteri hanya terjadi jika konsentrasi asam amino triptofan di daerah perakaran cukup tinggi (Ahmad *et al.* 2005).

Uji Efek Rizobakteri terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Cabai

Perlakuan benih dengan rizobakteri mampu meningkatkan potensi tumbuh maksimum, daya berkecambah, keserempakan tumbuh, dan indeks vigor benih cabai secara signifikan dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2). Di antara 10 isolat yang digunakan dalam uji ini (delapan isolat digolongkan ke dalam kelompok *Bacillus* spp., satu isolat *P. fluorescens*, dan satu isolat *Serratia* sp.), isolat kelompok *Bacillus* spp. cenderung mendominasi hasil eksplorasi dan isolasi dari perakaran cabai sehat, namun demikian berdasarkan efeknya terhadap viabilitas dan vigor benih cabai, kedua jenis isolat lainnya yaitu *P. fluorescens* dan *Serratia* sp. juga mampu memperbaiki viabilitas dan vigor benih cabai (Tabel 2).

Perlakuan benih dengan rizobakteri indigenus juga lebih mampu meningkatkan kecepatan tumbuh relatif T_{50} , bobot kering kecambah normal, dan laju pertumbuhan kecambah benih cabai secara signifikan dibandingkan dengan kontrol (Tabel 3). Hampir semua isolat, kecuali *Bacillus* spp. C104 menampilkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol. Di antara isolat yang diuji, *Bacillus* spp. C061, *Bacillus* sp.C046, *Bacillus* sp.C166, *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp. C175 menampilkan performa lebih baik dibandingkan dengan kontrol dan isolat lainnya.

Peningkatan viabilitas, vigor, dan pertumbuhan bibit cabai oleh isolat rizobakteri tersebut diduga diakibatkan oleh kemampuan isolat rizobakteri tersebut dalam mensintesis hormon tumbuh (Garcia *et al.* 2003), memfiksasi nitrogen atau melarutkan fosfat. *Bacillus* spp. dilaporkan mampu mensintesis IAA (Sutariati 2006, Sutariati *et al.* 2006a), gibberelin (Joo *et al.* 2005), dan sitokinin (Timmusk *et al.* 2005). Selain mensintesis IAA, *Bacillus* spp. juga dilaporkan mampu memfiksasi nitrogen dan melarutkan fosfat (Kang *et al.* 2007). Demikian pula, *P. fluorescens* mampu menghasilkan, IAA (Sutariati 2006, Sutariati *et al.* 2006a), gibberelin dan sitokinin (Ahmad *et al.* 2005), memfiksasi nitrogen (Mehrab *et al.* 2010) dan melarutkan fosfat (Park *et al.* 2009). Sementara itu, *Serratia* sp.C175, tidak menghasilkan IAA, sehingga perbaikan viabilitas dan pertumbuhan yang diakibatkan oleh inokulasi isolat ini diduga disebabkan oleh

Tabel 4. Pengaruh perlakuan benih dengan rizobakteri terhadap tinggi tanaman, jumlah cabang primer, dan diameter batang cabai (*The effects of rhizobacterium-seed treatments on plant height, primary branch number and stem diameter of hot peppers*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Tinggi tanaman (<i>Plant height</i>), cm	Jumlah cabang primer (<i>Primary branch number</i>)	Diameter batang (<i>Stem diameter</i>), mm
Tanpa Perlakuan (<i>Without treatment</i>)	55,73 e	3,33 e	2,55 e
<i>Bacillus</i> sp.C046	57,68 de	4,17 bc	2,85 c
<i>Bacillus</i> sp.C061	63,17 bc	5,50 a	3,22 a
<i>Bacillus</i> sp.C097	63,72 bc	4,33 bc	2,93 bc
<i>Bacillus</i> sp.C104	64,38 bc	3,83 cde	2,72 cde
<i>Bacillus</i> sp.C106	66,67 ab	4,00 bcd	2,77 cd
<i>Bacillus</i> sp.C108	60,88 cd	3,50 de	2,60 de
<i>Bacillus</i> sp.C109	63,55 bc	4,00 bcd	2,78 dc
<i>Bacillus</i> sp.C166	64,50 bc	4,50 b	2,88 c
<i>P. fluorescens</i> C179	63,08 bc	5,33 a	3,10 ab
<i>Serratia</i> sp.C175	68,38 a	5,33 a	3,22 a
KK (CV), %	3,29	7,24	4,04

mekanisme yang lain. Salantur *et al.* 2006 dan Gholami *et al.* 2008 melaporkan bahwa rizobakteri kelompok *Serratia* spp. dapat memfiksasi nitrogen dan mampu meningkatkan ketersediaan fosfat.

Uji Efek Rizobakteri terhadap Pertumbuhan Bibit Cabai

Dibandingkan dengan tanpa perlakuan rizobakteri sebagai standar, inokulasi benih dengan isolat kelompok *Bacillus* spp., *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp. C175 secara nyata mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah cabang primer, dan diameter batang cabai pada 8 MST (Tabel 4). *Bacillus* sp. C061, *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp. C175 merupakan isolat yang dapat memberikan pertumbuhan lebih baik dibandingkan dengan kontrol dan isolat lain yang diuji.

Isolat *Bacillus* sp. C061, *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp. C175 terpilih sebagai isolat potensial untuk rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman, karena menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit cabai dibandingkan isolat rizobakteri lainnya dalam kelompok yang sama. Rizobakteri kelompok *Bacillus* spp., *P. fluorescens*, dan *Serratia* spp. telah umum diketahui sebagai PGPR. Beberapa kajian peran *Bacillus* spp. pada cabai menunjukkan bahwa rizobakteri ini mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil cabai (Garcia *et al.* 2004, Burelle *et al.* 2002, Datta *et al.* 2011).

KESIMPULAN

Rizobakteri indigenus Sulawesi Tenggara memiliki kemampuan yang berbeda dalam mensintesis IAA. Rizobakteri *Bacillus* spp. memiliki kemampuan

menghasilkan IAA dengan konsentrasi lebih tinggi (5,32–146,97 µg/ml) dibandingkan dengan *P. fluorescens* C179 (0,78 µg/ml), sementara *Serratia* sp.C175 tidak dapat mensintesis IAA. Semua isolat rizobakteri yang diuji mampu melarutkan fosfat. Hasil uji viabilitas dan pertumbuhan bibit cabai menunjukkan bahwa isolat rizobakteri indigenus memiliki potensi yang sangat baik sebagai agensia *biofertiliz.* Isolat *Bacillus* sp.C061, *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp.C175 memberikan efek yang lebih baik dalam meningkatkan viabilitas dan vigor benih serta pertumbuhan bibit cabai dibandingkan dengan kontrol dan isolat lainnya.

SARAN

Isolat *Bacillus* sp.C061, *P. fluorescens* C179, dan *Serratia* sp.C175 sangat berpotensi sebagai agensia *biofertilizer*, oleh karena itu diperlukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi kemangkusan rizobakteri dalam skala uji yang lebih luas (lapangan) dan dengan indikator komoditas tanaman yang lebih banyak.

PUSTAKA

- Ahmad, FI, Ahmad & Khan, MS 2005, 'Indoleacetic acid production by the indigenous isolates of Azotobacter and fluorescent pseudomonas in the presence and absence of tryptophan', *Turk. J. Biol.*, no. 29, pp. 29–34.
- Bai, YB, Pan, TC, Charles, & Smith, DL 2002, 'Co-inoculation dose and root zone temperature for plant growth promoting rhizobacteria on soybean [*Glycine max* (L.) Merr] grown in soil-less media', *Soil Biol. Biochem.*, no. 34, pp. 1953–57.
- Burelle, NK, Vavrina, CS, Roskopf, EN, & Shelby, RA 2002, 'Field evaluation of plant growth-promoting rhizobacteria amended transplant mixes and soil solarization for tomato and pepper production in Florida', *Plant and Soil*, no. 238, pp. 257–66.

4. Copeland, LO, & Donald, MC 1995, *Principles of seed science and technology*, Third edition, Chapman & Hall, New York.
5. Damayanti, TA & Katarina, T 2008, 'Protection of hot pepper against multiple infection of viruses by utilizing root colonizing bacteria', *J. ISSAAS* no. 14, pp. 92–100.
6. Datta, M, Palit, R, Sengupta, C, Pandit, MK & Banerjee, S 2011, 'Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions', *AJCS*, vol. 5, no. 5, pp. 531–36.
7. Domenech, J, Reddy, MS, Kloepper, JW, Ramos, B & Manero, FJG 2006, 'Combined application of the biological product LS213 with *Bacillus*, *Pseudomonas* or *Chryseobacterium* for growth promotion and biological control of soil-borne diseases in pepper and tomato', *BioControl*, no. 51, pp. 245–58.
8. El-Azeem, SAMA, Mehana, TA & Shabayek, AA 2007, 'Some plant growth promoting traits of rhizobacteria isolated from Suez Canal region, Egypt', *African Crop Science Conference Proceedings*, no. 8, pp.1517–25.
9. García, JA, Probanza, LA, Ramos, B & Manero, FJG 2003, 'Effects of three plant growth-promoting rhizobacteria on the growth of seedlings of tomato and pepper in two different sterilized and nonsterilized peats', *J. Agro. and Soil Sci.*, vol. 49, no. 1, hlm 119–27.
10. García, JAL, Probanza, A, Ramos, B, Palomino, MR & Manero, FJG 2004, 'Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper', *Agronomie*, vol. 24, no. 4, hlm 169–76.
11. Gholami, A, Biari, A, & Nezarat, S 2008, 'Effect of seed priming with growth promoting rhizobacteria at different rhizosphere condition on growth parameter of maize', International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology, Turkey, pp. 851–56.
12. Glickman, E & Dessaux, Y 1995, 'A critical examination of specificity of the salkowski reagent for indolic compounds produced by phytopathogenic bacteria', *App. Environ. Microbiol.*, no. 61, pp. 793–96.
13. Han, HS, Supanjani & Lee, KD 2006, 'Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber.', *Plant Soil Environ.*, vol. 52, no. 3 pp. 130–36.
14. Joo, GJ, Kim, YM, Kim, JT, Rhee, IK, Kim, JH & Lee, IJ 2005, 'Gibberellins-producing rhizobacteria increase endogenous gibberellins content and promote growth of red peppers', *J. Microbiol.*, vol. 43, no. 6, pp. 510–15.
15. Kang, SH, Cho, HS, Cheong, H, Ryu, CM, Kim, JF & Park, SH 2007, 'Two bacterial entophytes eliciting both plant growth promotion and plant defense on pepper (*Capsicum annuum* L.)', *J. Microbiol. Biotechnol.*, no. 27, pp. 96–103.
16. Kim, YS, Jang, B, Chung, IM, Sang, MK, Ku, HM, Kim, KD & Chun, SC 2008, 'Enhancement of biocontrol activity of antagonistic *Chryseobacterium* strain KJ1R5 by adding carbon sources against *Phytophthora capsici*', *Plant Pathol. J.*, no. 24, pp. 164–70.
17. Kim, YC & Jung, H 2008, 'An effective biocontrol bioformulation against *Phytophthora* blight of pepper using growth mixtures of combination chitinolytic bacteria under different field condition', *Plant Pathol. J.*, no. 20, pp. 373–82.
18. Lee, KJ, Kamala-Kannan, S, Sub, HS, Seong, CK & Lee, GW 2008, 'Biological control of *Phytophthora* blight in red pepper (*Capsicum annuum* L.) using *Bacillus subtilis*', *World J. Microbiol. Biotechnol.*, no. 24, pp. 1139–45.
19. Mehrab, YH, Rahmani, A, Noormohammadi, G & Ayneband, A 2010, 'Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*', *J. Plant Nutrition*, vol. 33, no. 12, pp. 1733–43.
20. Nakkeeran, S, Kavitha, K, Chandrasekar, G, Renukadevi, P & Fernando, WGD 2006, 'Induction of plant defense compounds by *Pseudomonas chlororaphis* PA23 and *Bacillus subtilis* BSCBE4 in controlling damping-off of hot pepper caused by *Pythium aphanidermatum*', *Biocontrol Sci. and Technol.*, vol. 16, no. 4, pp. 403–16.
21. Park, KH, Lee, CY & Son, HJ 2009, 'Mechanism of insoluble phosphate solubilization by *Pseudomonas fluorescens* RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth-promoting activities', *Lett. Appl. Microbiol.*, vol. 49, no. 2, pp. 222–28.
22. Rodríguez, H & Fraga, R 1999, 'Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion', *Biotech. Adv.*, no. 17, pp. 319–39.
23. Sadjad, S, Murniati, E & Ilyas, S 1999, *Parameter Pengujian Vigor Benih dari Komparatif ke Simulatif*, Grasindo, Jakarta.
24. Salantur, A, Ozturk, A & Akten, S 2006, 'Growth & yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria', *Plant. Soil. Environ.*, vol. 52, no. 3, pp. 111–18.
25. Sang, MK, Chun, SC & Kim, KD 2008, 'Biological control of *Phytophthora* blight of pepper by antagonistic rhizobacteria selected from a sequential screening procedure', *Biol. Control.*, no. 46, pp. 424–33.
26. Schaad, NW, Jones, JB & Chun, W 2001, *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. St Paul, APS Press. Minnesota.
27. Shen, SS, Piao, FZ, Lee, BW & Park, CS 2007, 'Characterization of antibiotic substance produced by *Serratia plymuthica* A21-4 and the biological control activity against pepper phytophthora blight', *Plant Pathol. J.*, vol. 23, no. 3, pp. 180–86.
28. Sutariati, GAK 2006, 'Perlakuan benih dengan agens biokontrol untuk pengendalian penyakit antraknosa, peningkatan hasil dan mutu benih cabai', Disertasi, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
29. Sutariati, GAK, Widodo, Sudarsono, & Ilyas, S, 2006a, 'Pengaruh perlakuan plant growth promoting Rhizobacteria terhadap pertumbuhan bibit tanaman cabai', *Bul. Agronomi*, vol. 34, no. 1, hlm 46–54.
30. Sutariati, GAK & Wahab, A 2010, 'Isolasi dan uji kemampuan rizobakteri indigenous sebagai agensia pengendali hayati penyakit pada tanaman cabai', *J. Hort.*, vol. 20, no. 1, hlm 86–95.
31. Thakuria, D, Talukdar, NC, Goswami, C, Hazarika, S, Boro, RC & Khan, MR 2004, 'Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam', *Current Sci.*, no. 86, pp.78–985.
32. Timmusk, S, Grantcharova, N & Wagner, EGH 2005, '*Paenibacillus polymyxa* invades plant roots and forms biofilms', *App. and Environ. Microbiol.*, vol. 71, no. 11, pp. 7292–300.
33. Yang, JW, Yu, SH & Ryu, CM 2009, 'Priming of defense-related genes confers root-colonizing bacilli-elicited induced systemic resistance in pepper', *Plant Pathol. J.*, vol. 25, no. 4, hlm. 389–99.