

Pertumbuhan dan Perkembangan Bibit Akor yang Diinokulasi Bakteri Patogen Terbawa Benih

Growth and Development of Inoculated in Northern Black Wattle Seedling with Seed Borne Bacterial Pathogens

Tati Suharti^{1*}, Triwidodo Arwiyanto², Tri Joko²

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan, Bogor 16001

²Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Akor (*Acacia auriculiformis*) merupakan tanaman legum yang banyak dimanfaatkan sebagai kayu pulp, kayu pertukangan, kayu bakar, arang, dan pelet. Patogen terbawa benih dapat mengurangi perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh bakteri patogen terbawa benih akor terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit umur 12 minggu. Inokulasi bakteri patogen pada benih akor dilakukan dengan cara perendaman. Bakteri patogen yang diujikan ialah *Acinetobacter* sp., *Alcaligenes faecalis*, *Burkholderia cepacia* complex, *Escherichia hermannii*, *Paenochrobactrum* sp., *Pseudomonas stutzeri*, *Ralstonia* sp. dan *Salmonella bongori*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua bakteri yang diuji dapat mengurangi daya berkecambah, tetapi tidak memengaruhi daya tumbuh. Semua bakteri yang diuji kecuali *Acinetobacter* sp. dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan bibit akor.

Kata kunci: *Acacia auriculiformis*, bakteri terbawa benih, perkecambahan, pertumbuhan

ABSTRACT

Northern black wattle (*Acacia auriculiformis*) is a fast growing species that has multipurpose benefits such as pulpwood, solid wood, firewood, charcoal and pellet. Seed-borne bacterial pathogens were reported to reduce seed germination and seedling growth. The objective of this study was to evaluate effect of seed borne bacterial pathogen of *A. auriculiformis* on seed germination and 12 weeks-old seedling growth. Bacterial seed inoculation was performed by soaking the seed into respective bacterial suspension for 2 hours. The tested bacteria were *Acinetobacter* sp., *Alcaligenes faecalis*, *Burkholderia cepacia* complex, *Escherichia hermannii*, *Paenochrobactrum* sp., *Pseudomonas stutzeri*, *Ralstonia* sp., and *Salmonella bongori*. The results showed that all tested bacteria could reduce seed germination, but those does not affect seedling growth significantly. All tested bacteria excluding *Acinetobacter* sp. could inhibit seedling growth and development.

Key words: *Acacia auriculiformis*, germination, growth, seed-borne bacterial pathogen

*Alamat penulis korespondensi: Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan. Jalan Pakuan, Ciheuleut, Kode Pos 105, Bogor 16001
Tel: 0251-8327768, Faks: 0251-8327768, Surel: tie_772001@yahoo.com.

PENDAHULUAN

Salah satu kendala dalam penanaman akor ialah tidak tersedianya bibit sehat dengan jumlah yang cukup. Pertumbuhan dan kesehatan bibit salah satunya dipengaruhi oleh patogen terbawa benih. Bakteri patogen terbawa benih (*Ralstonia solanacearum*) dapat menginfeksi xilem sampai fase bibit dengan seperti (Arwiyanto 2014).

Burkholderia vietnamiensis dengan kerapatan 1×10^8 dapat mengurangi persentase perkecambah *Acacia colei* (Levy 2007). Inokulasi *B. cepacia* complex pada kecambah alfalfa dapat menyebabkan daun menguning dan klorosis, akar nekrosis dan pertumbuhannya terhambat (Ibrahim *et al.* 2012). Selain menurunkan viabilitas benih, infeksi *Acidovorax citrulli* pada benih Cucurbitaceae juga dapat menyebabkan kematian pada bibit muda (Windari *et al.* 2015).

Suharti *et al.* (2017) mendeteksi delapan spesies bakteri patogen terbawa benih menggunakan berbagai macam metode. Pengaruh masing-masing spesies bakteri tersebut terhadap pertumbuhan dan perkembangan bibit akor perlu diteliti. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi bakteri yang terbawa benih akor terhadap pertumbuhan dan perkembangannya.

BAHAN DAN METODE

Benih akor diunduh dari Desa Banaran, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta sebanyak 500 g. Benih berwarna hitam, keras, funikel berwarna kuning atau merah dengan rata-rata panjang benih 4.5 mm dan lebar 3.5 mm. Bakteri patogen yang digunakan ialah *Paenochrobactrum* sp., *Burkholderia cepacia* complex, *Pseudomonas stutzeri*, *Ralstonia* sp., *Acinetobacter* sp., *Alcaligenes faecalis*, *Escherichia hermannii* dan *Salmonella bongori* (Suharti *et al.* 2017).

Metode

Penelitian terdiri atas 9 perlakuan, yaitu perlakuan 8 bakteri patogen dan kontrol berupa akuades steril dan disusun dalam rancangan

acak lengkap. Pengujian daya berkecambah bibit akor menggunakan 9 perlakuan dengan 4 ulangan masing-masing sebanyak 50 benih. Pengujian pertumbuhan bibit akor menggunakan 5 ulangan masing-masing sebanyak 7 bibit. Benih yang berkecambah setelah 4 minggu dipindahkan ke pot plastik berisi medium tanah steril.

Masing-masing bakteri patogen dibiakan pada medium *yeast potato agar* (YPA), setelah berumur 2 hari dibuat suspensi dengan kerapatan 10^8 cfu mL⁻¹. Benih disterilkan dengan merendamnya dalam NaOCl 0.5% selama 4 menit dan dibilas air steril sebanyak 3 kali. Sebanyak 200 butir benih direndam dalam suspensi masing-masing bakteri selama 2 jam lalu direndam dalam air panas (suhu ± 97 °C, untuk memecah dormansi benih) dan dibiarkan sampai dingin selama 24 jam. Selanjutnya, benih dikecambahkan pada medium tanah steril.

Pengamatan

Peubah yang diamati ialah daya berkecambah, daya tumbuh, tinggi, diameter, jumlah filodi, panjang filodi, lebar filodi, panjang akar, biomassa pucuk, biomassa akar, total biomassa, kekokohan bibit, nisbah pucuk akar, dan indeks mutu bibit. Pengamatan daya berkecambah dilakukan setiap hari selama 4 minggu. Pengamatan daya tumbuh, tinggi dan diameter bibit, jumlah filodi, panjang filodi, lebar filodi dan panjang akar; juga biomassa pucuk, biomassa akar, total biomassa, kekokohan bibit (KB), nisbah pucuk akar (NPA) dan indeks mutu bibit (IMB) dilakukan pada bibit umur 12 minggu. Nilai KB, NPA, dan IMB dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KB = \frac{\text{Tinggi Bibit (cm)}}{\text{Diameter Bibit (mm)}}$$

$$NPA = \frac{\text{Biomassa pucuk (g)}}{\text{Biomassa akar (g)}}$$

$$IMB = \frac{\text{Total biomassa}}{KB + NPA}, \text{ dengan}$$

Total biomassa = biomassa akar + biomassa pucuk

Analisis data

Data dianalisis menggunakan ANOVA apabila data terdistribusi secara normal, sedangkan apabila data tidak terdistribusi secara normal digunakan analisis Kruskal-Wallis. Selanjutnya, data diuji lanjut Duncan pada α 5 %.

HASIL

Bakteri patogen tidak memengaruhi daya berkecambah secara nyata dibandingkan dengan kontrol, walaupun demikian semua bakteri yang diuji dapat mengurangi daya berkecambah sebesar 4.5%–18.5%. Bakteri yang diuji juga tidak memengaruhi daya tumbuh bibit sampai umur 12 minggu (Tabel 1).

Beberapa bakteri patogen tidak berpengaruh terhadap tinggi dan diameter bibit sampai umur 12 minggu dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan bakteri *Acinetobacter* sp., *Paenochrobactrum* sp. dan *Ralstonia* sp. tidak

memengaruhi diameter bibit, sedangkan *E. hermannii*, *B. cepacia* complex dan *S. bongori* menghambat pertumbuhan tinggi dan diameter bibit akar pada umur 12 minggu (Tabel 2).

Semua perlakuan bakteri patogen terbawa benih berpengaruh nyata terhadap panjang dan lebar filodi bibit akar umur 12 minggu dibandingkan dengan kontrol. Bakteri *A. faecalis* berpengaruh nyata terhadap panjang akar bibit akar. Selain itu *E. hermannii* juga berpengaruh terhadap jumlah filodi bibit akar (Tabel 3).

Bakteri patogen tidak berpengaruh nyata terhadap biomassa pucuk akar, kecuali pada perlakuan *A. faecalis*, *E. hermannii*, *Paenochrobactrum* sp. dan *S. bongori* (Tabel 4). Bakteri patogen berpengaruh nyata terhadap biomassa akar akar, kecuali pada perlakuan *Acinetobacter* sp. Biomassa total pada perlakuan *Paenochrobactrum* sp., *P. stutzeri*, *A. faecalis*, *E. hermannii* dan *S. bongori* berbeda nyata dengan kontrol.

Tabel 1 Daya berkecambah benih dan tumbuh bibit akar 4 minggu setelah inokulasi bakteri terbawa benih

Perlakuan	Daya berkecambah (%)	Daya tumbuh (%)
Kontrol	36.0 a	100.0 a
<i>Acinetobacter</i> sp.	22.0 a	100.0 a
<i>Alcaligenes faecalis</i>	28.5 a	100.0 a
<i>Burkholderia cepacia</i> complex	31.0 a	100.0 a
<i>Escherichia hermannii</i>	31.5 a	94.3 a
<i>Paenochrobactrum</i> sp.	22.5 a	100.0 a
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	24.0 a	97.2 a
<i>Ralstonia</i> sp.	27.5 a	97.2 a
<i>Salmonella bongori</i>	17.5 a	100.0 a

Data diolah setelah transformasi arcsin $\sqrt{(x/100)}$

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5%

Tabel 2 Tinggi dan diameter bibit akar yang diinokulasi bakteri patogen pada umur 12 minggu

Perlakuan	Tinggi (cm)	Diameter (mm)
Kontrol	12.1 a	1.7 a
<i>Acinetobacter</i> sp.	11.9 a	1.7 a
<i>Alcaligenes faecalis</i>	11.2 ab	1.4 cd
<i>Burkholderia cepacia</i> complex	10.2 b	1.1 e
<i>Escherichia hermannii</i>	8.7 c	1.5 bcd
<i>Paenochrobactrum</i> sp.	9.9 b	1.5 ab
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	11.2 ab	1.4 bcd
<i>Ralstonia</i> sp.	10.9 ab	1.6 ab
<i>Salmonella bongori</i>	8.7 c	1.4 d

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5%

Bibit akor yang diberi perlakuan *A. faecalis*, *E. hermannii* dan *P. stutzeri* memiliki nilai kekokohan bibit dan nisbah pucuk akar yang tidak berbeda nyata dengan kontrol. Indeks mutu bibit pada perlakuan *Acinetobacter* sp. tidak berbeda nyata dengan kontrol. Nilai indeks mutu bibit paling rendah ialah pada perlakuan banteri *E. hermannii* (Tabel 5).

PEMBAHASAN

Penurunan daya berkecambah salahsatunya diduga karena bakteri yang diinokulasi pada benih dapat merusak sel sehingga memengaruhi fisiologi benih atau kecambah, bahkan dapat menyebabkan benih busuk, mati hingga gagal berkecambah. Penurunan daya berkecambah

Tabel 3 Jumlah, panjang, dan lebar filodi; serta panjang akar bibit tanaman akor pada umur 12 minggu

Perlakuan	Jumlah filodi	Panjang filodi (cm)	Lebar filodi (cm)	Panjang akar (cm)
Kontrol	6.2 abc	12.42 a	1.66 a	20.7 abc
<i>Acinetobacter</i> sp.	6.9 ab	10.85 b	1.29 bc	21.5 abc
<i>Alcaligenes faecalis</i>	5.5 c	8.73 d	1.06 d	13.9 de
<i>Burkholderia cepacia</i> complex	6.8 ab	10.64 b	1.23 bcd	23.9 a
<i>Escherichia hermannii</i>	4.3 d	6.37 e	0.71 e	10.3 e
<i>Paenochrobactrum</i> sp.	6.0 bc	9.26 cd	1.14 cd	18.2 bcd
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	5.7 c	10.26 bc	1.39 b	19.6 abc
<i>Ralstonia</i> sp.	7.2 a	9.29 cd	1.19 cd	23.1 ab
<i>Salmonella bongori</i>	5.4 c	9.96 bc	1.13 cd	17.5 cd

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5 %

Tabel 4 Biomassa pucuk, biomassa akar dan total biomassa bibit tanaman akor pada umur 12 minggu

Perlakuan	Biomassa pucuk (g)	Biomassa akar (g)	Total biomassa (g)
Kontrol	0.43 a	0.11 a	0.54 a
<i>Acinetobacter</i> sp.	0.46 a	0.09 a	0.55 a
<i>Alcaligenes faecalis</i>	0.24 bc	0.03 cd	0.27 cd
<i>Burkholderia cepacia</i> complex	0.33 ab	0.06 b	0.39 ab
<i>Escherichia hermannii</i>	0.09 d	0.02 d	0.11 e
<i>Paenochrobactrum</i> sp.	0.25 bc	0.05 bc	0.30 bcd
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	0.31 abc	0.04 bc	0.35 bcd
<i>Ralstonia</i> sp.	0.30 abc	0.06 b	0.36 abc
<i>Salmonella bongori</i>	0.25 bc	0.05 bc	0.30 bcd

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5 %

Tabel 5 Kekokohan bibit, nisbah pucuk akar (NPA) dan indeks mutu bibit (IMB) tanaman akor pada umur 12 minggu

Perlakuan	Kekokohan bibit	Nisbah pucuk akar	Indeks mutu bibit
Kontrol	7.26 b	4.38 d	0.048 a
<i>Acinetobacter</i> sp.	7.11 bc	5.17 cd	0.048 a
<i>Alcaligenes faecalis</i>	8.05 a	7.46 ab	0.019 d
<i>Burkholderia cepacia</i> complex	6.60 bc	5.34 cd	0.034 b
<i>Escherichia hermannii</i>	8.04 a	7.14 abc	0.008 e
<i>Paenochrobactrum</i> sp.	6.50 c	5.73 bcd	0.025 bcd
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	8.10 a	8.48 a	0.021 cd
<i>Ralstonia</i> sp.	7.01 bc	5.24 cd	0.032 bc
<i>Salmonella bongori</i>	6.62 bc	5.63 bcd	0.025 bcd

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada α 5 %

diduga karena bakteri dapat mengolonisasi benih, masuk ke dalam benih, berkembang dan menyebar ke seluruh bagian benih yang menyebabkan busuk atau terinfeksi embrionya.

Selain itu, metabolit yang dihasilkan bakteri tertentu dapat mengurangi daya berkecambah. Kang *et al.* (2007) melaporkan bahwa penghambatan perkecambahan benih gandum dan barley yang diinokulasi *Pseudomonas chlororaphis* O6 disebabkan oleh metabolit yang dihasilkan bakteri tersebut, yaitu *phenazine*. Penelitian lain menunjukkan bahwa *Pseudomonas* sp. menghasilkan hormon auksin (IAA) yang dapat menghambat perkecambahan benih gandum (Tabataei *et al.* 2016).

Perlakuan *B. cepacia* complex, *E. hermannii*, *Paenochrobactrum* sp. dan *S. bongori* berpengaruh nyata menghambat pertumbuhan tinggi bibit sedangkan perlakuan *A. faecalis*, *B. cepacia* complex, *E. hermannii*, *P. stutzeri* dan *S. bongori* berpengaruh nyata terhadap diameter bibit. Bakteri patogen pada benih akor relatif tidak menyebabkan kematian bibit, namun pengaruhnya sebagai penghambat pertumbuhan. Hal yang sama ditemukan pada *deleterious rhizobacter* (DRB) yang dapat menghambat pertumbuhan beberapa jenis tanaman (Kremer 2006). Flores-Vargas dan O'Hara (2006) menyatakan bahwa beberapa spesies bakteri tergolong DRB dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Mekanisme penghambatan pertumbuhan bibit akor diduga karena bakteri menghasilkan metabolit tertentu yang dapat menghambat pertumbuhan. DRB merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya penurunan tutupan hutan (Kremer 2006).

Bakteri patogen yang diuji diduga menghasilkan metabolit yang dapat menghambat pertumbuhan panjang dan lebar filodi bibit akor. Mekanisme penghambatan pertumbuhan disebabkan oleh metabolit yang dihasilkan bakteri seperti zat pengatur tumbuh (IAA), asam sianida (HCN), toksin dan eksopolisakarida (Kremer 2006).

Acinetobacter sp., *B. cepacia* complex dan *Ralstonia* sp. diduga menghasilkan metabolit tertentu yang dapat meningkatkan jumlah

filodi dan pertumbuhan akar. *Burkholderia* sp. menghasilkan ACC deaminase yang berperan dalam meningkatkan pertumbuhan akar (Vicente *et al.* 2012). Hasil penelitian Asghar *et al.* (2013) menunjukkan bahwa jumlah daun kanola yang berasal dari benih yang diinokulasi bakteri penghasil ACC deaminase lebih banyak dari kontrol.

Semua bakteri dapat mengurangi biomassa kecuali *Acinetobacter* sp., diduga karena menghambat proses fisiologi tanaman dalam menyerap nutrisi dan air, serta menghambat proses fotosintesis sehingga biomassa menjadi menurun. *Acinetobacter* sp. relatif tidak mempengaruhi pertumbuhan bibit, diduga bakteri ini menghasilkan auksin, ACC deaminase dan siderofor (Srivatasva dan Singh 2014).

Adman (2011) melaporkan bahwa nilai kekokohan yang tinggi menunjukkan kemampuan hidup yang rendah dan pertumbuhan tinggi serta diameter tidak seimbang. Bibit akor yang diberi perlakuan *Acinetobacter* sp., *B. cepacia* complex, *S. bongori* dan *Paenochrobactrum* sp. lebih kokoh dibandingkan dengan kontrol, namun tinggi bibit pada perlakuan bakteri tersebut tetap lebih rendah. Bibit yang kokoh diperoleh apabila pertumbuhan tinggi dan diameter optimal.

Nisbah pucuk akar (NPA) akor yang paling rendah ialah pada kontrol sedangkan yang paling tinggi pada perlakuan *P. stutzeri*. Kualitas bibit ditentukan oleh nilai NPA. Bibit yang baik untuk ditanam ialah bibit yang seimbang antara pucuk dan akar. Menurut Hendromono (2003), bibit yang siap tanam adalah yang mempunyai nisbah pucuk akar antara 2-5 dengan nilai NPA yang mendekati 5 lebih baik dibanding yang mendekati 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit yang berasal dari benih yang tidak diinokulasi bakteri (kontrol) mempunyai nilai NPA di antara 2 dan 5 sehingga bibit kontrol lebih kokoh karena pertumbuhan pucuk dan akar seimbang.

Apabila nilai indeks mutu bibit (IMB) lebih besar dari 0.09 maka bibit siap ditanam (Hendromono 2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa IMB kontrol lebih

rendah daripada 0.09. Oleh karena itu, bibit masih perlu waktu untuk dipindahkan ke lapangan. IMB pada perlakuan bakteri lebih rendah daripada kontrol kecuali perlakuan *Acinetobacter* sp. sehingga perlakuan bakteri menyebabkan laju pertumbuhan bibit lebih lambat dibandingkan dengan kontrol.

Bakteri menimbulkan penyakit karena memiliki sifat patogenitas dan tingkat patogenitas dipengaruhi oleh faktor virulensi (Joko *et al.* 2014). Salah satu faktor virulensi bakteri patogen ialah adanya biofilm (Rudrappa *et al.* 2008), produksi enzim ekstrasel (Joko *et al.* 2007) dan toksin (Vidhyasekaran 2002). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa walaupun diberi air panas, bakteri yang terdapat di dalam bagian benih masih hidup. Suhu 100 °C belum dapat menghilangkan biofilm *Salmonella* sp. dan *E. coli* secara menyeluruh (Silitonga *et al.* 2012). Suhu panas hanya mematikan bakteri yang terdapat di permukaan.

Perlakuan inokulasi bakteri selain menyebabkan penurunan daya berkecambah juga menyebabkan penyakit pada kecambah. Gejala berupa kotiledon gugur, nekrosis akar, nekrosis batang, nekrosis tunas dan pertumbuhan akar terhambat disebabkan oleh bakteri patogen. Semua bakteri patogen terbawa benih akor yang diuji dapat mengurangi daya berkecambah. Pertumbuhan dan perkembangan bibit juga dihambat oleh semua bakteri terbawa benih yang diuji kecuali *Acinetobacter* sp.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pendidikan dan Latihan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan atas bantuan dana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Adman B. 2011. Pertumbuhan tiga kelas mutu bibit meranti merah pada tiga IUPHKH di Kalimantan. *J Penelitian Dipterokarpa*. 5(2):47–60. DOI: <https://doi.org/10.20886/jped.2011.5.2.47-60>.

- Arwiyanto T. 2014. Biological control of bacterial wilt in South East Asia. *JPTI*. 18(2):55–64.
- Asghar HN, Zafar MA, Khan MY, Zahir ZA. 2013. Inoculation with ACC-deaminase containing bacteria to improve plant growth in petroleum contaminated soil. *RAR* 30:281–289.
- Flores-Vargas RD, O'Hara GW. 2006. Isolation and characterization of rhizosphere bacteria with potential for biological control of weeds in vineyards. *J Appl Microbiol* 100: 946–954. DOI:10.1111/j.1365-2672.2006.02851.x.
- Hendromono. 2003. Kriteria penilaian mutu bibit dalam wadah yang siap tanam untuk rehabilitasi hutan dan lahan. *Bul Litbang Hut*. 4:11–66.
- Ibrahim M, Tang Q, Shi Y, Almoneafy A, Fang Y, Xu L, Li W, Li B, Xie GL. 2012. Diversity of potential pathogenicity and biofilm formation among *Burkholderia cepacia* complex water, clinical and agricultural isolates in China. *World J Microbiol Biotechnol*. 28:2113–2123. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-012-1016-3>.
- Joko T, Hirata H, Tsuyumu S. 2007. A sugar transporter (MfsX) is also required by *Dickeya dadantii* 3937 for in plant fitness. *J Gen Plant Pathol*. 73:274–280. DOI: 10.1007/s10327-007-0019-7.
- Joko T, Subandi A, Kusumandari N, Wibowo A, Priyatmojo A. 2014. Activities of plant cell-wall degrading enzymes by bacterial soft rot of orchid. *Arch Phytopathol and Plant Prot*. 47(10):1239–1250. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03235408.2013.838374>.
- Kang, Ryong B, Han SH, Zdor RE, Anderson AJ, Spencer M, Yang KY, Kim YH, Lee MC, Cho BH, Kim YC. 2007. Inhibition of seed germination and induction of systemic disease resistance by *Pseudomonas chlororaphis* O6 requires phenazine production regulated by the global regulator, Gacs. *J Microbiol Biotechnol*. 17(4):586–593.
- Kremer RJ. 2006. *Deleterious Rhizobacter in Plant Associated Bacteria*.

- Gnanamanickam SS (Ed). Dordrecht (Netherlands): Springer.
- Levy A. 2007. Modelling rhizosphere interactions of *Burkholderia* species [thesis]. Perth (AU): The University of Western Australia.
- Rudrappa T, Biedrzycki ML, Bais HP. 2008. Causes and consequences of plant-associated biofilms. *FEMS Microbiol Ecol.* 64:153–166. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00465.x>.
- Silitonga YW, Jamilah I, Suryanto D. 2012. Pengendalian sel biofilm bakteri patogen oportunistik dengan panas dan klorin. *Sain Biol.* 1(1):46–51.
- Srivastava S, Singh N. 2014. Mitigation approach of arsenic toxicity in chickpea grown in arsenic amended soil with arsenic tolerant plant growth promoting *Acinetobacter* sp. *Ecological Engineering* 70:145–153. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.05.008>.
- Suharti T, Joko T, Arwiyanto T. 2017. Deteksi bakteri patogen terbawa benih akor (*Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth.). *JHPT Tropika.* 17(1):19–36. DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/j.hptt.11719-36>.
- Tabatabaei S, Ehsanzadeh P, Etesami H, Alikhani HA, Glick BR. 2016. Indole-3-acetic acid (IAA) producing *Pseudomonas* isolates inhibit seed germination and α -amylase activity in durum wheat (*Triticum turgidum* L.). *SJAR* 14(1):e0802. DOI: <https://doi.org/10.5424/sjar/2016141-8859>.
- Vicente CSL, Nascimento F, Espada M, Barbosa P, Mota M, Glick BR. 2012. Characterization of bacteria associated with pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus*. *Plos One.* 7(10):e46661. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0046661>.
- Vidhyasekaran P. 2002. *Bacterial Diseases Resistance in Plants: Molecular Biology and Biotechnological Application*. Binghamton (US): Food Products Pr.
- Windari U, Joko T, Subandiyah S. 2015. Deteksi penyakit *bacterial fruit blotch* pada melon menggunakan ELISA. *JPTI.* 19(1):1–5. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.16012>.