

REVIEW ARTICLE: ENDOPHYTIC BACTERIA AS INDOLE ACETIC ACID (IAA) PRODUCER AND BIOCONTROL AGENTS IN PLANTS

Nurzakia Zulfah^{1,*}, Ika Oksi Susilawati¹

¹ Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Lambung Mangkurat (ULM), Jalan Jend. A. Yani KM. 36, Banjarbaru, 70713, Indonesia

*Corresponding author: zakiazulfa19@gmail.com

ABSTRACT

Endophytic bacteria can produce indole acetic acid (IAA) which stimulate plant growth and development. Another role of endophytic bacteria is as a pathogenic biocontrol agent that causes disease in plants. Endophytic bacteria produce compounds that are converted for pathogens. Plants that can produce IAA-producing endophytic bacteria, namely upland rice roots, eggplant roots, rice roots obtained from Medan and Bijai, sugar cane roots, peanuts, starfruit branches, mango roots, rambutan branches, sprouts, sprouts, oil palm (roots, stems, midrib and leaf), sweet potato root, bitter (stem tissue and leaf tissue), and leaf tissue of the Graminae plant. The effect of IAA-producing endophytic bacteria on plants, namely stimulating the growth of roots and crowns of rice plants; increase plant height, root length, plant fresh weight, root volume, and fresh and dry weight of eggplant roots; provide significant effects on plant height, root length, and wet weight in rice plants; effect on the addition of lateral roots of mung beans; increase height, the number of primary branches, the production of wet and dry herbs, and the production of Sodium andrographolide. Endophytic bacteria as biocontrol agents can fight the rate of bacterial infection, prevent plant diseases, inhibit the growth of fungi, stop nematode larvae, reduce the number of root puru, and reduce the number of nematodes in large numbers.

Keywords: biocontrol, endophytic bacteria, IAA, plant

PENDAHULUAN

Bakteri endofit merupakan bakteri yang menumpang hidup dan berhubungan dengan jaringan tanaman tanpa menimbulkan efek negatif bagi tanaman tersebut (Munif *et al.* 2012). Bakteri ini hidup di dalam jaringan tanaman selama beberapa fase dari siklus hidupnya dan membentuk sebuah koloni (Yurnaliza *et al.* 2011). Bakteri endofit dapat ditemukan dalam beberapa jenis pada jaringan tanaman tingkat tinggi serta dapat menghasilkan metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat ko-evolusi atau transfer genetik dari tanaman inangnya ke bakteri endofit (Herlina *et al.* 2016).

Bakteri endofit di dalam jaringan tanaman dapat berperan dalam perbaikan pertumbuhan tanaman. Peran lainnya yang dapat dilakukan bakteri endofit, yaitu menghasilkan zat pemacu tumbuh, melakukan fiksasi nitrogen, mobilisasi fosfat, dan menjaga kesehatan tanaman. Kemampuan bakteri endofit dalam memproduksi senyawa antimikroba, enzim, asam salisilat, etilena, dan senyawa sekunder lainnya dapat membantu tanaman untuk meningkatkan sistem pertahanan terhadap gangguan penyakit tanaman (Munif *et al.* 2012). Bakteri endofit memiliki kesamaan kondisi dengan patogen,

contohnya patogen layu pembuluh vaskular, sehingga dapat dijadikan sebagai agen hayati. Hal ini membuat bakteri endofit berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai agen pengendali penyakit layu bakteri (Saridewi *et al.* 2020).

Bakteri endofit dapat menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, etilen dan sitokinin, sehingga dapat membantu tanaman dalam memenuhi kebutuhan hormonnya (Herlina *et al.* 2016). Ketersediaan hormon auksin dapat memacu pertumbuhan akar, contohnya pada tebu yang membuat akar dapat menjangkau air dan unsur hara dengan luas (Syaputra & Arista 2017). Bakteri endofit sangat menguntungkan bagi tanaman terutama dalam memacu pertumbuhan dan sebagai agen biokontrol. Isolat bakteri endofit dapat diambil dari berbagai tanaman.

BAKTERI ENDOFIT PENGHASIL *INDOLE ACETIC ACID* (IAA)

Indole Acetic Acid (IAA) adalah hormon auksin yang berperan dalam proses perkembangan tanaman, seperti pembelahan dan pemanjangan sel, diferensiasi dan inisiasi pembentukan akar lateral, pembesaran sel, serta dominansi apikal (Lathyfah & Dewi 2016). Hormon IAA sangat penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, sehingga bakteri yang dapat mensintesis hormon tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Ketersediaan IAA dalam konsentrasi rendah dapat menyebabkan pemanjangan, baik pada pucuk maupun akar. Konsentrasi IAA yang tinggi dapat menyebabkan terhambatnya pemanjangan pucuk dan akar (Aryantha *et al.* 2004).

Menurut penelitian Munif *et al.* (2012) bakteri endofit dapat diisolasi dari akar tanaman padi gogo yang diambil dari Pulau Jawa dan Sumatera. Kriteria padi gogo yang dipilih adalah yang sehat dan pertumbuhannya baik. Sebanyak 12 dari 200 isolat bakteri menunjukkan kemampuan dalam memacu pertumbuhan akar dan tajuk tanaman padi. Hal ini dikarenakan beberapa isolat bakteri mampu merangsang produksi hormon IAA.

Menurut penelitian Saridewi *et al.* (2020) bakteri endofit dari akar terung dapat menghasilkan hormon IAA. Isolat yang digunakan yaitu, AKa, AKb, dan AKc. Hasil uji menunjukkan bahwa terjadi perubahan warna menjadi merah muda setelah ditetesi reagen Salkowski. Isolat bakteri yang mengalami perubahan warna menjadi merah muda menunjukkan bahwa isolat tersebut mampu menghasilkan hormon IAA. Warna tersebut berasal dari interaksi antara IAA dan Fe yang membentuk senyawa kompleks $[\text{Fe}_2(\text{OH})_2(\text{IA})_4]$ yang terjadi pada suasana asam. Bakteri endofit dapat meningkatkan tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan perlakuan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata antara ketiga isolat bakteri endofit. Jumlah daun tidak berbeda nyata antara ketiga isolat dengan kontrol, bahkan perlakuan kontrol lebih tinggi dibandingkan dengan isolat AKa dan AKb. Panjang akar juga tidak berbeda nyata antara ketiga isolat dengan kontrol, tetapi isolat AKc memberikan hasil tertinggi dengan panjang akar 35,02 cm. Volume akar menunjukkan hasil yang paling tinggi pada perlakuan isolat AKc sebesar 25,89 mL. Bobot segar tanaman dengan perlakuan AKc berbeda nyata dengan kedua isolat dan kontrol serta memberikan hasil tertinggi sebesar 14,20 gr. Bobot kering tanaman memiliki hasil tertinggi pada isolat AKc sebesar 5,37 gr, tetapi pada perlakuan isolat AKb dan AKa memiliki hasil yang lebih rendah disbanding kontrol. Hasil tertinggi bobot segar dan kering akar juga terdapat pada perlakuan isolat AKc.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yurnaliza *et al.* (2011) akar padi yang berasal dari Medan dan Bijai mampu menghasilkan hormon IAA. Hasil uji 5 dari 12 isolat menunjukkan produksi IAA paling tinggi. Lima isolat tersebut memberikan efek yang signifikan pada tinggi tanaman, panjang akar, dan berat basah. Hasil pengukuran tertinggi terjadi pada isolat Md1 dengan tinggi tanaman 25,58 cm, panjang akar 10,48 cm, dan berat basah tanaman 0,2 g.

Menurut penelitian yang dilaksanakan Syaputra & Arista (2017) akar tebu dapat dijadikan sumber untuk mengisolasi bakteri endofit penghasil IAA. Isolat diambil dari 3 varietas tebu yang berbeda, yaitu varietas PSJK 922, BL, dan PS 881. Terdapat 29 isolat yang dapat menghasilkan hormon IAA. Konsentrasi IAA yang dihasilkan berkisar 0,12--1,17 ppm. Terdapat 3 isolat yang menghasilkan konsentrasi IAA tertinggi yang berasal dari tebu varietas PSJK 922, yaitu PSJK 5 sebesar 1,41 ppm, PSJK 13 sebesar 1,17 ppm, dan PSJK 12 sebesar 1,10 ppm. Isolat varietas tebu lainnya juga menghasilkan konsentrasi IAA diatas 1 ppm, yaitu BL 4 sebesar 1,10 ppm dan PS 881 4 sebesar 1,10 ppm. Media yang digunakan untuk mengetahui kemampuan menghasilkan hormon IAA adalah media JNFB, yang memiliki kandungan triptofan.

Menurut Spaepen *et al.* (2007) triptofan merupakan prekursor utama untuk alur biosintesis IAA pada bakteri. Aplikasi triptofan eksogen terbukti dapat meningkatkan produksi IAA pada berbagai jenis bakteri. Mekanisme biosintesis IAA disetel dengan baik karena triptofan menghambat pembentukan antranilat dengan regulasi umpan balik negatif antranilat sintase, menghasilkan induksi tidak langsung produksi IAA.

Menurut penelitian Herlina *et al.* (2016) bakteri endofit dapat di isolasi dari tanaman kacang tanah. Terdapat 16 isolat bakteri yang berhasil menghasilkan hormon IAA dengan kadar yang berbeda. 5 isolat yang menghasilkan kadar IAA tertinggi diaplikasikan ke tanaman kacang hijau. Isolat-isolat tersebut hanya memberikan efek pada perpanjangan akar lateral tetapi tidak berpengaruh pada panjang kecambah. Sebanyak 2 dari 5 isolat tersebut memberikan efek perpanjangan akar lateral paling tinggi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Sukmadi (2013) ranting belimbing, akar mangga, ranting rambutan, dan taoge dapat dijadikan sumber untuk mengisolasi bakteri endofit penghasil IAA. Pengukuran IAA secara kuantitatif menggunakan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Terdapat 7 isolat bakteri endofit yang dapat menghasilkan IAA. Isolat dari ranting belimbing menghasilkan IAA tertinggi, yaitu 16,71 ppm. Isolat pertama endofit akar mangga memiliki kadar IAA yang paling rendah, yaitu 0,78 ppm. Konsentrasi IAA yang cukup tinggi pada bakteri endofit diduga karena karena isolat tersebut berasal dari jaringan tanaman yang masih aktif membelah sehingga menghasilkan IAA yang tinggi. Bakteri endofit dan tanaman inangnya hidup bersimbiosis sehingga mempunyai hubungan yang erat dan spesifik serta mempunyai sifat yang sama dengan jaringan tanaman inangnya.

Menurut Puspita *et al.* (2019) dalam penelitiannya bakteri endofit *Bacillus* sp. diambil dari bagian akar, batang, pelepah, dan daun tanaman kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan dengan dua perlakuan yaitu pada media tanpa triptofan dan dengan triptofan. Hasil yang didapatkan konsentrasi IAA lebih tinggi dihasilkan pada medium dengan triptofan. Perbedaan ini dikarenakan bakteri endofit kembali memakai hasil IAA yang di produksi karena media pertumbuhan kekurangan nutrisi. Konsentrasi IAA tertinggi terdapat pada isolat daun yang tumbuh pada media dengan triptofan sebesar 386 ppm dan berbeda jauh dengan yang tumbuh tanpa media triptofan sebesar 141 ppm. Konsentrasi IAA terendah dihasilkan dari isolat pelepah dengan media tanpa triptofan sebesar 116 ppm dan dengan media triptofan sebesar 135 ppm. Konsentrasi yang lebih tinggi pada isolat daun diduga karena isolat menghasilkan pertumbuhan bakteri endofit dengan cepat sehingga enzim yang dihasilkan juga lebih banyak.

Bakteri endofit *Bacillus* sp. pada penelitian Puspita *et al.* (2019) dapat memacu pertumbuhan bibit kakao. Pemberian konsentrasi bakteri endofit *Bacillus* sp. sebesar 10^{11} -- 10^{14} cfu/mL pada bibit kakao memberikan respon yang sama tetapi lebih tinggi dibandingkan tanpa bakteri endofit *Bacillus* sp. Hal ini mungkin terjadi karena konsentrasi bakteri endofit *Bacillus* sp. tidak berpengaruh pada

jumlah koloni yang berkembang di perakaran bibit kakao. Jumlah koloni yang banyak dapat menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan tanaman yang lebih banyak, sehingga dapat merangsang pertumbuhan akar lateral bibit kakao. Konsentrasi 10^{11} cfu/mL memberikan hasil tertinggi pada diameter batang, tinggi tanaman, dan jumlah daun. Konsentrasi 10^{13} cfu/mL memberikan hasil tertinggi pada luas daun sebesar $225,58 \text{ cm}^2$. Secara keseluruhan perbedaan konsentrasi *Bacillus* sp. tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada perubahan bibit kakao umur 4 bulan.

Berdasarkan penelitian Anggara & Lisdiana (2014) isolat bakteri endofit diambil dari akar ubi jalar, pengukuran kadar hormon IAA dilakukan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm. Isolat yang digunakan sebanyak 1 mL dengan jumlah bakteri berkisar 6×10^8 CFU/mL, lalu ditumbuhkan pada 10 mL media JNFB. Hasil yang didapatkan adalah sebanyak 8 isolat menghasilkan kadar hormon IAA paling rendah 0,0098 ppm pada isolat C1 dan paling tinggi 0,5525 ppm pada isolat B3.

Menurut penelitian Gusmaini *et al.* (2013) isolat bakteri endofit diambil dari berbagai bagian tanaman sambiloto dan Graminae dari daerah yang berbeda. Isolat 20BB diisolasi dari jaringan batang sambiloto dan terdiri dari 4 jenis isolat. Isolat 20BD diisolasi dari jaringan daun sambiloto dan terdiri dari 4 jenis isolat. Isolat 90AA adalah isolat tunggal yang diisolasi dari jaringan daun tanaman Graminae. Isolat 20CD diisolasi dari jaringan daun sambiloto dan terdiri dari 4 jenis isolat. Isolat 5MD diisolasi dari jaringan daun tanaman sambiloto dan terdiri dari 4 jenis isolat.

Isolat-isolat bakteri endofit dari tanaman sambiloto menghasilkan IAA yang cukup tinggi. Isolat 20BB menghasilkan IAA sebanyak 585,7 ppm. Isolat 90AA menghasilkan IAA sebanyak 495,7 ppm. Isolat 5MD menghasilkan IAA sebanyak 205,4 ppm. Isolat 20BD menghasilkan IAA sebanyak 501,6 ppm. Isolat 20CD menghasilkan IAA sebanyak 323,1 ppm. Peningkatan tertinggi terlihat pada tinggi tanaman dan jumlah cabang primer masing-masing 24,7% (20CD) dan 42,2% (20BB). Produksi herba kering meningkat berkisar 25--82,81%. Peningkatan produksi segar herba berkisar 57,76--102,59%. Peningkatan produksi andrografolid berkisar 31,58--142,11% (Gusmaini *et al.* 2013).

BAKTERI ENDOFIT SEBAGAI AGEN BIOKONTROL

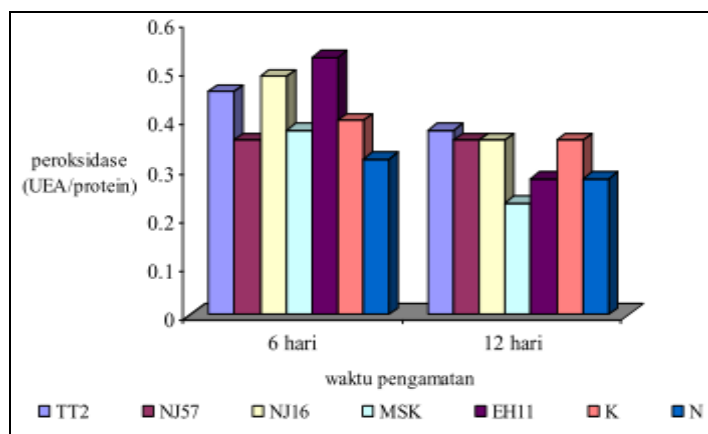
Penggunaan pestisida sintetik untuk mengendalikan patogen penyebab penyakit pada tanaman dianggap kurang baik untuk jangka panjang karena dapat menyebabkan kerusakan ekosistem (Eris *et al.* 2017). Pengendalian menggunakan bakterisida sintetik juga dapat membuat patogen menjadi resisten (Saridewi *et al.* 2020). Penggunaan bakteri endofit sebagai biokontrol dapat menjadi alternatif pengendalian patogen. Bakteri endofit dapat mencegah perkembangan penyakit karena memproduksi siderofor dan menghasilkan senyawa metabolit yang beracun bagi jamur patogen atau terjadinya kompetisi ruang dan nutrisi. Bakteri endofit juga memiliki kemampuan untuk mereduksi produksi toksin yang dihasilkan oleh patogen sehingga tidak menimbulkan penyakit terhadap tanaman atau menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen (Sogandi 2020).

Berdasarkan penelitian Saridewi *et al.* (2020) bakteri endofit akar terung dapat digunakan sebagai pengendali penyakit layu tanaman bakteri *R. solanacearum* pada terung. Terdapat 4 isolat bakteri endofit yang diuji, yaitu isolat bakteri AKa, isolat bakteri AKb, dan isolat bakteri AKc. Laju infeksi penyakit layu bakteri terung terendah terdapat pada perlakuan dengan isolat bakteri AKc, yaitu 0,035 unit/hari, sedangkan yang tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol yaitu 0,097 unit/hari. Nilai Area Under Disease Progress Curve (AUDPC) terendah terdapat pada isolat AKc sebesar 142,2%-hari, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol (K) sebesar 270%-hari. Nilai AUDPC yang semakin rendah menunjukkan bahwa perlakuan tersebut efektif untuk mengendalikan penyakit

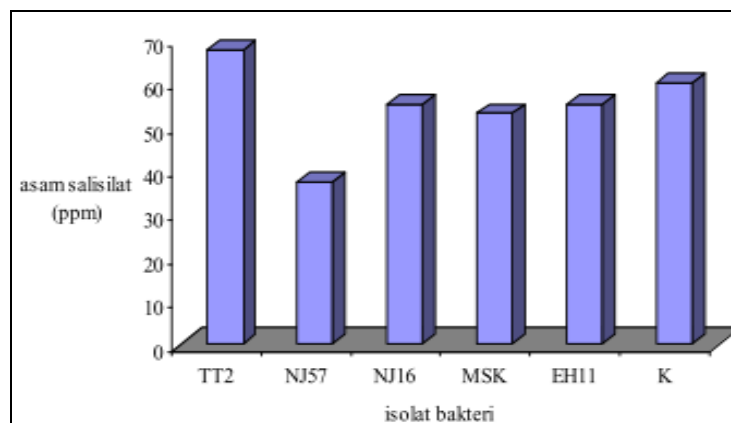
layu tanaman bakteri *R. solanacearum* pada terung. Isolat AKc juga memiliki kemampuan menekan penyakit layu bakteri paling baik yaitu 53,84%.

Menurut penelitian Eris *et al.* (2017) bakteri endofit dapat dijadikan sebagai agen biokontrol cendawan *Pestalotiopsis* sp. penyebab bercak daun kelapa kopyor. Isolat bakteri endofit berasal dari akar dan daun tanaman pejabaye, kelapa sawit, kelapa kopyor, aren, dan nibung. Terdapat 64 isolat dari 656 isolat dapat menghambat pertumbuhan cendawan *Pestalotiopsis* sp. Sebanyak enam puluh empat isolat diuji keamanan hayati melalui uji hipersensitivitas tembakau dan uji hemolisis, kemudian dihasilkan 40 isolat bakteri endofit potensial yang tidak bersifat patogen terhadap hewan dan manusia. Pengujian antibiosis pada 40 isolat memberikan hasil 7 isolat yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan miselium cendawan *Pestalotiopsis* sp. terbesar. Isolat EAKPN 201 asal kelapa kopyor memiliki kemampuan penghambatan terbesar sebanyak 64,4% terhadap cendawan *Pestalotiopsis* sp.

Infeksi parasit nematoda sangat merugikan bagi tanaman karena dapat menimbulkan perubahan-perubahan fisik. Menurut penelitian Harni *et al.* (2012) bakteri endofit dapat dijadikan sebagai biokontrol terhadap nematoda parasit *P. brachyurus* pada tanaman nilam. Bakteri endofit yang digunakan, yaitu *A. xylosoxidans* TT2, *B. subtilis* NJ57, *B. cereus* MSK, *A. faecalis* NJ16 dan *P. putida* EH11. Bakteri *A. faecalis* NJ16, *A. xylosoxidans* TT2 dan *P. putida* EH11 dapat mengurangi populasi *P. brachyurus* dengan jumlah paling besar yaitu 68,62--75,84%. Bakteri *P. putida* EH1, *A. xylosoxidans* TT2, dan *A. faecalis* NJ16 menunjukkan aktivitas peroksidase yang lebih tinggi dibandingkan kontrol pada enam hari, tetapi menurun pada 12 hari setelah aplikasi (Gambar 1). Meningkatnya aktivitas peroksidase berhubungan dengan melambatnya laju infeksi serta terjadi pembentukan hydrogen peroksida dapat menghambat patogen secara langsung atau membentuk radikal bebas yang memberikan efek anti mikroba. Pembentukan pertahanan fisik, seperti lignifikasi dan suberisasi dapat mencegah terjadinya penetrasi nematoda ke jaringan. Bakteri *A. xylosoxidans* TT2 dapat meningkatkan asam salisilat yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, sedangkan bakteri lainnya memiliki aktivitas asam salisilat yang lebih rendah dibandingkan kontrol (Gambar 2), meningkatkan aktivitas asam salisilat dan senyawa fenol.



Gambar 1. Pengaruh bakteri endofit *A. xylosoxidans* (TT2), *B. subtilis* (NJ57), *A. faecalis* (NJ16), *B. cereus* (MSK) dan *P. putida* (EH11), terhadap aktivitas enzim peroksidase dalam tanaman nilam. K= tanpa bakteri endofit, N= inokulasi dengan nematoda.



Gambar 2. Pengaruh bakteri endofit *A. xylooxidans* (TT2), *B. subtilis* (NJ57), *A. faecalis* (NJ16), *B. cereus* (MSK) dan *P. putida* (EH11) terhadap kadar asam salisilat pada tanaman nilam selama satu minggu setelah inokulasi.

Berdasarkan penelitian Munif *et al.* (2015) bakteri endofit dapat menjadi biokontrol untuk mengendalikan nematoda puru akar *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat. Sebanyak 33 isolat bakteri endofit diambil dari akar tanaman mahoni, trambesi, gaharu, dan meranti. Pengujian hipersensitif pada 11 isolat menunjukkan adanya gejala nekrosis (reaksi positif), sedangkan 22 isolat tidak menunjukkan gejala nekrosis (reaksi negatif). Sebanyak 3 isolat bakteri endofit, yaitu TSS1D, AGS1F, dan MSJ1H dapat meningkatkan jumlah larva *Meloidogyne* sp. yang inaktif dibandingkan dengan kontrol. Hasil uji *in vitro* terhadap larva *Meloidogyne* spp. menunjukkan isolat AGS1F memberikan pengaruh tertinggi sebesar 42% terhadap ukuran jumlah kematian larva *Meloidogyne* sp. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan perlakuan isolat yang lain. Larva *Meloidogyne* sp. yang mati atau tidak aktif diduga karena adanya pengaruh senyawa metabolit yang dihasilkan oleh bakteri endofit. Senyawa metabolit yang dihasilkan oleh bakteri endofit di antaranya, pelarut fosfat dan enzim penghidrolisa seperti kitinase, protease, selulase, lipase, dan pectinase. Perendaman benih tomat selama 30 menit membuat 1 isolat dapat menekan jumlah puru akar dibandingkan dengan kontrol, sedangkan perendaman selama 120 menit dapat membuat 3 isolat yang dapat menekan jumlah puru akar pada tanaman tomat.

SIMPULAN

Tanaman yang dapat menghasilkan bakteri endofit penghasil IAA, yaitu akar padi gogo, akar terung, akar padi yang berasal dari Medan dan Bijai, akar tebu, kacang tanah, ranting belimbing, akar mangga, ranting rambutan, taoge, kelapa sawit (akar, batang, pelepah dan daun), akar ubi jalar, sambiloto (jaringan batang dan jaringan daun), dan jaringan daun tanaman Graminae. Pengaruh bakteri endofit penghasil IAA pada tanaman, yaitu memacu pertumbuhan akar dan tajuk tanaman padi; meningkatkan tinggi tanaman, panjang akar, bobot segar tanaman, volume akar, serta bobot segar dan kering akar terung; memberikan efek yang signifikan pada tinggi tanaman, panjang akar, dan berat basah pada tanaman padi; memberikan efek pada perpanjangan akar lateral kacang hijau; meningkatkan tinggi, jumlah cabang primer, produksi herba basah dan kering, serta produksi andrografolid sambiloto. Bakteri endofit sebagai agen biokontrol dapat menekan laju infeksi bakteri, menekan penyakit tanaman, menghambat pertumbuhan cendawan, mematikan larva nematoda, menekan jumlah puru akar, dan mengurangi populasi nematode dengan jumlah yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, B. S., & Lisdiana, L. (2014). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Hormon Indole Acetic Acid dari Akar Tanaman Ubi Jalar. *LenteraBio*, 3(3), 160–167.
- Aryantha, I. N. P., Lestari, D. P., & Pangesti, N. P. D. (2004). Potensi Isolat Bakteri Penghasil IAA dalam Peningkatan Pertumbuhan Kecambah Kacang Hijau pada Kondisi Hidroponik. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 9(2), 43–46.
- Eris, D. D., Munif, A., & Purwantara, A. (2017). Penapisan Dan Potensi Bakteri Endofit Asal Tanaman Areaceae Sebagai Agens Pengendali Hayati Cendawan *Pestalotiopsis* sp . Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Kelapa Kopyor (*Cocos nucifera*). *Menara Perkebunan*, 85(1), 19–27.
- Gusmaini, Aziz, S. A., Munif, A., Sopandie, D., & Bermawie, N. (2013). Potensi Bakteri Endofit dalam Upaya Meningkatkan Pertumbuhan, Produksi, dan Kandungan Andrografolid pada Tanaman Sambiloto. *Jurnal Littri*, 19(2), 167–177.
- Harni, R., Supramana, Sinaga, M. S., Giyanto, & Supriadi. (2012). Mekanisme Bakteri Endofit Mengendalikan Nematoda *Pratylenchus brachyurus* pada Tanaman Nilam. *Bul. Litro*, 23(1), 102–114.
- Herlina, L., Pukan, K. K., & Mustikaningtyas, D. (2016). Kajian Bakteri Endofit Penghasil IAA (Indole Acetic Acid) untuk Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Sains Dan Teknologi (Sainteknol)*, 14(1), 51–58.
- Lathyfah, U., & Dewi, E. R. S. (2016). Pengaruh Variasi Konsentrasi Indole Acetic Acid (IAA) Terhadap Pertumbuhan Tunas Pisang Barangan (*Musa acuminata* L. triploid AAA.) dalam Kultur In Vitro. *Bioma*, 5(1), 32–42.
- Munif, A., Wibowo, A. R., & Herliyana, E. N. (2015). Bakteri Endofit dari Tanaman Kehutanan sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Tomat dan Agens Pengendali *Meloidogyne* sp. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 11(6), 179–186.
- Munif, A., Wiyono, S., & Suwarno, S. (2012). Isolasi Bakteri Endofit Asal Padi Gogo dan Potensinya sebagai Agens Biokontrol dan Pemacu Pertumbuhan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 8(3), 57–64.
- Puspita, F., Saputra, S. I., & Merini, D. J. (2019). Uji Beberapa Konsentrasi Bakteri *Bacillus* sp. Endofit untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 46(3), 322–327.
- Saridewi, L. P., Prihatiningsih, N., & Djatmiko, H. A. (2020). Karakterisasi Biokimia Bakteri Endofit Akar Terung sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman dan Pengendali Penyakit Layu Bakteri In Planta. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*, 1(1), 1–8.
- Sogandi. (2020). *Bakteri Endofit Sumber Penghasil Senyawa Antioksidan*. Yogyakarta: Komojoyo Press.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-Acetic Acid in Microbial and Microorganism-Plant Signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 425–448.
- Sukmadi, R. B. (2013). Aktivitas Fitohormon Indole-3-Acetic Acid (Iaa) dari Beberapa Isolat Bakteri Rizosfer dan Endofit. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 14(3), 221–227.
- Syaputra, R., & Arista, A. M. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Akar Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Penghasil Hormon Indole Acetic Acid (IAA). *Seminar Nasional*, (April), 143–152.

Yurnaliza, Siregar, M. W., & Priyani, N. (2011). Peran Bakteri Endofit Penghasil IAA (Indole Acetic Acid) Terseleksi Terhadap Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* L). *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 219–228.