

PRODUKSI INDOLE ACETIC ACID (IAA) OLEH ISOLAT PSEUDOMONAS BERFLUORESEN YANG BERASAL DARI RIZOSFER BERBAGAI TANAMAN

Annisa Fitri Humaira, Linda Advinda*, Moralita Chatri, Azwir Anhar

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Padang 25171 Indonesia

e-mail: linda_advinda@fmipa.unp.ac.id

Abstrak

Pseudomonas berfluoresen merupakan salah satu *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan beberapa isolat *Pseudomonas* berfluoresen yang berasal dari rizosfer berbagai tanaman dalam memproduksi IAA. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Universitas Negeri Padang pada bulan Juni-Agustus 2025. Pengujian dilakukan dengan menginokulasikan suspensi bakteri pada medium *Nutrient Broth* (NB) yang diperkaya triptopan, diinkubasi pada shaker selama 2×24 jam, kemudian disentrifugasi. Supernatan yang diperoleh di reaksikan dengan reagen *Salkowsky* dan diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 530 nm. Konsentrasi IAA dihitung berdasarkan persamaan regresi dari kurva standar ($y = 0,0406x + 0,0922$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelima isolat *Pseudomonas* berfluoresen memiliki kemampuan yang berbeda dalam memproduksi IAA. Berdasarkan hasil, isolat Pf LAH T1 menghasilkan konsentrasi IAA tertinggi yaitu sebesar (5,32 ppm), diikuti Pf S31 (3,92 ppm) Pf LAH P2 (3,04 ppm), Pf LAH T2(1,49 ppm), dan terendah Pf S36 (0,51 ppm). Kemampuan produksi IAA yang tinggi pada isolat Pf LAH T1 mengindikasikan potensi isolat *Pseudomonas* berfluoresen sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman, sehingga layak dipertimbangkan untuk pengujian dan pengembangan lebih lanjut dalam mendukung aplikasi pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: *Indole Acetic Acid, Pseudomonas berfluoresen; rizosfer; Salkowsky; tryptopan*

Abstract

Fluorescent Pseudomonas is one of the *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) that can increase plant growth through the production of *Indole Acetic Acid* (IAA) hormone. This study aims to determine the ability of several fluorescent *Pseudomonas* isolates originating from the rhizosphere of various plants to produce IAA. The study was conducted at the Plant Physiology Laboratory, Department of Biology, Padang State University in June-August 2025. The test was carried out by inoculating bacterial suspensions in *Nutrient Broth* (NB) medium enriched with tryptophan, incubated on a shaker for 2×24 hours, then centrifuged. The supernatant obtained was reacted with *Salkowsky* reagent and its absorbance value was measured using a spectrophotometer at a wavelength of 530 nm. The IAA concentration was calculated based on the regression equation from the standard curve ($y = 0.0406x + 0.0922$). The results showed that the five fluorescent *Pseudomonas* isolates had different abilities in producing IAA. Based on the results, the Pf LAH T1 isolate produced the highest IAA concentration of (5.32 ppm), followed by Pf S31 (3.92 ppm), Pf LAH P2 (3.04 ppm), Pf LAH T2 (1.49 ppm), and the

lowest *Pf S36* (0.51 ppm). The high IAA production capability of the *Pf LAH T1* isolate indicates the potential of fluorescent *Pseudomonas* isolates as plant growth promoting agents, so it is worth considering for further testing and development in supporting sustainable agricultural applications.

Keywords: *Fluorescent Pseudomonas, Indole Acetic Acid, rhizosphere, Salkowsky, tryptophan*

1. PENDAHULUAN

Pseudomonas berfluoresen merupakan salah satu *Plant growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang mampu mengkoloni wilayah rizosfer dan berkontribusi dalam meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Deshwal & Kumar, 2013). Melalui berbagai mekanisme, *Pseudomonas* berfluoresen mampu memobilisasi unsur hara dalam tanah, melindungi tanaman dari patogen penyebab penyakit, memperbaiki struktur tanah serta melakukan bioremediasi melalui penyerapan logam berat beracun. Disamping itu, *Pseudomonas* berfluoresen dapat memproduksi *Indole Acetic Acid* (IAA) sehingga menjadikannya bakteri rizosfer yang potensial sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (Ahmed & Kibret, 2014).

IAA merupakan salah satu auksin utama yang memiliki aktivitas fisiologis paling tinggi. Senyawa ini dihasilkan dari metabolisme L-triptopan melalui reaksi enzimatik dan banyak terdapat pada jaringan meristik seperti akar, kuncup, dan tunas (Advinda, 2018). IAA berperan penting dalam mengatur pertumbuhan tanaman dengan merangsang pemanjangan sel, meningkatkan aktivitas enzimatik, mempercepat mobilisasi cadangan makanan, serta mendukung pembentukan akar muda yang lebih aktif (Amin *et al.*, 2017; Wagi & Ahmed, 2019).

Hasil penelitian Arlina, (2024) menunjukkan *Pseudomons* berfluoresen isolat PSB5 (yang berasal dari rizosfer tanaman pisang buai) memproduksi IAA tertinggi dengan konsentrasi 29,97 ppm, sementara PSB1 (yang berasal dari rizosfer tanaman pisang buai) memproduksi IAA paling rendah yaitu 1,88 ppm. Dilla, (2024) menyatakan bahwa setiap isolat *Pseudomonas* berfluoresen menghasilkan konsentrasi IAA yang berbeda-beda. Isolat PKO1 (yang berasal dari rizosfer tanaman kol) menunjukkan produksi tertinggi sebesar 12,86 ppm, sementara PCB7 (yang berasal dari rizosfer tanaman cabai) menunjukkan produksi yang terendah, yaitu 6,89 ppm.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui produksi IAA yang dihasilkan oleh beberapa isolat *Pseudomonas* berfluoresen yang berasal dari rizosfer berbagai tanaman, dengan menggunakan metode kolorimetri.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian deskriptif, yang dilakukan pada bulan Juni - Agustus 2025 di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

2.2 Rancangan Penelitian

2.2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, erlenmeyer, gelas ukur, tabung reaksi, rak tabung reaksi, *beaker glass*, *autoclave*, batang pengaduk, spektrofotometer, jarum ose, bunsen, mikropipet, tips, sentrifuse, botol balsem, timbangan digital, engkas, *hot plate*, *shaker*, *oven*, *vortex*, *waterbath*, *centrifuge tube*, kamera, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah isolat *Pseudomonas* berfluoresen (koleksi Advinda), yaitu LAH P2 (dari rizosfer tanaman daun bawang, dikoleksi tahun 2024), LAH T1 (dari rizosfer tanaman terung, dikoleksi tahun 2017), LAH T2 (dari rizosfer tanaman terung, dikoleksi tahun 2017), S31 (dari rizosfer tanaman lengkeng, dikoleksi tahun 2024), S36 (dari rizosfer tanaman jahe merah, dikoleksi tahun 2021), serta medium King's B, medium NB (*Nutrien Broth*), medium NB + *Tryptophan*, skala 1 Mc. Farland's, reagen salkowsky, 0,5 M FeCl, alkohol 70%, alkohol 96%, spritus, akuades steril, kertas buram, *aluminium foil*, plastik wrap dan kertas label.

2.2.2 Pembuatan Medium King's B

Menimbang bubuk King's B sebanyak 10,55 g, kemudian bahan tersebut dimasukkan ke dalam *beaker glass*, lalu ditambahkan akuades sebanyak 100 mL, setelah itu diaduk hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan gliserol sebanyak 3,75 mL dan akuades hingga mencapai volume 250 mL. Larutan tersebut

dipanaskan diatas *hot plate* hingga mendidih, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditutup rapat menggunakan *aluminium foil* serta diberi plastik wrap. Selanjutnya medium disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

2.2.3 Pembuatan Medium Nutrient Broth (NB)

Proses pembuatan medium diawali dengan menimbang bubuk NB sebanyak 2 g. Kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass*, lalu ditambahkan akuades hingga volumenya 250 mL. Larutan tersebut dipanaskan diatas *hot plate* hingga mendidih, setelah itu dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer ukuran 100 mL, masing-masing erlenmeyer berisi 50 mL medium NB, lalu di tutup rapat menggunakan *aluminium foil* serta diberi plastik wrap. Selanjutnya medium disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

2.2.4 Pembuatan Medium NB + Tryptophan

Proses Pembuatan NB + *Tryptophan* diawali dengan menimbang bubuk NB sebanyak 1,6 g dan ditambah 0,1 g *Tryptophan* sebagai sumber prekursor IAA (Akter *et al.*, 2021; Janani *et al.*, 2017), selanjutnya dimasukkan kedua bahan tersebut ke dalam *beaker glass*, kemudian ditambahkan akuades hingga volumenya 500 mL. larutan tersebut dipanaskan diatas *hot plate* hingga mendidih, lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditutup rapat dengan *aluminium foil* serta diberi plastik wrap. Selanjutnya medium disterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

2.2.5 Pembuatan Reagen Salkowsky

Reagen *Salkowsky* dibuat dengan cara mencampurkan 1 mL larutan 0,5 M FeCl dan 49 mL larutan HClO₄ 35% dalam *beaker glass* lalu homogenkan. Kemudian larutan dimasukkan ke dalam botol gelap. Reagen *Salkowsky* digunakan sebagai pewarna selektif yang mampu mengidentifikasi senyawa indol dan berbagai turunannya, salah satunya hormon IAA (Joule & Mills, 2000). Pereaksi *Salkowsky* akan berubah menjadi warna merah muda ketika bereaksi dengan IAA (Khan & Doty, 2009).

2.2.6 Pembuatan Larutan 0,5 M FeCl

Proses pembuatan larutan 0,5 FeCl dibuat dengan memasukkan 50 mL akuades

dalam *beaker glass* 100 mL, kemudian memasukkan 2 mL HCl pekat secara perlahan. Biarkan sejenak agar larut. Selanjutnya, memasukkan 13,52 g FeCl₃.6H₂O secara perlahan, larutkan hingga homogen. Memindahkan larutan ke dalam gelas ukur 100 mL dan tambahkan akuades sampai tanda batas 100 mL, lalu dihomogenkan. Untuk penyimpanan dipindahkan larutan ke dalam botol gelap dan diberi label.

2.2.7 Peremajaan dan Perbanyakan Isolat *Pseudomonas* Berfluoresen (Koleksi Advinda)

Setiap isolat *Pseudomonas* berfluoresen diambil dari tabung eppendorf yang telah divortex selama beberapa detik untuk homogenisasi suspensi. Pengambilan dilakukan menggunakan jarum ose steril. Kemudian isolat diremajakan dalam cawan petri pada medium King's B dengan menggunakan metode gores dan diinkubasi selama 2×24 jam pada suhu ruang. Selanjutnya perbanyakin inokulum dilakukan dengan mengambil satu ose biakan murni dalam cawan petri, kemudian dibiakkan pada 50 mL medium NB di dalam erlenmeyer 100 mL dan di *shaker* selama 2×24 jam dengan kecepatan 100 rpm.

2.2.8 Uji Kemampuan Menghasilkan IAA

Untuk menguji kemampuan *Pseudomonas* berfluoresen dalam menghasilkan IAA diambil 1 mL suspensi *Pseudomonas* berfluoresen dengan kepadatan populasi 3×10^8 sel/mL, (setara dengan standar 1 Mc. Farland's). Suspensi tersebut diinokulasi ke dalam 10 mL medium NB + *tryptophan*, kemudian diinkubasi pada shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 2×24 jam pada suhu ruang. Setelah inkubasi, kultur disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 30 menit. Supernatan yang terbentuk dipisahkan dari pelet dengan cara memindahkannya ke dalam tabung reaksi steril. Sebanyak 1 mL supernatan dimasukkan ke dalam 2 mL reagen *Salkowsky* dan diinkubasi selama 12 jam di ruang yang gelap. Selanjutnya, pengukuran konsentrasi IAA yang di produksi dilakukan secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 530 nm (Guardado-fierros *et al.*, 2024). Konsentrasi IAA ditentukan berdasarkan kurva standar IAA dengan persamaan regresi $y = 0,0406x + 0,0922$.

2.2.9 Analisis Data

Data kemampuan isolat *Pseudomonas* berfluoresen dalam memproduksi *Indole Acetic Acid* (IAA) dianalisis secara deskriptif dengan analisis kuantitatif yang disajikan dalam bentuk grafik.

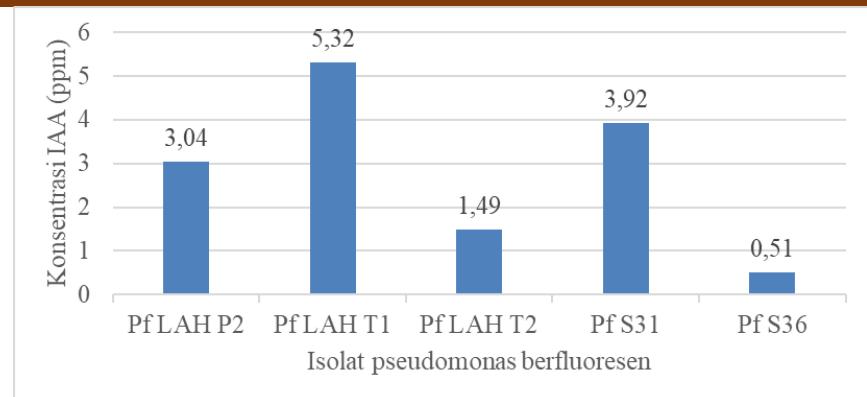
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kuantitatif menunjukkan bahwa setiap isolat *Pseudomonas* berfluoresen memiliki kemampuan yang berbeda dalam memproduksi IAA. Warna yang dihasilkan dari setiap isolat *Pseudomonas* berfluoresen yang diuji bervariasi. Hal ini bisa dilihat Gambar 1.



Gambar 1. Gradasi warna dari beberapa isolat *Pseudomonas* berfluoresen

Konsentrasi IAA yang dihasilkan oleh bakteri didapatkan berdasarkan kurva standar IAA yang telah dipersiapkan. Pembuatan kurva standar bertujuan untuk memperoleh persamaan regresi yang digunakan dalam menentukan konsentrasi IAA dari masing-masing isolat *Pseudomonas* berfluoresen. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut diperoleh persamaan regresi $y = 0,0406x + 0,0922$, yang digunakan untuk menghitung konsentrasi IAA setiap isolat dengan cara memasukkan nilai absorbansi hasil pengukuran ke dalam persamaan tersebut. Nilai x yang dihasilkan dari perhitungan merupakan konsentrasi IAA (dalam ppm) yang diproduksi oleh masing-masing isolat *Pseudomonas* berfluoresen. Konsentrasi IAA yang dihasilkan oleh setiap isolat yang diuji, dapat dilihat Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi IAA isolat *Pseudomonas* berfluoresen yang diisolasi dari rizosfer berbagai tanaman

Berdasarkan Gambar 2. terlihat isolat Pf LAH T1 yang berasal dari rizosfer tanaman terung menunjukkan produksi IAA tertinggi, yaitu sebesar 5,32 ppm, diikuti oleh Pf S31 yang berasal dari rizosfer tanaman lengkeng sebesar 3,92 ppm, selanjutnya Pf LAH P2 yang berasal dari rizosfer tanaman daun bawang sebesar 3,04 ppm, Pf LAH T2 yang berasal dari rizosfer tanaman terung dengan konsentrasi sebesar 1,49 ppm, dan Pf S36 yang berasal dari rizosfer tanaman jahe merah menghasilkan IAA terendah, yaitu 0,51 ppm. Perbedaan ini menunjukkan adanya variasi kemampuan metabolismik antar isolat *Pseudomonas* berfluoresen dalam mensintesis IAA. Hasil penelitian ini didukung oleh Advinda *et al.*, (2024) yang menyatakan terdapat perbedaan konsentrasi IAA yang dihasilkan *Pseudomonas* berfluoresen isolat LAHCS2 dengan LAHT1. *Pseudomonas* berfluoresen isolat LAHCS2 menghasilkan konsentrasi IAA lebih tinggi yaitu 20,31 ppm, sedangkan isolat LAHT1 5,37 ppm.

Kemampuan bakteri *Pseudomonas* berfluoresen dalam memproduksi IAA dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kemampuan masing-masing isolat dalam mengasimilasi dan memetabolisme triptopan, serta aktivitas enzim yang terlibat dalam jalur biosintesis IAA. Menurut Spaepen *et al.*, (2007), biosintesis IAA pada bakteri dapat berlangsung melalui beberapa jalur, terutama jalur indole-3-pyruvate (IPyA) dan indoleacetamide (IAM), yang melibatkan aktivitas enzim seperti *tryptophan monooxygenase* dan *indoleacetamide hydrolase*. Variasi dalam ekspresi atau efisiensi enzim-enzim tersebut dapat menyebabkan perbedaan tingkat produksi IAA antar isolat. Bharucha *et al.*, (2013) menambahkan terdapat faktor

lain yang mempengaruhi produksi IAA seperti pH, kepadatan populasi bakteri, dan ketersediaan oksigen selama inkubasi.

Secara umum, isolat dengan produksi IAA tertinggi berpotensi besar sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman. IAA sangat berperan penting dalam merangsang pembentukan akar lateral dan pemanjangan akar, yang pada gilirannya dapat meningkatkan penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman (Patten & Glick, 2002). Oleh karena itu, isolat Pf LAH T1 dan Pf S31 yang memproduksi IAA tinggi diperkirakan memiliki potensi lebih besar dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan isolat lainnya. Sebaliknya, isolat Pf S36 yang memproduksi IAA terendah kemungkinan memiliki aktivitas biosintesis yang rendah atau kondisi pertumbuhan yang kurang optimal untuk memproduksi hormon IAA.

Produksi IAA oleh isolat *Pseudomonas* berfluoresen dalam penelitian ini menunjukkan bahwa bakteri tersebut memiliki karakter penting sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). PGPR dikenal mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme, salah satunya melalui produksi fitohormon (Ahmed & Kibret, 2014). Deshwal & Kumar (2013) melaporkan bahwa produksi IAA oleh strain *Pseudomonas* mampu meningkatkan pertumbuhan akar, tunas, dan bobot kering tanaman padi, sehingga tanaman yang diinokulasi dengan *Pseudomonas* menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan tanaman tanpa inokulasi bakteri. Selain itu beberapa spesies bakteri termasuk *Pseudomonas* diketahui mampu menghasilkan berbagai jenis auksin seperti indole-3-acetic acid (IAA), 4-chloroindole-3-acetic acid, indole-3-butyric acid (IBA), indole-3-propionic acid (IPA) yang berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Guardado-fierros *et al.*, 2024).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa *Pseudomonas* berfluoresen isolat Pf LAH T1, Pf LAH T2, Pf LAH P2, Pf S31, dan Pf S36 memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghasilkan IAA. Dari semua isolat

bakteri yang diteliti, isolat Pf LAH T1 yang memiliki kemampuan tertinggi dalam memproduksi IAA, yaitu 5,32 ppm. Kemampuan tersebut mengindikasikan potensi isolat *Pseudomonas* berfluoresen sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman, sehingga layah dipertimbangkan untuk pengujian dan pengembangan lebih lanjut dalam mendukung aplikasi pertanian berkelanjutan.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengoptimalkan produksi IAA seperti konsentrasi *tryptopan*, pH, dan lama inkubasi, serta menguji efektivitas isolat terhadap pertumbuhan tanaman secara *in vivo*. Selain itu, analisis molekuler dan pengujian parameter pertumbuhan tanaman perlu dilakukan untuk memastikan peran isolat sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman.

5. REFERENSI

- Advinda, L. (2018). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. DEEPUBLISH.
- Advinda, L., Chatri, M., Handayani, D., & Suwarni, L. (2024). Bioprimeran of cayenne seed (*Capsicum frutescens* L.) using Indole Acetic Acid (IAA) - producing fluorescent pseudomonads to increase germination and growth of seeds. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1312(1), 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1312/1/012034>
- Ahemad, M., & Kibret, M. (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria : Current perspective. *Journal of King Saud University - Science*, 26(1), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2013.05.001>
- Akter, S., Juraimi, A. S., & Saud, H. M. (2021). Production and Optimization of Indole Acetic Acid by *Pseudomonas* Spp . Isolated from Rice Phyllosphere. *Bangladesh Phytopathological Society*, 37(1), 69–76.
- Amin, A., Juanda, B. R., & Zaini, M. (2017). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman dalam ZPT Auksin terhadap Viabilitas Benih Semangka (*Citrus lunatus*) Kadaluarsa. *Jurnal Penelitian Agrosamudra*, 4(1), 45–57.
- Arlina, S. (2024). *Kemampuan Pseudomonas fluorescen yang Diisolasi dari Beberapa Rizosfer Tanaman dalam Menghasilkan Indole Acetic Acid (IAA)* [Skripsi, Tidak Dipublikasikan]. Universitas Negeri Padang.
- Bharucha, U., Patel, K., & Trivedi, U. B. (2013). Optimization of Indole Acetic Acid Production by *Pseudomonas putida* UB1 and its Effect as Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Mustard (*Brassica nigra*). *Agric Res*, 2(3), 215–221. <https://doi.org/10.1007/s40003-013-0065-7>
- Deshwal, V. K., & Kumar, P. (2013). Plant growth promoting activity of Pseudomonads in Rice crop. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(11), 152–157.

- Dilla, A. (2024). *Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rizosfer Beberapa Jenis Tanaman dan Uji Kemampuannya Memproduksi Indole Acetic Acid (IAA)* [Skripsi, Tidak Dipublikasikan]. Universitas Negeri Padang.
- Guardado-fierros, B. G., Tuesta-popolizio, D. A., Lorenzo-Santiago, M. A., Rodriguez-Campos, J., & Contreras-Ramos, S. M. (2024). Comparative study between Salkowski reagent and chromatographic method for auxins quantification from bacterial production. *Frontiers in Plant Science*, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1378079>
- Janani, N., Revathi, K., Rengarajan, R., Anjalai, K., & Vidhya, G. (2017). Indole Acetic Acid Production from Pseudomonas fluorescens and its Effect on Root Elongation of *Vigna Radiata*. *International Journal of Current Research*, 9(10), 58454–58460.
- Joule, J. A., & Mills, K. (2000). *Heterocyclic Chemistry*. Blackwell Science.
- Khan, Z., & Doty, S. L. (2009). Characterization of bacterial endophytes of sweet potato plants. *Plant Soil*, 322(1), 197–207. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9908-1>
- Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 3795–3801. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795>
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 425–448. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2007.00072.x>
- Wagi, S., & Ahmed, A. (2019). Bacillus spp.: potent microfactories of bacterial IAA. *PeerJ*, 7, e7258. <https://doi.org/10.7717/peerj.7258>