

AKTIVITAS ANTAGONIS ISOLAT BAKTERI DARI RIZOSFER JERUK SIAM (CITRUS NOBILIS LOUR.) TERHADAP FUSARIUM OXYSPORUM

(Potential of Bacterial Isolates from the Rhizosphere of *Citrus nobilis* Lour.as Antagonistic Agents against *Fusarium oxysporum*)

Syukria Ikhsan Zam^{1*}, Miranda Aulia¹, Tiara Septirosya¹, Mokhamad Irfan¹, Raudhatu Shofiah¹

¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim
JL. H. R. Soebrantas KM.15 No. 155 Kota Pekanbaru

*Email korespondensi: syukria.ikhsan.zam@uin-suska.ac.id

ABSTRACT

Fusarium oxysporum is a phytopathogenic fungus that causes *Fusarium* wilt in *Citrus nobilis*. One environmentally friendly alternative to control this disease is the use of rhizosphere bacteria, which are known to suppress plant pathogens. This study aimed to identify the antagonistic activity of rhizosphere bacteria from *C. nobilis* against *F. oxysporum*. Rhizosphere soil samples were collected from *C. nobilis* plantations in Bagun Purba Timur Jaya Village, Bangun Purba District, Rokan Hulu Regency, Riau Province. Bacterial isolation was conducted using nutrient agar medium, followed by characterization based on colony morphology, Gram reaction, cell shape, catalase activity, and the ability to inhibit *F. oxysporum* growth. Five bacterial isolates (RJS1, RJS2, RJS3, RJS4, and RJS5) were obtained, with cell counts ranging from 0.41×10^8 to 1.41×10^8 . The isolates exhibited diverse colony morphologies; all belonged to Gram-negative groups, with rod-shaped cells (RJS1, RJS4, and RJS5) and coccoid-shaped cells (RJS2 and RJS3). All isolates showed catalase activity and inhibited the growth of *F. oxysporum* by 14.20–57.14%. However, all of the isolates demonstrated antagonistic activity against *F. oxysporum*.

Keywords : bioactivity, biological pesticide, colony, *Fusarium* wilt

PENDAHULUAN

Jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.) merupakan salah satu komoditas hortikultura penting di Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta berperan dalam pemenuhan kebutuhan buah masyarakat. Permintaan terhadap jeruk siam terus meningkat seiring dengan kesadaran masyarakat akan pentingnya konsumsi buah sebagai sumber vitamin dan mineral (Maulana & Irawati, 2024). Namun demikian, produktivitas jeruk siam seringkali terkendala oleh berbagai faktor biotik, khususnya serangan penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen. Salah satu penyakit utama yang menimbulkan kerugian signifikan adalah busuk fusarium (Anisah & Utari, 2025).

Busuk fusarium disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*, yaitu jamur tular tanah yang bersifat patogenik pada berbagai tanaman inang. Patogen ini menyerang jaringan pembuluh tanaman sehingga mengganggu sistem transportasi air dan hara, yang pada akhirnya menyebabkan layu, nekrosis, hingga kematian tanaman (Al-Bedak *et al.*, 2019). Kerugian akibat serangan *F. oxysporum* dilaporkan cukup tinggi karena menurunkan hasil panen dan kualitas buah (Sarnaik *et al.*, 2025). Upaya pengendalian yang mengandalkan fungisida kimia sering dilakukan, namun penggunaan berlebih menimbulkan dampak negatif seperti resistensi patogen, pencemaran lingkungan, serta risiko bagi kesehatan manusia (Leiva-Mora, 2023).

Pertanian berkelanjutan memerlukan strategi pengendalian yang lebih ramah lingkungan dan efektif. Salah satu pendekatan yang mendapat perhatian luas adalah pemanfaatan mikroorganisme antagonis yang berasal dari lingkungan sekitar tanaman, khususnya daerah perakaran atau rizosfer (Danesh *et al.*, 2024). Rizosfer dikenal sebagai habitat yang kaya akan mikroba dengan interaksi kompleks yang dapat memengaruhi kesehatan tanaman. Di antara mikroba tersebut, bakteri rizosfer memiliki peranan penting karena mampu menghasilkan senyawa metabolit dan enzim yang dapat menekan pertumbuhan patogen tanaman (Galani *et al.*, 2024; Jayanti *et al.*, 2024).

Sejumlah penelitian sebelumnya melaporkan bahwa bakteri rizosfer dari berbagai tanaman memiliki kemampuan antagonistik terhadap *Fusarium* spp. melalui mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, produksi antibiotik, siderofor, maupun induksi ketahanan tanaman (Bhargavi *et al.*, 2024; Boulahouat *et al.*, 2023). Keberhasilan pemanfaatan bakteri rizosfer sebagai agen hayati telah membuka peluang pengembangan biokontrol untuk mengurangi ketergantungan terhadap fungisida sintetis. Namun, efektivitas agen hayati sangat dipengaruhi oleh jenis isolat, karakter fisiologis, serta kesesuaian dengan lingkungan tumbuh tanaman inangnya (Cahyani *et al.*, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini difokuskan pada identifikasi aktivitas antagonis isolat bakteri yang berasal dari rizosfer jeruk siam terhadap *Fusarium oxysporum*. Isolasi dan karakterisasi bakteri dilakukan untuk mengevaluasi sifat morfologi, fisiologis, serta kemampuan menghambat pertumbuhan patogen. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah sebagai dasar pengembangan strategi pengendalian hayati penyakit busuk fusarium pada jeruk siam, sekaligus mendukung penerapan pertanian berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Pengambilan sampel dilakukan pada lahan pertanaman jeruk siam di Desa Bangun Purba Timur Jaya, Kecamatan Bangun Purba, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau. Isolasi, karakterisasi dan uji aktivitas antagonis isolat dilakukan di Laboratorium Patologi, Entomologi, Mikrobiologi dan Ilmu Tanah (PEMTA), Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret – Mei 2025.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu sampel tanah rizosfer, media agar nutrisi (Merck®), media agar kentang dekstrosa (Merck®), NaCl (Merck®) 0,85%, alkohol 70% (Bratachem®), kapas lemak, set pewarnaan Gram (Merck®) dan isolat *Fusarium oxysporum*. Alat yang digunakan yaitu ring sampel tanah, jarum Ose, lampu Bunsen, gelas Beaker, cawan Petri, pipet ukur, mikropipet, labu Erlenmeyer, tabung reaksi, batang L, plastik klip steril, timbangan analitik, autoklaf, vortex, inkubator, mikroskop, *laminar air flow*, *colony counter*, *hot plate with magnetic stirrer*, sarung tangan dan *cool box*.

Prosedur Penelitian

1. Pengambilan sampel

Sampel tanah diambil dengan menggunakan *purposive sampling technique* (Zhu *et al.*, 2008). Tanah rizosfer jeruk siam diambil pada lima titik sampel dengan kedalaman 0 – 20 cm. Sampel tanah disimpan dalam plastik klip steril dan disimpan di dalam *cool box* (Yurnaliza *et al.*, 2024), selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk isolasi bakteri.

2. Pembuatan media

Agar nutrisi sebanyak 10 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditambahkan akuades hingga volume 500 mL, selanjutnya dididihkan dan dihomogenkan dengan menggunakan *hot plate with magnetic stirrer*. Mulut labu Erlenmeyer yang berisi media agar nutrisi tersebut selanjutnya ditutup dengan kapas lemak hingga kedap udara.

Agar kentang dekstrosa sebanyak 19,5 g dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer dan ditambahkan akuades hingga volume 500 mL, selanjutnya dididihkan dan dihomogenkan dengan menggunakan *hot plate with magnetic stirrer*. Mulut labu Erlenmeyer yang berisi media agar nutrisi tersebut selanjutnya ditutup dengan kapas lemak hingga kedap udara.

3. Sterilisasi alat dan bahan

Semua alat dan bahan yang tahan panas disterilisasi dengan menggunakan autoklaf. Sterilisasi dilakukan pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi dan ditahan selama 15 menit (Stanbury *et al.*, 2016). Jarum Ose disterilisasi dengan pemijaran pada api lampu Bunsen.

4. Isolasi dan pemurnian

Isolasi dilakukan dengan metode cawan sebar. Metode ini dilakukan dengan cara mensuspensi tanah rizosfer sebanyak 10 g ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi NaCl 0,85% sebanyak 90 mL, selanjutnya dilakukan pengenceran hingga 10^{-7} . Setiap tahap pengenceran dihomogenkan dengan menggunakan vortex. Sebanyak 0,1 mL suspensi pada pengenceran 10^{-5} – 10^{-7} ditetaskan ke dalam cawan Petri yang berisi agar nutrisi steril dan diratakan dengan menggunakan batang L (Cappuccino & Welsh, 2018; Willey *et al.*, 2008). Cawan Petri tersebut kemudian diinkubasikan pada suhu 27°C selama 24 jam. Bakteri yang tumbuh diamati morfologi koloninya. Koloni yang memiliki morfologi yang berbeda dinyatakan sebagai isolat yang berbeda. Isolat tersebut

kemudian dimurnikan dengan *four-way streaking method*. Isolat yang telah murni disubkultur pada tabung reaksi yang berisi agar nutrisi miring steril dan disimpan untuk kultur stok.

Parameter Penelitian

Parameter yang diamati meliputi morfologi koloni, jumlah sel, bentuk sel, kelompok Gram dan aktivitas katalase dengan merujuk kepada Cappuccino & Welsh (2018) dan Willey et al. (2008), sedangkan aktivitas antagonis diamati melalui daya hambat pertumbuhan terhadap *F. oxysporum* dengan merujuk kepada (Girish & Bindu, 2019).

Analisis data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk table dan gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Diperoleh lima isolat bakteri dari rizosfer jeruk siam. Seluruh isolat memperlihatkan morfologi koloni yang berbeda dengan jumlah sel berkisar antara $0,41 \times 10^8$ – $1,41 \times 10^8$ CFU.g⁻¹. Isolat RJS1, RJS4 dan RJS5 memiliki bentuk sel batang, sedangkan isolat RJS2 dan RJS3 memiliki bentuk sel bulat. Kelima isolat adalah Gram negatif, memiliki aktivitas katalase dan aktivitas antagonis terhadap *F. oxysporum* dengan daya hambat berkisar antara 14,20 – 57,14%. Data lengkap hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah sel, morfologi isolat dan daya hambat isolat terhadap *F. oxysporum*

Parameter	Isolat				
	RJS1	RJS2	RJS3	RJS4	RJS5
Morfologi Koloni					
- Bentuk	<i>Circular</i>	<i>Irregular</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Irregular</i>	<i>Circular</i>
- Tepian	<i>Undulate</i>	<i>Lobate</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Lobate</i>	<i>Entire</i>
- Elevasi	<i>Flat</i>	<i>Convex</i>	<i>Flat</i>	<i>Flat</i>	<i>Pulvinate</i>
- Warna Koloni	Krem	Putih Susu	Krem	Krem	Putih Susu
Jumlah Sel (CFU.g ⁻¹)	$0,41 \times 10^8$	$0,87 \times 10^8$	$1,28 \times 10^8$	$1,00 \times 10^8$	$1,41 \times 10^8$
Bentuk Sel	Batang	Bulat	Bulat	Batang	Batang
Gram	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
Aktivitas Katalase	+	+	+	+	+
Daya Hambat (%)	14,20	50,00	42,80	27,70	57,14

Variasi bentuk koloni bakteri mencerminkan adanya perbedaan fisiologis antar isolat, yang umumnya dipengaruhi oleh komposisi genetik serta kondisi lingkungan tempat isolat tersebut tumbuh (Čepl et al., 2016). Warna koloni yang bervariasi antara krem dan putih susu menunjukkan adanya perbedaan pigmen, yang sering kali berkaitan dengan kandungan metabolit sekunder seperti karotenoid atau flavonoid yang berperan dalam perlindungan terhadap stres oksidatif (Qureshi et al., 2018).

Hasil pewarnaan Gram menunjukkan bahwa seluruh isolat termasuk dalam kelompok **bakteri Gram negatif**, yang ditandai dengan dinding sel tipis dan keberadaan lapisan lipopolisakarida pada membran luarnya. Ciri ini memungkinkan sel memiliki permeabilitas yang lebih tinggi terhadap senyawa tertentu, termasuk antibiotik dan metabolit sekunder (Nikaido, 2009). Pengamatan morfologi sel menunjukkan bahwa isolat RJS1, RJS4, dan RJS5 berbentuk batang, sementara RJS2 dan RJS3 berbentuk bulat. Variasi bentuk ini menunjukkan kemungkinan bahwa kelima isolat berasal dari genus yang berbeda (Vaara, 2020), meskipun sama-sama tergolong Gram negatif.

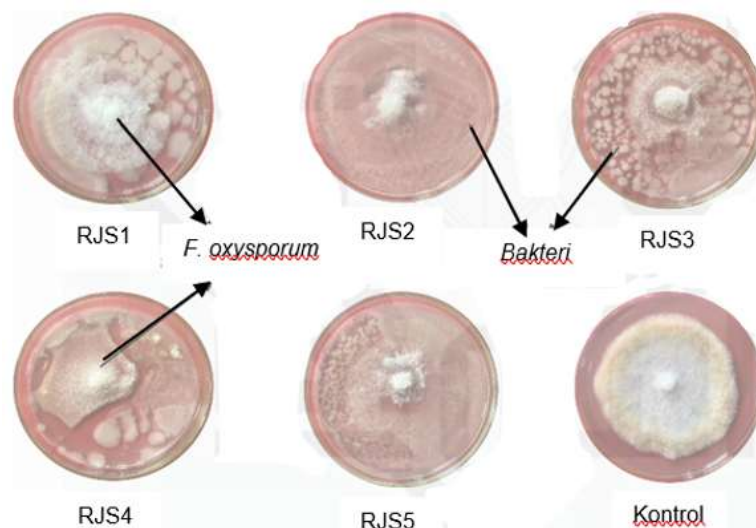
Isolat RJS5 menunjukkan jumlah sel tertinggi, diikuti oleh RJS3, RJS4, RJS2, dan RJS1. Tingginya jumlah sel pada RJS5 mengindikasikan kemampuan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan isolat lainnya. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan ini meliputi kemampuan adaptasi terhadap media tumbuh, efisiensi metabolisme, dan kecepatan pembelahan sel (Sen et al., 2010). Perbedaan laju pertumbuhan antar isolat bakteri sering kali dikaitkan dengan perbedaan dalam penggunaan substrat karbon dan nitrogen pada medium pertumbuhannya (Wahyuningsih & Zulaika, 2019).

Seluruh isolat menunjukkan hasil positif pada uji katalase, yang ditandai dengan munculnya gelembung oksigen ketika ditetesi larutan hidrogen peroksida. Aktivitas enzim katalase mencerminkan kemampuan bakteri dalam menetralkan radikal bebas dan melindungi diri dari stres oksidatif (Susanti et al., 2024). Karakter ini umum dijumpai pada bakteri aerob dan fakultatif anaerob (Yumoto et al., 1999).

Hasil ini menunjukkan bahwa kelima isolat memiliki sistem pertahanan enzimatis yang baik terhadap senyawa oksidatif, yang berpotensi mendukung kelangsungan hidupnya pada lingkungan kaya oksigen atau dalam proses fermentatif.

Uji daya hambat (Tabel 1 dan Gambar 1) menunjukkan bahwa kelima isolat memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme uji dengan tingkat efektivitas yang bervariasi. Nilai daya hambat berkisar antara **14,20% hingga 57,14%**, dengan aktivitas tertinggi ditunjukkan oleh **RJS5 (57,14%)**, diikuti oleh **RJS2 (50,00%)**, **RJS3 (42,80%)**, **RJS4 (27,70%)**, dan **RJS1 (14,20%)**. Perbedaan aktivitas antagonistik ini kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan kemampuan masing-masing isolat dalam menghasilkan metabolit sekunder antimikroba, seperti asam organik, siderofor, atau senyawa biosurfaktan (Kai *et al.*, 2007). Bakteri Gram negatif tertentu, khususnya dari genus *Pseudomonas* dan *Enterobacter*, diketahui mampu menghasilkan senyawa antibakteri seperti fenazin, pirrolnitrin, dan asam hidrosianik yang berperan penting dalam penghambatan mikroba patogen (Rani *et al.*, 2025).

Hasil ini menunjukkan bahwa **RJS5** memiliki potensi terbesar untuk dikembangkan sebagai agen biokontrol atau probiotik karena kemampuannya menghasilkan jumlah sel tinggi dan aktivitas antagonistik yang kuat. Sementara itu, **RJS1** menunjukkan aktivitas terendah, yang dapat disebabkan oleh produksi metabolit antimikroba yang lebih sedikit atau mekanisme kompetisi yang kurang efisien. Secara keseluruhan, kombinasi karakteristik fisiologis dan aktivitas antagonistik yang dimiliki oleh isolat-isolat ini menunjukkan bahwa beberapa di antaranya, terutama RJS5 dan RJS2, berpotensi digunakan dalam pengembangan agen biokontrol alami yang ramah lingkungan. Identifikasi molekuler lebih lanjut melalui analisis gen 16S rRNA diperlukan untuk menentukan spesies masing-masing isolat secara pasti, serta mengonfirmasi hubungan antara sifat morfologis dan kemampuan antagonistik yang dimilikinya.



Gambar 1. Aktivitas antagonis isolat-isolat yang diperoleh terhadap *F. oxysporum*

KESIMPULAN

Seluruh isolat memiliki aktivitas antagonis terhadap *F. oxysporum*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kepala Laboratorium PEMTA dan seluruh asisten yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bedak, O. A., Mohamed, R., & Elsalahy, H. (2019). Rapid histochemical staining method visualizing the role of *Fusarium oxysporum* catalase in xylem embolism formation and lupine wilt. *Journal of Microbiology & Experimentation*, 7(4). <https://doi.org/10.15406/jmen.2019.07.00259>
- Qureshi, M. A. A., Sankaran, S., & Subbaiah, S. (2018). Effect of certain compounds on the pigmentation characteristics of some bacterial isolates. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1), 2464–2483. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.701.297>
- Anggit Cahyani, Hamidson, H., Suwandi, S., & Umayah, A. (2024). Selection of antagonistic rhizobacteria potential for biological control of *Fusarium oxysporum*. *BIOVALENTIA: Biological Research Journal*, 9(2), 176–181. <https://doi.org/10.24233/biov.9.2.2023.416>
- Anisah, S. N., & Nofi Utari. (2025). Exploration and identification of siamese orange (*Citrus nobilis* Lour.) plant diversity in Banyuwangi Regency. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(2), 1812–1820. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i2.8925>
- Bhargavi, G., Arya, M., Jambhulkar, P. P., Singh, A., Rout, A. K., Behera, B. K., Chaturvedi, S. K., & Singh, A. K. (2024). Evaluation of biocontrol efficacy of rhizosphere dwelling bacteria for management of *Fusarium* wilt and *Botrytis* gray mold of chickpea. *BMC Genomic Data*, 25(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s12863-023-01178-7>
- Boulahouat, S., Cherif-Silini, H., Silini, A., Bouket, A. C., Luptakova, L., Alenezi, F. N., & Belbahri, L. (2023). Biocontrol efficiency of rhizospheric *Bacillus* against the plant pathogen *Fusarium oxysporum*: A promising approach for sustainable agriculture. *Microbiology Research*, 14(3), 892–908. <https://doi.org/10.3390/microbiolres14030062>
- Cappuccino, J. G., & Welsh, C. (2018). *Microbiology a Laboratory Manual* (Eleventh). Pearson.
- Čepl, J., Blahůšková, A., Neubauer, Z., & Markoš, A. (2016). Variations and heredity in bacterial colonies. *Communicative & Integrative Biology*, 9(6), e1261228. <https://doi.org/10.1080/19420889.2016.1261228>
- Galani, B., Chauhan, J., & Gohel, S. (2024). Role of rhizospheric microbial enzymes in plant growth promotion, antagonism, and sustainable agriculture: A review. *Trends in Horticulture*, 7(2), 4902. <https://doi.org/10.24294/th.v7i2.4902>
- Girish, K., & Bindu, K. R. (2019). Evaluation of antagonistic potential of antifungal bacteria on fungal pathogens of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Research Journal of Chemistry and Environment*, 23(5), 23–30. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85066635949&partnerID=40&md5=1510d0912d3a40d23db979b5215da392>
- Jayanti, R. M., Kristianingrum, S. A., & Setiawan, A. W. (2024). In vitro efficacy of plant growth-promoting rhizobacteria isolated from ginger (*Zingiber officinale*) rhizosphere for biological control of plant pathogens. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 21(3), 217–228. <https://doi.org/10.31849/jip.v21i3.23258>
- Kai, M., Effmert, U., Berg, G., & Piechulla, B. (2007). Volatiles of bacterial antagonists inhibit mycelial growth of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*. *Archives of Microbiology*, 187(5), 351–360. <https://doi.org/10.1007/s00203-006-0199-0>
- Leiva-Mora, M. (2023). Use of efficient microorganisms in control of *Fusarium oxysporum cubense* race 4. *Medwave*, 23(S1), eUTA353. <https://doi.org/10.5867/medwave.2023.S1.UTA353>
- Maulana, F., & Irawati, I. (2024). Peningkatan nilai tambah jeruk siam melalui program “Citrus Kurano” usaha bersama Kelompok Tani Desa Sukoreno Kecamatan Umbulsari Kabupaten Jember. *Jompa Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(3), 24–32. <https://doi.org/10.57218/jompaabdi.v3i3.1171>
- Nikaido, H. (2009). Outer Membrane, Gram-Negative Bacteria. In *Encyclopedia of Microbiology* (pp. 439–452). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012373944-5.00050-X>
- Rani, K. C. M. E., Devi, V. V., Gomathinayagam, S., & Shanmugaiah, V. (2025). Biocontrol ability of indigenous *Pseudomonas* sp. VSMKU4040 against economically important fungal phytopathogens for the sustainable agriculture. *Journal of Biological Control*, 70–78. <https://doi.org/10.18311/jbc/2025/47478>
- Danesh, Y. R., Pellegrini, M., Akköprü, A., Farda, B., Boyno, G., & Djebaili, R. (2024). Plant growth-promoting rhizobacteria: Their potential as biological control agents in sustainable agriculture. In *Sustainable Agricultural Practices* (pp. 145–159). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19150-3.00015-1>
- Sarnaik, R., Shelake, J., & Waghmare, M. (2025). *Fusarium* wilt of brinjal: impact, pathogenicity, and sustainable management strategies. *Discover Plants*, 2(1), 244. <https://doi.org/10.1007/s44372-025-00331-z>
- Sen, S. K., Mohapatra, S. K., Satpathy, S., & Rao, G. (2010). Characterization of hot water spring source isolated clones of bacteria and their industrial applicability. *International Journal of Chemical Research*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.9735/0975-3699.2.1.1-7>

- Stanbury, P. F., Whitaker, A., & Hall, S. J. (2016). *Principles of Fermentation Technology: Third Edition*. Butterworth Heinemann.
- Susanti, B. P., Yuliani, A. E., Hidayatullah, A. F., & Sutrisno, S. (2024). Activity test of catalase enzyme in rhizospheric soil bacteria. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 10(1), 70–78. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v10i1.22957>
- Vaara, M. (2020). Lipopolysaccharide and the permeability of the bacterial outer membrane. In *Endotoxin in Health and Disease* (pp. 31–38). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003064961-2>
- Wahyuningsih, N., & Zulaika, E. (2019). Perbandingan pertumbuhan bakteri selulolitik pada media nutrient broth dan carboxy methyl cellulose. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36283>
- Willey, J. M., Sherwood, L. M., & Woolverton, C. J. (2008). *Prescott, Harley, and Klein's microbiology* (Seventh). McGraw-Hill Higher Education.
- Yumoto, I., Iwata, H., Sawabe, T., Ueno, K., Ichise, N., Matsuyama, H., Okuyama, H., & Kawasaki, K. (1999). Characterization of a facultatively psychrophilic bacterium, *Vibrio rumoiensis* sp. nov., that exhibits high catalase activity. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(1), 67–72. <https://doi.org/10.1128/AEM.65.1.67-72.1999>
- Yurnaliza, Y., Nurwahyuni, I., Lenny, S., & Lutfia, A. (2024). Bioprospecting study of plant growth promoting rhizospheric bacteria from oil palm plantation as biological control agent of *Ganoderma boninense*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 27(5), 256–267. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2024.256.267>
- Zhu, A. X., Yang, L., Li, B., Qin, C., English, E., Burt, J. E., & Zhou, C. (2008). Purposive sampling for digital soil mapping for areas with limited data. In *Digital Soil Mapping with Limited Data* (pp. 233–245). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8592-5_20