

Eksplorasi dan Karakteristik Bakteri Endofit Asal Tanaman Handeuleum (*Graptophyllum pictum* (L) Griff)

Jean Nihana Manalu¹, Maya Mariana²

¹Program Studi Biologi, Universitas Pendidikan Ganesha

²Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Rempah Obat dan Aromatik, Jawa Barat
email:putri.manalu@undiksha.ac.id

ABSTRACT

*Handeuleum (Graptophyllum pictum L. Griff) is a plant that is used as a medicinal plant with secondary metabolite compounds so that it can overcome several diseases. Exploration of endophytic bacteria in handeuleum plants needs to be done, because the content of secondary metabolites can be used to suppress the growth of plant pathogens. The purpose of this study was to obtain isolates of endophytic bacteria and find out their characteristics. This research was conducted with an exploratory method that began with the isolation of endophytic bacteria and several tests were carried out such as hemolysis activity, hypersensitivity, gram test, chitinolytic test, phosphate solvent activity, and antagonist test. The isolation results obtained a high population of endophytic bacterial isolates, namely in the roots, as many as 8 isolates that are pathogenic in mammals, hypersensitivity tests showed no isolates that were pathogenic in plants, gram tests obtained as many as 24 isolates that were gram-positive, as many as 5 isolates were able to lyse phosphate, no isolates could degrade chitin, as many as 2 isolates were antimicrobial against *Rastolnia solanacearum* indicated by the presence of clear zones and 26 isolates were able to suppress the growth of *Fusarium oxysporum*.*

Keywords: Antimicrobial, pathogenic, hemolysis, hypersensitive, chitinolytic

ABSTRAK

*Handeuleum (Graptophyllum pictum L. Griff) merupakan tanaman yang dimanfaatkan sebagai tanaman obat dengan kandungan senyawa metabolit sekunder sehingga dapat mengatasi beberapa penyakit. Eksplorasi bakteri endofit pada tanaman handeuleum perlu dilakukan, dikarenakan kandungan metabolit sekundernya dapat digunakan untuk menekan pertumbuhan patogen tanaman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan isolat bakteri endofit dan mengetahui karakteristiknya. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksplorasi yang dimulai dengan kegiatan isolasi bakteri endofit dan dilakukan beberapa pengujian seperti aktivitas hemolisis, hipersensitif, uji gram, uji kitinolitik, aktivitas pelarut fosfat, dan uji antagonis. Hasil isolasi diperoleh populasi isolat bakteri endofit yang tinggi yaitu pada bagian akar, sebanyak 8 isolat yang bersifat patogenik pada mamalia, uji hipersensitif menunjukkan tidak ada isolat yang bersifat patogenik pada tanaman, uji gram diperoleh sebanyak 24 isolat yang bersifat gram positif, sebanyak 5 isolat mampu melisis fosfat, tidak ada isolat yang dapat mendegradasi kitin, sebanyak 2 isolat bersifat antimikroba terhadap *Rastolnia solanacearum* yang ditunjukkan dengan adanya zona bening dan 26 isolat mampu menekan pertumbuhan *Fusarium oxysporum*.*

Kata Kunci: Antimikroba, patogenik, hemolisis, hipersensitif, kitinolitik

PENDAHULUAN

Handeuleum (*Graptophyllum pictum* L. Griff) adalah jenis tanaman obat yang memiliki kandungan senyawa yang bermanfaat dan dimanfaatkan sebagai obat tradisional untuk

mengatasi beberapa penyakit seperti obat wasir, darah tinggi, rematik, diabetes, batu ginjal, dan lain – lain (Rosmala *et al.*, 2015). BPOM (2004) menyatakan bahwa tanaman handeuleum mengandung alkohol, pektin, dan asam formiat. Kandungan minyak atsiri tidak

kurang dari 0,4 % dan flavanoid 0,4 %, dengan bahan aktif penanda dari golongan triterpenoid, yakni vomifoliol. Kandungan fitokimia (saponin, tanin, alkaloid, dan triterpenoid) akan membantu dalam pemanfaatannya sebagai tanaman obat. (Syamsuhidayat *et al.*, 1991) melaporkan bahwa kandungan bahan aktif *Graphophyllum pictum* dapat dimanfaatkan untuk mengatasi penyakit wasir, melancarkan buang air seni, melancarkan haid, dan rematik; menghaluskan kulit (*skin softener*); batu empedu, hepatitis, usus besar dan penyakit lainnya.

Penelitian terhadap pemanfaatan tanaman handeuleum dalam bidang penyakit tanaman belum banyak dilakukan, khususnya mikroorganisme endofit yang berasal dari tanaman ini. Mengingat bahwa tanaman handeuleum menghasilkan senyawa – senyawa metabolit sekunder yang dapat mencegah atau mengurangi intensitas serangan patogen.

Mikroba endofit dapat berasal dari kelompok bakteri dan cendawan. Berbagai penelitian telah dilakukan terhadap peran mikroba endofit, khususnya pada bakteri endofit. Mikroba endofit hidup di dalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya (Agusta, 2009). Bakteri endofit adalah bakteri non-patogen yang hidup di dalam jaringan tanaman yang sehat (Suhandono and Utari, 2014). Oleh karena hidup di dalam jaringan tanaman, bakteri endofit relatif terlindungi dan mendapatkan nutrisi yang memadai. Peranan bakteri ini terhadap tanaman yaitu menjaga kesehatan tanaman (Malfanova, 2013).

Bakteri endofit memberi keuntungan bagi tanaman melalui produksi siderophore, asam absisat, asam indol asetat (AIA), dan lain-lain (Tian *et al.*, 2015). Beberapa penelitian telah banyak dilakukan untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme endofit pada berbagai tanaman yaitu tanaman padi (Ji *et al.*, 2013), kentang (Pavlo *et al.*, 2011), anggrek (Faria *et al.*, 2013), kina (Zakiah *et al.*, 2015). Peran bakteri endofit yang sangat penting bagi tanaman menjadikan bakteri ini sebagai mikroorganisme yang potensial dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Oleh

karena itu penelitian untuk eksplorasi dan isolasi bakteri endofit ini diperlukan. Eksplorasi bakteri endofit dari tanaman handeuleum ini diharapkan menemukan bakteri endofit yang potensial sebagai agens hayati dan pemacu pertumbuhan tanaman.

Pengetahuan tentang eksplorasi dan pemanfaatan bakteri endofit dari tanaman handeuleum sangat dibutuhkan, potensi senyawa yang dihasilkan dari tanaman ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pencarian agens hayati dalam bidang pertanian.

BAHAN DAN METODE

Persiapan sampel tanaman

Sampel tanaman yang digunakan untuk diisolasi adalah tanaman handeuleum yang berasal dari Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik (Balitro), Cimanggu, Jawa Barat. Bagian tanaman yang digunakan adalah akar, batang dan daun.

Isolasi dan pemurnian

Isolasi bakteri endofit dari tanaman handeuleum merujuk pada metode (Resti *et al.*, 2013) yang telah dimodifikasi. Setiap bagian sampel tanaman dicuci dengan air yang mengalir dan dikeringkan. Setiap sampel tanaman selanjutnya dilakukan sterilisasi permukaan, yaitu dengan menggunakan alkohol 70% selama 1 menit kemudian NaOCL selama 2 menit dan dibilas sebanyak tiga kali dengan akuadest steril.

Sebanyak 1 gram sampel daun, batang, dan akar masing – masing dihancurkan dengan mortar sampai halus di dalam *laminar air flow*. Sebanyak 1 ml suspensi dicampurkan dengan 9 ml akuades steril dan divorteks, kemudian dibuat seri pengenceran 10^{-2} dan 10^{-3} . Suspensi pengenceran disebar pada media TSA 20%, King's B 20%, Pikovskaya 20%, kemudian diinkubasi selama 48 jam.

Parameter yang diamati adalah total populasi dengan menghitung koloni dan jenis bakteri (berdasarkan warna dan bentuk koloni). Setiap koloni bakteri yang memiliki bentuk dan warna yang berbeda, dimurnikan dengan menggunakan tusuk gigi yang steril kemudian

digoreskan pada masing – masing media (TSA, King's B, dan Pikovskaya 100%) dan diberi kode untuk setiap isolat yang dimurnikan. Isolat yang berhasil dimurnikan dilakukan uji keamanan hayati yang meliputi uji aktivitas hemolisis dan uji hipersensitif.

Uji aktivitas hemolisis

Uji aktivitas hemolisis mengikuti metode yang dilakukan oleh (Zimbro, 2009). Pengujian ini dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri pada media agar darah (*blood agar*), kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Parameter pengamatan adalah zona hemolisis, yaitu adanya zona bening di sekitar koloni bakteri. Jika terbentuk zona positif, bakteri merupakan patogen mamalia. Koloni bakteri yang tidak membentuk zona positif digunakan untuk pengujian hipersensitif.

Uji hipersensitif

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui patogenesitas isolat bakteri endofit terhadap tanaman. Uji hipersensitif menggunakan metode yang dilakukan oleh (Wahyudi *et al.*, 2011). Parameter pengamatan adalah adanya gejala nekrosis pada setiap ruas daun yang diinjeksikan suspensi bakteri yang telah diinkubasi selama 24 jam. Gejala nekrosis menunjukkan isolat bakteri positif yang memiliki potensi sebagai patogen pada tanaman.

Uji gram

Pengujian ini merujuk pada metode (Schaadet *al.*, 2001). Uji gram dilakukan dengan menggunakan KOH 3%. Indikator pengamatan dilakukan terhadap terbentuk tidaknya lendir dari campuran KOH 3% dan isolat bakteri. Jika terbentuk lendir menunjukkan bakteri tersebut bersifat gram negatif dan sebaliknya.

Uji kitinolitik

Uji kitinolitik menggunakan pada metode (Gohel *et al.*, 2006). Media uji yang digunakan adalah media kitin. Koloni bakteri

diambil dengan tusuk gigi steril kemudian digoreskan pada media kitin padat dan diinkubasikan pada suhu ruang selama 48 jam. Parameter pengamatan adalah ada tidaknya zona bening di sekitar koloni bakteri.

Uji aktivitas pelarut fosfat

Pengujian merujuk pada metode (Sukmadewi *et al.*, 2017) dengan modifikasi. Uji aktivitas pelarut fosfat dilakukan dengan menggunakan media Pikovskaya. Isolat bakteri dari biakan murni diambil dengan menggunakan tusuk gigi steril, kemudian digoreskan pada media Pikovskaya dan diinkubasikan pada suhu ruang selama 48 jam. Parameter yang diamati adalah ada tidaknya zona bening di sekitar koloni bakteri.

Uji antagonis

Uji antagonis dilakukan dengan menggunakan metode (Munif *et al.*, 2012). Bakteri endofit yang terpilih selanjutnya dilakukan uji antagonis terhadap patogen tanaman dengan metode *dual culture*. Patogen tanaman yang digunakan adalah *Fusarium oxysporum*. Parameter pengamatan adalah adanya daya hambat terhadap patogen tanaman oleh bakteri endofit pada hari ke-7. Daya hambat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Daya hambat} = \frac{r_2 - r_1}{r_1} \times 100\%$$

Keterangan:

r_1 = jari – jari miselium hingga tepi bakteri

r_2 = jari – jari miselium hingga tepi zona hambat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi bakteri endofit

Hasil isolasi bakteri endofit yang berasal dari tanaman handeuleum, didapatkan populasi yang berbeda pada kedua pengenceran yang berbeda dari ketiga bagian sampel tanaman yaitu akar, batang, dan daun. Isolat bakteri endofit yang diperoleh yaitu sebanyak 50 isolat yang telah dimurnikan. Tabel 1 dapat dilihat bahwa pada bagian akar tanaman handeuleum populasi bakteri endofit lebih

tinggi, populasi selanjutnya berada pada bagian batang, dan diikuti dengan bagian daun. Menurut (Purwanto *et al.*, 2014), bakteri endofit dapat masuk ke dalam jaringan tanaman umumnya melalui akar, namun bagian tanaman

yang terpapar udara langsung seperti bunga, batang, daun (melalui stomata) dan kotiledon, juga dapat menjadi jalur masuk bagi bakteri endofit.

Tabel 1. Populasi bakteri endofit pada bagian akar, batang, dan daun

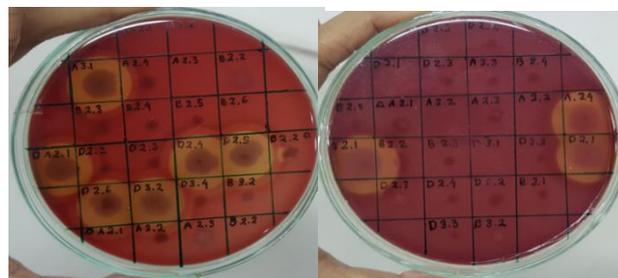
Bagian sampel tanaman	Populasi bakteri endofit (cfu) x 10 ⁴					
	1		2		3	
	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻³
Akar	0.29	13.2	2.3	2.53	2.3	2.53
Batang	0.04	2.6	0.76	6.5	1.09	6.5
Daun	0.1	0.1	0.72	4	0.83	4.5

Uji aktivitas hemolisis

Hasil uji hemolisis diperoleh sebanyak 8 isolat yang menunjukkan zona bening disekitar koloni pada media *blood agar*. Adanya zona bening mengindikasikan bahwa isolat merupakan bakteri patogenik pada mamalia dikarenakan terbentuknya α -hemolisin (hemolisis total).

Terbentuknya zona hemolisis pada permukaan *blood agar* disebabkan oleh isolat

bakteri yang diperoleh menghasilkan produk ekstraseluler yang memiliki kemampuan dalam melisis sel darah merah (Sukmadewi *et al.*, 2017). Menurut (Skalka *et al.*, 1979), jenis zona yang terbentuk pada media *blood agar* selain α -hemolisin, yaitu adanya zona berwarna agak gelap disekitar koloni (β -hemolisin) dan tidak terlihat zona disekitar koloni (γ -hemolisin), serta kombinasi antara α -hemolisin dan β -hemolisin akan tampak zona terang dan gelap disekitar koloni.



Gambar 1. Uji hemolisis pada media *blood agar*

Uji hipersensitif

Hasil uji hipersensitif diperoleh sebanyak 42 suspensi isolat bakteri endofit yang diinjeksikan pada tanaman tembakau, tidak ada suspensi isolat yang menunjukkan gejala nekrotik pada tanaman tembakau setelah 24 jam dan 48 jam hari setelah infeksi. Masa inkubasi 48 jam menunjukkan daun hanya mengalami layu (Gambar 2^{c,d}). Hasil ini menunjukkan bahwa semua isolat yang diinfeksi pada tanaman tembakau negatif atau tidak bersifat patogen pada tanaman.

Reaksi hipersensitif pada tanaman adalah sel yang mengalami kematian yang cepat dan terdapat pada satu bagian di daun tanaman. Reaksi ini muncul ketika patogen berinteraksi dengan tanaman setelah adanya pelukaan. Reaksi ini juga merupakan tindakan tanaman dalam menghambat pertumbuhan patogen. Reaksi hipersensitif umumnya dimiliki oleh bakteri gram negatif patogen tanaman yang dipengaruhi oleh gen *hrp* dan diindikasikan dengan gejala nekrotik pada daun tanaman (Wahyudi *et al.*, 2011).



Gambar 2. Reaksi hipersensitif pada daun tanaman tembakau setelah 24 jam (a,b) dan 48 jam (c,d) hasil pengamatan

Uji gram

Hasil pengujian gram terhadap bakteri endofit yang berhasil diisolasi, terdapat sebanyak 17 isolat bakteri dengan pewarnaan positif pada pengenceran 10^{-2} . Sedangkan pada pengenceran 10^{-3} , didapatkan sebanyak 7 isolat bakteri yang bersifat gram positif. Hal ini

ditunjukkan dengan tidak terbentuknya lendir saat direaksikan dengan larutan KOH 3 %. (Zubaidahet *al.*,2009) menyatakan bahwa tidak terbentuknya lendir pada gram positif karena dinding sel bakteri gram positif lebih resisten terhadap KOH sehingga dinding sel tidak pecah, kuatnya dinding sel ini yang membuat DNA tetap berada di dalam sel.

Tabel 2. Uji gram pada isolat bakteri endofit

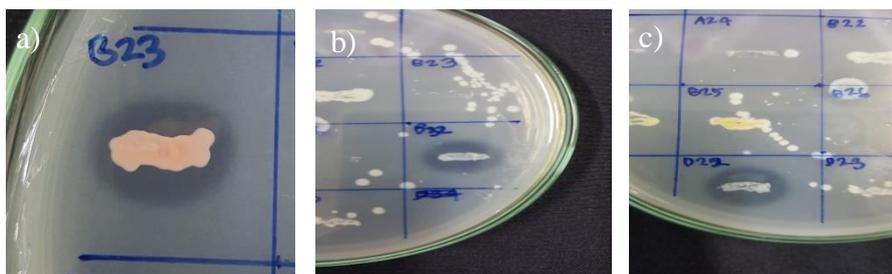
Bagian tanaman	Media	Kode isolat	Pengenceran	
			10^{-2}	10^{-3}
Akar	TSA	A1	+	
		A2	-	
		A3	+	
		A4	+	
	Pikov	A1	-	
		A2	+	+
		A3	+	
	Kings B	A2		-
		A3	+	+
Batang	TSA	B2		+
		B3	-	
		B4	+	
		B5	+	
	Pikov	B1		+
		B2	+	
		B3	+	
	Kings B	B2	+	
B4		+		
B5		-		
Daun	TSA	D2	+	
		D3	+	
	Pikov	D2	+	+
		D3	+	

	D4	+	+
Kings B	D1	-	+
	D3	-	-

Uji pelarut fosfat

Hasil uji pelarut fosfat didapatkan sebanyak 5 isolat bakteri endofit yang menunjukkan adanya zona yang terbentuk disekitar koloni bakteri (Gambar 3). Adanya zona bening yang terbentuk disekitar koloni

bakteri mengindikasikan bahwa bakteri endofit mampu melisis fosfat. Bakteri yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat dapat menyediakan ketersediaan fosfor dalam tanah yang dibutuhkan dalam pertumbuhan tanaman (Sonia and Setiawati, 2022).

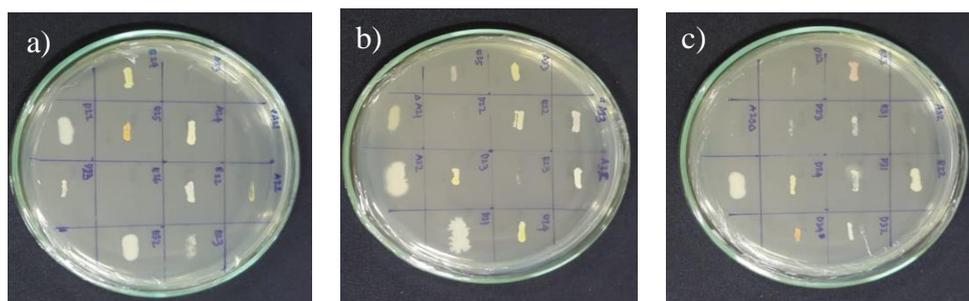


Gambar 3. Isolat yang menunjukkan zona bening di sekitar koloni

Uji kitinolitik

Hasil dari pengujian kitinolitik pada isolat bakteri endofit, tidak ditemukan adanya isolat yang menunjukkan zona disekitar koloni atau negatif (Gambar 4). Isolat bakteri endofit menunjukkan bahwa bakteri tidak mampu mendegradasi kitin.

Bakteri yang mampu mendegradasi kitin adalah kelompok bakteri kitinolitik yang mengubah kitin menjadi monomer atau oligomer. Bakteri kitinolitik merupakan kelompok mikroba yang bernilai ekonomis dan banyak dimanfaatkan di bidang pertanian, kesehatan, pengelolaan limbah, dan teknologi pangan (Wahyuniet al., 2014).

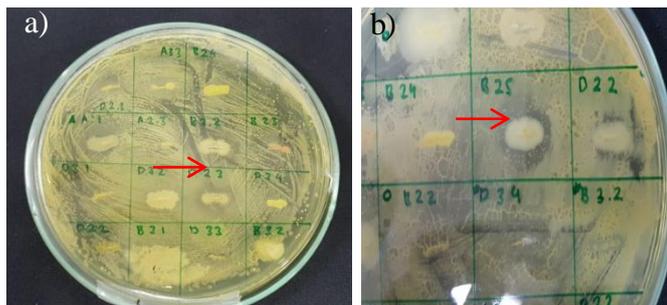


Gambar 4. Uji Kitinolitik pada Isolat Bakteri Endofit

Uji antagonis

Uji antagonis yang dilakukan terhadap patogen tanaman *Ralstonia solanacearum*

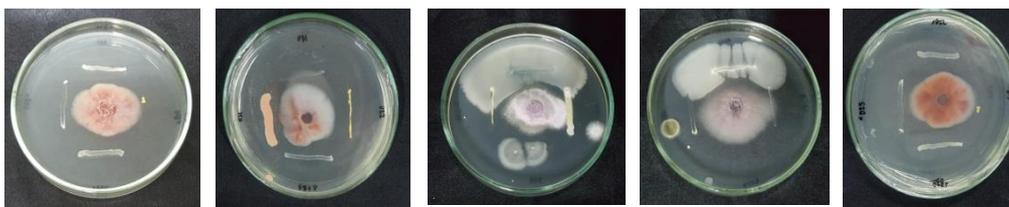
terlihat bahwa menghasilkan zona bening. Terbentuknya zona bening menandakan bahwa bakteri endofit yang diuji pada patogen tersebut bersifat antimikroba.



Gambar 5. Zona bening yang terbentuk disekitar koloni
a) Kode isolat D23, b) Kode isolat B25

Uji antagonis juga dilakukan terhadap cendawan patogen tanaman, yaitu *Fusarium oxysporum*. Terdapat 26 isolat bakteri endofit yang dapat menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* yang dilakukan dengan metode *dual culture*. Isolat yang berasal dari bagian batang daun memiliki daya hambat

yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian daun dan akar (Tabel 4). Uji antagonis yang dilakukan ini menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit yang berhasil diisolasi berpotensi sebagai antifungi dan dapat dimanfaatkan sebagai agens hayati terhadap patogen tumbuhan.



Gambar 6. Beberapa isolat yang menunjukkan daya hambat terhadap *Fusarium*

Tabel 3. Persentase daya hambat isolat bakteri endofit terhadap *Fusarium oxysporum*

Asal isolat	Kode isolat	Daya hambat (%)
Akar		
TSA	A23	10,00
	A24	-
Pikov	A21	-
	A22	47,50
	A32	-
Kings B	A23	50,00
	A32	15,00
	A33	-
Batang		
TSA	B22	45,00
	B24	-
	B25	32,50
	B32	55,00
Pikov	B22	-
	B23	47,50
	B31	55,00
Kings B	B22	-

	B24	40,00
	B25	-
Daun		
TSA	D22	55,00
	D23	25,00
	D34	-
Pikov	D22	37,50
	D23	50,00
	D31	-
Kings B	D22	32,50
	D31	55,00

KESIMPULAN

Hasil penelitian memperoleh sebanyak 50 isolat bakteri endofit dengan beberapa karakteristik. Hasil isolasi diperoleh populasi isolat bakteri endofit yang tinggi yaitu pada bagian akar, sebanyak 8 isolat yang bersifat patogenik pada mamalia, uji hipersensitif menunjukkan tidak ada isolat yang bersifat patogenik pada tanaman, uji gram diperoleh sebanyak 24 isolat yang bersifat gram positif, sebanyak 5 isolat mampu melisis fosfat, tidak ada isolat yang dapat mendegradasi kitin, sebanyak 2 isolat bersifat antimikroba terhadap *Rastolnia solanacearum* yang ditunjukkan dengan adanya zona bening dan 26 isolat mampu menekan pertumbuhan *Fusarium oxysporum*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, A. (2009) *Biologi dan Kimia Jamur Endofit*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Faria, D.C. *et al.* (2013) 'Endophytic bacteria isolated from orchid and their potential to promote plant growth Endophytic bacteria isolated from orchid and their potential to promote plant growth', (September). Available at: <https://doi.org/10.1007/s11274-012-1173-4>.
- Gohel, V. *et al.* (2006) 'Bioprospecting and antifungal potential of chitinolytic microorganisms', 5(January), pp. 54–72.
- Ji Hye, S., Gururani Anand, M. and Chun, S. (2013) 'Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic diazotrophic bacteria from Korean rice cultivars Microbiological Research Isolation and characterization of plant growth promoting endophytic diazotrophic bacteria from Korean rice cultiv', *Microbiological Research*, 169(1), pp. 83–98. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.06.003>.
- Malfanova, N.V. (2013) *Endophytic bacteria with plant growth promoting and biocontrol abilities*. Leiden University.
- Munif, A. and Wiyono, S. (2012) 'Isolasi Bakteri Endofit Asal Padi Gogo dan Potensinya sebagai Agens Biokontrol dan Pemacu Pertumbuhan Isolation of Endophytic Bacteria from Upland Rice and Its Role as Biocontrol Agents and Plant Growth Inducer', 8.
- Pavlo, A. *et al.* (2011) 'Endophytic bacteria enhancing growth and disease resistance of potato (*Solanum tuberosum* L .)', *Biological Control*, 56(1), pp. 43–49. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.09.014>.
- Purwanto, U.M.S., Pasaribu, F.H. and Bintang, M. (2014) 'Isolasi bakteri endofit dari tanaman sirih hijau (*Piper betle* L .) dan potensinya sebagai penghasil senyawa antibakteri', 1(1), pp. 51–57.
- Resti, Z., Habazar, T. and Putra, D.P. (2013) 'Skrining dan identifikasi isolat bakteri endofit untuk mengendalikan penyakit hawar daun bakteri pada bawang merah', (2007).

- Rosmala, A., Khumaida, N. and Sukma, D. (2015) 'Perubahan Morfologi dan Pertumbuhan *Handeuleum* (*Graptophyllum pictum* L. Griff) akibat Iradiasi Sinar Gamma Morphological Changes and Growth of *Handeuleum* (*Graptophyllum pictum* L. Griff) due to Gamma Ray Irradiation', 43(3), pp. 235–241.
- Schaad, N.W., Jones, J. and W, C. (2001) *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. 3rd edn. American Phytopathological Society. St Paul, MN.
- Skalka, B., Smola, J. and Pillich, J. (1979) 'A simple method of detecting staphylococcal hemolysin', *Zbl. Bakteriol. Hyg. I. Abt. Orig*, 245(3), pp. 283–286.
- Sonia, A.V. and Setiawati, T.C. (2022) 'Aktivitas bakteri pelarut fosfat terhadap peningkatan ketersediaan fosfat pada tanah masam The activity of phosphate solubilizing bacteria on increasing phosphate available in acid soil', 15(1), pp. 44–53.
- Suhandono, S. and Utari, B.I. (2014) 'Isolation and Molecular Identification of Endophytic Bacteria from Durian Isolation and Molecular Identification of Endophytic Bacteria from the Arils of Durian (*Durio zibethinus* Murr.) var. Matahari', *Microbiology Indonesia*, 8, pp. 161–169. Available at: <https://doi.org/10.5454/mi.8.4.3>.
- Sukmadewi, D.K.T. *et al.* (2017) 'Test of Phytopathogenicity, Hemolysis and Microbial Ability in Solubilizing Phosphate and Potassium', 19(2), pp. 68–73.
- Syamsuhidayat, Sri Sugati Hutapea, J.R. (1991) *Inventaris Tanaman Obat Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI, Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
- Tian, B., Cao, Y. and Zhang, K. (2015) 'Metagenomic insights into communities, functions of endophytes, and their associates with infection by root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*', *Nature Publishing Group*, (October), pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1038/srep17087>.
- Wahyudi, A.T., Meliah, S. and Nawangsih, A.A. (2011) 'Xanthomonas oryzae pv. oryzae bakteri penyebab hawar daun pada padi: Isolasi, karakterisasi, dan telaah mutagenesis dengan transposon', 15(1).
- Wahyuni, S., Kirami, M.W. and Khaeruni, A. (2014) 'Karakterisasi sifat biokimia isolat bakteri kitinolitik asal tambal udang', *Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*, 2(2), pp. 50–55.
- Zakiyah, A., Radiastuti, N. and Sumarlin, L.O. (2015) 'Aktivitas antibakteri kapang endofit dari tanaman kina (*Cinchona calisaya* Wedd.)', 8, pp. 51–58.
- Zimbro, M.J. (2009) *Difco & BBL Manual: Manual of Microbiological Culture Media*. 2nd edn. Becton, Dickinson and Company, Sparks, Md.
- Zubaidah, E., Saparianti, E. and Purwohadisantoso, K. (2009) 'Isolasi bakteri asam laktat dari sayur kubis yang memiliki kemampuan penghambatan bakteri patogen (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella thypimurium*)', *Jurnal Teknologi Pertanian*, 10(1), pp. 19–27.