



POTENSI RHIZOBAKTERI TANAMAN JAHE MERAH (*Zingiber officinale* Linn. Var *Rubrum*) DI KABUPATEN HALMAHERA UTARA SEBAGAI AGEN PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN

Cornelia Dolfina Maatoke^{1*} dan Oktovianus²

¹Program Studi Kehutanan, FIATER, Universitas Halmahera, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, FSTK, Universitas Hein Namotemo, Indonesia

*E-Mail : onnanona81@gmail.com

DOI : <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.7047>

Submit: 23-01-2023; Revised: 06-02-2023; Accepted: 07-02-2023; Published: 30-06-2023

ABSTRAK: Rhizobakteri merupakan jenis bakteri yang hidup di area perakaran tanaman, bakteri ini mampu memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman. Beragam bakteri yang berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman diduga berada di bagian perakaran jahe merah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan rhizobakteri jahe merah dalam melarutkan fosfat, menambat nitrogen, produksi IAA, dan pengaruh perlakuan rhizobakteri tersebut terhadap viabilitas vigor benih. Penelitian dilakukan di Laboratorim MIPA Terpadu, Universitas Halmahera, dan analisis lanjutan di Laboratorium Mikrobiologi, Institut Pertanian Bogor. Pengambilan sampel tanah di 6 lokasi, yakni: Desa Gosoma, Kusuri, Pitu, Ruko, Wari, dan WKO. Metode penelitian yang digunakan meliputi: tahapan pengambilan sampel secara *purposive sampling*, tahapan isolasi, tahapan seleksi dan karakterisasi, serta tahapan uji potensial perlakuan rhizobakteri terhadap pertumbuhan benih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rhizobakteri dengan kode isolat Rk. 3.1., Rk. 3.2., Rk. 3.3., dan Rk. 3.4., mampu melarutkan fosfat masing-masing sebesar 5,46 mm, 5,49 mm, 4,60 mm, dan 3,18 mm, menambat nitrogen sebesar 1289,50 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, 1329,47 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, 418,25 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, dan 388,15 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, memproduksi hormon pertumbuhan IAA sebesar 33,80 ppm, 35,72 ppm, 20,52 ppm, dan 25,74 ppm, serta memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan daya berkecambah, keserempakan tumbuh, potensi tumbuh maksimum, dan indeks vigor benih. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa isolat Rk. 3.1., Rk. 3.2., Rk. 3.3., dan Rk. 3.4., dapat dijadikan sebagai agen hayati pemacu pertumbuhan tanaman.

Kata Kunci: Agen Hayati, Jahe Merah, Pelarut Fosfat, Pertumbuhan Tanaman, Rhizobakteri.

ABSTRACT: Rhizobacteria are a type of bacteria that live in the area of plant roots, these bacteria are able to have a positive influence on plant growth. Various bacteria that have the potential to promote plant growth are thought to be in the red ginger root area. The purpose of this study was to determine the ability of red ginger rhizobacteria in dissolving phosphate, nitrogen fixing, IAA production and the effect of the rhizobacterial treatment on seed viability. The research was conducted at the Laboratory of MIPA Terpadu, Halmahera University, and further analysis at the Microbiology Laboratory, Bogor Agricultural University. Soil sampling at six locations, namely: Gosoma, Kusuri, Pitu, Ruko, Wari, and WKO villages. The research method used included the stages of sampling by purposive sampling, selection and characterization stages as well as potential test stages for rhizobacterial treatment on seed growth. The results showed that rhizobacteria with isolate code Rk. 3.1., Rk. 3.2., Rk. 3.3., and Rk. 3.4., was able to dissolve phosphate by 5.46 mm, 5.49 mm, 4.60 mm, and 3.18 mm, fixing nitrogen by 1289.50 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, 1329.47 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, 418.25 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, and 388.15 $\mu\text{mol. m}^{-1}\text{g}^{-1}$, produced IAA growth hormone of 33.80 ppm, 35.72 ppm, 20.52 ppm, and 25.74 ppm, and had a significant effect on the growth of germination, growth simultaneity, maximum growth potential, and seed vigor index. Based on this study, it can be concluded that the isolates Rk. 3.1., Rk. 3.2., Rk. 3.3., and Rk. 3.4., can be used as plant growth promoting biological agents.

Keywords: Biological Agents, Red Ginge, Phosphate Solvents, Plant Growth, Rhizobacteria.





PENDAHULUAN

Tanaman jahe merupakan salah satu komoditi hortikultura yang dibudidayakan di Indonesia, jahe termasuk satu dari sembilan jenis tanaman biofarmaka kelompok rimpang dengan pertumbuhan produksi yang stabil setiap tahunnya. BPS (2019) melaporkan jahe mempunyai produksi tertinggi yaitu sebesar 174,380,121 ton dibandingkan tanaman biofarmaka lainnya, data ini menunjukkan bahwa karena khasiatnya yang sudah dikenal maka banyak petani yang membudidayakannya. Begitu pula di wilayah Kabupaten Halmahera Utara, selain tanaman hortikultura sayur-mayur, tanaman rimpang banyak dibudidayakan oleh petani di daerah ini, salah satunya adalah jahe. Jenis tanaman jahe yang dibudidayakan di Kabupaten Halmahera Utara adalah jahe merah (*Zingiber officinale* Var *Rubrum*), dan di Halmahera tanaman ini dikenal dengan sebutan *Goraka*. Tanaman jahe merah dikenal memiliki kandungan minyak atsiri yang tinggi dan merupakan bahan baku untuk industri obat-obatan, karena mengandung senyawa antioksidan, analgesik, antiinflamasi dan antikarsinogenik (Permatasari, 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan minyak atsiri jahe berada pada bagian akar rimpang di daerah rhizosfer. Jahe merah dilaporkan memiliki kandungan minyak atsiri tertinggi sebesar 2,58-3,90% dibandingkan dengan jahe emprit dan jahe gajah (Pramudya, 2018).

Daerah rhizosfer adalah daerah tanah yang dipengaruhi oleh aktivitas perakaran tanaman. Luas daerah rhizosfer tercakup oleh pengaruh pertumbuhan akar tanaman. Akar rimpang tanaman jahe merah yang tumbuh di daerah rhizosfer tanah bersimbiosis langsung dengan mikroorganisme tanah, diketahui bahwa tanaman dapat tumbuh dengan baik jika mempunyai hubungan simbiosis mutualisme dengan mikroorganisme. Populasi mikroorganisme menguntungkan di dalam tanah sangatlah beragam, peranan penting mikroorganisme tanah dilihat dari kemampuan mikroorganisme tersebut dalam menyediakan dan membantu penyerapan hara oleh tanaman. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa mikroorganisme tanah terutama di daerah rhizosfer banyak mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam membantu pertumbuhan tanaman biasanya disebut *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Salah satunya adalah mikrob pelarut fosfat dan mikrob penambat nitrogen. Mikrob tersebut merupakan bakteri yang banyak terdapat di daerah rhizosfer. Penelitian terhadap kedua mikrob tersebut sudah banyak dilakukan dan dilaporkan bahwa keduanya selain mempunyai kemampuan spesifik dalam melarutkan fosfat dan menambat N_2 bebas di udara, juga mampu dalam memproduksi hormon pertumbuhan auksin (IAA) bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Karena kemampuannya tersebut, mikroorganisme ini sangat berpotensi sebagai agen hayati dalam memacu pertumbuhan tanaman.





Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fitri *et al.* (2020) bahwa penggunaan rhizobakteri asal akar bambu memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ibrahim, *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa sejumlah rhizobakteri mampu meningkatkan pertumbuhan indeks vigor dan jumlah daun serta berpotensi sebagai agen hayati untuk mengendalikan penyakit busuk phytophthora pada tanaman cabai. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Aswar *et al.* (2017) bahwa perlakuan rhizobakteri pada benih mampu meningkatkan vigor benih serta mampu memberikan penurunan gejala serangan patogen *Rhizoctonia solani* pada tanaman cabai merah.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, belum ada yang melaporkan tentang bagaimana kemampuan rhizobakteri asal tanaman jahe merah sebagai agen hayati pemacu pertumbuhan tanaman. Oleh sebab itu, penelitian ini perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan rhizobakteri asal tanaman jahe merah di Kabupaten Halmahera Utara dalam melarutkan fosfat, menambat N₂, memproduksi IAA, dan pengaruh perlakuan rhizobakteri terhadap viabilitas vigor benih yang berpotensi untuk dijadikan agen hayati pemacu pertumbuhan tanaman.

METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan bulan Agustus-November tahun 2020. Pengambilan sampel tanah dilakukan di 6 lokasi budidaya tanaman jahe merah di Kabupaten Halmahera Utara. Isolasi dan karakterisasi dilakukan di Laboratorium MIPA Terpadu, Universitas Halmahera, dan analisis lanjutan di Laboratorium Mikrobiologi, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: petridish, tabung reaksi, rak tabung, erlenmeyer, jarum *ose*, spatula, bunsen, mikropipet, batang L, *autoclaf*, oven, gelas beaker, vortex, timbangan analitik, *hot plate*, *laminar air flow*, sentrifuga, spektrofotometer, kamera, alat tulis, dan *box sample*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: sampel tanah rhizosfer jahe merah, akuades 70%, NaCl 0,9%, media *Blood Agar*, *Nutrient Agar* (NA), *Pikovskaya*, *Potato Dekstrose Agar* (PDA), *Nutrient Brot* (NB), reagen *Salkowski*, benih cabai untuk aplikasi rizobakteri dan cendawan patogen untuk uji daya hambat.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan Sampel

Penentuan titik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* dengan cara terlebih dahulu menentukan 5 titik pengambilan sampel secara diagonal berdasarkan lokasi budidaya tanaman jahe merah. Sampel tanah diambil sebanyak 100 g dari 6 lokasi budidaya yaitu: Desa Gosoma, Desa Kusuri, Desa Pitu, Desa Ruko, Desa Wari, dan Desa WKO, menggunakan metode *composite sampling* (Marista *et al.*, 2013) dengan total sampel sebanyak 14 sampel yang diambil di sekitar perakaran (*rhizosfer*) tanaman jahe merah.





Isolasi Rhizobakteri

Isolasi rhizobakteri dilakukan dengan melakukan teknik pengenceran bertingkat menggunakan metode sebar (*spread method*). Sebanyak 10 g tanah dan butiran tanah yang melekat dengan permukaan akar ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 90 ml aquades dan dikocok selama 15 menit. Suspensi kemudian diambil sebanyak 1 ml menggunakan mikropipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml NaCl 0,9% (10^{-1}) dan dihomogenkan. Kemudian suspensi dipipet sebanyak 1 ml untuk perlakuan yang sama terhadap masing-masing faktor pengenceran dari 10^{-2} sampai 10^{-7} (Santoso *et al.*, 2019).

Pada pengenceran 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} diambil sebanyak 0,1 ml untuk ditumbuhkan ke dalam media NA dan diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam, perlakuan ini diulang dua kali. Pengamatan dilakukan pada setiap cawan sampel dan dihitung jumlah koloni mikroba dengan metode perhitungan *Total Population Coloni* (TPC) dimana rentang jumlah koloni berkisar antara 30-300 koloni cfu/g. Jika jumlah koloni tiap sampel lebih dari 300 cfu/g maka dikategorikan turbidimetri (Sukmawati & Hardianti, 2018). Analisis perhitungan TPC menggunakan rumus Sukmawati & Hardianti (2018) berikut ini.

$$\text{Colony Forming Unit} = \frac{\text{Jumlah Colony}}{\text{Faktor Pengenceran}} \times \frac{1}{\text{Faktor Pengenceran} (10^1)}$$

Seleksi Rhizobakteri

Seleksi rhizobakteri dilakukan dengan menggunakan metode uji hipersensitif, uji hemolisis, dan uji daya hambat terhadap cendawan patogen. Uji hipersensitif dilakukan untuk mengetahui respon rhizobakteri non patogenik terhadap tanaman tembakau (*Nicotina tabacum* L.). Isolat yang berumur 24 jam kemudian diambil dengan konsentrasi 10^5 sel/ml menggunakan jarum ose dan dicampurkan ke dalam larutan fisiologis (NaCl 0,9%). Suspensi tersebut dihomogenkan dan diinjeksikan ke daun tanaman tembakau dan diamati selama 48 jam setelah diinjeksi. Respon hipersensitif ditandai dengan adanya reaksi nekrosis atau perubahan daun tanaman menjadi kuning kecoklatan dan kering setelah diinjeksi. Uji hemolisis dilakukan terhadap isolat non patogenik yang lolos pada tahapan uji hipersensitif, uji hemolisis dilakukan untuk mengetahui rhizobakteri yang berpotensi patogen terhadap mamalia dengan mengkultivasi apakah rhizobakteri tersebut memiliki aktifitas *hemolitik*. Isolat ditumbuhkan pada media *blood agar* yang telah dicampurkan darah domba 5% dan diinkubasi selama 1-5 hari jam pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan terhadap reaksi hemolisis yang terjadi, ditandai dengan pembentukan zona bening di sekitar rhizobakteri (Yuniawati & Akhdiya, 2021).

Uji daya hambat rhizobakteri terhadap pertumbuhan cendawan patogen secara *in-vitro* dilakukan dengan menggunakan metode biakan ganda (*dual culture*) pada media PDA. Cendawan yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Colletotricum* sp. yang didapat dari hasil isolasi buah cabai yang terserang busuk buah. Inokulum diletakkan di dalam cawan petri berisi media PDA dengan jarak 3 cm dari tepian cawan dan kultur diinkubasi dalam suhu ruang selama 48 jam. Setelah cendawan patogen tumbuh, masing-masing isolat rhizobakteri digoreskan





memanjang dengan jarak 3 cm dari tepian cawan berlawanan arah dengan letak cendawan patogen yang telah ditumbuhkan sebelumnya. Pengamatan dilakukan terhadap pembentukan zona penghambatan (zona bening) yang terjadi pada kedua inokulum, zona tersebut merupakan zona antibiosis. Besarnya zona antibiosis dihitung menggunakan rumus Halwiyah *et al.* (2019) berikut ini.

$$DH = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

DH = Persentase Daya Hambat (%);

R1 = Jari-jari Koloni Cendawan Patogen yang Menjauhi Koloni Cendawan Antagonis; dan

R2 = Jari-jari Koloni Cendawan Patogen yang Mendekati Koloni Cendawan Antagonis.

Karakterisasi Potensi Rhizobakteri

Karakterisasi potensi rhizobakteri dilakukan dengan 3 pengujian, yaitu: 1) uji kualitatif kemampuan melarutkan fosfat; 2) uji kualitatif dan kuantitatif kemampuan penambatan nitrogen (N₂); dan 3) uji kualitatif kemampuan menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). Uji kualitatif kemampuan melarutkan fosfat dilakukan menggunakan media selektif *pikovskaya agar*, setelah media disterilkan dengan *autoclave*, kemudian media dituangkan ke dalam cawan petri hingga membeku. Setelah membeku, isolat bakteri berumur 24 jam di tumbuhkan dengan mengambil biakan sebanyak 1 jarum ose pada media agar miring NA dan diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam. Pengamatan dilakukan terhadap pembentukan zona bening di sekitar pertumbuhan isolat. Adanya zona bening menunjukkan kemampuan isolat dalam melarutkan fosfat (Istiqomah *et al.*, 2017). Perhitungan terhadap Indeks Pelarut Fosfat (IPF) menggunakan rumus menurut Israwan *et al.* (2015) berikut ini.

$$IPF = \frac{\text{Total Diameter Zona Bening}}{\text{Diameter Koloni}}$$

Uji kualitatif kemampuan rhizobakteri dalam memfiksasi N₂ dilakukan menggunakan media NFB semi padat. Isolat murni berumur 24 jam ditambahkan sebanyak 1 ose ke dalam media NFB semi solid, kemudian dikocok perlahan dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu 30⁰C. Pengamatan dilakukan terhadap reaksi perubahan warna dari kuning kehijauan menjadi kebiruan pada media. Isolat yang mempunyai pelikel paling banyak diuji lanjut dengan metode Asai Reduksi Asetilen (Tarigan *et al.*, 2013).

Uji kemampuan menghasilkan hormon tumbuh IAA dilakukan dengan menginkubasi masing-masing isolat rhizobakteri dalam media NB yang ditambahkan L-triptofan (0,1 g/l) pada suhu kamar dalam kondisi gelap selama 7 hari. Kultur bakteri kemudian disentrifugasi dan supernatannya dipisahkan. Supernatan diambil sebanyak 1 ml dan dilarutkan ke dalam 1 ml reagen Salkowski dan diinkubasi dalam tempat gelap yang tidak terkena cahaya selama 24 jam pada suhu kamar. Produksi IAA diukur menggunakan spektrofotometer pada absorbansi 535 nm (Walida *et al.*, 2019).





Uji Perkecambahan Benih secara In-Vitro

Uji perkecambahan benih menggunakan benih cabai yang telah diberi perlakuan rhizobakteri dan dikecambahkan pada tray semai ukuran 28 x 56 cm berisi arang sekam steril sebagai media perkecambahan. Setiap perlakuan ditanam 10 benih, dengan 2 ulangan. Perhitungan terhadap pengamatan viabilitas dan vigor benih dilakukan menggunakan perhitungan menurut Juanda *et al.* (2020) sebagai berikut :

- 1) Daya Berkecambah (DB) menggambarkan viabilitas potensi benih dengan menghitung persentase Kecambah Normal (KN) 7 Hari Setelah Tanam (HST) dan kedua (14 HST) dengan rumus :

$$DB = \frac{\sum \text{KN Hitung I} + \text{KN Hitung II}}{\sum \text{Benih yang Ditanam}} \times 100\%$$

- 2) Potensi Tumbuh Maksimum (PTM) menggambarkan viabilitas total benih diamati dengan menghitung semua benih yang berkecambah pada hari terakhir pengamatan (14 HST) dengan rumus :

$$PTM = \frac{\sum \text{Benih Berkecambah}}{\sum \text{Benih yang Ditanam}} \times 100\%$$

- 3) Keserempakan Tumbuh (K_{ST}) menggambarkan vigor benih dihitung berdasarkan persentase KN pada hari antara hitungan pertama (7 HST) dan kedua (14 HST), yaitu pada 10 HST.
- 4) Indeks Vigor (IV), menggambarkan vigor kecepatan, dihitung berdasarkan persentase KN pada hitungan pertama (7 HST) dengan rumus :

$$IV = \frac{\sum \text{KN Hitungan I}}{\sum \text{Benih yang Ditanam}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Rhizobakteri

Total populasi rhizobakteri yang diperoleh dalam tahapan isolasi disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Total Populasi Rhizobakteri.

Asal Rhizobakteri	Total Isolat		Total Populasi Rhizobakteri (10^7 cfu g^{-1} Tanah)
	U1	U2	
Gosoma (Gs)	36	51	4.3
Kusuri (Ks) (1)	47	51	4.9
Kusuri (Ks) (2)	259	250	2.54
Kusuri (Ks) (3)	83	76	7.9
Kusuri (Ks) (4)	104	88	9.6
Kusuri (Ks) (5)	69	62	6,5
Pitu (Pt) (1)	37	55	4.6
Pitu (Pt) (2)	57	80	6.8
Ruko (Rk) (1)	150	95	1.06





Asal Rhizobakteri	Total Isolat		Total Populasi Rhizobakteri (10 ⁷ cfu g ⁻¹ Tanah)
	U1	U2	
Ruko (Rk) (2)	44	84	6.4
Ruko (Rk) (3)	79	108	9.3
Wari (Wr) (1)	45	40	4.2
Wari (Wr) (2)	60	45	5.2
Wko	32	61	4.6

Eksplorasi rhizobakteri pada penelitian ini dilakukan di enam lokasi budidaya tanaman jahe merah. Dari enam lokasi tersebut didapatkan 14 sampel tanah rhizosfer. Pemilihan lokasi sampel dilakukan dengan metode survei langsung ke lokasi yang membudidayakan tanaman jahe merah. Pada tahapan isolasi dari masing-masing sampel penelitian dilakukan pengenceran bertingkat untuk memperoleh biakan koloni bakteri murni. Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa total populasi rhizobakteri sampel Ks (4) dan Rk (3) lebih tinggi dibandingkan sampel lainnya. Perbedaan nilai Total Populasi Coloni (TPC) dari setiap lokasi sampel dipengaruhi oleh tekstur fisik, kimia, dan biologi tanah tersebut. Wicaksono *et al.* (2015) menyatakan bahwa bahan organik tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan mikroba tanah, dimana peningkatan aktivitas mikroba mempengaruhi jumlah produksi CO₂ di dalam tanah. Tingginya populasi mikrob di dalam tanah juga mempengaruhi jumlah biomassa mikrob, sehingga semakin tinggi bahan organik di dalam tanah semakin besar aktivitas biomassa mikrob.

Susilawati *et al.* (2013) melaporkan bahwa aktivitas biomassa lebih besar dua kali lipat pada tanah bertekstur pasir dan lempung dibandingkan dengan liat, karena C : N Ratio pada tanah bertekstur pasir lebih tinggi dibandingkan tanah bertekstur liat. Tanah subur selalu memiliki nilai biomassa karbon mikroba tanah yang tinggi, karena tanah yang subur menjadi media pertumbuhan yang baik bagi mikroba. Kondisi ini berkaitan dengan akumulasi bahan organik yang ideal bagi kehidupan biodiversitas mikroba tanah.

Seleksi Rhizobakteri

Seleksi rhizobakteri tanaman jahe merah dilakukan dengan uji patogenitas (hipersensitif) terhadap tanaman tembakau, uji patogenik (hemolisis) terhadap mamalia menggunakan media *blood agar* yang ditambah 5% darah domba dan uji daya hambat (antibiosis) terhadap pertumbuhan cendawan patogen penyebab busuk pada buah. Hasil pengujian hipersensitif dan hemolisis disajikan dalam Tabel 2, dan uji daya hambat rhizobakteri terhadap cendawan *Collectotricum capsici* sp. disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Uji Hipersensitif dan Uji Hemolisis Rhizobakteri.

Asal Rhizobakteri	Uji Hipersensitif		Uji Hemolisis	
	Nekrosis	Non Nekrosis	Reaksi (+)	Reaksi (-)
Gs	3	5	1	4
Ks (1)	5	5	3	2
Ks (2)	2	3	2	1
Ks (3)	3	2	1	1
Ks (4)	7	10	6	4
Ks (5)	8	5	2	3





Asal Rhizobakteri	Uji Hipersensitif		Uji Hemolisis	
	Nekrosis	Non Nekrosis	Reaksi (+)	Reaksi (-)
Pt (1)	8	7	3	4
Pt (2)	4	4	2	2
Rk (1)	4	8	7	1
Rk (2)	3	7	5	2
Rk (3)	2	3	0	3
Wr (1)	4	6	4	2
Wr (2)	1	4	1	3
Wko	4	6	2	4
Total	58	75	39	36

Uji hipersensitif merupakan uji yang digunakan untuk mengetahui patogenitas bakteri pada tanaman. Pengujian hipersensitif dilakukan pada tanaman tembakau, karena tembakau merupakan tanaman indikator dalam mengukur respon sensitivitas terhadap serangan patogen. Respon hipersensitif tanaman ditandai dengan gejala perubahan warna di sekitar tempat invasi dilakukan, yaitu terjadi pengeringan disebabkan oleh kematian jaringan sel tanaman inang. Tabel 2 menunjukkan bahwa dari 133 isolat yang diujikan, 58 isolat merupakan isolat patogen ditunjukkan dengan terjadinya nekrosis pada jaringan daun dan 75 isolat tidak menunjukkan reaksi nekrosis dan merupakan isolat terseleksi untuk pengujian selanjutnya. Asrul *et al.* (2013) melaporkan bahwa nekrosis terjadi pada daerah injeksi disebabkan adanya hubungan kompatibel antara patogen dan tembakau, sedangkan gejala nekrosis tidak terjadi terlihat dari tidak adanya perubahan warna dan pengeringan pada daerah injeksi, karena bakteri tidak dapat berkembang disebabkan sel bakteri inkompatibel dengan sel daun tembakau.

Uji hemolisis merupakan uji yang digunakan untuk mengamati kemampuan rhizobakteri dalam menginduksi hemolisis apabila ditumbuhkan pada media agar darah (*blood agar*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui patogenitas rhizobakteri terhadap mamalia. Reaksi ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar isolat yang ditumbuhkan. Reaksi yang terjadi merupakan indikasi bahwa rhizobakteri tersebut patogen terhadap sel mamalia. Tabel 3 menunjukkan bahwa adanya reaksi dari setiap isolat terhadap agar darah, dari 75 isolat yang diujikan sebanyak 39 isolat menunjukkan reaksi positif (+) pembentukan zona bening di sekitar daerah pertumbuhan isolat, dan 36 isolat tidak menunjukkan reaksi tersebut sehingga isolat-isolat tersebut merupakan isolat terseleksi untuk dilakukan pengujian selanjutnya. Akhdiya *et al.* (2018) menjelaskan bahwa aktivitas hemolitik merupakan peristiwa terlepasnya membran eritrosit oleh hemolisin yang menyebabkan keluarnya isi sel dan lepasnya molekul hemoglobin yang terkandung di dalamnya. Mangindaan & Losung (2013) juga melaporkan bahwa hemolisin melisis sel darah merah dari sejumlah bakteri dengan membentuk pori-pori pada dinding sel.

Tabel 3. Daya Hambat Rhizobakteri terhadap Cendawan *Collectotricum capsici* sp.

Asal Tanah Rhizosfer	Kode Isolat	Daya Hambat (+)	Persentase (%)
Gosoma	Gs 1	+	48
	Gs 2	++	65
	Gs 4	+	40





Asal Tanah Rhizosfer	Kode Isolat	Daya Hambat (+)	Persentase (%)
Kusuri 1	Ks 1.2	+	40
	Ks 1.5	+	37
Kusuri 2	Ks 2.3	+	30
Kusuri 3	Ks 3.4	++	63
Kusuri 4	Ks 4.3	+	49
	Ks 4.4	++	55
	Ks 4.5	++	53
Kusuri 5	Ks 5.1	+	39
	Ks 5.2	+	42
	Ks 5.4	+	45
Pitu 1	Pt 1.1	+	35
	Pt 1.2	+	33
	Pt 1.4	++	70
	Pt 1.5	++	60
Pitu 2	Pt 2.3	+	49
	Pt 2.5	+	35
Ruko 1	Rk 1.2	+	37
	Rk 2.1	+	49
Ruko 2	Rk 2.2	+	47
	Rk 3.1	+++	87
	Rk 3.2	+++	89
Ruko 3	Rk 3.3	+++	85
	Wr 2.3	+	47
Wari 2	Wr 2.3	+	43
	Wko 1	+++	78
WKO	Wko 2	+++	75
	Wko 4	++	74
	Wko 5	+++	80

Keterangan: (+) Daya Hambat Rendah; (++) Daya Hambat Sedang; dan (+++) Daya Hambat Tinggi.

Uji daya hambat rhizobakteri terhadap cendawan patogen dilakukan untuk mendapatkan isolat yang berpotensi sebagai agen biokontrol terhadap penyakit tanaman. Uji ini menggunakan cendawan *Colletotricum* sp. yang merupakan cendawan patogen penyebab penyakit busuk buah pada tanaman cabai. Reaksi daya penghambatan ditunjukkan dengan adanya pembentukan zona penghambatan. Tabel 3 menunjukkan dari 36 isolat yang diuji, sebanyak 31 isolat menunjukkan daya hambat terhadap *Colletotricum* sp. secara *in-vitro* dan isolat Rk. 3.2 mempunyai daya hambat tertinggi sebesar 89% disusul dengan isolat Rk. 3.1 sebesar 87%, Rk. 3.3 sebesar 85%, dan Wko 5 sebesar 80%. Rhizobakteri yang mempunyai persentase penghambatan tinggi merupakan rhizobakteri potensial sebagai biokontrol penyakit tanaman.

Kemampuan penghambatan rhizobakteri Rk. 3.2, Rk. 3.1, Rk. 3.3, dan Wko 5 mengindikasikan bahwa isolat-isolat tersebut memiliki sifat antagonis terhadap cendawan patogen. Hasil ini didukung oleh penelitian Putra & Purwantisari (2018) yang menyatakan bahwa mekanisme penghambatan mikroba antagonis terhadap patogen dengan menghasilkan antibiotik atau senyawa toksik untuk menghambat pertumbuhan cendawan patogen. Hasil penelitian Zuraidah *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa pembentukan zona penghambatan





menunjukkan bahwa bakteri bersifat kitinolitik yaitu bakteri menghasilkan enzim kitinase yang mempunyai fungsi dalam mendegradasi dinding sel cendawan. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Suryadi *et al.* (2020) bahwa bakteri rhizosfer merupakan mikroorganisme kitinolitik yang mampu menghambat pertumbuhan cendawan patogen *Colletotricum sp.*

Karakterisasi Potensi Rhizobakteri

Uji kualitatif kemampuan melarutkan fosfat dilakukan terhadap 31 isolat yang mempunyai daya hambat terhadap cendawan *Colletotricum sp.* Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Kemampuan Rhizobakteri dalam Melarutkan Fosfat.

Kode Isolat	Diameter Koloni (mm)	Diameter Zona Bening (mm)	Indeks Pelarutan Fosfat (mm)
Gs 1	4.38	9.60	2.19
Gs 2	3.47	9.56	2.76
Gs 3	4.00	7.82	1.96
Gs 4	4.93	11.07	2.25
Ks 1.5	5.32	10.68	2.01
Ks 3.4	4.60	11.9	2.59
Ks 4.4	5.57	11.01	1.99
Ks 4.5	10.67	18.13	1.70
Pt 1.4	3.64	9.52	2.62
Pt 1.5	3.67	5.72	1.56
Pt 2.3	4.18	5.2	1.24
Rk 1.2	4.68	7.76	1.66
Rk 1.3	3.47	5.45	1.57
Rk 2.1	1.07	1.97	1.95
Rk 2.2	3.11	4.27	1.37
Rk 2.5	5.54	6.40	1.16
Rk 3.1	2.36	12.88	5.46
Rk 3.2	2.31	12.69	5.49
Rk 3.3	2.17	9.97	4.60
Rk 3.4	2.28	7.24	3.18
Wko 1	3.40	9.08	2.67
Wko 2	3.72	8.06	2.17
Wko 3	6.17	10.47	1.70
Wko 4	2.32	6.48	2.79
Wko 5	3.24	11.08	3.42

Bakteri pelarut fosfat menghasilkan enzim fosfatase yang dapat meningkatkan pelarutan P di dalam tanah. Kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat pada penelitian ini dilakukan secara kualitatif dengan menggunakan media *pikovskaya agar*. Reaksi terhadap media ditunjukkan dengan terbentuknya *clear zone* di sekitar koloni bakteri. Tabel 4 menunjukkan dari 31 isolat rhizobakteri yang lolos tahapan seleksi, terdapat 25 isolat yang menghasilkan zona jernih pada media terbentuknya. Zona jernih merupakan indikator bahwa rhizobakteri mampu dalam melarutkan fosfat. Kemampuan isolat rhizobakteri dari sampel Ruko dalam melarutkan fosfat lebih tinggi dibandingkan dengan isolat Kusuri, Pitu, Gosoma, dan WKO. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai indeks pelarutan fosfat pada isolat Rk. 3.1 sebesar 5,46, Rk. 3.2 sebesar 5,49, Rk. 3.3 sebesar 4,60, dan Rk. 3.4





sebesar 3.18. Tanaman sangat membutuhkan fosfat dalam pertumbuhan dan perkembangannya, unsur fosfat dalam tanah tidak selalu tersedia bagi tanaman, sehingga adanya bakteri pelarut fosfat di rhizosfer tanaman akan menyediakan fosfat terlarut dan tersedia bagi tanaman. Pelepasan fosfat berhubungan dengan terbentuknya asam organik yang dihasilkan dari aktivitas ezim fosfatase bakteri, fosfat terlepas dalam bentuk ion H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-} yang dapat diserap langsung oleh tanaman (Jeksen & Mutiara, 2018).

Menurut Khaeruni *et al.* (2020), isolat rhizobakteri mempunyai kemampuan dalam melarutkan fosfat, kemampuan tersebut merupakan salah satu karakteristik fisiologis yang berhubungan dengan peranannya sebagai pemacu pertumbuhan. Semakin tinggi indeks pelarutan fosfat, semakin tinggi jumlah fosfat terlarut (Israwan *et al.*, 2015). Hal ini sebanding dengan hasil penelitian, bahwa isolat Rk. 3.1, Rk. 3.2, Rk. 3.3, dan Rk. 3 mampu melarutkan fosfat dengan nilai indeks pelarutan tertinggi.

Uji kemampuan menambat nitrogen terlebih dahulu dilakukan secara kualitatif dengan melihat pembentukan pelikel di bawah permukaan media NFB semi solid. Dari 25 isolat yang diuji, terdapat 14 isolat rhizobakteri yang menghasilkan pelikel paling tebal di bawah permukaan medianya. Hasil pengujian pelikel disajikan pada Tabel 5, dan uji kuantitatif pengukuran laju reduksi asitilen menjadi etilen menggunakan metode ARA disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Uji Pembentukan Pelikel oleh Rhizobakteri.

Pembentukan Pelikel	
Isolat Rhizobakteri	Tebal Pelikel (cm)
Gs 1	0.40
Gs 2	0.60
Gs 4	0.45
Ks 1.5	0.35
Ks 3.4	0.55
Pt 1.4	0.55
Rk 3.1	0.80
Rk 3.2	0.85
Rk 3.3	0.70
Rk 3.4	0.65
Wko 1	0.60
Wko 2	0.40
Wko 4	0.60
Wko 5	0.65

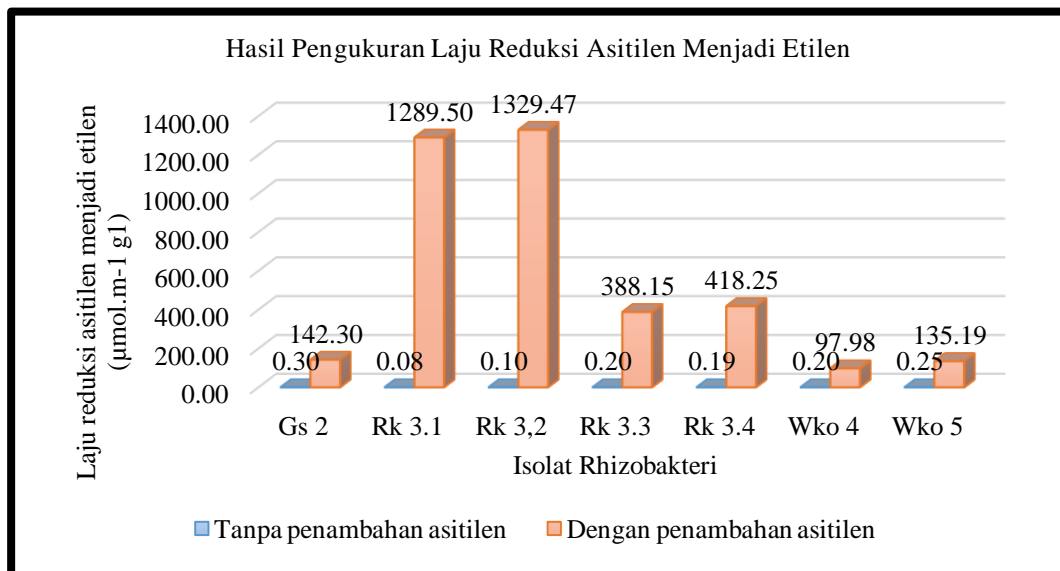
Bakteri penambat (fiksasi) nitrogen mempunyai peranan penting dalam meningkatkan dan memperbaiki kandungan nitrogen dalam tanah sehingga menghasilkan zat pemacu pertumbuhan tanaman. Nitrogen berfungsi merangsang pertumbuhan vegetatif dan sintesa protein serta asam amino dalam tanaman (Permatasari & Nurhidayati, 2014). Nitrogen yang tersedia di dalam tanah sangat terbatas. Proses penambatan nitrogen oleh bakteri akan menghasilkan ammonia (NH_3) dan adanya ion hidrogen akan membentuk ammonium (NH_4^+) (Israwan *et al.*, 2015).

Hasil penelitian pembentukan pelikel di bawah media NFB semi solid, pada setiap isolat dengan tebalan pelikel berkisar antara 0,4-0,85 cm. Tebal pelikel tertinggi ditunjukkan oleh isolat Rk. 3.2 sebesar 0,85 cm, Rk. 3.1 sebesar 0,8 cm, dan Rk. 3.4 sebesar 0,70 cm, hal ini menunjukkan bahwa isolat-isolat tersebut memiliki kemampuan yang baik untuk aktivitas nitrogenase. Purwaningsih (2015) melaporkan bahwa pada media dengan kondisi oksigen tidak berlebih, laju difusi akan sama dengan laju respirasi mikroorganismenya, sehingga kondisi tersebut sangat baik untuk aktivitas enzim nitrogenase dalam mereduksi asitilen menjadi etilen.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Laju Reduksi Asitilen Menjadi Etilen (ARA) ($\mu\text{mol.m}^{-1}\text{g}^{-1}$).

Kode Isolat	Biomassa (gram)	Laju Reduksi Asitilen Menjadi Etilen ($\mu\text{mol.m}^{-1}\text{g}^{-1}$)	
		Tanpa Penambahan Asitilen	Dengan Penambahan Asitilen
Gs 2	0.1	0.30	142.30
Rk 3.1	0.1	0.08	1289.50
Rk 3.2	0.1	0.10	1329.47
Rk 3.3	0.1	0.20	388.15
Rk 3.4	0.1	0.19	418.25
Wko 4	0.1	0.20	97.98
Wko 5	0.1	0.25	135.19

Berdasarkan hasil pengujian ARA, pengukuran konsentrasi etilen pada tabung tanpa penambahan asitilen dilakukan untuk memastikan tidak ada etilen di dalam tabung sebelum waktu inkubasi dan digunakan sebagai pembandingan reduksi asitilen menjadi etilen pada tabung dengan penambahan asitilen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi reaksi asitilen menjadi etilen setelah penambahan gas etilen pada tabung inkubasi. Nilai tertinggi laju asitilen menjadi etilen terlihat pada isolat Rk. 3.1 sebesar $1289,50 \mu\text{mol.m}^{-1}\text{g}^{-1}$, dan Rk. 3.2 sebesar $1329,47 \mu\text{mol.m}^{-1}\text{g}^{-1}$ (Gambar 1).



Gambar 1. Hasil Pengukuran Laju Reduksi Asitilen Menjadi Etilen dengan Metode ARA.



Hasil pengujian secara kuantitatif dengan metode ARA berbanding lurus dengan pengujian secara kualitatif yang terlihat dari ketebalan pembentukan pelikel pada media NFB semi solid. Hermiati *et al.* (2021) melaporkan bahwa kemampuan bakteri dalam menambat nitrogen diukur berdasarkan kemampuan enzim nitrogenase dalam mereduksi C_2H_2 (asetilen) menjadi C_2H_4 (etilen). Uji kemampuan menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dilakukan terhadap 7 isolat rhizobakteri penambat nitrogen. Supernatan yang dihasilkan dilarutkan ke dalam reagen Salkowski yang disimpan dalam kondisi gelap selama 24 jam pada suhu kamar, dan diukur produksi IAA menggunakan spektrofotometer pada absorbansi 535 nm. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Kadar Fitohormon IAA Rhizobakteri Jahe Merah.

Kode Isolat	Kadar Fitohormon IAA (ppm)
Gs 2	15.33
Rk 3.1	33.80
Rk 3.2	35.72
Rk 3.3	20.52
Rk 3.4	25.74
Wko 4	19.33
Wko 5	31.25

Berdasarkan hasil pengukuran kadar fitohormon IAA rhizobakteri (Tabel 7) menunjukkan bahwa isolat Rk. 3.2 memiliki nilai tertinggi sebanyak 35,72 ppm diikuti dengan isolat Rk. 3.1 sebanyak 33,80 ppm, isolat Wko 5 sebanyak 31,25 ppm, dan isolat Gs. 2 memiliki nilai terendah sebesar 12,33 ppm. Variasi kadar IAA yang dihasilkan oleh masing-masing isolat diperkirakan adanya pengaruh kemampuan kecepatan rhizobakteri dalam mensintesis triptofan menjadi IAA. Triptofan merupakan prekursor yang banyak dipakai untuk biosintesis IAA, baik pada tanaman maupun pada bakteri (Rini *et al.*, 2020).

Biosintesis IAA di dalam tanah dipacu dengan adanya triptofan yang berasal dari eksudat akar (Kartikawati & Gusmaini, 2018). Perbedaan kadar IAA yang dihasilkan tiap isolat juga diduga adanya perbedaan pada lokasi dan kondisi lingkungan. Sukmadewi *et al.* (2015) melaporkan produksi IAA akan meningkat pada kondisi pertumbuhan bakteri menurun dan ketersediaan karbon yang terbatas dalam lingkungan pH asam. Uji perkecambahan benih secara *in-vitro* dilakukan terhadap 7 isolat penghasil fitohormon IAA. Hasil pengujian pengaruh perlakuan rhizobakteri terhadap viabilitas dan vigor benih disajikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Uji Pengaruh Perlakuan Rhizobakteri terhadap Viabilitas dan Vigor Benih.

Kode Isolat	Daya Kecambah (%)	Indeks Vigor (%)	Keserempakan Tumbuh (%)	Potensi Tumbuh Maksimum (%)
Gs 2	75.87	75	81	87
Rk 3.1	87.95	87	89	95
Rk 3.2	89.95	89	90	95
Rk 3.3	85.94	85	87	94
Rk 3.4	87.91	87	89	91
Wko 4	75.65	75	95	65
Wko 5	74.70	74	70	70
Kontrol	55.62	55	59	62





Hasil pengujian perlakuan rhizobakteri terhadap viabilitas dan vigor benih (Tabel 8) menunjukkan bahwa isolat Rk. 3.2, Rk. 3.1, Rk. 3.4, dan Rk. 3.3 memberikan hasil tertinggi pada semua pengujian dengan kisaran 80-95%, isolat Gs. 2, Wko 4, dan Wko 5 juga memberikan hasil tinggi antara 65-87% dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan viabilitas dan vigor benih oleh isolat rhizobakteri diduga bahwa adanya kemampuan isolat dalam mensintesis hormon pertumbuhan, sehingga jumlah kecambah yang tumbuh normal lebih banyak (Zakia *et al.*, 2017; Zahara & Pudjiwati, 2020).

Penelitian Rosdiah *et al.* (2015) juga melaporkan bahwa aplikasi benih dengan menggunakan mikroba sebelum ditanam secara nyata akan meningkatkan viabilitas vigor benih serta produksi cabai. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini, terlihat bahwa dengan memberikan perlakuan rhizobakteri kepada benih sebelum ditanam mampu memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan kecambah, keserempakan pertumbuhan, potensi tumbuh maksimum, serta indeks vigor benih tersebut dibandingkan dengan kontrol.

SIMPULAN

Rhizobakteri indigenus dari tanaman jahe merah (*Zingiber officinale* Var. *Rubrum*) Rk. 3.1, Rk. 3.2, Rk. 3.3, dan Rk. 3.4 asal Kabupaten Halmahera Utara memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat masing-masing sebesar 5,46 mm, 5,49 mm, 4,60 mm, dan 3,18 mm memiliki kemampuan dalam menambat nitrogen sebesar 1289,50, 1329,47, 418,25, dan 388,15 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$, memiliki kemampuan memproduksi hormon pertumbuhan IAA sebesar 33,80 ppm, 35,72 ppm, 20,52 ppm, dan 25,74 ppm, serta mampu memberikan pengaruh nyata terhadap daya berkecambah, keserempakan tumbuh, potensi tumbuh maksimum, dan indeks vigor benih cabai. Sehingga isolat Rk. 3.1, Rk. 3.2, Rk. 3.3, dan Rk. 3.4 memiliki kemampuan sebagai agen hayati pemacu pertumbuhan tanaman.

SARAN

Isolat rhizobakteri yang berpotensi sebagai agen hayati pemacu pertumbuhan tanaman disarankan diuji lanjut identifikasinya untuk mengetahui spesies dari isolat tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan penelitian yang didanai oleh Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui Program Hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) pendanaan tahun 2020, kepadanya kami mengucapkan terima kasih.

DAFTAR RUJUKAN

- Akhdiya, A., Wartono, W., Sulaeman, E., dan Samudra, I.M. (2018). Characterization of Profenofos Degrading Bacteria. *Jurnal AgroBiogen*, 14(1), 37-46.
- Asrul, Arwiyanto, T., Hadisutrisno, B., dan Widada, J. (2013). Sebaran Penyakit





- Hawar Daun Bakteri di Beberapa Sentra Produksi Bawang Merah di Indonesia. *Biota*, 18(1), 27-36.
- Aswar, D., Hasanuddin, dan Syamsudin. (2017). Pengaruh Perlakuan Benih dengan Menggunakan Agens Biokontrol terhadap Pengendalian Penyakit *Rhizoctonia solani* pada Pertumbuhan Bibit Cabai Merah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*, 2(4), 30-44.
- Badan Pusat Statistik. (2019). *Statistik Tanaman Biofarmaka Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Febriani, Y., Riasari, H., Winingksing, W., Aulifa, D.L., dan Permatasari, A. (2018). Potensi Pemanfaatan Ampas Jahe Merah (*Zingiber officinale Roscoe*) sebagai Obat Analgetik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1(1), 57-64.
- Fitri, N.F.M., Oktalia, D., dan Nopsagiarti, T. (2020). Uji Konsentrasi PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobakteri*) Asal Akar Bambu dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) pada Tanah Ultisol. *Jurnal Green Swarnadwipa*, 9(2), 285-293.
- Halwiyah, N., Ferniah, R.S., Raharjo, B., dan Purwantisari, S. (2019). Uji Antagonisme Jamur Patogen *Fusarium solani* Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai dengan Menggunakan *Beauveria bassiana* secara *In Vitro*. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(2), 8-17.
- Hermiati, Nurtjahja, E., dan Mansur, I. (2021). Abundance and Potency of Non-Symbiotic Nitrogen-Fixing Bacteria in Padang Sapu-sapu, Pejem Village, Bangka. *Berkala Sainstek*, 9(2), 95-102.
- Ibrahim, A., Ilyas, S., dan Manohara, D. (2014). Perlakuan Benih Cabai (*Capsicum annum L.*) dengan Rizobakteri untuk Mengendalikan *Phytophthora capsici*, Meningkatkan Vigor Benih dan Pertumbuhan Tanaman. *Buletin Agrohorti*, 2(1), 22-30.
- Israwan, R.A., Ardyati, T., dan Suharjono. (2015). Eksplorasi Bakteri Pemfiksasi Nitrogen Non Simbiotik Penghasil IAA dan Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Tanaman Apel Kota Batu, Jawa Timur. *Jurnal Biotropika*, 3(2), 55-59.
- Istiqomah, Aini, L.Q., dan Abadi, A. (2017). Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam Melarutkan Fosfat dan Memproduksi Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat. *Buana Sains*, 17(1), 75-84.
- Jeksen, J., dan Mutiara, C. (2018). Pengaruh Sumber Bahan Organik yang Berbeda terhadap Kualitas Pembuatan Mikroorganisme Lokal (MOL). *Agrica*, 11(1), 60-72.
- Juanda, H., Hasanuddin, dan Syamsuddin. (2020). Efektivitas Invigorasi Benih Cabai (*Capsicum annum L.*) Kadaluaarsa Menggunakan Rhizobakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(2), 121-129.
- Kartikawati, A., dan Gusmaini, N.F.N. (2018). Potensi Bakteri Endofit yang Diisolasi dari Tanaman Jahe Merah untuk Memacu Pertumbuhan Benih Lada. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 29(1), 37-46.
- Khaeruni, A., Nirmala, T., Hisein, W.S.A., Gusnawaty, Wijayanto, T., dan





- Sutariati, G.A. (2020). Potensi dan Karakterisasi Fisiologis Bakteri Endofit Asal Tanaman Kakao Sehat sebagai Pemacu Pertumbuhan Benih Kakao. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 25(3), 388-395.
- Mangindaan, R.E.P., dan Losung, F. (2013). Aktivitas Heolitik Teripang (*Bohadschia graeffei*) dari Pantai Malalayang, Sulawesi Utara pada Beberapa Suhu dan pH. *Jurnal Ilmiah Sains*, 13(1), 28-32.
- Marista, E., Khotimah, S., dan Linda, R. (2013). Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* Var. *Nipah*) di Kota Singkawang. *Jurnal Protobiont*, 2(2), 93-101.
- Permatasari dan Nurhidayati, T. (2014). Pengaruh Inokulan Bakteri Penambat Nitrogen, Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 3(2), 44-48.
- Pramudya, A. (2018). *Budidaya dan Bisnis Jahe*. Jakarta: PT. Agro Media Pustaka.
- Purwaningsih, O. (2015). Penggunaan Bakteri *Rhizobium japonicum* untuk Meningkatkan Fiksasi Nitrogen pada Berbagai Kultivar Kedelai. In *Prosiding Seminar Nasional* (pp. 372-377). Yogyakarta, Indonesia: Universitas PGRI Yogyakarta.
- Putra, M.B.I., dan Purwantisari, S. (2018). Kemampuan Antagonisme *Pseudomonas* sp. dan *Penicillium* sp. terhadap *Cercospora nicotianae* In Vitro. *Jurnal Biologi*, 7(3), 1-7.
- Rini, I.A., Oktaviani, I., Asril, M., Agustin, R., dan Frima, F. (2020). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Rhizosfer Tanaman Akasia (*Acacia mangium*). *Agricultural Journal*, 3(2), 210-219.
- Rosdiah, F.N., Ilyas, S., dan Manohara, D. (2015). Perlakuan Benih Cabai (*Capsicum annum* L.) dengan Rizobakteri secara Tunggal atau Kombinasi dapat Mengendalikan *Phytophthora capsici* dan Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 6(3), 1-10.
- Santoso, K., Rahmawati, dan Rafdinal. (2019). Eksplorasi Bakteri Penambat Nitrogen dari Tanah Hutan Mangrove Sungai Peniti, Kabupaten Mempawah. *Jurnal Protobiont*, 8(1), 52-58.
- Sukmadewi, D.K.T., Suharjono, dan Antonius, S. (2015). Uji Potensi Bakteri Penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Tanah Rhizosfer Cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.). *Jurnal Biotropika*, 3(2), 91-94.
- Sukmawati, dan Hardianti, F. (2018). Analisis *Total Plate Count* (TPC) Mikroba pada Ikan Asin Kakap di Kota Sorong Papua Barat. *Jurnal Biodjati*, 3(1), 72-78.
- Suryadi, Y., Susilowati, D., Samudra, I.M., Permatasari, M., dan Ambarsari, L. (2020). Karakterisasi Kitinase Isolat Bakteri Rhizosfir Asal Cianjur dan Aktivasinya terhadap Patogen *Colletotrichum* sp. *Bioma*, 9(1), 54-71.
- Susilawati, Mustoyo, Budhisurya, E., Anggono, R.C.W., dan Simanjuntak, B.H. (2013). Analisis Kesuburan Tanah dengan Indikator Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Plateau Dieng. *Jurnal Agric*, 25(1), 64-72.





- Tarigan, R.S., Jamilah, I., dan Elimasni, D. (2013). Seleksi Bakteri Penambat Nitrogen dan Penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Rizosfer Tanah Perkebunan Kedelai (*Glycine max L.*). *Saintia Biologi*, 1(2), 42-48.
- Walida, H., Harahap, F.S., Hasibuan, M., dan Yanti, F. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil IAA dan Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Kelapa Sawit. *BioLink: Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan*, 6(1), 1-7.
- Wicaksono, T., Sagiman, S., dan Umran, I. (2015). Kajian Aktivitas Mikroorganise Tanah pada Beberapa Cara Penggunaan Lahan di Desa Pal IX Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 4(1), 1-14.
- Yuniawati, R., dan Akhdiya, A. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Endofit Nilam (*Pogostemon cablin B.*) sebagai Kandidat Biostimulan Pertumbuhan Tanaman. *Buletin Plasma Nutfah*, 27(1), 21-28.
- Zahara, S., dan Pudjiwati, E.H. (2020). Peningkatan Viabilitas Benih dan Pertumbuhan Vegetatif Awal Jagung pada Kondisi Salin dengan Rhizobakteri Indigenous Pulau Tarakan. *Plumula*, 8(2), 101-116.
- Zakia, A., Ilyas, S., Budiman, C., Syamsuddin, dan Manohara, D. (2017). Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Cabai dan Pengendalian Busuk Phytophthora melalui Biopriming Benih dengan Rizobakteri Asal Pertanian Cabai Jawa Timur. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(3), 171-182.
- Zuraidah, Nida, Q., dan Wahyuni, S. (2020). Uji Antagonis Bakteri terhadap Cendawan Patogen Penyakit Blas. *Jurnal Biotik*, 8(1), 37-47.