

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT PADA AKAR TANAMAN
TEMU KUNCI (BOESENBERGIA ROTUNDA) SEBAGAI AGEN PELARUT
FOSFAT ALAMI**

Yehezkiel Siahaan¹, M. Dzaky Alqadri Musdary², Willy Sion Sianturi³, Esra Novauli
Sidabutar⁴, Yemima Vina Juniat⁵, Ayu Putri Ningsih⁶

1,2,3,4,5,6Universitas Negeri Medan

Email: kielsiahaan@gmail.com¹, husdarizacky@gmail.com², willysion123@gmail.com³,
sranovauli09@gmail.com⁴, yemimahutahuruk@gmail.com⁵, ayuputrningsih@unimed.ac.id⁶

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit yang terdapat pada akar tanaman Temu Kunci (*Boesenbergia rotunda*) serta mengevaluasi potensinya sebagai agen pelarut fosfat alami. Isolasi dilakukan melalui metode pengenceran bertingkat hingga 10^{-6} menggunakan media Nutrient Agar, sehingga diperoleh 12 isolat bakteri endofit dengan variasi morfologi koloni. Identifikasi dilakukan melalui pengamatan makroskopis, pewarnaan Gram, serta serangkaian uji biokimia untuk mengetahui kemampuan fisiologis masing-masing isolat. Pewarnaan Gram menunjukkan bahwa mayoritas isolat merupakan bakteri Gram positif berbentuk batang (bacillus), sementara sebagian kecil merupakan Gram negatif berbentuk coccus. Uji pelarutan fosfat menggunakan media Pikovskaya menunjukkan bahwa hanya tiga isolat (Isolat 1, 4, dan 5) yang mampu membentuk zona bening sebagai indikator aktivitas pelarut fosfat, dengan Isolat 1 memiliki nilai indeks kelarutan tertinggi (IDF 1,8). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa akar Temu Kunci mengandung bakteri endofit yang berpotensi sebagai agen pelarut fosfat alami dan berpeluang dikembangkan untuk meningkatkan ketersediaan fosfor di tanah secara hidup.

Kata Kunci: Bakteri Endofit, *Boesenbergia Rotunda*, Pelarut Fosfat, Karakterisasi Bakteri, Pikovskaya.

Abstract: This study aims to isolate and characterize endophytic bacteria found in the roots of *Boesenbergia rotunda* (Temu Kunci) and to evaluate their potential as natural phosphate-solubilizing agents. Endophytic bacteria were isolated using a serial dilution method up to 10^{-6} on Nutrient Agar, resulting in 12 isolates exhibiting diverse colony morphologies. Identification was carried out through macroscopic observations, Gram staining, and a series of biochemical tests to determine the physiological characteristics of each isolate. Gram staining revealed that most isolates were Gram-positive bacilli, while a smaller portion consisted of Gram-negative cocci. Phosphate solubilization tests using Pikovskaya agar showed that only three isolates (Isolate 1, 4, and 5) were capable of forming clear halos, indicating phosphate-solubilizing activity, with Isolate 1 displaying the highest solubilization index (1.8). These results demonstrate that the roots of *Boesenbergia rotunda* harbor endophytic bacteria with potential as natural phosphate-solubilizing agents, suggesting their

possible application in enhancing soil phosphorus availability through biological means.

Keywords: *Endophytic Bacteria, Boesenbergia Rotunda, Phosphate Solubilizing, Bacterial Characterization, Pikovskaya.*

PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang menunjang tanaman untuk tumbuh dan berproduksi secara optimal adalah ketersediaan unsur hara dalam jumlah yang cukup di dalam tanah (Suharjo,2019). Hal ini menjadi salah satu permasalahan kesuburan tanah karena tidak mampu menyediakan bentuk unsur fosfat yang tersedia bagi tanaman. Unsur ini termasuk unsur yang terlibat banyak dalam tanaman salah satunya sebagai seperti pembentukan sel- sel baru tanaman, mempercepat pertumbuhan bunga dan pematangan buah, pembentukan akar, dan pembentukan biji (Lovicna *et al.*,2021).

Terlepas dari pentingnya fosfor untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman, unsur hara ini memiliki ketersedian yang rendah di dalam tanah. Jumlah fosfor di tanah top soil umumnya berkisar antara 50 sampai 3000 mg/kg⁻¹ tanah, tetapi hanya sedikit dari total fosfor yang dapat diserap oleh tanaman. Ketersediaan yang rendah dalam tanah disebabkan oleh unsur fosfor yang mudah membentuk kompleks tidak larut (imobilisasi) dengan kation seperti aluminium dan besi di bawah kondisi tanah asam ataupun kalsium dan magnesium di bawah kondisi tanah basa (Pane *et al.*,2022). Fosfor (P) termasuk unsur hara makro yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, namun kandungannya di dalam tanaman sangat rendah dibanding nitrogen (N), kalium (K), dan kalsium (Ca). Tanaman menyerap P dari tanah dalam bentuk ion fosfat, terutama H₂P_O⁴⁻ dan HPO₄⁻² yang terdapat dalam larutan tanah (Asril *et al.*,2024).

Agar unsur hara fosfat dapat tersedia oleh tanaman, maka memerlukan bantuan mikroorganisme yaitu bakteri pelarut fosfat (Hartanti,2020). Mikroorganisme pelarut fosfat merupakan mikroorganisme yang mempunyai kemampuan mengekstrak fosfat dari bentuk yang tidak larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman melalui sekresi asam-asam organik yang dihasilkan untuk melepaskan P dari kompleks jerapan (Asril *et al.*,2024).

Bakteri endofit adalah bakteri yang mengkolonisasi jaringan tanaman sehat tanpa menyebabkan gejala atau luka pada inangnya dan dapat hidup pada bagian tanaman seperti akar, batang, dan daun. Beberapa bakteri endofit tersebut diketahui dapat melarutkan Fosfat (Wandita *et al.*,2018). Keragaman bakteri endofit dari kelompok tanaman obat famili

Zingiberaceae sangat tinggi (Widowati *et al.* 2020). Temukunci (*Boesenbergia rotunda*) termasuk famili tumbuhan *Zingiberaceae*. Potensi Bakteri endofit pada tumbuhan Temu kunci (*Boesenbergia rotunda*) dapat dijadikan solusi dalam mengatasi permasalahan kurangnya fosfor dengan bentuk yang tersedia bagi tanaman.

Berdasarkan permasalahan dan potensi bakteri endofit yang ada pada tumbuhan Temukunci (*Boesenbergia rotunda*), kami berinisiatif untuk melakukan riset dengan judul “Isolasi dan Karakterisasi bakteri endofit pada akar tumbuhan Temu kunci (*Boesenbergia rotunda*) sebagai agen pelarut fosfat alami” Melalui penelitian ini, diharapkan kami dapat mengkarakterisasi berbagai jenis bakteri endofit yang terdapat pada akar tumbuhan Temu kunci (*Boesenbergia rotunda*), serta dapat memberikan kontribusi signifikan berupa informasi karakteristik fungsionalnya sebagai agen pelarut fosfat alami.

LANDASAN TEORI

Tanaman Temu Kunci (*Boesenbergia rotunda*)

Klasifikasi Tanaman *Boesenbergia rotunda* (Temu Kunci) :

Kingdom	:	Plantae
Divisi	:	Tracheophyta
Kelas	:	Magnoliopsida
Ordo	:	Zingiberales
Famili	:	Zingiberaceae
Genus	:	Boesenbergia
Spesies	:	<i>Boesenbergia rotunda</i> (yuniaansyha,2023)

Temu kunci (*Boesenbergia rotunda*) merupakan tanaman dalam famili *Zingiberaceae* yang berkaitan erat dengan jahe, kencur, dan kunyit putih (*Curcuma zedoaria*). Tanaman ini disebut juga Chinese keys karena bentuk rimpangnya menyerupai banyak kunci yang digantung bersama-sama. Temu kunci berwarna cokelat muda kekuningan dan mulus tanpa bercak. Bentuk temu kunci memanjang banyak seperti akar dari satu inti berbentuk bulat. Dagingnya lunak dan sedikit berair, tetapi terasa renyah (Gardjito *et al.*, 2023).

Bakteri endofit

Bakteri endofit merupakan bakteri yang melakukan simbiosis dengan tanaman inang, bakteri ini hidup pada jaringan tanaman inang tanpa menyebabkan terjadinya

kerusakan/penyakit pada tanaman inang. Bakteri endofit mampu masuk kedalam jaringan tanaman umumnya bisa melalui akar dan bagian tanaman yang terpapar langsung dengan udara luar seperti bunga, batang dan daun. Bakteri ini umumnya bersifat obligat atau fakultatif dalam mengkolonisasi inangnya sehingga pada satu tanaman umumnya ditemukan beberapa genus atau spesies bakteri endofit. Bakteri endofitik mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman sedangkan tanaman mendapatkan derivate nutrisi dan senyawa aktif yang diperlukan selama hidupnya. Bakteri endofit suatu tanaman mampu menghasilkan produk yang potensial sebagai antibakteri, antimalaria dan anti fungi, menghasilkan suatu senyawa kimia yang bersifat sebagai antimikroba untuk kelompok bakteri patogen penyebab penyakit pada tanaman dan manusia. Produksi metabolit sekunder yang dihasilkan suatu tanaman diduga akibat adanya interaksi antara tanaman inang dan bakteri endofit. Bakteri endofit dapat diisolasi dari umbi tanaman talas, kemudian ditumbuhkan pada media artificial. Bakteri endofit dari suatu tanaman yang ditumbuhkan pada medium pemberian akan mampu menghasilkan metabolit yang hampir sama dengan senyawa aktif yang berasal dari tanaman inangnya (Purwaningsih & Wulandari, 2021).

Bakteri Pelarut Fosfat

Upaya yang digunakan untuk memenuhi ketersediaan fosfor dalam tanah dapat dilakukan menggunakan metode biologi yaitu dengan adanya pemberian bakteri pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri yang mampu melarutkan fosfat yang semula tidak tersedia menjadi tersedia. Aktivitas bakteri pelarut fosfat mampu menghasilkan enzim fosfatase yang dapat memineralisasi fosfat organik yang ada di dalam tanah. Enzim fosfatase juga berperan penting dalam proses hidrolisis. fosfat organik menjadi fosfat anorganik. Bakteri pelarut fosfat juga menghasilkan asam asam organik seperti asam sitrat, asam glutamat dan asam suksinat serta bereaksi dengan unsur Al^{2+} atau Fe^{2+} yang menghasilkan senyawa kompleks yang stabil serta melepaskan ion fosfat yang terikat menjadi tersedia bagi tanaman (Sonia & Setiawati, 2022). Mikroorganisme yang termasuk dalam kelompok bakteri pelarut fosfat antara lain *Pseudomonas striata*, *P. diminuta*, *P. fluorescens*, *P. cerevisiae*, *P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. denitrificans*, *P. rathonis*, *Bacillus polymyxa*, *B. laevolacticus*, *B. megatherium*, *Thiobacillus* sp., *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Escherichia freundii*, *Cunninghamella*, *Brevibacterium* spp., *Serratia* spp., *Alcaligenes* spp., *Achromobacter* spp., dan *Thiobacillus* sp. Kelompok bakteri pelarut fosfat yang banyak terdapat pada lahan pertanian di Indonesia

berasal dari genus Enterobacter dan Mycobacterium. *Alcaligenes sp.*, *Aerobacter aerogenes*, *Achromobacter sp.*, *Actinomadura oligospora*, *Agrobacterium sp.*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus sp.*, *Bacillus circulans*, *B. cereus*, *B. fusiformis*, *B. pumils*, *B. megaterium*, *B. mycoides*, *B. polymyxa*, *B. coagulans*, *B. chitinolyticus*, *B. subtilis*, *Bradyrhizobium sp.*, *Brevibacterium sp.*, *Citrobacter sp.*, *Pseudomonas sp.*, *P. putida*, *P. striata*, *P. fluorescens*, *P. calcis*, *Flavobacterium sp.*, *Nitrosomonas sp.*, *Erwinia sp.*, *Micrococcus sp.*, *Escherichia intermedia*, *Enterobacter asburiae*, *Serratia phosphoticum*, *Nitrobacter sp.*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *T. thioxidans*, *Rhizobium meliloti*, *Xanthomonas sp* (Asril *et al.* 2023).

Fosfat dan Manfaat Fosfat bagi Tanaman

Unsur P merupakan hara Utama (primer) kedua setelah N yang berperan dalam metabolisme dan proses mikrobiologi tanah dan mutlak diperlukan baik oleh mikroba tanah maupun tanaman. Unsur P juga berperan dalam pembentukan lemak dan albumin tanaman serta perkembangan akar halus berserabut. Jadi ketersediaan unsur P di dalam tanah menjadi sangat penting bagi tanaman. Fosfat merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan dalam jumlah yang cukup banyak oleh tanaman. Fosfat sendiri berperan aktif pada fase generatif seperti berperan dalam mempercepat pembungaan dan pemasakan buah. Unsur hara P berfungsi dalam proses pertumbuhan awal dan pertumbuhan akhir (Gusmiyatun *et al.*, 2019).

Kekurangan Fosfat Pada Tanaman

Tanaman yang mengalami kekurangan fosfat akan menurunkan produktivitas. Kekurangan fosfat ditanaman secara visual ditunjukkan dengan warna daun ungu dibagian tepi daun. Fosfor bersifat mobile, sehingga bila kekurangan unsur hara fosfor pada tanaman akan ditunjukkan pada jaringan daun tua dan selanjutnya bila berlanjut ke defisiensi baru ditunjukkan pada daun muda. Ada beberapa gejala yang ditunjukkan oleh tanaman selain warna daun ungu di antaranya pertumbuhan tanaman terlambat dari normal sehingga tanaman kerdil, akar tanaman tidak berkembang baik sehingga berpengaruh pada serapan nutrisi lain, masa generatif lebih lama dan berakibat produksi yang tidak tercapai (Asril *et al.*, 2023).

METODE PENELITIAN

Cara Kerja Sterilisasi Tanaman

Rendam akar sebanyak 10 gram yang sudah bersih dari kotoran ke dalam 75% etanol selama 3 menit, selanjutnya akar direndam dalam larutan sodium hipklorit 5% selama 5 menit

dan dibilas dengan air steril sebanyak 5x. akar yang sudah disterilkan dioleskan pada media Nutrient Agar dan di inokulasikan pula hasil bilasan terakhir aquades pada media Nutrient Agar, lalu dilakukan pengamatan hasil sterilisasi setelah 24 jam. Keberhasilan ditunjukkan dengan tidak adanya bakteri ataupun kapang yang tumbuh pada media Nutrient Agar dan juga pada akar yang telah disterilkan.

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit

Akar yang telah steril dihaluskan menggunakan mortar dan pestle, lalu akar yang telah halus dimasukkan kedalam botol Erlenmeyer yang berisi 90 ml akuades steril. Proses pengenceran dilakukan dengan caramengambil 1 ml suspensi yang dimasukkan kedalam 9 ml akuades steril, pengenceran dilakukan hingga 10^{-3} , kemudian 1 ml suspensi hasil pengenceran diinokulasikan dengan metode tuangpada Nutrient Agar. Inkubasi dilakukan selama 3-5 hari di incubatorpada suhu 28°C dalam keadaan aerob. Jumlah koloni yang tumbuh pada mediadihitung dandinyatakan dalam CFU (Colony Forming Units) (Hartanti,2020). di identifikasi secara makroskopis (bentuk koloni, tepi koloni, elevasi koloni dan warna koloni) , mikroskopis (meliputi sifat gram dan bentuk sel bakteri tersebut), dan uji fisiologis. Bakteri yang didapatkan dimurnikan pada media NA dan disimpan untuk digunakan pada tahap selanjutnya.

Pewarnaan Gram Bakteri

Tahap pewarnaan gram dilakukan dengan mengoleskan isolat murni pada gelas objek yang telah dibersihkan menggunakan alkohol 70%. Kemudian difiksasi diatas api bunsen lalu ditetes dengan cat gram A (kristal violett) sebanyak 2-3 tetes yang didiamkan selama 1 menit. Kemudian gelas objek dicuci dengan menggunakan air mengalir lalu dikeringkan. Sebanyak 2-3 tetes cat gram B (larutan lugol) diteteskan diatas gelas objek dan dibiarkan selama 1 menit. Gelas ojek dicuci dengan air mengalir lalu dikeringanginkan. Gelas objek kembali ditetsi 2-3 cat gram C (alkohol-aseton) dan dibiarkan selama 30 detik lalu dicuci kembali dan dikeringanginkan. Selanjutnya gelas objek ditetes dengan larutan cat gram D (larutan safranin) sebanyak 2-3 tetes dan didiamkan selama 30 detik, lalu dicuci dan dikeringanginkan. Selanjutnya diamati dibawah mikroskop dengan pebesaran 40 kali dan 100 kali (Nuraini *et al.*,2020).

Uji Biokimia

Identifikasi koloni dengan uji kimia bertujuan untuk menentukan kemampuan bakteri dalam memproduksi gas H₂S dan uji fermentasi karbohidrat (uji katalase dan TSIA)15, uji sitrat15, uji lisin15, uji Katalase15, Pada setiap uji, koloni ditanam pada media spesifik dan diamati perubahan pada media setelah masa inkubasi selama 24 jam dengan suhu 37⁰ C

Uji Efektivitas Bakteri dalam Melarutkan Fosfat

Skrining bakteri pelarut fosfat dilakukan dengan cara menginokulasikan isolat pada Cawan Petri yang berisi medium agar Pikovskaya padat. Inokulasi dilakukan dengan cara menitikkan isolat pada tengah-tengah Cawan Petri menggunakan Jarum Ose lurus secara aseptis, selanjutnya diinkubasi selama 7 x 24 jam pada suhu 27°C. Isolat-isolat yang membentuk zona bening dinyatakan sebagai BPF, selanjutnya dilakukan pengukuran diameter koloni dan zona bening yang terbentuk (Karpagam dan Nagalakshmi, 2014). Berdasarkan hasil pengukuran, selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kelarutan fosfat dengan menggunakan rumus:

IKF :

DK + ZB DK

Keterangan:

IKF : Indeks kelarutan fosfat DK : Diameter koloni

ZB : Zona bening (Oksana *et al.*,2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, berhasil diisolasi sebanyak 12 isolat bakteri endofit dari sampel yang telah dilakukan pengenceran bertingkat, yaitu mulai dari 10⁻³ hingga 10⁻⁶, menggunakan metode tuang (pour plate). Tujuan pengenceran adalah supaya diperoleh isolat yang tidak begitu padat dan mewakili semua jenis bakteri yang terdapat pada sampel, Pengenceran ini dimaksudkan untuk meminimalkan jumlah mikroorganisme yang terdapat pada sampel sehingga memudahkan dalam pengamatan (Marzuki *et al.*, 2014). Pada pengenceran 10⁻³ diperoleh sebanyak 3 isolat, Pengenceran 10⁻⁴ diperoleh sebanyak 3 isolat, Pengenceran 10⁻⁵ diperoleh sebanyak 2 isolat dan pada pengenceran terahir yaitu 10⁻⁶ diperoleh 4 isolat. Isolat-isolat yang diperoleh menunjukkan variasi morfologi makroskopis pada koloni, seperti perbedaan warna, bentuk, tepi, dan permukaan koloni, yang mengindikasikan adanya

keberagaman jenis bakteri endofit dalam sampel.

Tabel 1 Pengamatan Makroskopis bakteri endofit dari tumbuhan temu kunci

	<i>Bentuk koloni</i>	<i>Warna koloni</i>	<i>Tepi koloni</i>	<i>Elevasi koloni</i>
Isolat 1	<i>Punciform</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>
Isolat 2	<i>Circular</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>
Isolat 3	<i>Circular</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>
Isolat 4	<i>Circular</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>
Isolat 5	<i>Punciform</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>
Isolat 6	<i>Punciform</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Raised</i>
Isolat 7	<i>Filamentous</i>	<i>Putih</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Convex</i>
Isolat 8	<i>Filamentous</i>	<i>Putih</i>	<i>Filamentous</i>	<i>Convex</i>
Isolat 9	<i>Circular</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>
Isolat 10	<i>Circular</i>	<i>Putih</i>	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>
Isolat 11	<i>Circular</i>	<i>Kuning</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>
Isolat 12	<i>Circular</i>	<i>Putih</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>

Pengamatan makroskopis dilakukan dengan mengamati bentuk, permukaan, tepi dan warna koloni (Larasati *et al.*, 2018). Pigmentasi koloni bakteri menggambarkan warna koloni bakteri. Tidak berpigmen (yaitu putih, krem, coklat) dan Memiliki pigmen (yaitu ungu, merah, kuning). Bentuk, adalah karakter makroskopis bakteri yang terlihat pada media, yang digambarkan sebagai berikut : a. Circular : koloni bentuk bulat. b. Irregular : koloni dengan bentuk tidak teratur. c. Rhizoid : koloni dengan bentuk dengan pertumbuhan menyebar seperti akar d. Filamentous : koloni dengan bentuk serabut tipis e. Spindle : koloni dengan bentukan oval memanjang 4. Tepi koloni bakteri, yaitu penampakan tepian terluar koloni. Untuk pengamatan dapat dilihat secara tegak lurus, diatas koloni yang akan dikarakterisasi diatas koloni yang akan dikarakterisasi. Jenisnya adalah sebagai berikut: a. Jenis tepi Entire , tepi koloni sangat rata. b. Jenis tepi Lobate , tepi koloni lekukan yang jelas. c. Jenis tepi Undulate, tepi koloni lekukan seperti gelombang. d. Jenis tepi Serrate , tepi koloni bergerigi. e. Jenis tepi Filamentous, tepi koloni seperti benang, tepian menyebar.

5. Elevasi, yaitu sudut penonjolan pertumbuhan koloni pada permukaan agar. Untuk pengamatan dilakukan dari samping cawan petri. Jenisnya adalah sebagai berikut : a. Jenis elevasi Flat , elevasi datar, elevasi tidak nyata. b. Jenis elevasi Raised , elevasinya sedikit

menonjol. c. Jenis elevasi Convex , elevasinya berbentuk kubah. d. Jenis elevasi Umbonate, elevasinya menonjol dengan elevasi convex di bagian tengah (Yety *et al.*, 2025).

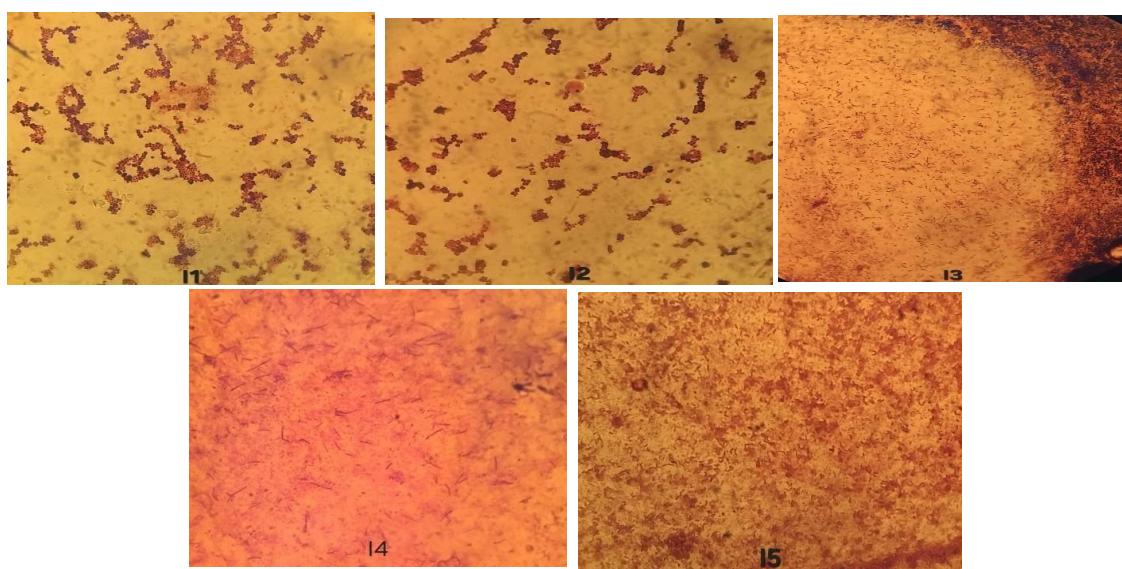
Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis yang dilakukan dengan mengamati bentuk, warna, tepi, dan elevasi koloni bakteri endofit hasil isolasi dari tumbuhan temu kunci. Sebagian besar isolat memiliki bentuk koloni circular atau bulat, Beberapa isolat seperti Isolat 1, 5, dan 6 menunjukkan bentuk punctiform, yaitu koloni berukuran sangat kecil seperti titik. Selain itu, Isolat 7 dan 8 memiliki bentuk filamentous, yaitu koloni dengan tepi menyebar seperti benang. Warna koloni yang diamati umumnya putih, yang merupakan karakter umum bakteri endofit. Namun terdapat satu isolat berwarna kuning yaitu isolat 11. Secara umum, tepi koloni didominasi bentuk entire, yaitu tepi yang halus dan rata, sedangkan sebagian kecil memiliki tepi undulate atau bergelombang pada Isolat 11 dan 12. Elevasi koloni yang muncul paling banyak adalah flat atau datar, sedangkan beberapa isolat seperti Isolat 3, 4, dan 5 memiliki elevasi raised, dan Isolat 7 serta 8 berbentuk convex yang tampak sedikit cembung.

Tabel 2. Hasil Uji Pewarnaan Gram

	Pewarnaan Gram	Bentuk bakteri
Isolat 1	G-	<i>Coccus</i>
Isolat 2	G-	<i>Coccus</i>
Isolat 3	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 4	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 5	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 6	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 7	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 8	G-	<i>Bacillus</i>
Isolat 9	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 10	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 11	G+	<i>Bacillus</i>
Isolat 12	G+	<i>Bacillus</i>

Bakteri gram positif dibangun dari dinding sel tebal yang tersusun oleh peptidoglikan. Penyusun peptidoglikan merupakan polisakarida dari 2 sub unit yaitu N-asetil glukosamin dan asam N-asetil muramin. Adanya ikatan silang antara rantai pendek peptide menyebabkan dinding sel menjadi kaku. Komponen lain dari dinding sel antara lapisan peptidoglikan yaitu berupa asam lipotekat, yang juga memiliki fungsi lain yaitu yang akan mengaktifkan sistem

kekebalan tubuh ketika dilepaskan dari dinding sel setelah kematian sel. Sedangkan pada bakteri gram negatif mempunyai bagian peptidoglikan yang lebih tipis dari total komponen dinding selnya, yaitu hanya sekitar 10% dari total keseluruhan dinding sel. Dinding sel bakteri gram positif lebih tebal yaitu 20-80 nm dibandingkan dengan bakteri gram negatif yang relative lebih tipis yaitu sekitar (Salsabila *et al.*, 2022). Pewarnaan Gram dimulai dengan meneteskan air ke kaca objek glas dan mengoleskan isolat bakteri pada tetesan air tersebut. Lalu dilakukan fiksasi dengan panas bunsen dan dibiarkan terlebih dahulu agar kaca objek mendingin. Setelah kaca objek mendingin di tetesi dengan larutan kristal violet di tunggu selama 1 menit lalu di bilas di air mengalir. Kemudian di tetesi kembali dengan larutan iodin di tunggu selama 1 menit lalu di bilas kembali di air mengalir. Dilanjutkan dengan meneteskan kembali alkohol/solvent di tunggu selama 30 detik lalu dibilas kembali, yang terahir di tetesi dengan larutan Safranin didiamkan selama 30 detik lalu di bilas kembali dan langsung di amati dengan Mikroskop. Kristal violet digunakan untuk mewarnai semua bakteri, diikuti oleh iodine sebagai mordan untuk memperkuat pewarnaan. Alkohol kemudian digunakan untuk menghilangkan pewarna dari bakteri Gram-negatif, yang memiliki lapisan peptidoglikan tipis, sementara bakteri Gram-positif, mempertahankan warna ungu karena lapisan peptidoglikan yang tebal. Safranin kemudian ditambahkan untuk mewarnai bakteri Gram negatif menjadi merah atau merah muda (Rijie & Mustakim, 2025).



**Gambar 1. Hasil Uji Pewarnaan Gram I1: Isolat 1, I2: Isolat 2, I3: Isolat 3, I4:
Isolat 4, I5: Isolat 5 (Beberapa hasil Pewarnaan Gram)**

Pewarnaan gram merupakan salah satu cara untuk mengklasifikasikan bakteri yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu bakteri gram positif berwarna ungu dan bakteri gram negatif berwarna merah. Dengan melakukan pewarnaan gram kita dapat mengetahui morfologi sel seperti bentuk sel, sifat gram dan penataan sel bakteri Gram positif adalah bakteri yang dapat mempertahankan warna ungu pada noda gram meskipun tubuhnya dihancurkan oleh alkohol atau aseton. Dengan cara ini, tubuh bakteri tetap berwarna ungu meskipun diwarnai dengan warna yang berlawanan. Di sisi lain, bakteri yang tidak tahan terhadap pewarna menjadi tidak berwarna lagi setelah menggunakan alkohol dan ketika pengecatan dengan pewarna kontras, mereka memperoleh warna dari zat kontras. Bakteri yang mempertahankan reaksi semacam ini adalah bakteri Gram negatif (Wulandhani *et al.*, 2024).

Pewarnaan Gram adalah salah satu metode dalam mikrobiologi yang digunakan untuk menentukan apakah suatu bakteri termasuk ke dalam Gram positif atau Gram negatif. Berdasarkan hasil pewarnaan Gram, isolat bakteri endofit yang diperoleh dari akar tumbuhan temu kunci menunjukkan bahwa Isolat 1 dan Isolat 2 teridentifikasi sebagai Gram negatif dengan bentuk coccus, yang ditandai oleh sel berbentuk bulat dan tidak mempertahankan warna ungu kristal violet selama proses pewarnaan. Sementara itu, sebagian besar isolat lainnya merupakan Gram positif, yang terlihat dari kemampuan sel mempertahankan warna ungu setelah proses pewarnaan dan pencucian alkohol. Sedangkan jika dilihat morfologi sel, hampir seluruh isolat menunjukkan bentuk bacillus atau batang, seperti Isolat 3 hingga Isolat 12. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri berbentuk batang lebih dominan sebagai endofit pada jaringan akar temu kunci.

Tabel 3 Hasil Uji Biokimia

	Uji H₂S	Uji Fermentasi Karbohidrat	Uji Sitrat	Uji Lisin	Uji Katalase
Isolat 1	-	+	+	+	+
Isolat 2	-	+	+	+	+
Isolat 3	-	+	-	+	+
Isolat 4	-	+	-	+	+
Isolat 5	-	+	+	+	+
Isolat 6	-	+	+	+	+
Isolat 7	-	+	+	+	+
Isolat 8	+	+	+	+	+

Isolat 9	-	+	+	+	+
Isolat 10	-	-	+	+	+
Isolat 11	+	-	+	-	+
Isolat 12	-	+	+	-	+

Uji biokimia merupakan serangkaian pengujian yang digunakan untuk menentukan karakteristik metabolisme suatu bakteri berdasarkan aktivitas enzimatiknya. Dengan uji ini, dapat diketahui kemampuan bakteri dalam memfermentasi berbagai substrat, menghasilkan enzim tertentu, serta memecah senyawa kompleks (Ardiyantoro *et al.*,2025). Untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi bakteri, diperlukan berbagai metode, salah satunya adalah uji biokimia. Hasil uji biokimia terhadap 12 isolat bakteri endofit dari tumbuhan temu kunci menunjukkan adanya variasi kemampuan fisiologis pada masing-masing isolat. Uji H₂S dilakukan untuk mengidentifikasi pelepasan H₂S oleh mikroorganisme dalam sampel. Hidrogen sulfida (H₂S) adalah gas berbahaya yang dihasilkan dari reaksi pemecahan asam amino yang mengandung sulfur, seperti methionin, cystin, dan cistein.

Bakteri pembusuk akan menghasilkan H₂S (Chandraningtyas *et al.*,2025). Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya endapan berwarna hitam di bagian bawah media, yang menandakan bahwa bakteri mampu membentuk H₂S (Ardiyantoro *et al.*,2025). Dari hasil uji H₂S yang telah dilakukan terhadap 12 isolat bakteri endofit akar Temu kunci teridentifikasi bahwa Isolat 8 & 11 positif uji H₂S.

Media TSIA dibuat seperti pada uji H₂S. Media disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya media dituangkan pada masing-masing tabung reaksi sebanyak 7 mL dan dimiringkan sampai memadat. Setelah media memadat, secara aseptik isolat bakteri diinokulasikan dengan jarum ose dengan cara ditusuk pada bagian tengah sampai kedalaman $\frac{3}{4}$ bagian dari permukaan media dan kemudian digores pada bagian miring dari media. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 1x24 jam (Kosasi *et al.*,2019). Uji TSIA bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam memfermentasikan gula guna menghasilkan asam atau gas. Pada pengujian fermentasi karbohidrat menggunakan media Triple Sugar Iron Agar (TSIA), media ini mengandung tiga jenis gula, yaitu glukosa, laktosa, dan sukrosa. Dalam uji ini, isolat dengan kode tertentu mengalami perubahan warna menjadi merah, yang menunjukkan bahwa isolat tersebut hanya mampu memfermentasikan glukosa. Sementara itu, isolat lainnya mengalami perubahan warna menjadi kuning, menandakan

bahwa isolat tersebut mampu memfermentasikan laktosa dan sukrosa. Hasil positif ditunjukkan dengan pembentukan asam dan gas. Pembentukan asam ditandai dengan perubahan warna substrat karbohidrat dari merah menjadi kuning, sedangkan pembentukan gas terlihat dari adanya ruang kosong di dasar media Pada (Ardiyantoro *et al.*,2025). Pada uji ini hampir seluruh isolat menunjukkan hasil positif kecuali Isolat 4 dan Isolat 10. Hasil positif pada uji ini menandakan bahwa bakteri mampu memfermentasi sumber karbon dan menghasilkan asam, gas, atau keduanya.

Uji sitrat bertujuan untuk mengetahui apakah kuman menggunakan sitrat sebagai sumber karbon. Jika bakteri mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbonnya maka akan menaikkan pH dan mengubah warna medium biakan dari hijau menjadi biru. Hasil positif apabila terjadi perubahan warna media dari hijau menjadi biru. Sedangkan hasil negative apabila tidak terjadi perubahan warna media dari hijau menjadi biru (Liempepas *et al.*,2019). Media Simmons's citrate agar ditimbang sebanyak 0,50 gram kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dilarutkan bersama dengan aquades sebanyak 21 mL. Media disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya media dituangkan pada masing-masing tabung reaksi sebanyak 7 mL dan dimiringkan sampai memadat pada kemiringan 30°. Setelah media memadat, secara aseptik isolat bakteri. diinokulasikan dengan jarum ose dengan cara ditusuk pada bagian tengah sampai kedalaman ¾ bagian dari permukaan media dan kemudian digores pada bagian miring dari media. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 1x24 jam. Hasil positif bila terjadi perubahan warna dari warna hijau tua menjadi warna biru (Kosasi *et al.*,2019). Berdasarkan Uji Sitrat yang telah di lakukan, hanya isolat 3 & 4 yang menunjukkan hasil negatif.

Media lysine iron agar ditimbang sebanyak 0,72 gram kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dilarutkan bersama dengan aquades sebanyak 21 mL. Media disterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit. Selanjutnya media dituangkan pada masing-masing tabung reaksi sebanyak 7 mL dan dimiringkan sampai memadat pada kemiringan 30°. Setelah media memadat, secara aseptik isolat bakteri diinokulasikan dengan jarum ose dengan cara ditusuk pada bagian tengah sampai kedalaman ¾ bagian dari permukaan media dan kemudian digores pada bagian miring dari media. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 1x24 jam (Kosasi *et al.*,2019). Uji pada media lysine Iron Agar (LIA) bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam mendeaminasi atau mendekarboksilasi lisin dan pembentukan

sulfida (Prisnanda & Wulandari, 2022). Reaksi positif ditunjukkan dengan perubahan warna pada media menjadi warna lembayang (violet), sedangkan reaksi negatif ditandai dengan warna kuning pada media (Sompie *et al.*, 2016). Berdasarkan uji Lysine hasil menunjukkan sebagian besar isolat positif sedangkan hasil negatif diperlihatkan oleh isolat 11 & 12. Pada uji lisin, hasil positif ini menunjukkan adanya aktivitas lisin dekarboksilase. Enzim ini menghasilkan kadaverin, senyawa basa yang bisa menetralkan lingkungan asam.

Kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim katalase ditunjukkan kemampuannya dalam memecahkan H₂O₂ (hidrogen peroksida) menjadi H₂O (air) dan O₂ (oksigen). Hasil positif dengan indikator adanya gelembung disekitar koloni saat ditetesi H₂O₂. Adanya gelembung udara menunjukkan proses pemecahan H₂O₂ oleh enzim katalase yang dihasilkan oleh bakteri itu sendiri untuk membentuk sistem pertahanan dari toksik H₂O₂ yang dihasilkannya (Handoko *et al.*, 2019). Adanya aktivitas katalase dapat diketahui dengan terbentuknya gelembung-gelembung gas O₂. Hidrogen peroksida (H₂O₂) dapat terdekomposisi oleh enzim katalase yang dapat dihasilkan suatu mikroorganisme. Pada mikroorganisme, H₂O₂ dapat didekomposisi oleh katalase dalam mitokondria sel. Katalase tersebut berfungsi untuk melindungi sel dari efek toksik hidrogen peroksida (Suhartanti *et al.*, 2010).

Berdasarkan uji katalase yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa seluruh isolat memberikan hasil positif. Hal ini berarti semua isolat memiliki enzim katalase yang mampu memecah hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen. Sifat katalase positif umumnya dimiliki bakteri aerob atau fakultatif anaerob, yang menunjukkan bahwa isolat mampu hidup pada lingkungan yang mengandung oksigen, termasuk jaringan tumbuhan.

TABEL 4. Hasil Uji Pelarutan Fosfat

Diameter Koloni	Zona Bening	IDF
Isolat 1	5	4
Isolat 2	-	-
Isolat 3	-	-
Isolat 4	3	1
Isolat 5	3	2

Isolat 6	-	-	-
Isolat 7	-	-	-
Isolat 8	-	-	-
Isolat 9	-	-	-
Isolat 10	-	-	-
Isolat 11	-	-	-
Isolat 12	-	-	-

Aktivitas bakteri endofit dalam melarutkan fosfat ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri (Yuniawati & Akhdiya,2021). Berdasarkan hasil uji pelarutan fosfat yang disajikan pada Tabel 4.4, hanya tiga isolat yang menunjukkan kemampuan melarutkan fosfat, yaitu Isolat 1, Isolat 4, dan Isolat 5. Isolat 1 memiliki diameter koloni sebesar 5 mm dan zona bening 4 mm dengan nilai Indeks Daya Fosfat (IDF) sebesar 1,8 sehingga menjadi isolat dengan aktivitas pelarutan fosfat tertinggi. Isolat 4 menunjukkan diameter koloni 3 mm dan zona bening 2 mm dengan IDF 1,6, sedangkan Isolat 5 memiliki diameter koloni 3 mm dan zona bening 1 mm dengan IDF 1,3. Sementara itu, sembilan isolat lainnya (Isolat 2,3,6 hingga Isolat 12) tidak menunjukkan terbentuknya zona bening di sekitar koloni sehingga dianggap tidak memiliki kemampuan melarutkan fosfat pada kondisi pengujian. Hasil ini menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil isolat uji yang berpotensi sebagai agen pelarut fosfat, dengan Isolat 1 sebagai kandidat paling potensial.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak 12 isolat bakteri endofit berhasil diperoleh dari akar tanaman Temu Kunci, dengan karakteristik morfologi, sifat Gram, dan kemampuan biokimia yang beragam. Dari keseluruhan isolat tersebut, hanya tiga isolat (Isolat 1, 2, dan 3) yang menunjukkan kemampuan melarutkan fosfat melalui pembentukan zona bening pada media Pikovskaya, dengan Isolat 1 memiliki potensi pelarutan fosfat tertinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa tanaman Temu Kunci mengandung bakteri endofit yang berpotensi sebagai agen pelarut fosfat alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardyansyah,D. (2023). *Tanaman Obat*. Rawamangun: PT Bumi Aksara
- Ardiyantoro,B. Dismo,K. Herry,H. Firdaus,F. Adelia,F. Joice,M,L. Nastiti,I,P,S. Suwarja. Okto,A. Zola,E,H. Rika,P,S. Bunga,R,S. Adinta,A. Nadia,R. Putu,Y. DewintaN,A. Lidia,K,B. Nina,I,H. Fathul,J. Ade,M. (2025). *BAKTERIOLOGI*. Cilacap: PT MEDIA PUSTAKA INDO
- Asril,M. Lestari,W. Sanjaya,B,M,F. Firgiyanto,R. Sudewi,B,M,S. Paulina,M,K,S,M. Kunusa,W,R. (2023). *Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Pertanian Berkelanjutan*. Medan: Yayasan Kita Menulis
- Chandraningtyas,W,F. Siti,N,A. Afwina,A,S. Reva,A. Siti,D,S. Nayla,S,R. Novia,K,R. Raden,K,R. Arti,H. (2025). ANALISI KUALITAS DAGING KAMBING DAN DAGING SAPI MEMALUI UJI H2S. *Karimah Tauhid*. 4(3)
- Gardjito, M. S. (2024). *Seri Pustaka Cita Rasa Indonesia Makanan Penyerta Dan Pelengkap Hidangan Indonesia*. Nigtoon Cookery
- Gusmiyatun, P. B. (2019). The effect of phosphate fertilizer application at different doses and frequencies on the growth and production of peanuts (*Arachis hypogaea* L. Merr). *Chlorophyl*, 2:98-101.
- Handoko,Y,A. Yulius,A,K. Yohanes,H,A. (2020). Isolasi dan karakterisasi biokimia bakteri pembusuk buah cabai rawit. *TEKNOLOGI PANGAN : Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*. 11(1). 34-41
- Hartanti, A,S,H. (2020). Isolasi Bakteri Endofit Pelarut Fosfat Pada Tanaman Padi (*Oryza sativa*). var.*situbagendit*. *STIGMA J Mat dan Ilmu Pengetah Alam Unipa*, 13(01):8-14. doi:10.36456/stigma.13.1.2417.8-14.
- Kosasi, C., Lolo, W. A., & Sudewi, S. (2019). Isolasi dan uji aktivitas antibakteri dari bakteri yang berasosiasi dengan alga *Turbinaria ornata* (Turner) J. Agardh serta identifikasi secara biokimia. *Pharmacon*, 8(2), 351-359.
- Larasati, E. D., Rukmi, M. I., Kusdiyantini, E., & Ginting, R. C. B. (2018). Isolasi dan identifikasi bakteri pelarut fosfat dari tanah gambut. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 20(1), 1-8.
- Liempepas,A,G. Widya,A,L. Paulina,Y. (2019). ISOLASI DAN UJI ANTIBAKTERI DARI ISOLAT BAKTERI YANG BERASOSIASI DENGAN SPONS *Callyspongia aerizusa*

Jurnal Inovasi Pembelajaran Progresif

<https://ejournals.com/ojs/index.php/jipp>

Vol. 6, No. 4, Desember 2025

SERTA IDENTIFIKASI SECARA BIOKIMIA.*PHARMACON.* 8(2). 380-387

- Lovitna G, N. Y. (2021). Pengaruh Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dan Pupuk Anorganik Fosfat Terhadap Populasi Bakteri Pelarut Fosfat, P-Tersedia, Dan Hasil Tanaman Jagung Pada Alfisol. *J Tanah dan Sumberd Lahan.* 8(2):437-449.
- Marzuki, I. N. (2014). Isolasi dan identifikasi bakteri shimbion sponsor penghasil enzim amilase asal pantai melawai balikpapan. *Jurnal Ilmiah "dr.Aloei Saboe,* 1(2),11-18.
- Nuraini, C., Saida, S., Suryanti, S., & Nontji, M. (2020). Isolasi dan identifikasi bakteri rhizosfer tanaman jagung pada fase vegetatif dan generatif. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian,* 1(1), 24- 30.
- Oksana. Mokhamad,I. Annisa,R,F. Syukria,I,Z. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Ultisol di Kecamatan Rumbai, Pekanbaru. *Agrotechnology Research Journal.* 2(1). 22-25
- Pane R. D. P., G. E. (2022). Mikroba pelarut fosfat dan potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. *War Pus Penelit Kelapa Sawit,* 27(1):51-59.
- Purwaningsih D, & W. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Bakteri Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta L*) terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. *J Sains dan Kesehat,* 3(5):750- 759. doi:10.25026/jsk.v3i5.622.
- Rijie,K,K & Mustakim,A. (2025). Analisis Mikrobiologi Bekasam Ikan: Pengamatan dan Identifikasi Bakteri Menggunakan Teknik Pewarnaan Violet Safranin dan Iodine. Polygon : *Jurnal Ilmu Komputer dan Ilmu Pengetahuan Alam.* 3(5): 01-08
- Salsabila,Z,N. Lanny,M. Umi,Y. (2022). Pewarnaan Gram Bakteri Isolat Klinis pada Pasien ISK di RSUD Karawang. *Bandung Conference Series: Pharmacy.* 3(2): 195-202
- Sompie, I. P., Kepel, B. J., & Budiarso, F. (2016). Isolasi bakteri resisten merkuri pada urin pasien dengan tumpatan amalgam di puskesmas paniki bawah. *eBiomedik,* 4(2).
- Sonia, A. V., & Setiawati, T. C. (2022). Aktivitas bakteri pelarut fosfat terhadap peningkatan ketersediaan fosfat pada tanah masam. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi,* 15(1), 44-53.
- Suharjo. (2019). *Sistem Pertanian Berkelanjutan (Model Pengelolaan Tanaman)*. Surabaya: Media Sahabat Cendekia (MSC).
- Suhartantia,M. Purbowatiningrum,RS. Agustina L. N. A. (2010). Studi Filogeni dan Uji Potensi Enzim Ekstraseluler (amilase, β galaktosidase, protease, katalase) Isolat

- Alicyclobacillus* sp. Gedong Songo. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 13 (3) : 80 – 87
- Wandita R. H, P. S. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Pelarut Fosfat dan Penghasil Hidrogen Cyanide (HCN) dari Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* L). *Bioma Berk Ilm Biol*, 20(1):9. doi:10.14710/bioma.20.1.9- 1.
- Widowati, T., Simarmata, R., Nuriyanah, L. N., & Lekatompessy, S. J. (2020). Aktivitas Metabolit Sekunder Pemacu Pertumbuhan dari Bakteri Endofit Asal Kunyit Putih (*Curcuma zedoaria* ROSC). *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 31(2), 97-106.
- Wulandhani, S., Wahyuni, A., & Hasyim, A. (2024). PEWARNAAN GRAM ISOLAT BAKTERI DARI LIMBAH BIOMEDIS CAIR RUMAH SAKIT UNHAS DENGAN METODE ZIEHL NEELSEN. *Jurnal Biogenerasi*, 10(1), 70-75.
- Yety, E,S,S. Fitrotin,A. Michael,V,L,T. Endah,P. Nurbidayah. Dian,R,W. Rohayati. Rima,A,W,A. Fera,S. Suryani,M. Florence,S. Mazidah,N,I. Chylen,S,R. Mulya,F. Kasmudin,D. Yulia,R,D. Mizan,S. Sanatang. Venny,P. Anindita,R,A. Ni,P,S,P,D. (2025). BAKTERIOLOGI 1. Cilacap: PT MEDIA PUSTAKA INDO
- Yuniawati, R., & Akhdiya, A. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Endofit Nilam (*Pogostemon cablin* B.) sebagai Kandidat Biostimulan Pertumbuhan Tanaman. *Buletin Plasma Nut*