

SKRIPSI

**SELEKSI KANDIDAT FORMULA PUPUK HAYATI
UNTUK TANAMAN JATI PUTIH (*Gmelina arborea*
Roxb)**

**Disusun dan Diajukan Oleh :
GRASELA RESKI PAINTIK
M011 19 1285**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**SELEKSI KANDIDAT FORMULA PUPUK HAYATI UNTUK
TANAMAN JATI PUTIH (*Gmelina arborea* Roxb)**

**GRASELA RESKI PAINTIK
M011 19 1285**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 04 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Ir. Mukrimin, S.Hut., M.P., Ph.D., IPU
NIP. 197802092 00812 1 002



Dr. Rahayu Fitriani Wangsa Putri, M.Si
NIP. 19890507 20152 2 002

Ketua Prodi Kehutanan



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P
NIP. 19680410 199512 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Grasea Reski Paintik
NIM : M011191285
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulisan saya berjudul

“SELEKSI KANDIDAT FORMULA PUPUK HAYATI UNTUK TANAMAN
JATI PUTIH (*Gmelina arborea* Roxb)”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 04 Agustus 2023

Yang menyatakan



Grasea Reski Paintik

ABSTRAK

GRASELA RESKI PAINTIK (M011 19 1285) Seleksi Kandidat Formula Pupuk Hayati Untuk Tanaman Jati Putih (*Gmelina arborea Roxb*) dibawah bimbingan Mukrimin dan Rahayu Fitriani Wangsa Putrie.

Tanaman jati putih dikenal sebagai tumbuhan cepat tumbuh daur 7 tahun. Pertumbuhan jati putih dapat dioptimalkan melalui pemupukan dengan menggunakan pupuk hayati. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan isolat bakteri sebagai formula pupuk hayati, menguji viabilitas inokulan, membuat formulasi pupuk hayati dan menguji keefektifan pupuk hayati pada tanaman jati putih. Prosedur penelitian ini meliputi peremajaan isolat bakteri, peremajaan jamur, uji antagonis bakteri dan bakteri, uji antagonis bakteri dan jamur, uji toleran kekeringan, membuat media pembawa, membuat formula pupuk, melakukan pengenceran bertingkat, uji viabilitas dan pengaplikasian pupuk. Parameter pertumbuhan yang digunakan yaitu tinggi tanaman, diameter tanaman dan jumlah daun. Hasil penelitian ini menunjukkan isolat bakteri yang di gunakan teruji tidak antagonis sehingga dapat di gunakan sebagai formula pupuk hayati sedangkan jamur teruji antagonis terhadap bakteri, uji viabilitas pupuk hayati menunjukkan jumlah koloni bakteri pada pupuk hayati padat maupun pupuk hayati semi cair sebanyak 10^8 cfu/ml yang telah sesuai dengan standar baku mutu kementan, dan pemberian pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter dan jumlah daun tanaman jati putih.

Kata Kunci : Isolat, Formula Pupuk Hayati, Jati Putih

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan anugerah, berkat, kekuatan dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Seleksi Kandidat Formula Pupuk Hayati Untuk Tanaman Jati Putih (*Gmelina arborea* Roxb)**”, guna memenuhi syarat dalam menyelesaikan Pendidikan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian juga dalam proses penyusunan skripsi ini, terutama kepada bapak **Ir. Mukrimin, S.Hut., M.P., Ph.D., IPU** dan Ibu **Dr. Rahayu Fitriani Wangsa Putrie, M.Si** selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing serta memberi arahan dalam penyusunan skripsi ini.

Terkhusus salam hormat dan kasih sayang kepada orang tua tercinta, Ayahanda **Zakaria** dan Ibunda **Selfina Mangiwa** serta saudara saya **Rein** dan **Tono** yang mencurahkan kasih sayang, perhatian, pengorbanan, doa dan motivasi yang kuat serta segala jerih payahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Ibu **Dr. Ir. Siti Halimah Larekeng, S.P., M.P** dan Ibu **Dr. Astuti, S.Hut, M.Si, IPU** selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran, bantuan serta koreksi dalam penyusunan skripsi ini.
2. Seluruh **Pegawai Kelompok Riset Interaksi Mikroba Tanaman Badan Riset dan Inovasi Nasional** yang telah meluangkan waktu dan perhatian dalam penyelesaian penelitian.
3. Seluruh **Dosen Pengajar** dan **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.
4. Kak **Reisha** yang begitu sangat membantu dari awal perkuliahan sampai akhir perkuliahan ini.

5. Sahabat saya **Aurin Ivana Putri Pata' Tammu, Regina Tiku Langi** dan **Naftalia Ekasaputri** saya ucapkan banyak terima kasih untuk segala bantuan, motivasi selama masa perkuliahan, mengerjakan penelitian dan penyusunan skripsi. Suka duka di masa perkuliahan hingga masa akhir perkuliahan adalah hal yang selalu penulis syukuri dan akan selalu menjadi hal yang menyenangkan.
6. Teman saya **Winnie** yang juga memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Rekan-rekan **Bioteknologi 19** terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.

Dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik, saran dan koreksi yang membangun dari berbagai pihak sehingga akan menjadi masukan bagi penulis di masa yang akan datang dan penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata kiranya skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak.

Makassar, 01 Agustus 2023



Grasela Reski Paintik

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Jati Putih (<i>Gmelina arborea</i> Roxb.)	3
2.2 Pupuk Hayati.....	4
2.2.1 Jenis dan Fungsi Pupuk Hayati.....	4
2.3 Syarat Isolat sebagai Kandidat Pupuk Hayati	6
METODE PENELITIAN	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.2.1 Alat	9
3.2.2 Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	10
3.3.1 Peremajaan Isolat Bakteri dan Cendawan	10
3.3.2 Uji Antagonis Antar Isolat Kandidat Formula	11
3.3.3 Uji Toleran Kekeringan Bakteri Endofit Pemacu Pertumbuhan.....	11
3.3.4 Media Pembawa (Carrier)	12
3.3.5 Starter 10%	12
3.3.6 Formulasi Pupuk dan Uji Viabilitas Bakteri dalam Formulasi Media	12

3.3.7 Aplikasi Pupuk hayati	13
3.3.8 Variabel Pengamatan	14
3.3.9 Analisis Data	14
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Peremajaan Isolat Bakteri dan Jamur.....	16
4.1.1 Peremajaan Isolat Bakteri.....	16
4.1.2 Peremajaan Jamur	16
4.2 Uji Antagonis antar Isolat Kandidat Formula	17
4.2.1 Uji Antagonis Isolat Bakteri dan Bakteri pada media NA	17
4.2.2 Uji Antagonis Isolat Bakteri dan Jamur pada media NA dan PDA	19
4.3 Uji Ketahanan bakteri terhadap kekeringan (optical density.....)	21
4.4 Uji Viabilitias (Pengenceran Bertingkat).....	22
4.5 Uji Analisis Ragam.....	23
4.5.1 Tinggi Tanaman.....	23
4.5.2 Diameter Tanaman.....	25
4.5.3 Jumlah Daun.....	27
PENUTUP	29
5.1 Kesimpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Mekanisme Pelarutan Fosfat Oleh Mikroba Pelarut Fosfat (Raharjo et al., 2007).	5
Gambar 2.	Ilustrasi Prosedur Penelitian.	10
Gambar 3.	Isolat Bakteri yang di Gunakan (a) CGKDT 1, (b) DCM 2.1.2 dan (c) MCBT 2.	16
Gambar 4.	Hasil Peremajaan Isolat Jamur. (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang.	17
Gambar 5.	Hasil Uji Antagonis Bakteri dan Bakteri (a) MCBT 2 Vs CGKDT 1, (b) DCM 2.1.2 Vs CGKDT 1, dan (c) MCBT 2 Vs DCM 2.1.2.	18
Gambar 6.	Hasil Uji Antagonis Bakteri dan Jamur pada Media NA (a) DCM 2.1.2 Vs <i>Penicillium citrinum</i> , (b) CGKDT 1 Vs <i>Penicillium citrinum</i> , (c) MCBT 2 Vs <i>Penicillium citrinum</i>	20
Gambar 7.	Hasil Uji Antagonis Bakteri dan Jamur pada Media PDA (a) DCM 2.1.2 Vs <i>Penicillium citrinum</i> , (b) CGKDT 1 Vs <i>Penicillium citrinum</i> , (c) MCBT 2 Vs <i>Penicillium citrinum</i>	20
Gambar 8.	Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman Jati Putih dengan Perlakuan Berbagai Jenis Pupuk.	23
Gambar 9.	Grafik Hasil Uji Beda Nyata Berbagai Perlakuan terhadap Tinggi Tanaman Jati Putih.	24
Gambar 10.	Grafik Pertumbuhan Diameter Jati Putih dengan Perlakuan Berbagai Jenis Pupuk.	25
Gambar 11.	Grafik Hasil Uji Beda Nyata Berbagai Perlakuan terhadap Diameter Tanaman Jati Putih.	26
Gambar 12.	Grafik Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Jati Putih dengan Perlakuan Berbagai Jenis Pupuk.	27
Gambar 13.	Grafik Hasil Uji Beda Nyata Berbagai Perlakuan terhadap Jumlah Daun.	28

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Hasil uji antagonis isolat bakteri dan bakteri pada media NA.....	17
Tabel 2.	Uji antagonis isolat bakteri dan jamur.....	19
Tabel 3.	Nilai absorbansi isolat 0 MPa dan PEG -0,73 MPa dalam ketahanannya terhadap kekeringan	21
Tabel 4.	Hasil Uji Viabilitas Pupuk Hayati.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Alat yang digunakan dalam penelitian.	34
Lampiran 2.	Bahan untuk Pembuatan Media.	34
Lampiran 3.	Peremajaan Bakteri dan Jamur.	35
Lampiran 4.	Bahan Untuk Pembuatan Formula Semi Cair.	35
Lampiran 5.	Pembuatan Pupuk Semi Cair.	35
Lampiran 6.	Pemeliharaan Tanaman.	35
Lampiran 7.	Hasil Analisis Ragam.	36

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gmelina arborea Roxb. dikenal dengan nama gmelina atau jati putih. Tanaman ini tergolong ke dalam salah satu jenis tanaman berdaun lebar yang termasuk jenis tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) dengan daur tujuh tahun. Tinggi pohon gmelina dapat mencapai 30 meter dengan batang bebas cabang dapat mencapai 15 meter. *Gmelina* mudah ditanam pada berbagai ketinggian serta berbagai jenis tanah. Syarat tumbuh gmelina dapat dibudidayakan pada ketinggian 600 mdpl dengan curah hujan 800-4.500 m/tahun (Mulyana & Asmarahman, 2010). Kayu gmelina dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri kayu, seperti papan partikel, inti kayu lapis, korek api, peti kemas, kerajinan serta industri pulp dan kertas (Kosasih & Danu, 2013).

Penyakit yang ditemukan pada bibit gmelina diantaranya yaitu penyakit layu dan mati pada saat bibit berumur 1,5 bulan yang dicirikan dengan tidak adanya bau walaupun akar bibit membusuk. Penyakit ini disebabkan oleh serangan cendawan patogen *Fusarium* sp. dan menurunkan populasi gmelina sebesar 4.13% di persemaian (Nuraen et al., 2018). Selain itu, penyakit bercak daun yang diakibatkan oleh jamur *Phomosis* sp. dan penyakit munculnya lawar pada daun akibat jamur *Phytophthora* sp. juga ditemukan pada tanaman gmelina (Zulkaidhah et al., 2023) Timbulnya penyakit ini disebabkan oleh minimnya perawatan pada tanaman *Gmelina* sehingga mempengaruhi tingginya intensitas serangan penyakit, juga disebabkan karena kedua jamur tersebut di atas tergolong ke dalam jamur yang sporanya mudah menyebar melalui angin, air, hujan bahkan oleh manusia sendiri sehingga penyakit dari tanaman yang terserang dapat menular dengan mudah ke tanaman yang sehat (Pinaria, 2023).

Penanaman tanaman gmelina memerlukan pemupukan yang bertujuan untuk mencukupi atau menambah zat-zat hara yang dibutuhkan oleh tanaman agar pertumbuhan menjadi baik. Pupuk hayati adalah kultur mikroba yang dapat digunakan sebagai inokulan untuk meningkatkan kesuburan dan produktivitas

tanaman dan tanah. Inokulan mengandung sel hidup atau bersifat dorman yang dapat diaplikasikan ke tanah atau benih (Widowati et al., 2020). Menurut FNCA *Biofertilizer Project Group* (2006) pupuk hayati merupakan substansi yang mengandung mikroorganisme hidup yang mengkolonisasi rizosfer atau bagian dalam tanaman dan memacu pertumbuhan dengan jalan meningkatkan pasokan ketersediaan hara primer dan/atau stimulus pertumbuhan tanaman target, bila dipakai pada benih, permukaan tanaman, atau tanah.

Pupuk hayati berperan menjaga lingkungan tanah melalui fiksasi N pada tanah yang kaya jenis mikro dan makro-nutrisi, pelarutan P dan kalium atau mineralisasi, pelepasan zat pengatur tumbuh tanaman, serta produksi antibiotik dan *biodegradasi* bahan organik (Sinha et al., 2014). Keunggulan lain dari pupuk hayati ialah mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah melalui mikroorganisme dalam pupuk hayati yang melakukan dekomposisi dan mineralisasi hara dari bahan organik tanah, pelarutan hara dari unsur anorganik yang kompleks, memperbaiki sifat fisik tanah, memperbaiki agregat tanah, menghasilkan zat pemacu tumbuh dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Kartikawati et al., 2017).

Pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman gmelina belum banyak diketahui. Hal ini dibuktikan dengan kurangnya penelitian yang memuat mengenai pengaruh pupuk hayati terhadap gmelina. Data ilmiah yang ada yaitu respon pertumbuhan bibit dengan pemberian pupuk kimia yang dilakukan oleh (Purnawati 2015) dan pemberian pupuk organik yang dilakukan oleh (Santosa et al., 2013). Penelitian lanjutan mengenai respon pertumbuhan bibit gmelina dengan pemberian pupuk hayati perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas bibit sehingga dapat menjamin pertumbuhan bibit yang baik di lapangan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji kemampuan isolat bakteri dan jamur sebagai formula pupuk hayati, menguji viabilitas inokulan, membuat formulasi pupuk hayati dan menguji keefektifan pupuk hayati pada tanaman gmelina.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jati Putih (*Gmelina arborea* Roxb.)

Gmelina termasuk tanaman penghasil kayu yang produktif. Secara alami, *gmelina* tumbuh di daerah tropis yang tersebar di Asia Selatan hingga Asia Tenggara dan telah ditanam di negara yang beriklim tropis seperti Indonesia, Malaysia dan Filipina. (Kosasih & Danu, 2013). Menurut Tjitrosoepomo (2004), sistematika kayu adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnolipsida*

Famili : *Lamiaceae*

Genus : *Gmelina*

Spesies : *Gmelina arborea* Roxb.

Tanaman *gmelina* dapat tumbuh di daerah dengan musim kering agak panjang yaitu berkisar 3-6 bulan per tahun. Daerah-daerah yang banyak ditumbuhi *gmelina* umumnya bertekstur tanah sedang dengan reaksi netral hingga asam. Pohon *gmelina* tingginya dapat mencapai 45 m dengan panjang bebas cabang dapat mencapai 15-20 m, dan diameter dapat mencapai 220 cm. Bentuk batang bulat dan lurus. Daunnya berukuran bulat dan sedikit berbulu, bagian yang terlebar terdapat dibawah tengah-tengah helai daun dengan warna daun hijau kekuningan (Safaruddin, 2019).

Kayu *gmelina* memiliki warna putih kekuningan dengan kulit berserat halus dan warna abu-abu, kegunaan dari kayu ini adalah untuk bahan konstruksi, *furniture*, *pulp* alat pertukangan dan lain sebagainya. Selain itu, akar dan kulitnya memiliki khasiat sebagai obat pencahar dan obat cacing, meningkatkan nafsu makan, dan menurunkan demam. Ekstrak daunnya juga dapat digunakan untuk meringankan sakit kepala, sementara buahnya dapat dipakai untuk mengobati penyakit kusta (Safaruddin, 2019).

2.2 Pupuk Hayati

Pupuk hayati merupakan mikroba hidup yang diberikan ke dalam tanah sebagai inokulan untuk membantu tanaman memfasilitasi atau menyediakan unsur hara tertentu bagi tanaman (Noviana & Raharjo, 2009). Pemanfaatan pupuk hayati dilakukan berdasarkan respon positif terhadap peningkatan efektifitas dan efisiensi pemupukan sehingga dapat menghemat biaya pupuk dan penggunaan tenaga kerja (Moelyohadi et al., 2012). Suplai sebagian unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dilakukan oleh bakteri rhizosfer yang mempunyai kemampuan menambat N dari udara dan bakteri pelarut fosfat (P) yang dapat menambat P di dalam tanah menjadi unsur P yang tersedia bagi tanaman, sehingga dapat menghemat penggunaan pupuk kimia.

2.2.1 Jenis dan Fungsi Pupuk Hayati

Produk pupuk hayati bisa tunggal atau majemuk, yang terdiri dari dua atau lebih jenis mikroba yang umumnya disebut konsorsia mikroba. Berdasarkan fungsinya, pupuk hayati dibedakan sebagai berikut :

a. Pupuk hayati penambat nitrogen

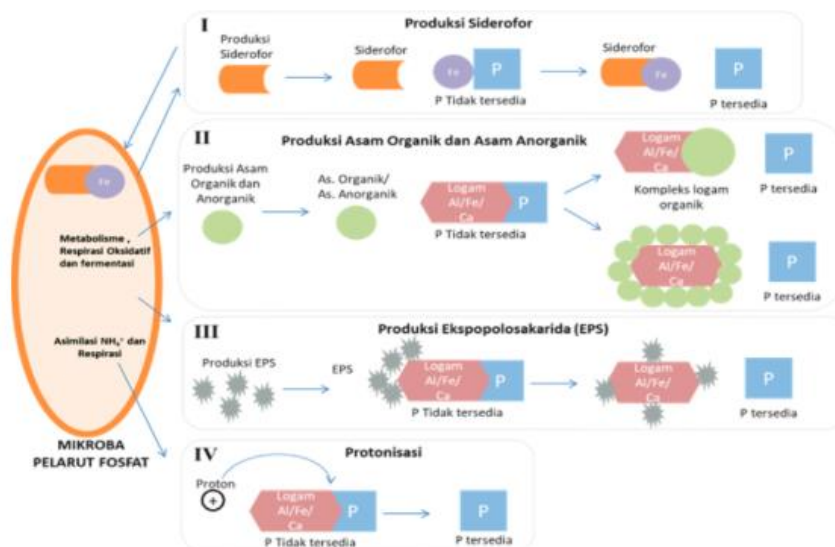
Pupuk hayati penambat nitrogen mengandung mikroba yang mampu mengikat senyawa nitrogen dari udara, kemudian dengan proses biologi di dalam tanah senyawa nitrogen tersebut dapat digunakan oleh tanaman. Mikroba penambat nitrogen ada yang bersimbiosis dengan tanamannya seperti bakteri *Rhizobium*, dan ada yang non-simbiosis seperti beberapa jenis bakteri *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum*, dan *Bacillus megaterium* (Suwahyono, 2011).

b. Pupuk hayati pelarut fosfat

Pupuk hayati pelarut fosfat mengandung mikroba yang mampu meluruhkan unsur fosfat yang terikat didalam tanah sebagai senyawa organik. Mikroba pelarut fosfat ada yang bersifat simbiosis dan non-simbiosis seperti mikroba penambat nitrogen. Mikroba akan mengeluarkan senyawa asam dan melepas ikatan fosfat sehingga dapat diserap oleh tanaman. Penelitian yang dilakukan (Suwahyono, 2011) menunjukkan bahwa inokulan mikroba dapat menyumbangkan sekitar 20-

25% kebutuhan fosfat bagi tanaman. Jenis fungi seperti mikoriza dapat bersimbiosis dengan akar tanaman dan bakteri, seperti *Bacillus polymyxa*, *Pseudomonas striata*, *Aspergillus awamori*, dan *Penicillium digitatum* yang diketahui mampu melarutkan bentuk P tidak larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Noor et al., 2021). Tanaman menyerap fosfor dalam jumlah besar dalam bentuk ion-ion ortofosfat yaitu $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ dan HPO_4^{2-} . Kadar dan jumlahnya didalam tanah masing-masing tergantung pada pH tanah. (Ritonga & Sembiring, 2015).

Mikroba pelarut P dalam aktivitasnya akan membebaskan sejumlah asam-asam organik, seperti asam sitrat, glutamate, suksinat, laktat, oksalat, glioksalat, malat, fumarat, dan tartarat. Peningkatan asam-asam organik tersebut biasanya diikuti dengan penurunan pH yang tajam, sehingga berakibat terjadinya pelarutan Ca-Fosfat. Penurunan Ph juga mengakibatkan kecenderungan Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , dan Al^{3+} untuk membentuk khelat (kompleks yang stabil) dengan asam-asam organik juga menyebabkan terjadinya pembebasan P menjadi larut (Raharjo et al., 2007). Mekanisme pelarutan fosfat oleh mikroba pelarut fosfat dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Mekanisme Pelarutan Fosfat Oleh Mikroba Pelarut Fosfat (Raharjo et al., 2007).

c. Pupuk Hayati pelarut bahan organik

Pupuk hayati pelarut bahan organik, mengandung mikroba yang mampu memecah senyawa organik kompleks didalam tanah menjadi senyawa yang lebih sederhana atau membentuk senyawa lain. Mikroba pelarut bahan organik pada umumnya ada karena proses biologi yang sinergi, yaitu proses fermentasi, pembusukan, dan sintesis.

Fungsi lain dari pupuk hayati peluruh bahan organik adalah sebagai pembenah tanah (*soil reconditioner*), merubah kondisi fisik tanah, menjadikan tanah sebagai agregat yang stabil, meningkatkan permeabilitas dan tingkat aerasi tanah, serta meningkatkan kandungan biokimia tanah yang kaya akan senyawa nutrient anorganik, asam amino, karbohidrat, vitamin, dan bahan bioaktif lainnya yang secara langsung atau tidak langsung dapat memacu pertumbuhan tanaman serta meningkatkan hasil dan kualitas panen (Suwahyono, 2011). Contoh mikroba yang berperan dalam penguraian bahan organik tanah adalah *Lactobacillus sp*, *Cellulomonas sp*, dan *Bacillus sp*.

d. Pupuk hayati pemacu pertumbuhan dan pengendali penyakit.

Pupuk hayati pemacu pertumbuhan dan pengendali hayati, mengandung mikroba yang mampu menstimulasi pertumbuhan dan melindungi sistem perakaran tanaman serta meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit (Chet et al., dalam Suwahyono, 2011). Bakteri kelompok *Bacillus sp*. (bakteri selulolitik) menghasilkan zat antibiotik, sehingga bakteri ini dapat membantu tanaman dalam mengendalikan serangan patogen tanaman. Selain itu, *Pseudomonas fluorescens* menghasilkan antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan patogen, terutama patogen tular tanah dan mempunyai kemampuan mengkoloni akar tanaman.

2.3 Syarat Isolat sebagai Kandidat Pupuk Hayati

Pupuk hayati sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambah hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman, yang dapat berlangsung melalui peningkatan akses tanaman terhadap hara misalnya oleh cendawan mikoriza arbuskuler, pelarutan

oleh mikroba pelarut fosfat, maupun perombakan oleh fungi, aktinomiset atau cacing tanah. Penyediaan hara ini dapat berlangsung melalui hubungan simbiotis atau nonsimbiotis (Simanungkalit et al., 2006).

Kunci sukses pembuatan pupuk hayati terletak pada kemampuan identifikasi dan karakterisasi mikroorganisme unggulan dan kompatibel jika diformulasikan sebagai pupuk hayati. Syarat mikroorganisme yang digunakan sebagai pupuk hayati adalah mampu memacu pertumbuhan tanaman, menambat nitrogen, melarutkan fosfat dan menghambat pertumbuhan penyakit tanaman. Keberadaan mikroba dalam pupuk hayati dapat berupa tunggal ataupun gabungan beberapa jenis mikroba yang disebut dengan konsorsium mikroba (Yuliar 2006 dalam Sudiarti 2017). Konsorsium mikroba mengandung isolat yang harus saling kompatibel agar menghasilkan efisiensi perombakan nutrisi yang lebih tinggi selama proses pengolahan pupuk hayati (Asri & Zulaika, 2016).

Kemajuan dibidang bioteknologi memungkinkan identifikasi dan karakterisasi dapat dilakukan pada tingkat molekuler sehingga akurasi informasi yang diperoleh terjamin. Kajian pada tingkat molekuler menyebabkan bias data dapat dihindari karena pengaruh lingkungan sangat kecil (Sriwahyuni & Parmila, 2019). Jenis mikroba yang teridentifikasi juga dapat dibuktikan keunggulannya. Salah satu mikroba yang telah teridentifikasi adalah *Bacillus* sp. yang terbukti keunggulannya dapat dimanfaatkan sebagai penyuburan tanaman karena menghasilkan gas nitrogen dan menghasilkan enzim triptonase yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan zat hara tumbuhan (Khoiriah, 2012).

Identifikasi bakteri pada tingkat molekuler dapat dilakukan dengan menggunakan metode salah satunya adalah analisis 16s rRNA. Metode ini baik digunakan untuk menentukan taksonomi, filogeni (hubungan evolusi) serta memperkirakan jarak keragaman antar spesies (*rates of species divergence*) bakteri. Perbandingan sekuens rRNA dapat menunjukkan hubungan evolusi antar organisme (Rinanda, 2011). Keunggulan dari analisis 16S rRNA ini adalah (Noer, 2021) :

1. Mengidentifikasi bakteri langka dan bakteri-bakteri yang memiliki profil fenotipik yang unik

2. Mengidentifikasi bakteri yang memiliki pertumbuhan lambat (seperti *Mycobacterium*) yang mungkin memakan waktu 6-8 minggu untuk tumbuh dalam kultur.
3. Mendeteksi bakteri yang tidak dapat dikultur dan mendiagnosis infeksi yang disebabkan.

Mikroorganisme dalam pupuk hayati yang digunakan dalam bentuk inokulan dapat mengandung hanya satu strain tertentu atau monostrain tetapi dapat pula mengandung lebih dari satu strain atau multistrain. Strain-strain pada inokulan multistrain dapat berasal dari satu kelompok inokulasi silang (*cross-inoculation*) atau lebih. Perkembangan teknologi memungkinkan terjadinya proses produksi inokulan yang mengandung lebih dari satu spesies atau lebih dari satu kelompok fungsional mikroba, dimana sebelumnya hanya dikenal inokulan yang mengandung satu kelompok fungsional mikroba (pupuk hayati tunggal). (Sriwahyuni & Parmila, 2019). Beberapa jenis mikroba yang berpotensi untuk digunakan sebagai pupuk hayati, yaitu *Actinoplanes*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Amorphosporangium*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Cellulomonas*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Gluconacetobacter*, *Microbacterium*, *Micromonospora*, *Pseudomonas*, *Rhizobia*, *Serratia*, *Streptomyces*, *Xanthomonas*. Bakteri ini hidup baik di daerah sekitar perakaran tanaman (rhizosfer), sehingga sering juga disebut sebagai rhizobakteri (Aeron et al., 2011).