

**KARAKTERISASI DAN UJI POTENSI BAKTERI PELARUT
FOSFAT DARI RHIZOSFER MANGROVE TERHADAP
PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*)**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

NANDA ANASTIA

NIM. 170703067

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry
Program Studi Biologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM - BANDA ACEH
2022 M / 1443 H**

**KARAKTERISASI DAN UJI POTENSI BAKTERI PELARUT
FOSFAT DARI RHIZOSFER MANGROVE TERHADAP
PERTUMBUHANTANAMAN JAGUNG (*Zea mays*)**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Biologi

Oleh:

**NANDA ANASTIA
NIM. 170703067**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Biologi

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Syafrina Sari Lubis, M. Si
NIP: 198004252014032001

Pembimbing II,



Diannita Harahap, M. Si
NIP: 198703222015032004

**KARAKTERISASI DAN UJI POTENSI BAKTERI PELARUT
FOSFAT DARI RHIZOSFER MANGROVE TERHADAP
PERTUMBUHANTANAMAN JAGUNG (*Zea mays*)**

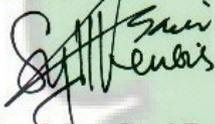
SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Biologi

Pada Hari/Tanggal : Senin, 10 Januari 2022
8 Jumadil Akhir 1443

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



Syafrina Sari Lubis, M. Si
NIDN. 2025048003

Sekretaris,



Raudhah Hayatillah, M. Sc
NIDN. 2025129302

Penguji I,



Arif Sardi, M.Si
NIDN. 2019068601

Penguji II



Muslich Hidayat, M. Si
NIDN. 2002037902

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Azhar Amsal, M. Pd
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH / SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nanda Anastia
NIM : 170703067
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 10 Januari 2022

Yang Menyatakan,



Nanda Anastia

ABSTRAK

Nama : Nanda Anastia
NIM : 170703067
Progran Studi : Biologi
Judul : Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*)
Tanggal Sidang : 10 Januari 2022
Tebal Skripsi : 106 halaman
Pembimbing I : Syafrina Sari Lubis, M. Si
Pembimbing II : Diannita Harahap, M. Si
Kata Kunci : Bakteri Pelarut Fosfat (BPF), Mangrove, Tanaman Jagung.

Mangrove merupakan suatu ekosistem yang banyak dihuni oleh berbagai macam mikroorganisme salah satunya bakteri pelarut fosfat yang dapat diisolasi dari rhizosfer mangrove. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) yang bertujuan untuk mendapatkan isolat Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dan uji potensi terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Diperoleh 9 isolat BPF gram positif dan 1 BPF gram negatif, seluruh isolat berbentuk batang. Hasil uji morfologi dan biokimia menunjukkan 9 isolat bakteri merupakan golongan genus *Bacillus* yaitu dengan kode SPB 1, SPB 2, SPB 3, SPB 4, SPB 5, SPB 7, SPB 8, SPB 9, SPB 10 dan genus *Pseudomonas* yaitu dengan kode SPB 6. Pengujian nilai indeks kelarutan fosfat (IKF) di dapatkan bakteri dengan nilai IKF tertinggi sebesar 33 mm dan 23,25 dengan kode isolat SPB 1 dan SPB 6. Nilai IKF sedang yaitu 17,8 mm dan 11,6 mm dengan kode isolat SPB 3 dan SPB 5. Nilai IKF terendah yaitu sebesar 7,33 mm, 6,4 mm, 5 mm, 4,7 mm, 4,2 mm dan 2,8 mm dengan kode isolat SPB 2, SPB 10, SPB 7, SPB 8, SPB 9, dan SPB 4. Isolat bakteri yang mempunyai nilai IKF tertinggi diinokulasikan pada media tanah untuk pertumbuhan tanaman jagung. Bakteri pelarut fosfat signifikan mampu mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman jagung, akan tetapi tidak signifikan mempengaruhi panjang akar, jumlah daun, berat basah akar dan berat kering akar.

ABSTRACT

Name : Nanda Anastia
NIM : 170703067
Study Program : Biology
Title : Characterization and Potential Test of Phosphate Solubilizing Bacteria From Mangrove Rhizosphere Against Plant Growth Corn (*Zea mays*)
Keywords : Phosphate Solubilizing Bacteria (BPF), Mangroves, Corn Plants

Manrives are an ecosystem that is inhabited by various kinds of microorganisms, one of which is phosphate solubilizing bacteria that can be isolated from the mangrove rhizosphere. This study used a completely randomized design method which aims to obtain isolates of Phosphate Solubilizing Bacteria (BPF) and test the potential for the growth of corn plants. There were 9 isolates of gram positive BPF and 1 gram negative BPF, all isolates were rod-shaped. The results of morphological and biochemical tests showed that 9 bacterial isolates belonged to the genus *Bacillus*, namely with the code SPB 1, SPB 2, SPB 3, SPB 4, SPB 5, SPB 7, SPB 8, SPB 9, SPB 10 and the genus *Pseudomonas* with code SPB 6. Testing the value of the phosphate solubility index (IKF) found bacteria with the highest IKF values of 33 mm and 23.25 with isolate codes SPB 1 and SPB 6. Medium IKF values are 17.8 mm and 11.6 mm with isolate codes SPB 3 and SPB 5. The lowest IKF values were 7.33 mm, 6.4 mm, 5 mm, 4.7 mm, 4.2 mm and 2.8 mm with isolate codes SPB 2, SPB 10, SPB 7, SPB 8, SPB 9, and SPB 4. Bacterial isolates that had the highest IKF values were inoculated on soil media for maize plant growth. Phosphate solubilizing bacteria were able to significantly affect the growth of corn plant height, but did not significantly affect root length, number of leaves, root wet weight and root dry weight.

KATA PENGANTAR

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesempatan, kekuatan dan petunjuk-Nya dalam menyelesaikan Skripsi sebagai Tugas Akhir persyaratan untuk mengikuti sidang munaqasyah skripsi. Shalawat dan salam penulis tujukan kepada Nabi Muhammad SAW yang mencintai umatnya tanpa memilih dan persyaratan.

Adapun judul skripsi yang saya ajukan yaitu **“Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*)”**. Penulis menyadari bahwa terselesainya penulisan skripsin dengan adanya bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih banyak kepada:

1. Bapak Dr. Azhar Amsal, M. Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Arif Sardi, M. Si, selaku Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Kamaliah, M. Si, selaku Sekretaris Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
4. Ibu Syafrina Sari Lubis, M. Si, selaku Penasehat Akademik dan Dosen Pembimbing I Skripsi.
5. Ibu Diannita Harahap, M. Si, selaku Dosen Pembimbing II Skripsi.
6. Bapak Muslich Hidayat, M. Si, selaku Dosen Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.

7. Ibu Ayu Nirmala Sari, M. Si, selaku Dosen Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
8. Ibu Raudhah Hayatillah, M. Sc, selaku Dosen Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
9. Ibu/Bapak Staf prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.

Selain dari itu ucapan terima kasih penulis yang setulu-tulusnya kepada orang tua tercinta Ayahanda Abdullah MY dan Ibunda Sakdiah yang senantiasa mendukung dan mendoakan. Saudara-saudara saya, Novi Yanti, Cici Sumarni, S. KM, Fajar Ikhwan, A. Md Kesling, Jamalul Wahyu dan M. Akbar Fiqri atas dukungan dan motivasinya. Kepada teman-teman penulis Zultira Harina Roza, Amalia Maysarah, Tuti Aulia, Raihan Azmi, Lidya, Hardani, S. Pd dan teman-teman angkatan 2017 yang saat ini juga sedang dalam penyusunan tugas akhir skripsi.

Penulis menyadari bahwa Skripsi yang penulis tulis ini masih banyak kekurangan oleh sebab itu penulis harapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan skripsi ini. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi orang lain terutama untuk penulis sendiri. Bantuan ini semua dipulangkan kepada yang Maha Kuasa, Allah swt yang memberi ganjaran yang setimpal.

Banda Aceh, 10 Januari 2022
Penulis,

Nanda Anastia

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH / SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Ekologi Mangrove	9
2.2 Fosfor (P)	17
2.3 Mikroba Pelarut Fosfat	17
2.4 Karakterisasi bakteri pelarut fosfat (BPF)	19
2.5 Potensi Fosfat	20
2.6 Deskripsi Tanaman Jagung	21
2.7 Deskripsi Metode Penelitian	25
2.8 Deskripsi Daerah Lamnga	26
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Jadwal Rencana Pelaksanaan Penelitian	28
3.3 Rancangan Penelitian	29
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	29
3.5 Prosedur Kerja	29
3.5.1 Pengambilan sampel tanah	29
3.5.2 Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat	30
3.5.3 Uji Potensi Kandungan Fosfat	31
3.5.4 Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)	32
3.5.4.1 Pewarnaan Gram	32
3.5.4.2 Uji Indol	33
3.5.4.3 Uji Simmon Sitrat	33
3.5.4.4 Uji TSIA	34
3.5.4.5 Uji Katalase	34
3.5.4.6 Uji Urease	35
3.5.4.7 Uji Motilitas	35

3.5.5 Uji Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Tanaman Jagung.....	35
3.5.5.1 Penyiapan Media Tanam.....	36
3.5.5.2 Pemilihan Bibit Tanaman Jagung.....	36
3.5.5.3 Penanaman Tanaman Jagung.....	36
3.5.5.4 Penyiraman Tanaman Jagung.....	36
3.5.5.5 Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat	36
3.5.5.6 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Jagung.....	37
3.5.5.7 Parameter Yang Diukur Dalam Pertumbuhan Tanaman Jagung.....	37
3.6 Analisis Data	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Hasil Penelitian	40
4.1.1 Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove	40
4.1.2 Pengujian Kandungan Fosfat Pada Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove.....	44
4.1.3 Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung	45
4.2 Pembahasan.....	48
BAB V PENUTUP.....	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	77
RIWAYAT HIDUP PENULIS	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Morfologi <i>Acecenia marina</i>	12
Gambar 2.2	Morfologi <i>Acanthus ilicifolius</i>	14
Gambar 2.3	Morfologi <i>Rhizophora apiculata</i>	16
Gambar 2.4	Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah di Kawasan Mangrove	19
Gambar 2.5	Morfologi Jagung.....	22
Gambar 2.6	Tumbuhan Mangrove di Desa Lamnga	27
Gambar 3.1	Perakaran pada Tumbuhan Mangrove	30
Gambar 3.2	Skema Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan kode isolate SPB 1	38
Gambar 3.3	Skema Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan kode isolate SPB 6	38
Gambar 3.4	Skema Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan Kontrol Tanah	39
Gambar 3.5	Skema Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan Kontrol Pupuk SP - 36	39
Gambar 4.1	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah dari Rhizosfer Mangrove ..	40
Gambar 4.2	Morfologi Koloni Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove	41
Gambar 4.3	Pewarnaan Gram pada Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove	42
Gambar 4.5	Pengukuran Zona Bening dari Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove	44
Gambar 4.4	Pengukuran Koloni Bakteri dari Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Morfologi Koloni Rhizobakteri Pelarut Fosfat dari Tiga Sampel Tanah Rhizosfer Tumbuhan Mangrove	4
Tabel 1.2	Karakteristik Isolat Bakteri Pelarut Fosfat	4
Tabel 3.1	Jadwal Rencana Pelaksanaan Penelitian.....	28
Tabel 3.2	Indeks Kelarutan Bakteri Pelarut Fosfat	32
Tabel 4.1	Karakteristik Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove	41
Tabel 4.2	Pengujian Biokimia pada isolat bakteri asal rhizosfer Mangrove	43
Tabel 4.3	Pengukuran Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove	45
Tabel 4.4	Uji Normalitas Data Pertumbuhan Tanaman Jagung	46
Tabel 4.5	Uji Homogenitas Data Pertumbuhan Tanaman Jagung	46
Tabel 4.6	Uji Anova Dari Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman (TT) Pada Pertumbuhan Tanaman Jagung	46
Tabel 4.7	Uji Beda Nyata Terkecil	47
Tabel 4.8	Data Identifikasi Genus Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove	55
Tabel 4.9	Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Genus Bacillus sp 1	58
Tabel 4.10	Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Genus Bacillus sp 2	59
Tabel 4.11	Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Genus Bacillus sp 3	60
Tabel 4.12	Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Genus Pseudomonas	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Surat Keputusan Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh	77
Lampiran 2 : Surat Izin Penelitian	78
Lampiran 3 : Riwayat Hidup Penulis	79
Lampiran 4 : Tabel Nilai Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Jagung.....	80
Lampiran 5 : Hasil Uji Statistik SPSS.....	81
Lampiran 6 : Dokumentasi Kegiatan	82



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan hutan mangrove merupakan kawasan hutan yang terdapat di daerah pesisir pantai. Hutan mangrove yang terdapat di Indonesia memiliki luas mencapai 21% dari luas total hutan mangrove di dunia. Hutan mangrove terdiri dari vegetasi tumbuhan mangrove yang didominasi oleh berbagai jenis pohon yang dapat beradaptasi secara fisiologis terhadap salinitas yang relatif tinggi, dan struktur tanah serta pengaruh pasang surut air laut (Chandra *et al.*, 2011).

Tumbuhan mangrove merupakan tumbuhan yang hidup antara peralihan daratan dan lautan. Ada beberapa sebutan untuk tumbuhan mangrove yaitu sebagai hutan pantai, hutan payau atau hutan bakau. Mangrove sebagai hutan pantai adalah pepohonan yang tumbuh di daerah pesisir pantai dan dipengaruhi oleh ekosistem pesisir. Mangrove sebagai hutan payau atau hutan bakau merupakan pepohonan yang tumbuh di kawasan payau pada pertemuan air laut dan air payau di sekitar muara sungai (Karimah, 2017).

Ekosistem hutan mangrove merupakan habitat berbagai jenis mikroorganisme yang toleran terhadap keadaan lingkungan ekstrim yang berperan dalam melestarikan keanekaragaman hayati. Pada Ekosistem mangrove terdapat berbagai jenis biota baik biota perairan maupun biota dari darat ke laut. Salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh bagi pertumbuhan mangrove adalah kondisi salinitas. Pada umumnya tumbuhan mangrove hidup di daerah air asin maupun air payau yang mempunyai salinitas berkisar antara 11-25‰ (Basyuni *et al.*, 2018).

Tumbuhan mangrove merupakan tumbuhan yang berfungsi sebagai biofilter zat pencemar seperti mengakumulasikan logam berat. Bagian dari tumbuhan mangrove yang dapat mengakumulasikan logam berat yaitu bagian akarnya. Hal ini disebabkan oleh bagian akar tumbuhan mangrove berhubungan langsung dengan sedimen. Keberadaan logam berat diperairan dapat terakumulasi pada sedimen maupun akar mangrove. Pb dan Cu merupakan logam berat yang paling banyak ditemukan di alam (Faisal & Agus, 2010).

Selain kondisi salinitas, pH juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kehidupan tumbuhan mangrove. Nilai pH suatu perairan mencerminkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air. Nilai pH perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain aktifitas fotosintesis, aktifitas biologi, temperatur, kandungan oksigen dan adanya kation serta anion dalam perairan (Nursin *et al.*, 2014). PH tanah dengan kisaran nilai antara 6-7 merupakan pH yang sesuai untuk pertumbuhan mangrove. Lebih tingginya pH pada zona daerah transisi dapat disebabkan adanya sumbangan serasah daun, akar, batang yang jatuh ke tanah dan terkomposisi atau mengalami pelapukan dengan membentuk lapisan bahan organik (Fajar *et al.*, 2013).

Selain itu tingginya pH pada daerah berair juga disebabkan oleh kandungan sulfat tanah yang lebih rendah. Rata-rata kandungan fosfor yang terdapat di dalam tanah yaitu 0,05%, namun hanya 0,1% yang tersedia untuk tanaman (Zhu *et al.*, 2011). Ketersediaan unsur hara P yang cukup sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bagian dari tanaman seperti meningkatkan kualitas hasil dari tanaman dan memperkuat ketahanan tanaman terhadap penyakit atau hama. Oleh karena itu diperlukan adanya bakteri pelarut

fosfat sebagai pengurai unsur hara yang diperlukan oleh tanaman (Fitriatin *et al.*, 2017).

Pada kawasan mangrove memiliki kandungan fosfat yang berbeda-beda. Sebagai contoh, kandungan fosfat pada sedimen di Desa Tapak Tugurejo, Semarang tergolong klasifikasi tingkat kesuburan rendah hingga sedang, karena nilainya berkisar antara 0,31 - 3,25 mg/100g (Citra *et al.*, 2020). Menurut (Supriyantini, 2018). Kandungan fosfat 0,00 - 0,20 mg/100g diklasifikasikan sebagai kesuburan rendah, 0,21 - 0,50 mg/100 g tingkat kesuburan sedang, 0,51 - 1 mg/100 g tingkat kesuburan baik, dan nilai fosfat > 1 mg/100 g tingkat kesuburan yang sangat baik.

Menurut (Behera *et al.*, 2016), hutan mangrove berfungsi sebagai tempat perkembangbiakan untuk berbagai kelompok mikroorganisme seperti bakteri. Pentingnya keberadaan bakteri tanah ini dapat mempengaruhi sifat fisika, kimiawi, dan biologis tanah tersebut, misalnya dalam proses pembusukan yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas bakteri. Keberadaan bakteri-bakteri ini dapat ditemukan di sekitar perakaran atau rhizosfer tumbuhan mangrove (Howieson & Dilworth, 2016).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pada rhizosfer tanaman mangrove terdapat mikroba yang dapat melarutkan fosfat. Seperti pada penelitian (Oktaviani *et al.*, 2020) menunjukkan bahwa terdapat 8 isolat bakteri pelarut fosfat dari tiga sampel tanah rhizosfer tumbuhan mangrove dengan bakteri potensial pelarut fosfat yang teridentifikasi ke dalam genus *Enterobacter* (pada tabel 1).

Tabel 1.1 Morfologi Koloni Rhizobakteri Pelarut Fosfat dari Tiga Sampel Tanah Rhizosfer Tumbuhan Mangrove

Isolat	Asal Rhizosfer	Bentuk Koloni	Warna	Elevasi
EO-1	<i>Sonneratia</i> sp.	Tak beraturan	Krem	Datar
EO-2	<i>Sonneratia</i> sp.	Bulat	Transparan	Umbonate
EO-3	<i>Sonneratia</i> sp.	Tak beraturan	Transparan	Umbonate
EO-4	<i>Sonneratia</i> sp.	Oval	Krem	Datar
EO-5	<i>Sonneratia</i> sp.	Bulat	Putih susu	Umbonate
EO-6	<i>Calotropis gigantean</i>	Bulat	Kuning	Umbonate
EO-7	<i>Calotropis gigantean</i>	Bulat	Hijau	Umbonate
EO-8	<i>Calotropis gigantean</i>	Tak beraturan	Putih susu	Umbonate

Sedangkan dalam penelitian (Islamiah *et al.*, 2017) diperoleh tujuh isolat bakteri pelarut fosfat yang termasuk ke dalam lima genus, yaitu anggota genus *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia* dan *Vibrio*.

Tabel 1. 2. Karakteristik Isolat Bakteri Pelarut Fosfat

Isolat	Genus	Bentuk Makroskopis	Bentuk Mikroskopis
BR1	<i>Vibrio</i>	Bulat	Batang
BR2	<i>Pseudomonas</i>	Bulat	Batang
BR3	<i>Pseudomonas</i>	Bulat	Batang
BR4	<i>Acinetobacter</i>	Bulat	Batang
BR5	<i>Serratia</i>	Bulat	Batang
BR6	<i>Bacillus</i>	Bulat	Batang
BR7	<i>Bacillus</i>	Bulat	Batang

Salah satu bakteri pelarut fosfat yang terdapat di rhizosfer tanah yaitu *Pseudomonas fluorescens* yang mampu mengubah fosfor (P) tidak tersedia menjadi bentuk tersedia di dalam tanah melalui sekresi asam organik bakteri,

seperti formiat, asetat, propionat, laktat, glikolat, glioksilat, fumarat, tartat, ketobutirat, suksinat dan sitrat (Rohmah *et al.*, 2013).

Penggunaan bakteri pelarut fosfat untuk pertumbuhan tanaman dapat meminimalisirkan penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan. Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari makhluk hidup seperti sisa tanaman, hewan dan manusia, sedangkan pupuk anorganik merupakan pupuk yang berasal dari campuran bahan kimia tertentu sesuai penggunaan untuk tanaman (Anhar *et al.*, 2018).

Tanaman jagung merupakan salah satu dari jenis tanaman yang proses pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur P di dalam tanah. Dalam pertumbuhannya tanaman jagung merupakan tanaman yang mempunyai pertumbuhan tinggi tananam yang diperkirakan sejak pertumbuhan akar. Tumbuhan jagung termasuk jenis tanaman yang dijadikan salah satu makanan pokok oleh beberapa daerah di kawasan Indonesia. Pengelolaan jagung dapat dipengaruhi oleh jumlah tanaman per satuan luas. Selain itu penggunaan jarak tanam yang tepat yang berfungsi untuk menghindari persaingan antar tanaman dalam penyerapan air, unsur hara, penyerapan cahaya matahari, serta mengurangi persaingan dengan tumbuhan yang lain (Fadilah & Akbar, 2015).

Tanaman jagung termasuk tanaman yang membutuhkan unsur P dalam pertumbuhannya. Tanaman jagung membutuhkan P pada saat fase vegetative akhir. Fase vegetatif tanaman jagung adalah pertumbuhan yang berhubungan dengan penambahan ukuran dan jumlah sel pada suatu tanaman (Fitriatin *et al.*, 2017). Pemberian pupuk P pada tumbuhan jagung dapat dilakukan pada awal masa tanam, sedangkan pemberian pupuk susulan dapat dilakukan pada 30 – 45

hari masa tanam (Ekowati & Nasir, 2011). Pada penelitian (Lesilolo, 2012) menunjukkan bahwa penggunaan fosfat menurut tingkat pemberian dapat meningkatkan persentase daya kecambah benih jagung Hulaliu sampai pada titik maksimum dan akhirnya mengalami penurunan.

Beberapa contoh tentang penggunaan bakteri pelarut fosfat pada pertumbuhan tanaman jagung yaitu seperti dalam penelitian (Suliasih *et al.*, 2010) yang menunjukkan bahwa pemberian inokulum Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dengan konsentrasi 10^9 sebagai pupuk hayati dapat meningkatkan populasi BPF dan dapat meningkatkan aktivitas enzim fosfatase. Selain itu pada penelitian (Fadilah & Akbar, 2015) menunjukkan bahwa pemberian pupuk yang didalamnya terdapat senyawa fosfat, pada umur 15'HST tidak akan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada tanaman jagung manis, namun berpengaruh nyata pada umur 30'HST dan 45'HST terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun dari tanaman jagung manis. Oleh sebab itu, pemberian P di dalam tanah sangat mempengaruhi mikroorganisme di dalam tanah sehingga dengan adanya bantuan mikroorganisme yang dapat melarutkan fosfat di dalam tanah mampu menyediakan P tersedia di dalam tanah.

Aceh Besar merupakan salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Aceh. Kabupaten Aceh besar terdiri dari beberapa kecamatan dan desa, salah satunya yaitu Kecamatan Masjid Raya dengan luas $129,93 \text{ km}^2$ yang masih mempunyai ekosistem mangrove yang alami. Salah satu Desa yang masih banyak ditumbuhi populasi mangrove yaitu Desa Lamnga. Tumbuhan mangrove yang terdapat di Desa Lamnga masih tergolong ekosistem mangrove yang alami dengan letak lokasi berdekatan dengan pemukiman penduduk dan lahan tambak. Di Desa

Lamnga pernah dilakukan pembibitan mangrove untuk upaya melakukan reboisasi lahan mangrove yang telah terdegrasi (Kamisna, 2015). Lamnga mempunyai beberapa jenis tumbuhan mangrove seperti jenis mangrove *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora mucronata*. Keberadaan mikroba pada rhizosfer mangrove dapat menyediakan bahan organik sebagai unsur hayati untuk pertumbuhan tumbuhan mangrove tersebut (Miranti *et al.*, 2014).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “**Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*)**”. Dengan tujuan untuk menguji keberadaan bakteri pelarut fosfat pada tanah rhizosfer mangrove yang kemudian akan diujikan pada pertumbuhan tanaman jagung.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakterisasi bakteri pelarut fosfat pada rhizosfer mangrove?
2. Bagaimana potensi fosfat yang dimiliki oleh bakteri dari rhizosfer mangrove?
3. Bagaimana kemampuan bakteri pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman jagung?

1.3 Tujuan Penelitian

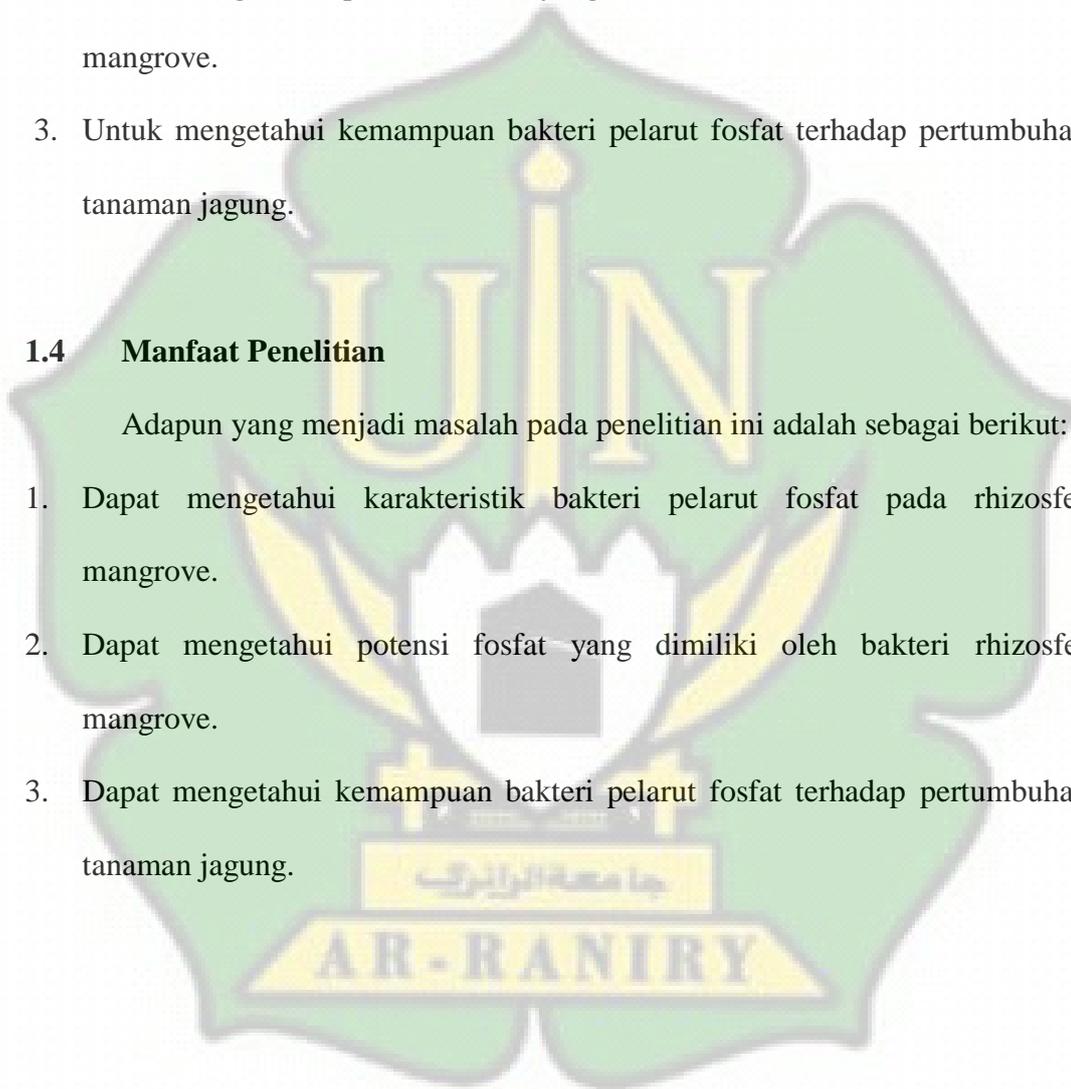
Adapun yang menjadi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui karakteristik bakteri pelarut fosfat pada rhizosfer mangrove.
2. Untuk mengetahui potensi fosfat yang dimiliki oleh bakteri dari rhizosfer mangrove.
3. Untuk mengetahui kemampuan bakteri pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman jagung.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui karakteristik bakteri pelarut fosfat pada rhizosfer mangrove.
2. Dapat mengetahui potensi fosfat yang dimiliki oleh bakteri rhizosfer mangrove.
3. Dapat mengetahui kemampuan bakteri pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman jagung.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekologi Mangrove

Mangrove merupakan salah satu tanaman yang hidup di daerah kawasan peralihan antara lautan dan daratan yang mempunyai adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan. Menurut (Donato *et al.*, 2012) ekosistem mangrove merupakan jenis ekosistem yang berada di daerah tepi pantai yang keberadaannya sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga bagian bawahnya selalu dalam kondisi yang tergenang air dan menjadi pendukung dari berbagai jenis ekosistem di sepanjang garis pantai. Ekosistem mangrove berfungsi sebagai habitat untuk berbagai jenis satwa, terutama untuk pengembangan perikanan pantai (Heriyanto & Subiandono, 2012), karena merupakan tempat untuk berkembang biak, memijah, dan membesarkan anak bagi beberapa jenis ikan, kerang, kepiting, dan udang (Kariada & Irsadi, 2014).

Tanah kawasan mangrove adalah tanah yang terdapat disekitar tumbuhan mangrove yang berfungsi untuk menunjang pertumbuhan tanaman mangrove serta memperkuat akar tanaman mangrove. Daerah mangrove merupakan daerah yang ditumbuhi oleh berbagai jenis tumbuhan mangrove yang biasanya terletak di tepi pantai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga menyebabkan adanya genangan air. Adanya kawasan pertumbuhan mangrove dapat berfungsi sebagai tempat pengembangan perikanan untuk proses perkembangbiakannya (Majid *et al.*, 2016).

Kawasan hutan mangrove mengandung mineral yang berupa hasil sedimentasi dan berbagai unsur organik seperti N, P, K, Fe, dan Mg. Sumber sedimen di kawasan mangrove sebagian besar berasal dari daratan maupun dari lautan dan sebagian lagi berasal dari tumbuhan mangrove itu sendiri yang dapat berupa timbunan guguran daun, ranting, dan organisme mati. Hasil sedimentasi yang berasal dari daratan maupun lautan akan terbawa oleh arus pasang surut di daerah tumbuhan mangrove sehingga meredam di daerah perakaran tumbuhan mangrove (Nugroho *et al.*, 2013).

Menurut (Halidah, 2014) tumbuhan mangrove dibagi ke dalam 3 kelompok mangrove yaitu kelompok mangrove mayor, kelompok mangrove minor, dan kelompok mangrove asosiasi. Mangrove mayor adalah kelompok tumbuhan mangrove yang hanya dapat hidup pada ekosistem mangrove yang tidak ditemukan di daratan, dengan kata lain kelompok mangrove mayor tersusun dari satu jenis tumbuhan saja dengan ciri khas tumbuhan yang membentuk tegakan murni. Hal ini terlihat dari karakteristik morfologi perakaran yang dimiliki oleh kelompok mangrove mayor ini, yaitu dengan sistem perakaran udara sehingga dapat membentuk tegakan murni dan dapat menstabilkan diri dengan kadar garam yang tinggi. Family yang tergolong kelompok mangrove mayor yaitu *Rhizophoraceae*, *Sonneratiaceae*, dan *Avicenniaceae*.

Kelompok mangrove minor adalah kelompok tumbuhan mangrove yang tidak memiliki ciri khas yang menonjol, biasanya mangrove jenis ini jarang membentuk tegakan murni dan hanya hidup pada tepian habitat. Family yang tergolong kelompok mangrove minor yaitu *Acrostichum*, *Aegiceras*, *Excoecaria*, *Heritiera*, *Osbornia*, *Pemphis*, *Scyphiphora*, dan *Xylocarpus*. Kelompok

mangrove asosiasi adalah kelompok tumbuhan mangrove yang terdiri dari berbagai jenis tumbuhan yang tidak hanya hidup di kawasan mangrove. Family yang tergolong kelompok mangrove asosiasi yaitu *Terminalia*, *Hibiscus*, *Thespesia*, *Calophyllum*, *Ficus*, *Casuarina*, dan lain-lain (Savira, 2015).

Menurut (Noor *et al.*, 2012) ada beberapa macam jenis spesies pohon mangrove salah satu diantaranya yaitu:

1. *Avicenia marina* merupakan jenis pohon mangrove yang sangat mudah untuk dikenali yang biasanya tumbuh di tepi lautan dan di sungai. *Avicennia marina* adalah pohon atau belukar yang tumbuh tegak dengan ketinggian mencapai 30 Meter. Mempunyai sistem perakaran yang horizontal berbentuk asparagus dan mempunyai kulit kayu yang halus dengan corak hijau biru. Morfologi dari spesies *Avicennia marina* terdiri dari bagian atas permukaan daun ditutupi bintik-bintik kelenjar berbentuk cekung. Letak daun berlawanan dengan bentuk daun yang elips dan bulat memanjang. Ujung daun meruncing hingga membundar. Bentuk bunga bergerombol muncul di ujung tandan, bau menyengat dengan nektar yang banyak. Bunga terletak di ujung ketiak tangkai. Bentuk buah membulat dan berwarna hijau agak keabu-abuan dengan ukuran buah sekitar 1,5 x 2,5 cm. manfaat dari mangrove spesies ini yaitu daun *Avicenia marina* dapat digunakan untuk mengatasi kulit yang terbakar dan dapat digunakan sebagai makanan ternak. Buah dapat dimakan, kayu menghasilkan bahan kertas berkualitas tinggi.

Klasifikasi *Avicennia marina*

Kingdom : *Plantae*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Kelas : *Magnoliopsida*
 Ordo : *Lamiales*
 Famili : *Acanthaceae*
 Genus : *Avicenia*
 Spesies : *Avicenia marina*



Gambar 2.1 Morfologi *Avicenia marina*; (a) Bunga; (b) Buah; (c) Daun dan
 (d) Pohon

Sumber: (Noor *et al.*, 2012)

2. *Acanthus ilicifolius* adalah pohon mangrove yang jarang ditemukan di daratan dengan bentuk pohon yang rendah dan kuat. Perakaran berasal dari batang horizontal sehingga membentuk bagian yang besar dan kukuh. *Acanthus ilicifolius* mempunyai nama yang lebih dikenal seperti jeruju hitam, daruyu, darulu. Pada daun mangrove jenis ini mempunyai dua sayap gagang daun yang berduri terletak pada tangkai. Permukaan daun halus, dengan tepi daun yang bervariasi, letak daun berlawanan. Dengan bentuk lanset lebar dan ujung daun meruncing dan berduri tajam. Dengan ukuran sekitar 9-30 x 4-12 cm. mempunyai mahkota bunga berwarna biru muda keunguan. Panjang tandan bunga 10-20 cm, sedangkan bunganya sendiri 5-4 cm. Bunga dari mangrove jenis ini memiliki satu daun penutup utama. Letak bunga di ujung dengan bentuk bulir. Buah muda berwarna hijau cerah dengan permukaan licin mengkilat. Mempunyai bentuk buah bulat lonjong seperti buah melinjo dengan ukuran panjang buah sekitar 2,5- 3 cm dan ukuran biji 10 mm. Manfaat dari mangrove jenis ini yaitu buah yang ditumbuk dapat digunakan sebagai “pembersih” darah serta mengatasi kulit terbakar. Perasan buah atau akar kadang-kadang digunakan untuk mengatasi racun gigitan ular atau terkena panah beracun. Biji konon bisa mengatasi serangan cacing dalam pencernaan.

Klasifikasi dari spesies *Acanthus ilicifolius* (Jeruju)

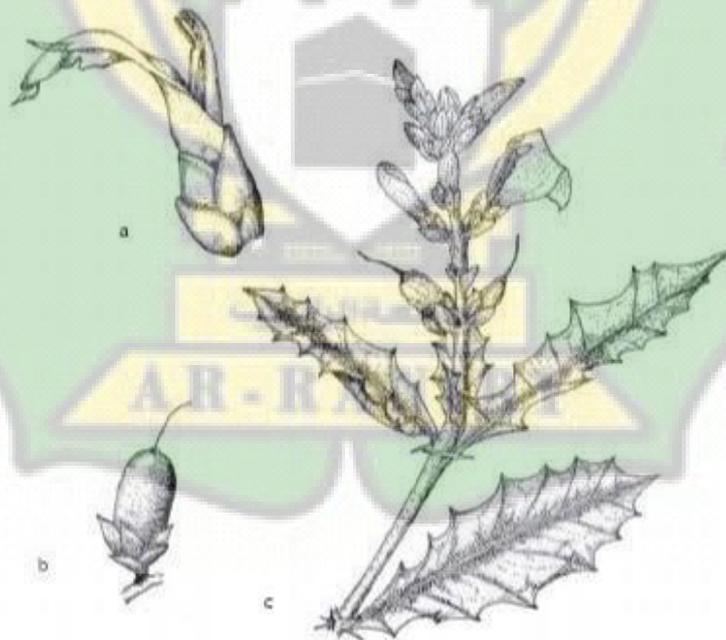
Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Ordo : *Magnoliales*
Famili : *Sonneratiaceae*
Genus : *Acanthus*
Spesies : *Acanthus ilicifolius*



daun

bunga

buah

Gambar 2.2 Morfologi *Acanthus ilicifolius*; (a) Bunga; (b) Buah dan (c) DaunSumber: (Noor *et al.*, 2012)

3. *Rhizophora apiculata* dikenal dengan nama bakau, yang umumnya tumbuh di hutan mangrove. Pohon mangrove jenis ini mempunyai ketinggian mencapai 30 meter dengan tinggi perakaran 5 meter. Memiliki akar udara yang keluar dari cabang dengan kulit kayu berwarna abu-abu, daun mempunyai kulit pada bagian luarnya dengan warna hijau tua dan hijau muda pada bagian tengah dan kemerahan di bagian bawah. Gagang daun mempunyai panjang sekitar 17-35 mm dengan warna kemerahan. Daun terletak berlawanan dengan bentuk elips menyempit dan bagian ujung daun meruncing dengan ukuran 7-19 x 3,5-8 cm. Kepala bunga kekuningan yang terletak pada gagang berukuran <14 mm yang terletak di ketiak daun dengan bentuk kelompok (2 bunga per kelompok). Tekstur buah kasar dengan bentuk bulat memanjang hingga seperti buah pir, berwarna coklat dengan panjang 2-3,5 cm. manfaat dari mangrove jenis ini yaitu dimanfaatkan untuk bahan bangunan, kayu bakar dan arang. Sering digunakan sebagai tanaman penghijauan.

Klasifikasi Rhizophora (Bakau)

Kingdom : *Plantae*

Divisi : *Magnoliophyta*

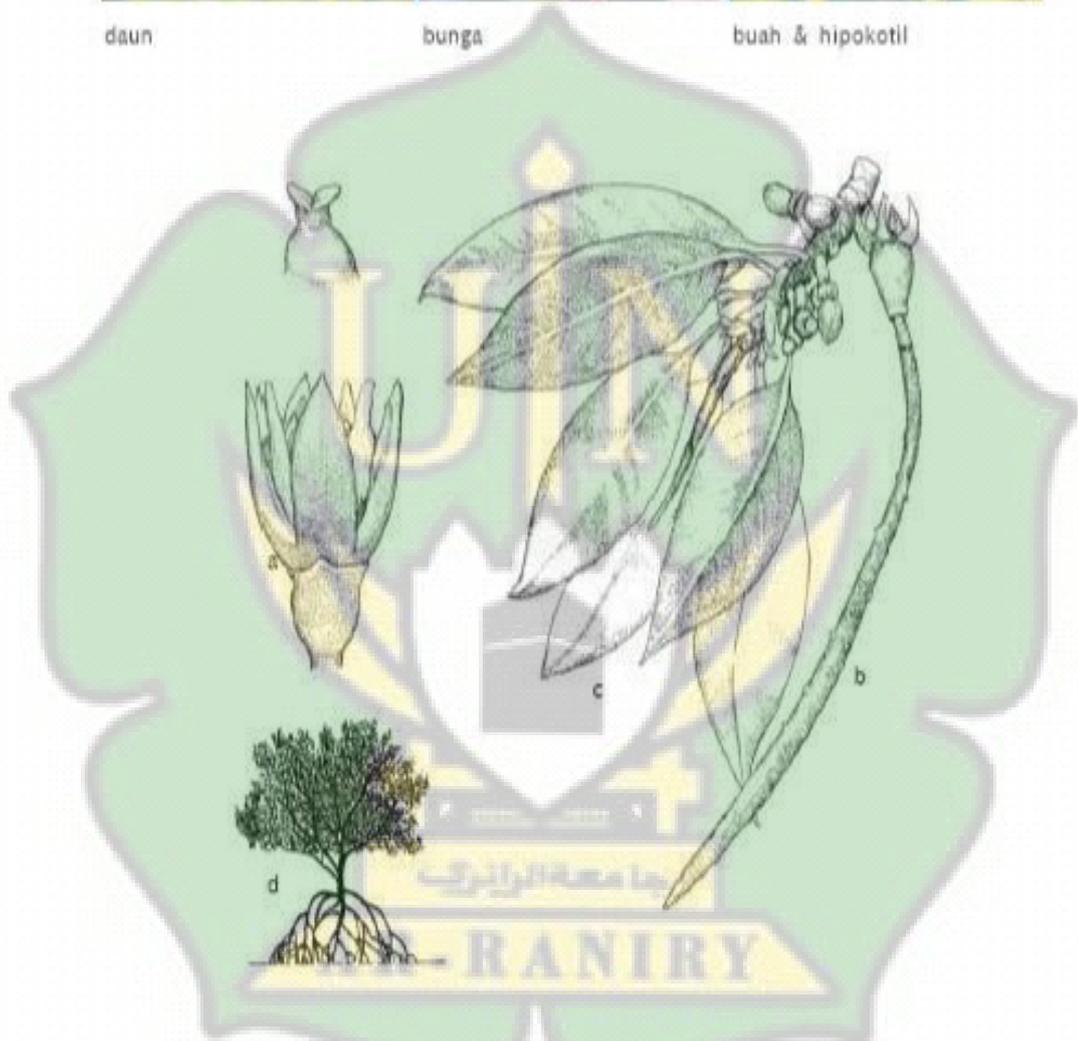
Kelas : *Magnoliopsida*

Ordo : *Myrtales*

Famili : *Rhizophoraceae*

Genus : *Rhizophora*

Spesies : *Rhizophora apiculata*



Gambar 2.3 Morfologi *Rhizophora apiculata*; (a) Bunga; (b) Buah ; (c) Daun dan
(d) Pohon

Sumber: (Noor *et al.*, 2012)

2.2 Fosfor (P)

Unsur fosfor yang dilambangkan dengan huruf P merupakan salah satu unsur organik tanah yang sangat penting untuk pertumbuhan suatu tanaman. Unsur fosfor berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan akar serta berperan dalam pembentukan bunga, buah dan biji pada tanaman (Mandalika, 2014). Ketersediaan fosfat disebabkan oleh adanya proses pelapukan yang menghasilkan unsur organik fosfor sehingga dapat digunakan untuk proses pertumbuhan tanaman. Pembentukan fosfat berasal dari siklus fosfor yang dapat memecah senyawa fosfat menjadi ion fosfor yang dapat diserap oleh tanaman (Nasution *et al.*, 2014).

Menurut (Ritonga *et al.*, 2015) unsur fosfor terdapat dalam tiga bentuk yaitu H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-} . Secara umum unsur fosfor terdiri dari ion ortofosfat primer dan ion ortofosfat sekunder. Unsur fosfor yang umumnya diserap oleh tanaman yaitu dalam bentuk ion ortofosfat primer (H_2PO_4^-) dan ion ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}). Biasanya unsur fosfor dapat ditemukan dari ion-ion Ca^- , Al^- dan Fe^- .

2.3 Mikroba Pelarut Fosfat

Mikroba pelarut fosfat atau bakteri pelarut fosfat merupakan salah satu bakteri yang berperan dalam merealisasikan unsur organik P di dalam tanah sehingga dapat digunakan oleh tumbuhan dalam proses pertumbuhan suatu tanaman (Setiawati *et al.*, 2014). Umumnya bakteri pelarut fosfat terdapat pada perakaran suatu tanaman. Peranan bakteri pelarut fosfat di dalam tanah adalah untuk melarutkan unsur P yang tersedia di dalam tanah agar dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu bakteri pelarut fosfat juga berperan

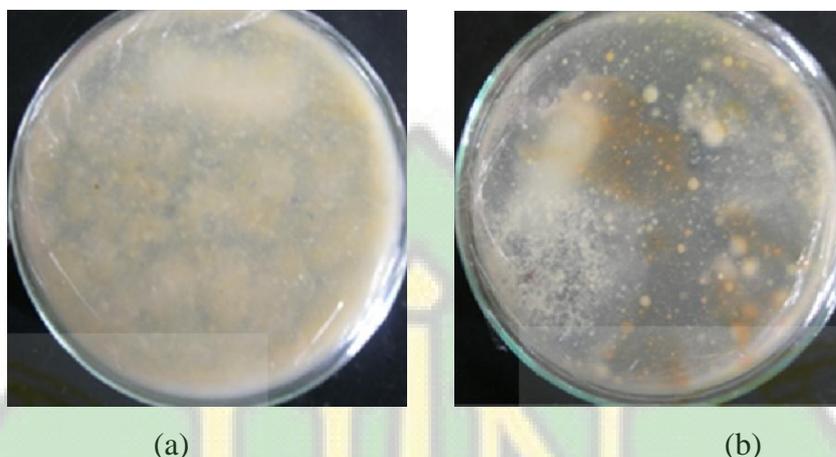
penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar, yaitu dalam proses metabolisme, dan respirasi (Sitanggang, 2016).

Aplikasi penggunaan Mikroba Pelarut Fosfat (MPF) yang berupa bakteri dan fungi pelarut fosfat dapat mengurangi penggunaan pupuk fosfat yang tinggi untuk penguraian P di dalam tanah. Mikroba tersebut berperan penting dalam transformasi P, yaitu mengubah P organik menjadi P anorganik agar tersedia di dalam tanah. Selain itu, mikroba pelarut fosfat juga menghasilkan nutrisi ke dalam larutan tanah sebagai bentuk kelebihan dari pasokan nutrisinya. Penggunaan pupuk P disebabkan oleh rendahnya kandungan P di dalam tanah. Jika penggunaan pupuk P berlebihan, maka akan mengganggu unsur hara makro lainnya di dalam tanah. Oleh sebab itu untuk mengatasi permasalahan dari banyaknya penggunaan pupuk P maka dimanfaatkan bakteri pelarut fosfat sebagai agen pupuk hayati atau yang sering disebut sebagai biofertilizer (Rachman, 2018).

Penggunaan pupuk hayati yang mengandung bakteri pelarut fosfat mempunyai pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman jagung yang ditanam di lapangan. Penelitian (Suliasih *et al.*, 2010) membuktikan bahwa penggunaan pupuk organik hayati yang mengandung bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan tinggi tanaman, berat kering brangkasa dan tongkol serta meningkatkan nilai indeks panen.

Seperti halnya bakteri pelarut fosfat pada tumbuhan padi, membuktikan bahwa penggunaan mikroba pelarut fosfat dapat meningkatkan pertumbuhan padi dan dapat meningkatkan penyerapan P di dalam tanah. Mikroba pelarut fosfat yang didapatkan meliputi 10 isolat bakteri pelarut fosfat dan 6 isolat fungi pelarut fosfat, yang dapat melarutkan sumber P yang berupa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, ALPO_4 , FePO_4 .

Selain itu penggunaan bakteri pelarut fosfat dapat menghemat penggunaan pupuk P kimia hingga 50 %, sehingga dapat meminimalisirkan pencemaran tanah akibat penggunaan pupuk P kimia yang berlebihan (Puspitawati *et al.*, 2013).



Gambar 2.4 Hasil Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah di Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya: (a) Genus *Bacillus* sp.; (b) *Micrococcus* sp.

Sumber: (Octaviani, 2011)

2.4 Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Karakterisasi dari bakteri pelarut fosfat dapat diamati melalui pengamatan morfologi dan uji biokimia dari bakteri pelarut fosfat. Pengamatan morfologi bakteri meliputi bentuk koloni, bentuk tepian koloni, elevasi koloni, dan warna koloni. Sedangkan untuk pengamatan uji biokimia terdiri dari uji pewarnaan gram, uji IMVIC yaitu uji Indol, uji Metyl Red (MR), Uji Voges Proskauer (VP), dan Simmon Citrat), uji gula-gula yaitu glukosa, sukrosa, laktosa, maltose, dan manitol, uji katalase, uji motilitas, dan uji urease (Cappucino & Sherman, 2014). Dalam uji biokomia untuk bakteri pelarut fosfat meliputi pengujian karakterisasi morfologi bakteri, uji biokimia yang meliputi pewarnaan Gram, uji Indol, uji Simmon Sitrat, uji Tripple Sugar Iron Agar (TSIA), uji

katalase, uji urease (Cappucino & Sherman, 2014) dan uji Motilitas (Leboffe & Pierce, 2011).

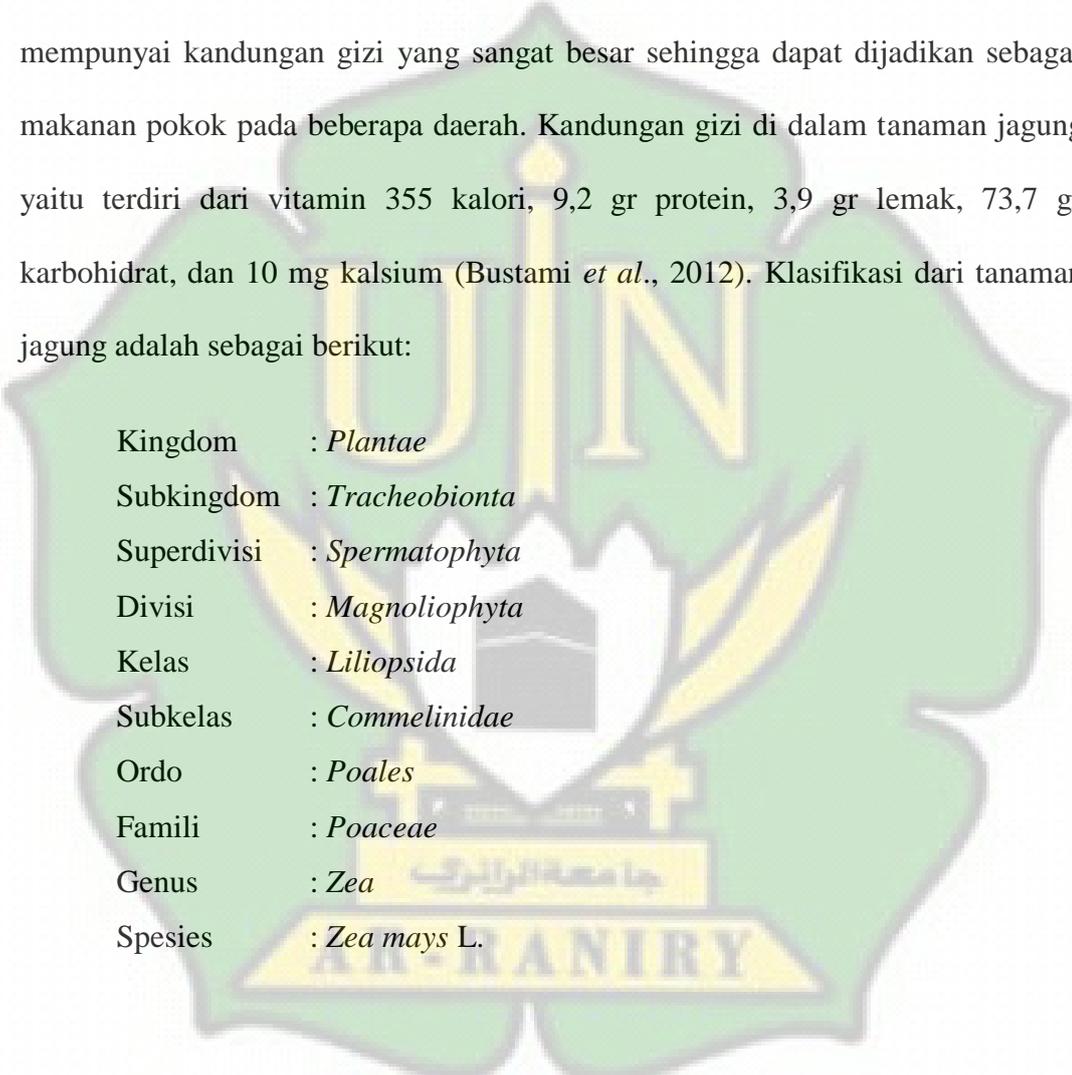
2.5 Potensi Fosfat

Ketersediaan fosfat di alam dapat dilarutkan dengan bantuan mikroba pelarut fosfat sehingga dapat tersedia untuk tanah dan untuk pertumbuhan suatu tanaman. Fungsi fosfat di dalam tanah mampu memperbaiki beberapa sifat kimia tanah dan meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah sehingga dapat diserap oleh tanaman. Kehadiran P dibutuhkan untuk reaksi biokimia penting seperti pemindahan ion, kerja osmotik, reaksi fotosintesis dan glikolisis. Ketersediaan P dalam tanah pada umumnya rendah. Banyak tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki kandungan P rendah (Mayendra, 2018).

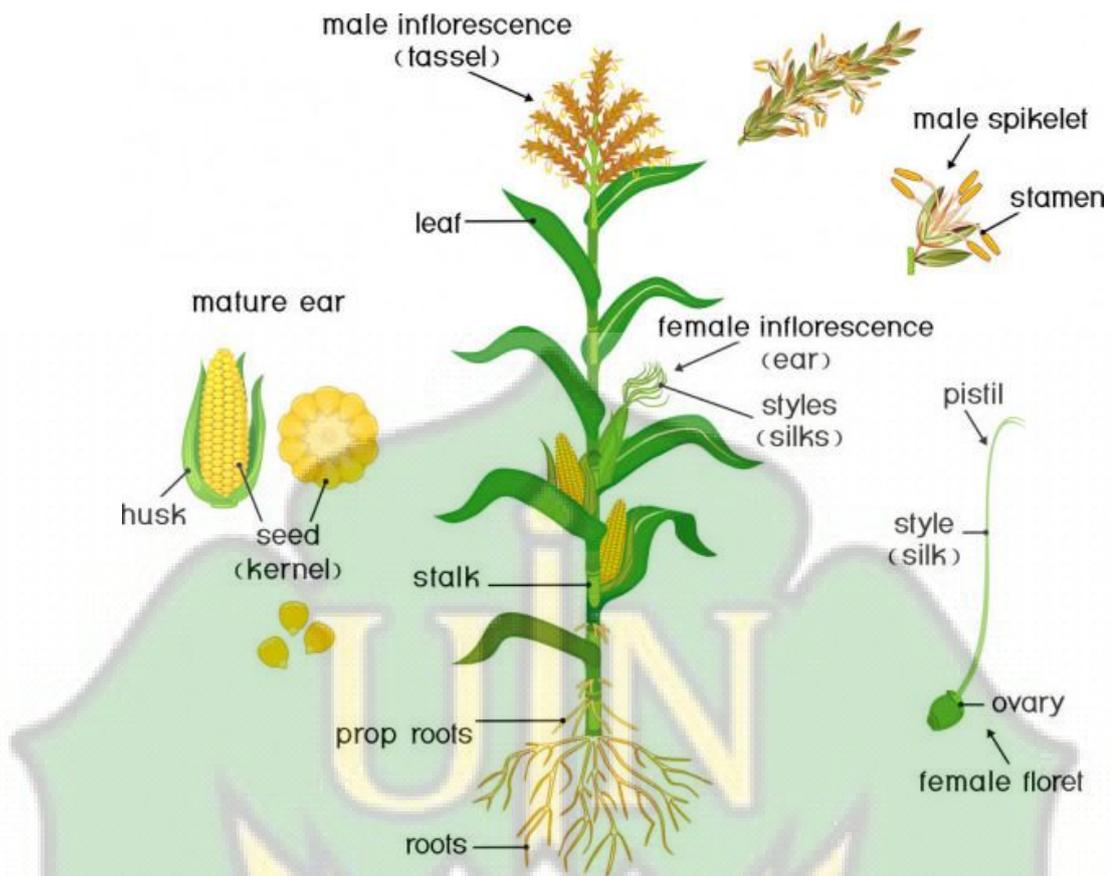
Unsur hara P merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan tanaman. Tidak ada unsur hara lain yang dapat mengganti fungsinya di dalam tanaman, sehingga tanaman harus mendapatkan atau mengandung P secara cukup untuk pertumbuhannya secara normal, oleh karena itu P dibutuhkan tanaman cukup tinggi. Jika kekurangan unsur hara P dapat menyebabkan perakaran tanaman tidak berkembang, dalam keadaan kekurangan P yang parah, daun, cabang, akan berwarna gelap. Gejala ini akan terlihat mulai dari jaringan tua, dan seterusnya menjalar ke jaringan yang masih muda. Hasil tanaman berupa bunga, buah dan biji merosot dan jumlah anaknya berkurang (Purba *et al.*, 2015).

2.6 Deskripsi Tanaman Jagung

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman yang digolongkan ke dalam tanaman rumput – rumputan dengan spesies *Zea mays* L. Tanaman jagung termasuk tanaman pangan yang mempunyai potensi yang besar dalam kepentingan industri pakan (Wahyudin *et al.*, 2017). Tumbuhan jagung mempunyai kandungan gizi yang sangat besar sehingga dapat dijadikan sebagai makanan pokok pada beberapa daerah. Kandungan gizi di dalam tanaman jagung yaitu terdiri dari vitamin 355 kalori, 9,2 gr protein, 3,9 gr lemak, 73,7 gr karbohidrat, dan 10 mg kalsium (Bustami *et al.*, 2012). Klasifikasi dari tanaman jagung adalah sebagai berikut:



Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Superdivisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Liliopsida*
Subkelas : *Commelinidae*
Ordo : *Poales*
Famili : *Poaceae*
Genus : *Zea*
Spesies : *Zea mays* L.



Gambar 2.5 Morfologi Jagung

Menurut (Riwandi, 2014) morfologi tanaman jagung (*Zea mays* L) yang terdiri dari:

1. Akar Tanaman Jagung

Sistem perakaran tanaman jagung merupakan sistem dengan perakaran serabut yang terdiri atas tiga macam akar yaitu akar seminal, akar adventif, dan akar udara. Akar seminal merupakan akar yang berkembang dari radikula dan embrio dan akar seminal ini tidak mempunyai peranan yang besar terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Akar adventif merupakan akar yang semula tumbuh dari buku-buku ujung mesokotil yang terus berkembang menjadi serabut akar tebal. Fungsi akar adventif pada tumbuhan jagung yaitu untuk mengangkat

air dan unsur hara. Akar udara merupakan akar yang muncul pada bagian atas permukaan tanah. Fungsi akar udara pada tanaman jagung yaitu sebagai penyangga agar tumbuhan jagung tidak mudah jatuh dan akar udara juga berperan dalam penyerapan air dan unsur hara.

2. Batang Tanaman Jagung

Tanaman jagung mempunyai batang yang tidak bercabang, berbentuk silindris yang terdiri atas ruas dan buku-buku ruas. Tinggi batang tanaman jagung diperkirakan sekitar 150 cm sampai 250 cm yang dibungkus oleh pelepah pada setiap ruas. Pada ruas bagian atas berbentuk silindris dan pada ruas bagian bawah berbentuk bulat pipih.

3. Daun Tanaman Jagung

Daun pada tumbuhan jagung muncul dari buku-buku batang sedangkan pelepah daun pada tanaman jagung membungkus ruas batang untuk memperkuat batang dan melindungi buah. Jumlah daun pada satu batang tanaman jagung yaitu sekitar 8 sampai 15 helai daun. Daun jagung terdiri dari kelopak daun, lidah daun (ligula), dan helai daun yang memanjang seperti pita dengan ujung yang runcing. Panjang daun jagung berkisar antara 30 sampai 150 cm dengan lebar daun antar 4 sampai 15 cm dengan ibu tulang yang keras.

4. Bunga Tanaman Jagung

Tanaman jagung disebut tanaman berumah satu karena bunga jantan dan bunga betina terdapat dalam satu tanaman akan tetapi letaknya yang terpisah. Bunga jantan terdapat pada malai bunga di ujung tanaman, sedangkan bunga betina terdapat pada tongkol jagung. Bunga jantan pada tumbuhan jagung berupa

karangan bunga atau inflorescence. Serbuk sari berwarna kuning dan mempunyai aroma yang khas. Sedangkan Bunga betina tersusun atas tongkol. Tongkol tumbuh dari buku, di antara batang dan dan pelepah daun. Pada umumnya, satu tanaman hanya menghasilkan satu tongkol produktif meskipun memiliki sejumlah betina.

5. Buah Tanaman Jagung

Buah pada tanaman jagung juga disebut sebagai tongkol jagung. Bagian ini merupakan bagian terpenting karena bagian ini yang digunakan sebagai bahan pangan. Bagian tongkol jagung dilindungi oleh kulit yang menempel pada biji. Tongkol pada jagung adalah bagian dalam organ betina tempat bulir-bulir jagung yang menempel. Tongkol ini diselimuti oleh kulit jagung yang disebut kelobot (Nurhidayah, 2017).

6. Biji Tanaman Jagung

Tanaman jagung mempunyai bentuk biji yang kecil dan keras. Biji jagung disebut kariopsis, yang mempunyai dinding ovari atau perikarp menyatu dengan kulit biji atau testa sehingga membentuk dinding buah. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu pericarp yang berupa lapisan luar yang tipis, berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air, endosperm sebagai cadangan makanan yang mencapai 75% dari bobot biji, dan embrio (lembaga) berfungsi sebagai miniatur tanaman yang terdiri atas plamule, akar radikal, scutelum, dan koleoptil (Indhirawati *et al.*, 2015).

2.7 Deskripsi Metode Penelitian

Suatu kegiatan isolasi yang dilakukan untuk menemukan suatu mikroorganisme baik untuk bakteri maupun jamur dilakukan dengan beberapa metode sesuai ketentuan yang berlaku. Ada 3 metode dalam mengisolasi bakteri yaitu metode cawan tebar/sebar (*Spread Plate Method*), metode cawan gores (*Streak Plate Method*), dan metode cawan tabur (*Pour Plate Method*) (Nurjahyani & Shyntya, 2014).

1. Metode cawan tebar/sebar (*Spread Plate Method*)

Metode tebar/sebar merupakan teknik isolasi mikroba dengan cara menginokulasi kultur mikroba secara pulsan atau dengan cara menyebarkan mikroba di permukaan media agar yang telah memadat. Metode ini dilakukan dengan mengencerkan biakan kultur mikroba. Karena konsentrasi sel-sel mikroba pada umumnya tidak diketahui, maka pengenceran perlu dilakukan beberapa tahap, sehingga sekurang-kurangnya ada satu dari pengenceran itu yang mengandung koloni terpisah (30-300 koloni). Koloni mikrobial yang terpisah memungkinkan koloni tersebut dapat dihitung.

2. Metode cawan gores (*Streak Plate Method*)

Metode cawan gores merupakan mengisolasi koloni mikroba pada cawan yang berisi media sehingga didapatkan koloni terpisah dan merupakan biakan murni. Cara ini dasarnya ialah menggoreskan suspensi bahan yang mengandung mikroba pada permukaan medium agar yang sesuai pada cawan petri. Setelah inkubasi maka pada bekas goresan akan tumbuh koloni-koloni terpisah yang mungkin berasal dari 1 sel mikroba, sehingga

dapat diisolasi lebih lanjut. Penggoresan yang sempurna akan menghasilkan koloni yang terpisah.

3. Metode cawan tabur (*Pour Plate Method*)

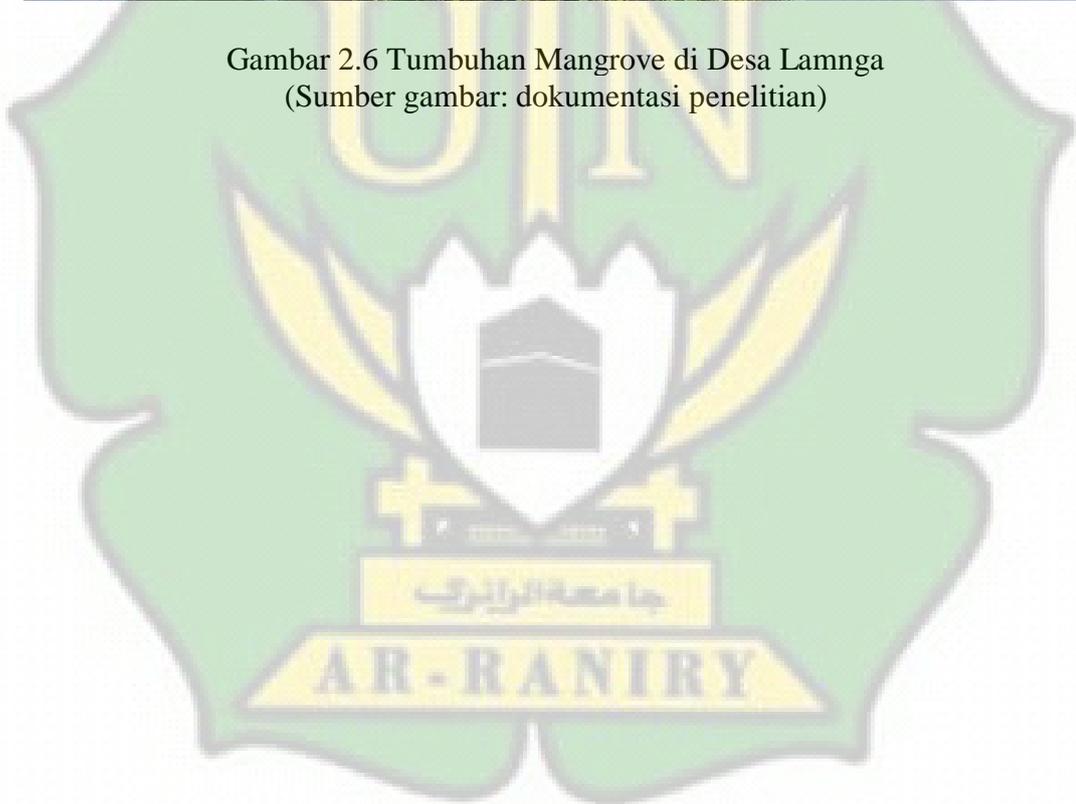
Metode cawan tabur merupakan teknik menginokulasi medium agar yang sedang mencair pada temperatur 45-50⁰C dengan suspensi bahan yang mengandung mikroba, dan menuangkannya ke dalam cawan petri steril. Setelah inkubasi akan terlihat koloni-koloni yang tersebar di permukaan agar yang mungkin berasal dari 1 sel bakteri, sehingga dapat diisolasi lebih lanjut.

2.8 Deskripsi Daerah Lamnga

Desa Lamnga terletak di Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar yang berjarak 12 km dari Kota Banda Aceh. Desa ini dikelilingi oleh sungai-sungai kecil serta dihubungkan oleh dua jembatan yaitu Jembatan Labuy dan Jembatan Neuheun. Keunikan yang dapat dilihat dari Desa Lamnga ini yaitu masih banyaknya lahan yang ditumbuhi oleh tumbuhan mangrove yang dapat mencegah terjadinya erosi pantai. Di Desa Lamnga pernah dilakukan penanaman bibit tumbuhan bakau dengan berbagai macam jenis yang ditanami. Adapun Desa Lamnga memiliki bibit mangrove siap tanam jenis *Rhizopora mucronata*, *Rhizopora apiculata*, *Ceriops tagal*, *Avicennia* spp. sebanyak 120.000 bibit. Rata rata lokasi didominasi oleh jenis mangrove *Rhizopora apiculata*, *Rhizopora mucronata*, *Avicennia* spp dan *Ceriops tagal*. Ditinjau dari aspek oseanografi wilayah tersebut memiliki jenis pasang surut harian ganda (Balai Pengelolaan Sumbe Daya Pesisir dan Laut Padang, 2021).



Gambar 2.6 Tumbuhan Mangrove di Desa Lamnga
(Sumber gambar: dokumentasi penelitian)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga bulan Oktober 2021 yang bertempat di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh di ruangan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Sains dan Teknologi.

3.2 Jadwal Rencana Pelaksanaan Penelitian

Berikut adalah jadwal dan tahapan penyiapan alat dan bahan untuk penelitian karakterisasi bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer mangrove terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*).

Tabel 3.1 Jadwal Rencana Pelaksanaan Penelitian

Jenis Kegiatan	Agustus 2021				September 2021				Oktober 2021				November 2021			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Persiapan alat dan bahan																
Sterilisasi alat dan bahan																
Pengambilan sampel																
Proses isolasi BPF																
Pengamatan Morfologi BPF																
Uji Biokimia																
Pengujian BPF pada tanaman jagung																
Identifikasi BPF																
Analisis data																

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor tunggal terdiri dari isolat bakteri pelarut fosfat dari rhizosfer mangrove yang diambil dari Desa Lamnga, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Isolasi BPF menggunakan media selektif *Pikovskaya*. Hasil isolasi bakteri pelarut fosfat tersebut disajikan dalam bentuk tabel.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

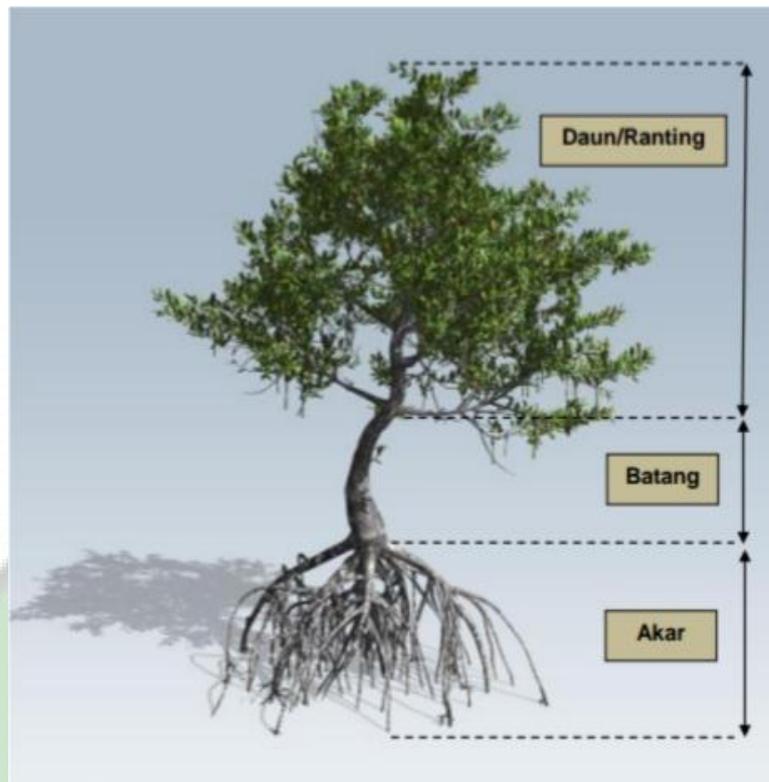
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: autoklaf, *hotplate*, magnetik *stirer*, *beaker glass*, oven, bunsen, vortex, cawan petri, tabung reaksi, inkubator, mikropipet, spatula, timbangan analitik, pipet tetes, sekop, penggaris, jangka sorong, botol sampel, dan kertas label.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: aquades, media *Pikovskaya*, tanah rhizosfer mangrove, korek api, plastik *wrap*, aluminium foil, kertas label dan polibag.

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Pengambilan Sampel Tanah

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode purposive sampling. Sampel tanah di ambil pada rhizosfer mangrove jenis *Rhizopora apiculata* dari Desa Lamnga, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 0-20 cm di sekitar rhizosfer mangrove sebanyak 50 gram (Nurrochman, 2015). Tanah kemudian di masukkan ke dalam botol sampel lalu diteliti di laboratorium. Pada saat pengambilan sampel tanah, terlebih dahulu dilakukan pengukuran pH tanah, dan pengukuran suhu tanah sebelum dilakukannya isolasi (Marista *et al.*, 2013).



Gambar 3.1 Perakaran Pada Tumbuhan Mangrove
(Sumber gambar: Red Mangrove, 2014)

3.5.2 Isolasi Bakteri Pelarut Posfat

Isolasi bakteri pelarut fosfat dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran yaitu dengan teknik cawan sebar dan menggunakan medium agar *Pikovskaya* (Asril & Lisafitri, 2020). Sampel tanah ditimbang sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian dilarutkan dalam 9 mL aquades steril dan dihomogenkan dengan menggunakan vortex. Selanjutnya diambil 1 mL larutan dari tabung reaksi dan dimasukkan ke dalam 9 mL aquades steril pada tabung reaksi lain sehingga diperoleh tingkat pengenceran 10^{-1} . Prosedur kerja di atas diulangi terus menerus hingga tingkat pengenceran mencapai 10^{-8} (Marista *et al.*, 2013). Selanjutnya sebanyak 0,1 mL hasil dari pengenceran 10^{-5} sampai pengenceran 10^{-8} disebar pada media *Pikovskaya*

masing-masing lima kali ulangan dan diinkubasi pada suhu 20⁰C - 30⁰C selama 1 x 24 jam sampai 7 x 24 jam atau 1 samapi 7 hari. (Pande *et al.*, 2017). Menurut (Larasati *et al.*, 2018) Pertumbuhan bakteri pelarut fosfat ditandai dengan adanya zona bening di sekeliling koloni. Koloni bakteri yang sudah tumbuh selanjutnya dilakukan pemurnian untuk didapatkan isolat murni. Satu koloni dari masing-masing koloni bakteri yang tumbuh diambil menggunakan jarum ose dan digoreskan pada permukaan media *Pikovskaya*. Media tersebut kemudian diinkubasi selama 24 jam.

3.5.3. Uji Potensi Kandungan Fosfat

Isolat BPF di tumbuhkan pada media *Pikovskaya* dari hasil pengenceran 10⁻⁵ sampai 10⁻⁸. Kemudian di ukur zona bening setelah diinkubasi selama 24 jam pada suhu 20⁰C - 30⁰C. Bakteri yang memiliki kemampuan tinggi dalam mendegradasi unsur fosfat yang tidak larut dalam air yaitu koloni bakteri yang memiliki zona bening yang lebih besar. Bakteri yang memiliki zona bening yang lebih besar dipilih sebagai isolat potensial. Isolat yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat paling tinggi dibuktikan dengan nilai indeks pelarutan fosfat yang paling tinggi (Wulandari *et al.*, 2013). Bakteri BPF yang telah diisolasi kemudian dilakukan pengukuran diameter koloni dan zona bening yang terbentuk. Berdasarkan hasil pengukuran, selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kelarutan fosfat dengan menggunakan rumus (Karpagam & Nagalakshmi, 2014)

$$\text{Indeks Kelarutan Fosfat} = \frac{\text{Diameter Koloni} + \text{Zona Bening}}{\text{Diameter Koloni}}$$

Tabel 3.2 Indeks Kelarutan Bakteri Pelarut Fosfat

No	Nilai Indeks	Kategori Indeks
1.	21 mm – 37 mm	Tinggi
2.	8 mm – 20 mm	Sedang
3.	1 mm – 7 mm	Rendah

Sumber : (Abdelhady *et al.*, 2017)

3.5.4 Karakterisasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Karakterisasi yang akan dilakukan meliputi pengamatan morfologi koloni bakteri dan uji biokimia. Pengamatan morfologi koloni bakteri meliputi pengamatan bentuk koloni, bentuk tepian koloni, elevasi koloni serta warna koloni (Ilham *et al.*, 2014). Sedangkan pengujian biokimia meliputi pewarnaan gram, uji Indol, uji Simmon Sitrat, uji Tripple Sugar Iron Agar (TSIA), uji katalase, uji urease (Cappucino & Sherman, 2014) dan uji Motilitas (Leboffe & Pierce, 2011).

3.5.4.1 Pewarnaan Gram

Uji pewarnaan Gram dilakukan dengan memberikan pewarna violet dan safranin untuk menentukan isolat bakteri yang didapatkan dari hasil isolasi tersebut tergolong ke dalam bakteri Gram positif maupun bakteri Gram negatif. Sel bakteri yang berumur 24-48 jam yang terdapat di dalam media dioleskan setipis mungkin pada preparat dan dikeringkan dengan cara kering anginkan serta memanaskan bagian belakang kaca preparat tersebut dengan lampu bunsen. Selanjutnya teteskan kristal violet sebagai pewarna utama dan tunggu selama 1 menit, lalu cuci dengan akuades mengalir. Kemudian preparat bilas dengan iodine biarkan 30 detik, lalu dibilas dengan aquades. Etil alkohol 95 % diteteskan pada preparat dan digoyang-goyang selama 15 detik,

lalu dibilas dengan aquades, setelah itu preparat ditambah dengan safranin, didiamkan selama 30 detik, selanjutnya dibilas dengan aquades, dikeringanginkan dan diamati dibawah mikroskop. Bakteri Gram positif berwarna ungu atau violet sedangkan Gram negatif berwarna merah jambu atau kemerah-merahan.

3.5.4.2 Uji Indol

Uji indol berfungsi untuk mengetahui apakah pada bakteri tersebut memiliki enzim triptophanase sehingga bakteri tersebut mampu mengoksidasi asam amino triptophan membentuk indol. Satu ose biakan bakteri diinokulasikan ke dalam media SIM Agar, lalu diinkubasikan selama 24 jam pada suhu 37⁰C, ditambahkan 0,2-0,3 ml pereaksi indol ke dalam masing-masing tabung, kocok dan diamkan selama beberapa menit. Warna merah cherry pada permukaan membentuk cincin menandakan reaksi indol positif, warna jingga menunjukkan reaksi indol negatif.

3.5.4.3 Uji Simmon Sitrat

Uji sitrat berfungsi untuk mengetahui sumber karbon bakteri menggunakan sitrat atau tidak menggunakan sitrat. Hasil uji sitrat dapat diketahui negatif (-) dengan ditandai media bakteri tidak mengalami perubahan atau pertumbuhan apapun dan media tetap berwarna hijau. Apabila positif (+) ditandai dengan media bakteri mengalami perubahan dan pertumbuhan pada permukaan media dan media akan berubah warna dari hijau menjadi biru. Dengan demikian diartikan bahwa salah satu sumber karbon bakteri menggunakan sitrat.

3.5.4.4 Uji TSIA

Uji Triple Sugar Iron agar (TSIA) merupakan metode yang digunakan untuk melihat kemampuan mikroorganisme dalam memfermentasikan gula. Medium TSIA mengandung 3 macam gula, yaitu glukosa, laktosa, dan sukrosa, terdapat juga indikator fenol merah, serta FeSO_4 untuk memperlihatkan pembentukan H_2S yang ditunjukkan dengan adanya endapan hitam. Konsentrasi glukosa adalah 0,1% sedangkan konsentrasi laktosa dan sukrosa adalah 1 % Medium TSIA diinokulasikan dengan menusukkan ose sedalam $\frac{3}{4}$ medium lalu diangkat dan digores secara zig zag pada permukaannya setelah itu diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Fermentasi karbohidrat ditunjukkan dengan perubahan warna pada media dari warna oranye kemerahan menjadi kuning dengan adanya asam.

3.5.4.5 Uji Katalase

Uji Katalase berfungsi untuk menunjukkan bahwa isolat bakteri memiliki enzim katalase yang dapat memecah hydrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air dan oksigen. Hasil uji katalase dapat diketahui positif (+) ditandai dengan membentuk gelembung udara saat ditetesi larutan hydrogen peroksida (H_2O_2) 3% diatas isolat bakteri yang telah digoreskan diatas kaca benda. Apabila hasil uji katalase negatif (-) ditandai dengan tidak terbentuknya gelembung udara pada isolat bakteri yang ditetesi larutan hydrogen peroksida (H_2O_2) (Huda & Salni, 2012).

3.5.4.6 Uji Urease

Uji Urease berfungsi untuk mendeteksi bakteri yang mampu menghasilkan enzim urease yang mampu menguraikan mikromolekul urea ((NH₂)₂ CO) menjadi karbondioksida (CO₂) dan ammonia (NH₃). Hasil uji urease dapat diketahui positif (+) apabila ditandai dengan perubahan media urease dari merah tua menjadi merah muda. Apabila hasil uji urease negatif (-) ditandai dengan tidak terjadinya perubahan warna pada media.

3.5.4.7 Uji Motilitas

Uji motilitas berfungsi untuk mendeteksi motilitas (pergerakan) bakteri. Hasil uji motilitas dapat diketahui negatif (-) dengan menunjukkan warna merah disepanjang bekas tusukan saja sedangkan apabila positif (+) ditandai dengan disekitar inokulasi terdapat bentukan warna merah yang menyebar. Hal ini dapat diartikan bahwa bakteri yang diinokulasi memiliki flagel sehingga dapat melakukan pergerakan (Leboffe & Pierce, 2011).

3.5.5 Uji Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Tanaman Jagung

Pengujian kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Tanaman Jagung dilakukan dengan parameter pengamatan yaitu tinggi tanaman, jumlah helaian daun, panjang akar, berat basah akar, berat kering akar. (Rahman *et al.*, 2015). Isolat yang digunakan dalam Pengujian kemampuan bakteri pelarut fosfat terhadap tanaman jagung yaitu isolat yang memiliki zona bening terbesar. Bakteri pelarut fosfat yang telah dimurnikan, diinokulasi menggunakan jarum ose dan dicampurkan dengan 10 mL larutan NaCl Fisiologis (Fitriatin *et al.*, 2017).

3.5.5.1 Penyiapan Media Tanam

Tanah yang akan digunakan untuk pertumbuhan tanaman jagung terlebih dahulu dilakukan sterilisasi menggunakan oven dengan suhu 70°C selama 30 menit (Herman & Pranowo, 2013).

3.5.5.2 Pemilihan Bibit Tanaman Jagung

Sebelumnya untuk penanaman biji tanaman jagung tidak dilakukan penyemaian akan tetapi biji jagung yang dipilih harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai biji jagung yang sehat seperti biji jagung tergolong kedalam jenis varietas unggul dan mempunyai sertifikat resmi sebagai benih jagung yang sehat. Selain itu biji jagung yang dipilih bebas dari kotoran dan hama serta mempunyai tekstur yang mengkilat serta berwarna cerah (Zubachtirodin *et al.*, 2016).

3.5.5.3 Penanaman Tanaman Jagung

Biji jagung sebelum ditanam terlebih dahulu direndam dengan menggunakan suspensi bakteri pelarut fosfat selama 15 menit. Biji ditanam langsung kedalam polibag sebanyak 2 biji. Penanaman dilakukan dengan cara ditugal sedalam 3 cm, kemudian ditutup kembali dengan tanah.

3.5.5.4 Penyiraman Tanaman Jagung

Penyiraman dilakukan setiap hari pada sore hari dengan menggunakan air sebanyak 25 ml untuk masing-masing polibag.

3.5.5.5 Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat

Pemberian inokulum bakteri pelarut fosfat sebanyak 10 mL dari kerapatan 10⁸ sel/mL dengan pengukuran menggunakan tingkat kekeruhan

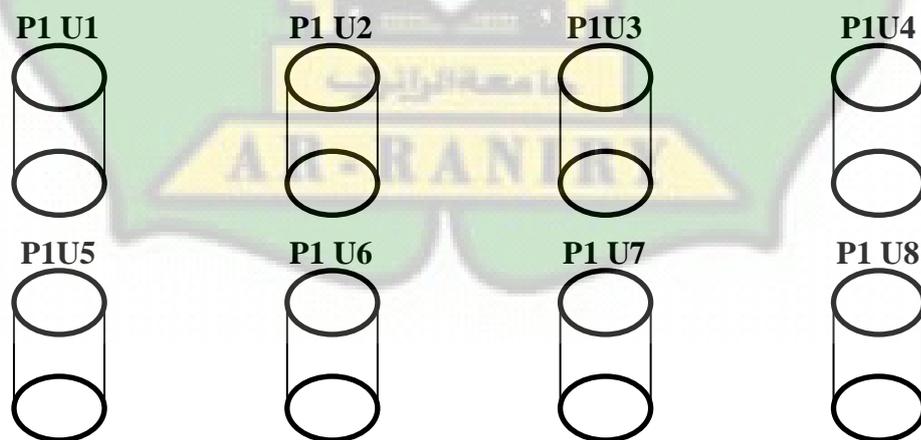
larutam Mc Farland 0,5 (Astuti *et al.*, 2013) yang akan dicampurkan ke dalam polibag ukuran 15 cm x 15 cm dengan berat tanah masing-masing polibag 100 gram.

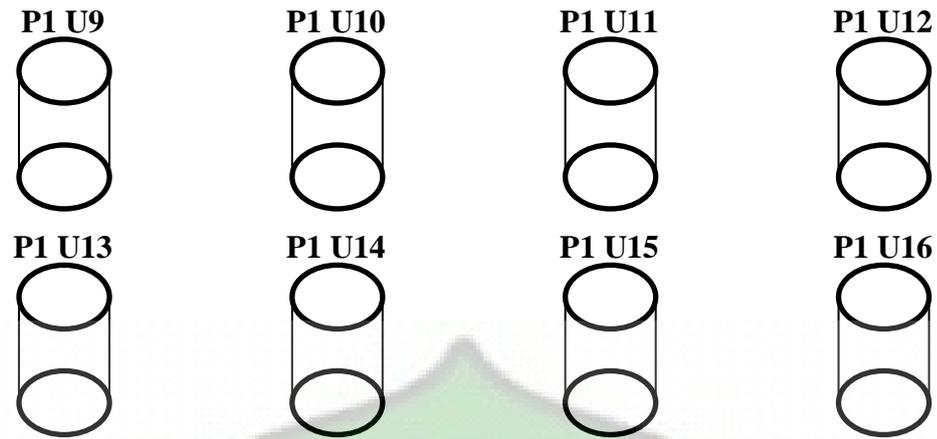
3.5.5.6 Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Jagung

Pengamatan dilakukan selama 3 minggu. Pengujian inokulum bakteri pelarut fosfat dilakukan menggunakan 1 perlakuan dengan 16 kali ulangan dan 5 ulangan untuk masing – masing perlakuan kontrol. Perlakuan kontrol menggunakan tanah steril dan tanah steril dengan penambahan pupuk komersil yang mengandung fosfat yaitu pupuk SP-36 (Puspitasari *et al.*, 2018).

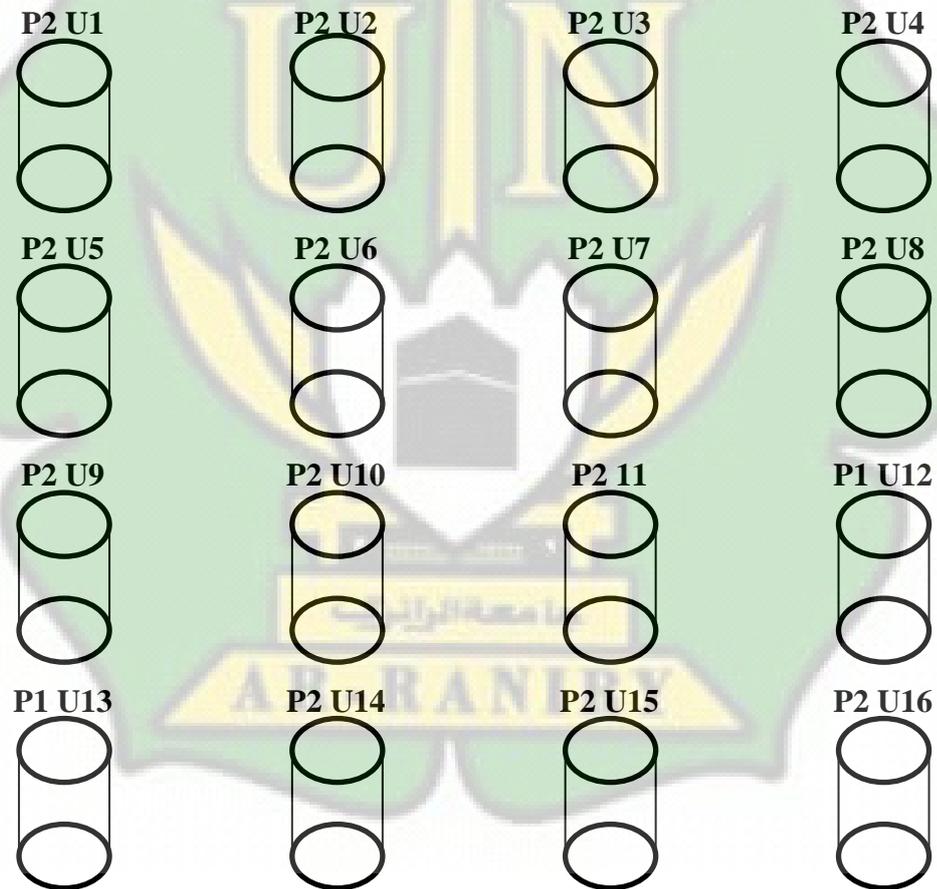
3.5.5.7 Parameter Yang diukur dalam pertumbuhan tanaman jagung

Pengujian kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Tanaman Jagung dilakukan dengan parameter pengamatan yaitu tinggi tanaman, jumlah helaian daun, panjang akar, berat basah akar, berat kering akar. (Rahman *et al.*, 2015).

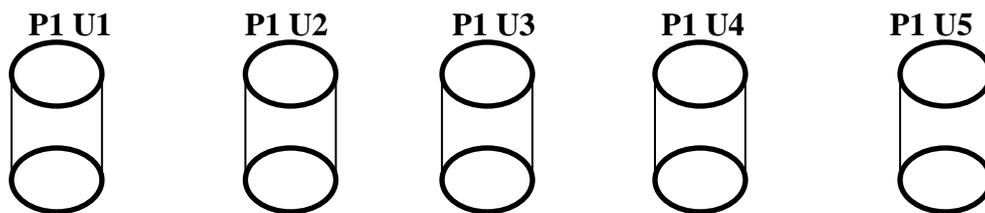




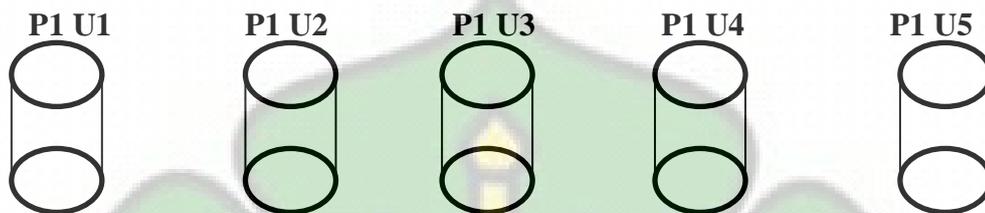
Gambar 3.2 Skema Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan kode isolat SPB 1



Gambar 3.3 Skema Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan kode isolat SPB 6



Gambar 3.4 Skema Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan Kontrol Tanah



Gambar 3.5 Perlakuan dan Pengulangan Pemberian Inokulum Bakteri Pelarut Fosfat dengan Kontrol Pupuk SP - 36

Keterangan:

P = Perlakuan

U = Ulangan

3.6 Analisis Data

Data yang telah diperoleh disajikan secara deskriptif meliputi karakterisasi yang akan dilakukan melalui pengamatan morfologi koloni bakteri dan uji biokimia. Pengamatan morfologi koloni bakteri meliputi pengamatan bentuk koloni, bentuk tepian koloni, elevasi koloni serta warna koloni. Sedangkan pengujian biokimia meliputi pewarnaan gram, uji Indol, uji Simmon Sitrat, uji Tripple Sugar Iron Agar (TSIA), uji katalase, uji urease dan uji Motilitas. Selain itu untuk analisis data pertumbuhan tanaman jagung dilakukan juga analisis data menggunakan software SPSS dengan uji lanjutan Analisis Of Variance (Anova) pada data yang normal dan data yang bersifat homogen sedangkan untuk data yang tidak normal dilakukan uji kruskal wallis.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove

Berdasarkan hasil isolasi bakteri dari tanah rhizosfer mangrove di Desa Lamnga Kecamatan Masjid Raya Aceh besar didapatkan sebanyak 10 isolat bakteri yang teridentifikasi sebagai golongan bakteri pelarut fosfat. Lokasi pengambilan sampel terletak pada $5^{\circ}37'23''\text{U}$ $95^{\circ}23'58''\text{T}$ seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 07:00 sampai pukul 08:00 WIB. Sebelum dilakukannya pengambilan sampel, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kondisi lingkungan yaitu suhu, pH dan pengamatan warna tanah sebelum pengambilan. Suhu pada saat pengambilan sampel yaitu 26°C sedangkan pH pada saat pengambilan sampel yaitu 5,5 dengan warna tanah coklat tua.

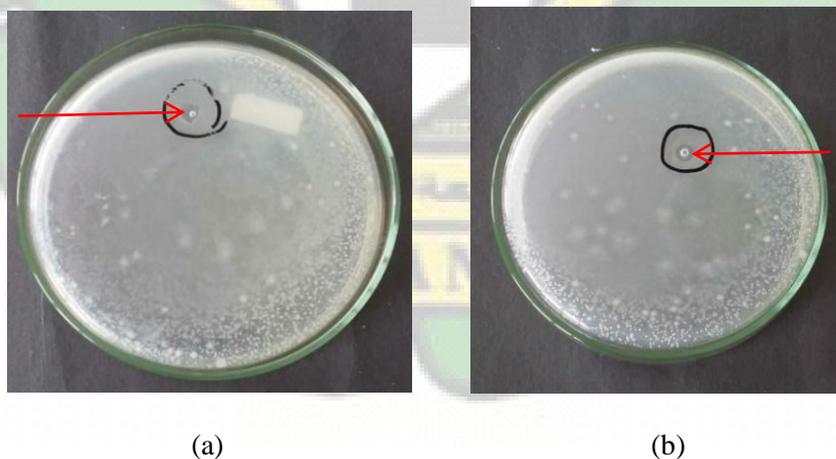


Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Dari Rhizosfer Mangrove

Karakterisasi dari bakteri pelarut fosfat asal rhizosfer mangrove dapat dilihat pada Tabel 4.1. dan pengamatan koloni yang tumbuh pada media Pikovskaya dapat dilihat pada Gambar 4.2.

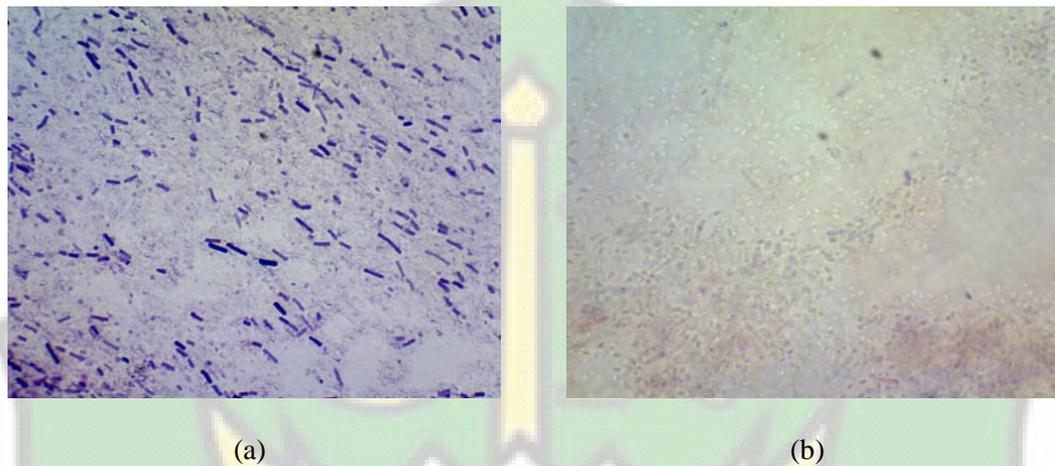
Tabel 4.1 Karakteristik Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove

No	Kode Isolat	Bentuk Koloni	Margin	Elevasi	Warna
1.	SPB 1	Bulat	Rata	Cembung	Putih
2.	SPB 2	Bulat	Bergelombang	Cembung	Cream
3.	SPB 3	filamen	Bergelombang	Rata	Cream
4.	SPB 4	Tidak Beraturan	Tidak Beraturan	Datar	Cream
5.	SPB 5	Bulat	Rata	Cembung	Putih
6.	SPB 6	Bulat	Rata	Datar	Putih
7.	SPB 7	Tidak beraturan	Rata	Cembung	Putih
8.	SPB 8	Tidak beraturan	Bergelombang	Rata	Cream
9.	SPB 9	Bulat	Rata	Datar	Cream
10.	SPB 10	Tidak Beraturan	Rata	Datar	Cream



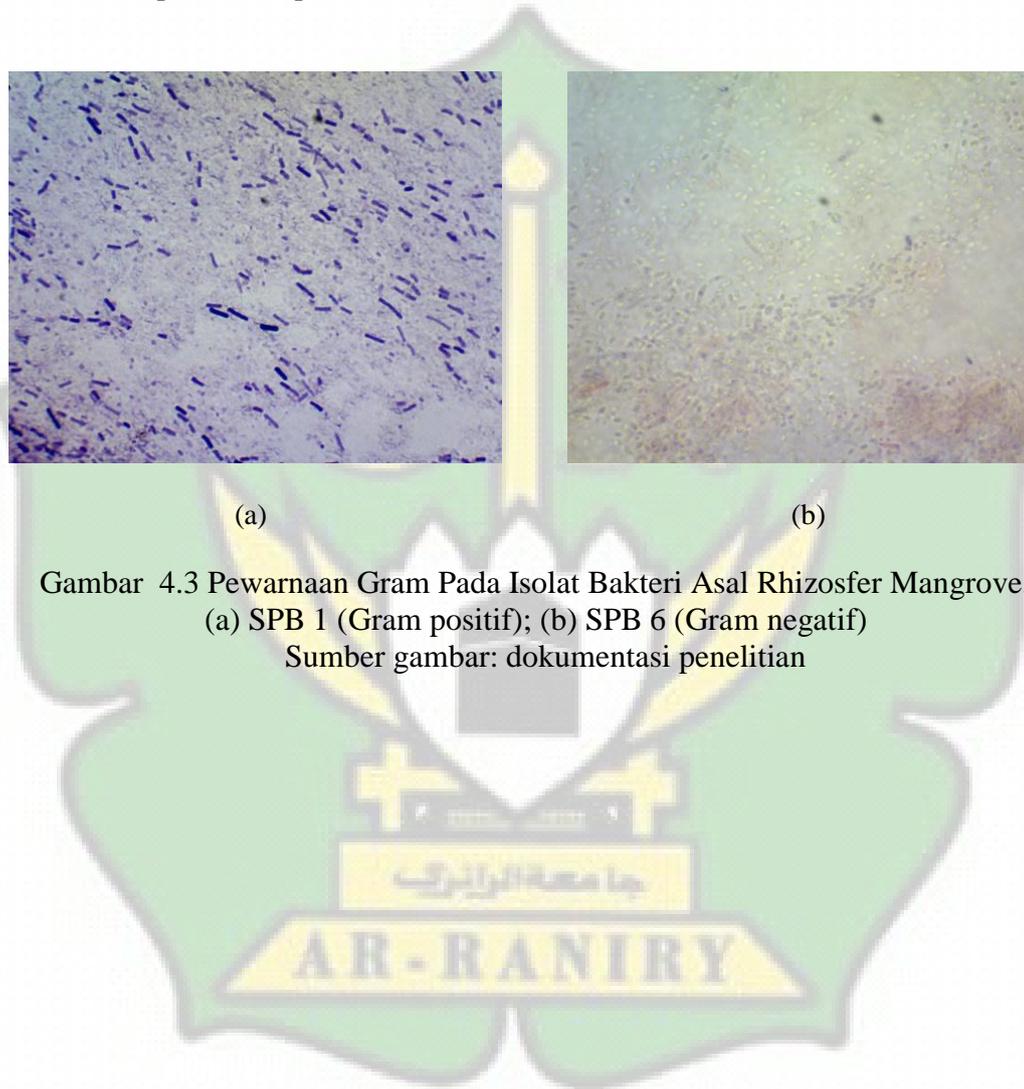
Gambar 4.2 Morfologi Koloni Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove, (a) SPB 1 (b) SPB 7
Sumber gambar: dokumentasi penelitian

Pengujian fisiologis bakteri meliputi pengamatan pewarnaan gram dan uji biokimia. Pengamatan hasil uji biokimia meliputi Uji Tripple Sugar Iron Agar (TSIA), Uji Indol, Uji Simmon Sitrat, Uji Motilitas, Uji Katalase dan Uji Urease. Pengamatan pewarnaan gram dapat dilihat pada gambar 4.3 dan Pengujian biokimia dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4.3 Pewarnaan Gram Pada Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove, (a) SPB 1 (Gram positif); (b) SPB 6 (Gram negatif)

Sumber gambar: dokumentasi penelitian



Tabel 4.2 Pengujian Biokimia Pada Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove

Kode Isolat	Bentuk Sel	Uji Gram	Uji TSIA				Katalase	Motilitas	Indol	Sitrat	Urea
			Glukosa	Laktosa	Sukrosa	H ₂ S					
SPB 1	Basil	Positif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 2	Basil	Positif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 3	Basil	Positif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Positif	Positif	Negatif	Positif
SPB 4	Basil	Positif	-	-	-	Negatif	Positif	Positif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 5	Basil	Positif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Positif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 6	Basil	Negatif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 7	Basil	Positif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 8	Basil	Positif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 9	Basil	Positif	-	✓	✓	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Negatif
SPB 10	Basil	Positif	✓	-	-	Negatif	Positif	Negatif	Positif	Negatif	Positif

4.1.2 Pengujian Kandungan Fosfat Pada Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove

Pengujian kandungan fosfat dari 10 isolat bakteri yang diperoleh dilakukan dengan cara mengukur zona bening yang terbentuk pada koloni bakteri. Ciri- ciri utama dari bakteri pelarut fosfat adalah dapat membentuk zona bening disekeliling koloni. Pengukuran zona bening dan diameter koloni dari isolat bakteri pelarut fosfat dilakukan menggunakan alat yaitu jangka sorong digital yang dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5.



Gambar 4.4 Pengukuran Zona Bening Dari Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove, (a) SPB 1; (b) SPB7
Sumber gambar: dokumentasi penelitian



Gambar 4.5 Pengukuran Koloni Bakteri Dari Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove, (a) SPB 1; (b) SPB7
Sumber gambar: dokumentasi penelitian

Data untuk pengukuran nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) dari bakteri yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengukuran Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove

No	Kode Isolat	Diameter Koloni (mm)	Zona Bening (mm)	IKF (mm)
1	SPB 1	0.11	3.53	33
2	SPB 2	0.06	0.38	7.33
3	SPB 3	0.2	3.36	17.8
4	SPB 4	0.78	1.42	2.8
5	SPB 5	0.09	0.96	11.6
6	SPB 6	0.08	1.78	23.25
7	SPB 7	0.89	3.57	5
8	SPB 8	0.66	2.17	4.7
9	SPB 9	0.06	1.25	4.2
10	SPB 10	0.95	5.14	6.4

4.1.3 Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung

Berdasarkan hasil uji potensi Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) diperoleh 2 isolat yang memiliki nilai indeks kelarutan fosfat tertinggi dengan kode isolat SPB 1 dan SPB 6 yang selanjutnya diujikan untuk pertumbuhan tanaman jagung. Hasil analisis data menggunakan software SPSS dengan uji lanjutan anova diawali dengan pengujian normalitas dan uji homogenitas terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Data uji normalitas dapat dilihat pada tabel 4.4 dan data dari uji homogenitas dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.4 Uji Normalitas Data Pertumbuhan Tanaman Jagung

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual				
N		336	336	336	336	336
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,0000000	,0000000	,0000000	,0000000	,0000000
	Std. Deviation	2,35858744	,56148691	4,74198870	,20482466	,02913671
Most Extreme Differences	Absolute	,172	,075	,031	,166	,164
	Positive	,172	,075	,026	,166	,164
	Negative	-,126	-,065	-,031	-,123	-,126
Kolmogorov-Smirnov Z		3,152	1,381	,560	3,037	3,009
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000	,044	,912	,000	,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Tabel 4.5 Uji Homogenitas Data Pertumbuhan Tanaman Jagung

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df 1	df 2	Sig.
PA	,182	3	332	,908
JD	,254	3	332	,859
TT	,279	3	332	,840
BBA	2,381	3	332	,069
BKA	1,945	3	332	,122

Tabel 4.6 Uji Anova Dari Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman (TT) Pada Pertumbuhan Tanaman Jagung

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	32156,971 ^a	31	1037,322	84,343	,000
Intercept	49139,576	1	49139,576	3995,466	,000
Hari * Perlakuan	32156,971	31	1037,322	84,343	,000
Error	3738,846	304	12,299		
Total	113640,820	336			
Corrected Total	35895,817	335			

a. R Squared = ,896 (Adjusted R Squared = ,885)

Berdasarkan tabel tersebut maka didapatkan

Sumber keragaman (SK)	Derajat bebas (db)	Jumlah kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah	F hitung	F tabel (5%)
Perlakuan	31	32156,971	1037,322	84,343	3,239
Galat	304	3738,846	12,299		
Total	335	35895,817			

Keterangan:

Ho diterima bila $F_{hitung} < F_{tabel}$ Ho ditolak bila $F_{hitung} > F_{tabel}$

Tabel 4.7 Uji Beda Nyata Terkecil

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
PA	SPB1	SPB6	-,07813	,35091	,824	-,7684	,6122
		Tanah	,10234	,50852	,841	-,8980	1,1027
		Pupuk SP-36	,01484	,50852	,977	-,9855	1,0152
	SPB6	SPB1	,07813	,35091	,824	-,6122	,7684
		Tanah	,18047	,50852	,723	-,8199	1,1808
		Pupuk SP-36	,09297	,50852	,855	-,9074	1,0933
	Tanah	SPB1	-,10234	,50852	,841	-1,1027	,8980
		SPB6	-,18047	,50852	,723	-1,1808	,8199
		Pupuk SP-36	-,08750	,62773	,889	-1,3223	1,1473
	Pupuk SP-36	SPB1	-,01484	,50852	,977	-1,0152	,9855
		SPB6	-,09297	,50852	,855	-1,0933	,9074
		Tanah	,08750	,62773	,889	-1,1473	1,3223
JD	SPB1	SPB6	,03906	,17359	,822	-,3024	,3805
		Tanah	,38594	,25156	,126	-,1089	,8808
		Pupuk SP-36	,43594	,25156	,084	-,0589	,9308
	SPB6	SPB1	-,03906	,17359	,822	-,3805	,3024
		Tanah	,34688	,25156	,169	-,1480	,8417
		Pupuk SP-36	,39688	,25156	,116	-,0980	,8917
	Tanah	SPB1	-,38594	,25156	,126	-,8808	,1089
		SPB6	-,34688	,25156	,169	-,8417	,1480
		Pupuk SP-36	,05000	,31053	,872	-,5608	,6608
	Pupuk SP-36	SPB1	-,43594	,25156	,084	-,9308	,0589
		SPB6	-,39688	,25156	,116	-,8917	,0980
		Tanah	-,05000	,31053	,872	-,6608	,5608
TT	SPB1	SPB6	,47969	1,28208	,709	-2,0423	3,0017
		Tanah	4,82594*	1,85791	,010	1,1712	8,4807
		Pupuk SP-36	3,40094	1,85791	,068	-,2538	7,0557
	SPB6	SPB1	-,47969	1,28208	,709	-3,0017	2,0423
		Tanah	4,34625*	1,85791	,020	,6915	8,0010
		Pupuk SP-36	2,92125	1,85791	,117	-,7335	6,5760
	Tanah	SPB1	-4,82594*	1,85791	,010	-8,4807	-1,1712
		SPB6	-4,34625*	1,85791	,020	-8,0010	-,6915
		Pupuk SP-36	-1,42500	2,29345	,535	-5,9365	3,0865
	Pupuk SP-36	SPB1	-3,40094	1,85791	,068	-7,0557	,2538
		SPB6	-2,92125	1,85791	,117	-6,5760	,7335
		Tanah	1,42500	2,29345	,535	-3,0865	5,9365
BBA	SPB1	SPB6	,01156	,03012	,701	-,0477	,0708
		Tanah	,04977	,04365	,255	-,0361	,1356
		Pupuk SP-36	,03277	,04365	,453	-,0531	,1186
	SPB6	SPB1	-,01156	,03012	,701	-,0708	,0477
		Tanah	,03820	,04365	,382	-,0477	,1241
		Pupuk SP-36	,02120	,04365	,627	-,0647	,1071
	Tanah	SPB1	-,04977	,04365	,255	-,1356	,0361
		SPB6	-,03820	,04365	,382	-,1241	,0477
		Pupuk SP-36	-,01700	,05388	,753	-,1230	,0890
	Pupuk SP-36	SPB1	-,03277	,04365	,453	-,1186	,0531
		SPB6	-,02120	,04365	,627	-,1071	,0647
		Tanah	,01700	,05388	,753	-,0890	,1230
BKA	SPB1	SPB6	,00320	,00428	,454	-,0052	,0116
		Tanah	,00623	,00620	,315	-,0060	,0184
		Pupuk SP-36	,00398	,00620	,521	-,0082	,0162
	SPB6	SPB1	-,00320	,00428	,454	-,0116	,0052
		Tanah	,00303	,00620	,625	-,0092	,0152
		Pupuk SP-36	,00078	,00620	,900	-,0114	,0130
	Tanah	SPB1	-,00623	,00620	,315	-,0184	,0060
		SPB6	-,00303	,00620	,625	-,0152	,0092
		Pupuk SP-36	-,00225	,00765	,769	-,0173	,0128
	Pupuk SP-36	SPB1	-,00398	,00620	,521	-,0162	,0082
		SPB6	-,00078	,00620	,900	-,0130	,0114
		Tanah	,00225	,00765	,769	-,0128	,0173

*. The mean difference is significant at the .05 level.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove

Berdasarkan hasil isolasi dari tanah rhizosfer mangrove didapatkan 10 isolat yang tergolong ke dalam bakteri pelarut fosfat. Pengambilan sampel tanah pada penelitian ini dilakukan pada saat air laut surut dengan kedalaman 0 -20 cm. Pengambilan dengan cara ini agar diperoleh tanah yang tidak terlalu basah dan tidak terlalu kering (Dewi *et al.*, 2017). Menurut penelitian (Maulani, 2014), pengambilan tanah dilakukan pada saat kondisi muara surut, hal ini disebabkan oleh kondisi perairan mangrove yang mengalami surut sangat berpengaruh pada tingkat salinitas pada perairan tersebut.

Media yang digunakan dalam proses isolasi bakteri pelarut fosfat yaitu media *Pikovskaya*. Media *Pikovskaya* merupakan media selektif untuk pertumbuhan bakteri pelarut fosfat. Ciri – ciri utama pertumbuhan bakteri pelarut fosfat pada media *Pikovskaya* yaitu terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri. Zona bening ini disebabkan karena adanya pelarutan senyawa trikalsium fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sehingga dapat dilakukan perhitungan nilai kelarutan fosfat yang didapat dari masing – masing isolat bakteri. Selain itu bakteri pelarut fosfat memiliki ciri-ciri morfologi yang bervariasi dari bentuk koloni sampai bentuk sel bakterinya (Mardiansah & Trimulyono, 2021).

Data karakteristik isolat bakteri pelarut fosfat dari penelitian ini didapatkan isolat bakteri yang mempunyai bentuk koloni bulat, filament, dan tidak beraturan dengan tepian koloni rata, bergelombang, dan tidak beraturan, elevasi koloni yang cembung, rata, dan datar, dengan warna koloni putih dan krem seperti yang terlihat pada tabel 4.1. Hal ini sesuai dengan penelitian (Zulkifli *et al.*, 2020)

didapatkan isolat bakteri dengan bentuk koloni bulat, tepian koloni rata, elevasi koloni cembung serta berwarna putih dan krem. Data penelitian (Islamiah *et al.*, 2017) didapatkan isolat bakteri dengan bentuk koloni bulat, tepian koloni rata dan berombak, elevasi koloni rata dan cembung serta warna koloni putih dan putih kekuningan.

Pada penelitian (Oktaviani *et al.*, 2020) didapatkan isolat bakteri dengan bentuk koloni bulat, elevasi cembung dan mempunyai warna krem, transparan, hijau dan putih susu. Perbedaan dalam karakteristik morfologi bakteri disebabkan oleh adanya ekspresi dari gen yang berasal dari bakteri dan pengaruh perbedaan kondisi lingkungan (Lestari *et al.*, 2011).

Data Penelitian (Friska *et al.*, 2015) diperoleh 7 isolat bakteri dengan bentuk koloni bulat, tepian rata, elevasi cembung dan warna yang bervariasi yaitu putih transparan, kuning, merah dan ungu. Setiap hasil isolasi bakteri akan memperoleh jumlah isolat bakteri yang berbeda-beda, pada penelitian (Marista *et al.*, 2013) diperoleh 12 isolat bakteri yang mempunyai bentuk koloni bulat dengan tepian timbul, tidak beraturan, konsentris dan bulat. Tepian koloni bakteri berombak, tidak beraturan, dan licin, dengan elevasi koloni datar, cembung dan timbul dengan warna kuning dan putih.

Selain karakteristik pengamatan secara morfologi bakteri, dilakukan pula pengujian pewarnaan Gram dan uji biokimia. Fungsi dari uji biokimia untuk mengetahui lebih rinci golongan genus suatu bakteri. Pada penelitian ini dilakukan uji biokimia pada beberapa pengujian yaitu uji Triple Sugar Iron Agar (TSIA), uji Indol, uji simon sitrat, uji motilitas, uji katalase dan uji urease seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Berdasarkan uji pewarnaan Gram, sebanyak 9 isolat bakteri dari hasil isolasi termasuk golongan bakteri Gram positif dengan bentuk sel batang (Basil) yang ditandai dengan kode isolat SPB 1, SPB2, SPB3, SPB4, SPB5, SPB7, SPB8, SPB9, SPB10 dan 1 isolat bakteri termasuk golongan bakteri Gram negatif dengan bentuk sel batang (Basil) yaitu SPB6. (Nisa', 2018) menunjukkan dari 3 isolat bakteri yang diperoleh sebanyak 1 isolat bakteri golongan Gram positif dengan bentuk sel bakteri batang (basil) dan 2 isolat bakteri golongan negatif dengan bentuk sel bakteri batang (basil) dan bulat (coccus). Penelitian (Oksana *et al.*, 2020) didapatkan 4 isolat bakteri golongan pelarut fosfat dengan golongan Gram negatif dengan bentuk sel bakteri batang (basil). Dalam penelitian (Panjaitan *et al.*, 2022) didapatkan 1 isolat bakteri pelarut fosfat dengan Gram positif dan 1 Gram negatif dengan bentuk sel batang (basil).

Tujuan dari pewarnaan bakteri yaitu untuk menggolongkan bakteri tersebut termasuk golongan bakteri Gram positif yang mampu mempertahankan warna violet atau golongan bakteri Gram negatif yang mempertahankan warna safranin. Selain itu dalam pewarnaan Gram bakteri dapat pula dilihat bentuk sel bakteri. Adanya perbedaan pada pewarnaan Gram bakteri disebabkan oleh perbedaan struktur dinding sel bakteri satu dengan bakteri lainnya. Bakteri Gram positif menunjukkan adanya ikatan antar kristal violet (ungu kehitaman) dengan dinding sel bakteri yang tersusun atas peptidoglikan yang tebal tanpa dilapisi oleh protein dan lipopolisarida. Sedangkan bakteri Gram negatif menunjukkan adanya ikatan antara warna merah muda dengan dinding sel bakteri yang tersusun atas peptidoglikan yang tipis dan dilapisi oleh protein dan lipopolisakarida (Pratita & Putra, 2012).

Data dari hasil pengujian biokimia seperti yang terlihat pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa isolat bakteri memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam memfermentasi dan mereduksi karbohidrat. Hasil pengujian TSIA didapatkan sebanyak 8 isolat mampu memfermentasi sukrosa dan laktosa, 1 isolat mampu memfermentasi glukosa dan 1 isolat tidak mampu memfermentasi karbohidrat baik glukosa, sukrosa maupun laktosa. Menurut (Yulvizar, 2013) media TSIA mengandung 3 gugus gula yaitu glukosa, sukrosa, dan laktosa. Tujuan dari pengujian TSIA yaitu untuk mengetahui kemampuan dari suatu bakteri dalam memfermentasi gula untuk menghasilkan asam atau gas. Reaksi asam ditandai dengan warna kuning dan reaksi basa ditandai dengan warna merah. Sedangkan adanya gas ditandai dengan terbentuknya endapan hitam. Pada penelitian ini, dari 10 isolat yang diperoleh tidak terdapat gas maupun endapan berwarna hitam. Hal ini disebabkan oleh tidak terdapat isolat yang memiliki enzim desulfurase yang berfungsi untuk memecah sistein dan menghasilkan gas yang ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna hitam pada dasar media.

Penelitian (Zulkifli *et al.*, 2020), menunjukkan bahwa dari 5 isolat yang didapat sebanyak 3 isolat dapat memfermentasi glukosa, sebanyak 2 isolat dapat memfermentasi sukrosa dan tidak didapatkan isolat yang mampu memfermentasi laktosa. Genus yang mampu memfermentasi glukosa seperti *Mycobacterium*, *Micrococcus*. (Marista *et al.*, 2013); (Islamiah *et al.*, 2017). Sedangkan untuk genus *Bacillus* yaitu jenis bakteri yang dapat memfermentasi karbohidrat dan juga tergolong ke dalam bakteri yang tidak mampu memfermentasi karbohidrat tergantung pada jenis spesiesnya.

Hasil dari uji katalase menunjukkan bahwa dari 10 isolat yang diperoleh semua isolat bakteri positif katalase seperti yang terlihat pada tabel 4.2. Tujuan dari uji katalase yaitu untuk mengetahui sifat suatu bakteri terhadap kebutuhan oksigen yang ditandai dengan adanya enzim katalase yang mampu mengkatalis penguraian hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air dan O_2 . Penelitian lain didapatkan hasil uji katalase dari 5 isolat yang diperoleh didapatkan 3 isolat positif katalase dan 2 isolat negatif katalase. Perbedaan isolat bakteri yang negatif katalase disebabkan oleh bakteri tersebut tidak mempunyai enzim katalase yang dapat mengurai hidrogen peroksida (H_2O_2). Bakteri yang tergolong ke dalam genus yang dapat menghasilkan enzim katalase yaitu Genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Neisseria*, dan *Pasteurella* (Cappucino & Sherman, 2014).

Pada pengujian motilitas menunjukkan bahwa dari 10 isolat bakteri yang diperoleh 7 isolat negatif motil dengan kode isolat SPB 1, SPB 2, SPB 6, SPB 7, SPB 8, SPB 9, SPB 10 dan 3 isolat positif motil dengan kode isolat SPB 3, SPB 4, SPB 5. Hasil uji motilitas menunjukkan bahwa adanya bentuk pergerakan bakteri yang ditandai terdapat bekas tusukan pada media bakteri (Cappucino & Sherman, 2014). Penelitian (Ningsih *et al.*, 2014) menunjukkan dari 14 isolat yang diperoleh 8 isolat positif motil dan 6 isolat negatif motil. Selain itu dalam penelitian (Friska *et al.*, 2015) dari 7 isolat bakteri yang diperoleh semua negatif motil. Hal ini membuktikan bahwa ada sebagian bakteri yang tidak terlihat pergerakannya yang biasanya hanya dipengaruhi oleh faktor eksternal saja. Bakteri yang diketahui hasil pengujiannya motil artinya bakteri tersebut mempunyai alat gerak berupa flagel. Genus yang tergolong ke dalam bakteri yang mempunyai alat gerak berupa

flagel yaitu Genus *Corynebacterium*, *Klebsiella*, *Alcaligenes*, *Enterobacter*, *Bacillus* (Cappucino & Sherman, 2014).

Data dari uji Indol menunjukkan bahwa dari 10 isolat yang diperoleh semua isolat bakteri positif indol seperti yang terlihat pada tabel 4.2. Penelitian (Zulkifli *et al.*, 2020) menunjukkan dari 5 isolat yang diperoleh semua menunjukkan hasil negatif indol. Tujuan dari uji indol ini yaitu untuk mengetahui kemampuan suatu bakteri dalam menghasilkan enzim tryptopase yang dapat menghidrolisis tryptophan yang ditandai dengan perubahan warna. Uji indol positif ditandai dengan terbentuknya cincin merah pada permukaan bakteri dan untuk hasil negatif ditandai dengan tidak terbentuknya cincin merah pada permukaan bakteri. Tryptophan yang dihasilkan oleh bakteri yang positif indol merupakan hasil metabolisme bakteri dalam menghasilkan asam amino sehingga menghasilkan indol. Golongan genus bakteri yang menunjukkan positif indol seperti genus *Klebsiella*, *Alcaligenes*, *Enterobacter* (Cappucino & Sherman, 2014).

Berdasarkan hasil dari uji simmon sitrat menunjukkan bahwa dari 10 isolat yang diperoleh semua isolat bakteri negatif sitrat seperti yang terlihat pada tabel 4.2. Data dari penelitian (Islamiah *et al.*, 2017) menunjukkan dari 7 isolat yang diperoleh sebanyak 6 isolat negatif sitrat dan 1 isolat positif sitrat. Hal ini menunjukkan bakteri yang teridentifikasi positif sitrat mampu mengubah sitrat menjadi oksaloasetat sebagai sumber karbon yang dibuktikan dengan berubahnya warna medium dari hijau menjadi biru, sedangkan bakteri yang negatif sitrat tidak mampu menggunakan sitrat sebagai sumber karbonnya. Genus yang tergolong ke dalam bakteri yang dapat mengubah sitrat menjadi oksaloasetat yaitu Genus

Corynebacterium, *Klebsiella*, *Alcaligenes*, *Enterobacter*, *Bacillus* sedangkan contoh genus yang negatif sitrat yaitu *Micrococcus* (Cappucino & Sherman, 2014)

Hasil uji urease menunjukkan bahwa dari 10 isolat yang diperoleh 3 isolat positif urease dengan kode isolat SPB 3, SPB 6, SPB 10 dan 7 isolat negatif urease dengan kode isolat SPB 1, SPB 2, SPB 4, SPB 5, SPB 7, SPB 8, SPB 9 seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.2. Data dari penelitian (Zulkifli *et al.*, 2020) menunjukkan dari 5 isolat bakteri yang diperoleh 3 isolat bakteri negatif urea dan 2 isolat bakteri positif urea. Selain itu dalam penelitian (Ningsih *et al.*, 2014) menunjukkan dari 14 isolat yang diperoleh semua isolat positif urease. Hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri yang positif urease dapat menghasilkan enzim urease yang dapat menguraikan urea menjadi ammonium dan CO₂. Apabila urea dihidrolisiskan, NH₄ terakumulasi dalam media biakan dan menyebabkan pH media menjadi basa. Perubahan warna dari merah-jingga menjadi merah ungu merupakan petunjuk terjadinya hidrolisis urea (Sari, 2014).

Bakteri penghasil urease dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok berdasarkan respon terhadap amonium yaitu, (1) kelompok yang aktivitas enzim urease ditekan oleh keberadaan amonium seperti jenis *Pseudomonas aeruginosa*, *Alcaligeneseutrophus*, *Bacillus megaterium* dan *Klebsiella aerogenes* dan (2) kelompok yang aktivitas enzim urease tidak dipengaruhi oleh amonium seperti *Sporosarcina pasteurii* (*Bacillus pasteurii*), *Helicobacter pylori*, *Proteus vulgaris* (Putri, 2019). Adanya bakteri penghasil urea ini sangat memungkinkan untuk dimanfaatkan dalam memperkuat struktur tanah dalam upaya pencegahan erosi, perbaikan pondasi, reklamasi pantai, bahkan mengkonsolidasikan tanah keruk sebagai bahan bangunan. Dikarenakan Pasir dapat saling mengikat dengan erat

karena adanya kalsit. Genus yang tergolong ke dalam bakteri yang mampu mengurai urea menjadi amoniak yaitu Genus *Alcaligenes*, *Enterobacter*, sedangkan bakteri yang negatif urea yaitu genus *Staphylococcus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Corynebacterium* (Tronics, 2011)

Berdasarkan data-data identifikasi morfologi dan uji biokimia dari 10 isolat bakteri pelarut fosfat yang diperoleh dengan merujuk pada buku Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.8 Data Identifikasi Genus Bakteri Pelarut Fosfat Asal Rhizosfer Mangrove

No	Kode Isolat	Genus
1	SPB 1	<i>Bacillus Sp 3</i>
2	SPB 2	<i>Bacillus Sp 3</i>
3	SPB 3	<i>Bacillus Sp 3</i>
4	SPB 4	<i>Bacillus Sp 1</i>
5	SPB 5	<i>Bacillus Sp 3</i>
6	SPB 6	<i>Pseudomonas</i>
7	SPB 7	<i>Bacillus Sp 3</i>
8	SPB 8	<i>Bacillus Sp 3</i>
9	SPB 9	<i>Bacillus SpI 3</i>
10	SPB 10	<i>Basillus Sp 2</i>

Sumber : (Pulungan & Tumangger, 2018); (Zulkifli *et al.*, 2020); (Ningsih *et al.*, 2014); (Islamiah *et al.*, 2017); (Nisa', 2018); (Friska *et al.*, 2015).

Data pada tabel 4.5 menunjukkan dari 10 isolat bakteri yang diperoleh sebanyak 9 isolat bakteri mempunyai kemiripan dengan genus *Bacillus* sp dengan kode isolat BPS 1, SPB 2, SPB 3, SPB 4, SPB 5, SPB 7, SPB 8, SP B 9, SPB 10 dan 1 isolat bakteri memiliki kemiripan dengan genus *Pseudomonas* dengan kode isolat SPB 6.

Contoh genus-genus bakteri yang ditemukan pada lingkungan mangrove yang tergolong ke dalam bakteri yang dapat melarutkan fosfat agar tersedia di tanah yaitu genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Actinomycetes*. Selain itu pada lingkungan mangrove ditemukan juga bakteri pelarut fosfat dari genus *Enterobacter* yang merupakan jenis rhizobakteri pelarut fosfat yang berhasil diisolasi oleh (Oktaviani *et al.*, 2020) dari ekosistem mangrove di Meksiko, selain *Bacillus amyloliquefaciens*, *Batropphaeus*, *Paenibacillus macerans*, *Xanthobacter agilis*, *Vibrio proteoliticus*, *Kluyvera cryocrescens*, *Blicheniformis*, *Chryseomonas luteola* dan *Pseudomonas stutzeri*.

Setiap mikroorganisme mempunyai peran dan fungsi masing – masing di lingkungan, terutama mikroorganisme di lingkungan perairan mangrove. Salah satu mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi di dalam tanah yaitu kelompok bakteri (Yulma *et al.*, 2017). Bakteri yang terdapat di perairan mangrove terutama pada tanah di perakaran mangrove mempunyai peran utama untuk mendegradasi dan mendaur ulang bahan organik di dalam tanah seperti karbon, nitrogen dan fosfor (Sa'ban *et al.*, 2013).

Beberapa jenis bakteri yang terdapat di dalam tanah pada perairan mangrove yaitu *Bacillus pumilus*, *Micrococcus cereus*, *Planococcus citreus*, dan *Bacillus cereus* yang merupakan jenis bakteri endofit yang berada pada jaringan tanaman, sehingga bakteri ini dapat ditemukan pada semua vegetasi mangrove (Hastuti *et al.*, 2017). Keberadaan bakteri dan mikroorganisme lain pada ekosistem mangrove memiliki peran yang penting dalam mengurai serasah daun mangrove menjadi bahan organik sebagai sumber nutrisi bagi tanaman dan organisme lain yang hidup di ekosistem mangrove. Hasil dari dekomposisi

serasah daun mangrove berupa mineral dan unsur nutrient yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan mangrove itu sendiri (Yahya *et al.*, 2014).

Bakteri yang dapat mendegradasi bahan organik yang ada di alam seperti penguraian tumbuhan atau hewan yang telah mati dan sisa – sisa kotoran organisme tergolong ke dalam kelompok bakteri saprofit. Bakteri – bakteri tersebut meliputi *Pseudomonas* sp., *Flavobacterium* sp., *Acinetobacter* sp., *Bacillus subtilis*. Pada penelitian (Pringgenies *et al.*, 2018) menunjukkan bahwa bakteri *Bacillus* sp merupakan bakteri yang dapat menguraikan sampah organik serasah mangrove sehingga mengalami perubahan bentuk morfologinya. Dibuktikan oleh sampah serasah mangrove mengalami perubahan struktur dari potongan besar menjadi potongan kecil.

Genus *Pseudomonas* sp tergolong ke dalam bakteri amilolitik yaitu bakteri yang dapat menghasilkan enzim amilase untuk proses fermentasi karbohidrat. Secara umum tanaman mangrove mengandung senyawa kompleks antara lain: amilum dan selulosa. Senyawa-senyawa tersebut didegradasi oleh bakteri amilolitik dan selulolitik menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah terlarut dalam tanah (Hastuti *et al.*, 2017).

Tabel 4.9 Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dari Genus *Bacillus* sp 1

Karakteristik	<i>Bacillus</i>	SPB 4
Gram	+	+
Bentuk Sel	Batang	Batang
Warna	Krem	Krem
Bentuk Koloni	Bulat	Bulat
Tepian Koloni	Berombak	Rata
Elevasi	Rata	Cembung
Uji TSIA		
Glukosa	-	-
Sukrosa	-	-
Laktosa	-	-
H ₂ S	-	-
Katalase	+	+
Motilitas	+	+
Indol	-	+
Sitrat	-	-
Urea	-	-
Sumber	Islamiah <i>et al</i> , 2017; Sayuti <i>et al</i> , 2017	Data Penelitian

Tabel 4.10 Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dari Genus *Bacillus* sp 2

Karakteristik	<i>Bacillus</i>	SPB 10
Gram	+	+
Bentuk Sel	Batang	Batang
Warna	Putih	Krem
Bentuk Koloni	Bulat	Tidak beraturan
Tepian Koloni	Bergelombang	Rata
Elevasi	Rata	Datar
Uji TSIA		
Glukosa	+	+
Sukrosa	-	-
Laktosa	-	-
H ₂ S	-	-
Katalase	+	+
Motilitas	+	-
Indol	-	+
Sitrat	-	-
Urea	-	+
Sumber	Sari, 2014	Data Penelitian

Tabel 4.11 Identifikasi Bakteri Pelarut Dari Fosfat Genus *Bacillus* sp 3

Karakteristik	<i>Bacillus</i>	SPB 1	SPB 2	SPB 3	SPB 5	SPB 7	SPB 8	SPB 9
Gram	+	+	+	+	+	+	+	+
Bentuk Sel	Batang							
Warna	Putih	Putih	Krem	Krem	Putih	Putih	krem	Krem
Bentuk Koloni	Bulat	Bulat	Bulat	Filament	Bulat	Tidak beraturan	Tidak Beraturan	Bulat
Tepian Koloni	Bergelombang	Rata	Bergelombang	Bergelombang	Rata	Rata	bergelombang	Rata
Elevasi	Rata	Cembung	Cembung	Rata	Cembung	Timbul	Rata	Datar
Uji TSIA								
Glukosa	+	+	+	+	+	+	-	+
Sukrosa	+	+	+	+	+	+	+	+
Laktosa	+	+	+	+	+	+	+	+
H ₂ S	-	-	-	-	-	-	-	-
Katalase	+	+	+	+	+	+	+	+
Motilitas		-	-	+	+	-	-	-
Indol	-	+	+	+	+	+	+	+
Sitrat	+	-	-	-	-	-	-	-
Urea		-	-	+	-	-	-	-
Sumber	Chairani, 2016	Data Penelitian						

Tabel 4.12 Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dari Genus Pseudomonas

Karakteristik	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas</i>	SPB 6
Gram	-	-	-	-
Bentuk Sel	Batang	Batang	Batang	Batang
Warna	Putih	Putih kekuningan	Krem	Putih
Bentuk Koloni	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Tepian Koloni	Rata	Rata	Tidak Rata	Rata
Elevasi	Rata	Rata	Cembung	Datar
Uji TSIA				
Glukosa	-	-	+	+
Sukrosa	+	+	-	+
Laktosa	+	+	-	+
H ₂ S	-	-	+	-
Katalase	+	+	+	+
Motilitas	-	-	+	-
Indol	-	-	-	+
Sitrat	-	-	-	-
Urea	-	-	+	+
Sumber	Islamiah <i>et al</i> , 2017	Bergey	Russady, 2011	Data Penelitian

4.2.2 Pengujian Kandungan Fosfat Pada Isolat Bakteri Asal Rhizosfer Mangrove

Berdasarkan hasil pengukuran diameter zona bening dan pengukuran diameter koloni bakteri dari 10 isolat bakteri yang diperoleh seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.3 dengan merujuk pada tabel kategori nilai indeks kelarutan fosfat pada tabel 3.2, didapatkan 2 isolat bakteri mempunyai nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) tertinggi dengan kode isolat SPB 1 dengan nilai IKF 33 mm dan SPB 6 dengan nilai IKF 23,25 mm, 2 isolat bakteri mempunyai nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) sedang dengan kode isolat SPB 3 dengan nilai IKF 17,8 mm, SPB 5 dengan nilai IKF 11,6 mm. Sedangkan 6 isolat mempunyai nilai indeks kelarutan fosfat kategori rendah dengan kode isolat SPB 2 dengan nilai IKF 7,33 mm, SPB 10 dengan nilai IKF 6,4 mm, SPB 7 dengan nilai IKF 5 mm, SPB 8 dengan nilai IKF 4,7 mm, SPB 9 dengan nilai IKF 4,2 mm dan SPB 4 dengan nilai IKF 2,8 mm.

Perbedaan nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF) dari setiap isolat bakteri yang diperoleh menunjukkan kemampuan masing-masing isolat dalam melarutkan fosfat yang terikat. Setiap isolat bakteri mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menghasilkan asam-asam organik, selama masa pertumbuhannya, sehingga berpengaruh dalam pelarutan fosfat. Kemampuan dalam melarutkan fosfat ditandai dengan adanya zona bening di sekitar koloni bakteri. Hal ini terjadi karena adanya asam organik yang diekskresikan oleh bakteri dan kemudian berikatan dengan ion Ca dari $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada media Pikovskaya dan membebaskan H_2PO_4 sehingga membentuk area yang berwarna jernih. Dengan demikian, semakin tinggi nilai IKF yang dihasilkan maka kemampuan bakteri

dalam melarutkan fosfat juga tinggi. Data penelitian (Oksana *et al.*, 2020) genus bakteri dari indeks kelarutan fosfat tertinggi dikategorikan dalam genus *klebsiella* dan genus bakteri dari indeks kelarutan fosfat terendah dikategorikan dalam genus *Acinetobacter*.

Pada penelitian (Islamiati, 2015), menunjukkan dari 8 isolat bakteri yang diperoleh 3 isolat bakteri yang mempunyai nilai indeks kelarutan fosfat terbesar yaitu 2,25 cm, 2,66 cm, 2,33 cm. Data penelitian Karpagam dan Nagalakshmi, (2014), menunjukkan nilai indeks kelarutan fosfat terbesar yaitu sebesar 2,23 cm, 2,15 cm, 2,11 cm nilai indeks kelarutan fosfat sedang yaitu sebesar 2,08 cm dan 2 cm dan tidak didapatkan nilai indeks kelarutan fosfat yang rendah.

Adanya variasi dari nilai indeks kelarutan fosfat tersebut dapat disebabkan karena perbedaan kemampuan isolat bakteri pelarut fosfat dalam mensekresikan asam organik ekstraselulernya sehingga zona bening yang terbentuk berbeda-beda. Oleh karena itu, ukuran koloni bakteri tidak berpengaruh terhadap terbentuknya zona bening disekitar koloni tersebut. Hal ini ditunjukkan dari penelitian bahwa ukuran diameter suatu koloni yang besar tidak selalu menghasilkan zona bening yang besar pula (Saragih, 2013).

4.2.3 Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung

Berdasarkan data analisis uji normalitas pada tabel 4.4 didapatkan hasil signifikansi untuk masing-masing parameter pengamatan. Pada panjang akar (PA) diketahui bahwa nilai sebesar 0,000 yang artinya nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka data terdistribusi tidak normal. Pada jumlah daun (JD) diketahui bahwa nilai signifikansi sebesar 0,044 yang artinya nilai signifikansi kurang dari

0,05, maka data terdistribusi tidak normal. Pada parameter tinggi tanaman diketahui bahwa nilai signifikansi sebesar 0,912 yang artinya nilai signifikansi lebih dari 0,05, maka data terdistribusi normal. Pada parameter berat basah akar (BBA) diketahui bahwa nilai signifikansi sebesar 0,000 yang artinya nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka data terdistribusi tidak normal. Pada parameter berat kering akar (BKA) diketahui bahwa nilai signifikansi sebesar 0,000 yang artinya nilai signifikansi kurang dari 0,05, maka data terdistribusi tidak normal. Dilihat dari nilai pengujian normalitas bahwa hanya pada parameter tinggi tanaman yang mempunyai data yang normal.

Selanjutnya dilakukan uji homogenitas seperti yang terlihat pada tabel 4.5. Pada parameter panjang akar (PA) diketahui nilai signifikansi 0,908 yang artinya nilai signifikansi lebih dari 0,05 ($0,908 > 0,05$), maka data respon dari ke empat perlakuan (SPB 1, SPB6, kontrol tanah dan kontrol pupuk SP - 36) bersifat homogen. Pada parameter jumlah daun (JD) diketahui nilai signifikansi 0,859 yang artinya nilai signifikansi lebih dari 0,05 ($0,859 > 0,05$), maka data respon dari ke empat perlakuan (SPB 1, SPB6, kontrol tanah dan kontrol pupuk SP - 36) bersifat homogen. Pada parameter tinggi tanaman (TT) diketahui nilai signifikansi 0,840 yang artinya nilai signifikansi lebih dari 0,05 ($0,840 > 0,05$), maka data respon dari ke empat perlakuan (SPB 1, SPB6, kontrol tanah dan Kontrol pupuk SP - 36) bersifat homogen. Pada parameter berat basah akar (BBA) diketahui nilai signifikansi 0,069 yang artinya nilai signifikansi lebih dari 0,05 ($0,069 > 0,05$), maka data respon dari ke empat perlakuan (SPB 1, SPB6, kontrol tanah dan kontrol pupuk SP - 36) bersifat homogen. Pada parameter berat kering akar (BKA) diketahui nilai signifikansi 0,122 yang artinya nilai signifikansi lebih dari

0,05 ($0,122 > 0,05$), maka data respon dari ke empat perlakuan (SPB 1, SPB6, kontrol tanah dan kontrol pupuk sp - 36) bersifat homogen.

Setelah dilakukannya pengujian normalitas dan uji homogenitas dari data yang di analisis didapatkan pada parameter tinggi tanaman (TT) yang mempunyai data yang normal dan bersifat homogen, sehingga hanya untuk parameter tinggi tanaman yang dapat dilakukan uji lanjutan Anova satu arah (One Way Anova). Fungsi dari uji anova ini yaitu untuk mengetahui apakah ada perbedaan pertumbuhan tinggi tanaman (TT) pada perlakuan SPB 1, SPB 6, kontrol tanah dan kontrol pupuk SP – 36. Sedangkan untuk parameter panjang akar (PA), jumlah daun (JD), berat basah akar (BBA), dan berat kering akar (BKA) yang mempunyai data tidak normal akan tetapi mempunyai data yang bersifat homogen dilakukan uji lanjutan kruskal walis.

Berdasarkan tabel 4.6 pada uji anova dengan tingkat keyakinan 95% dan nilai signifikan 5 % (0,05) didapatkan adanya perbedaan rata-rata tinggi tanaman (TT) yang signifikan pada perlakuan SPB 1, SPB 6, kontrol tanah dan kontrol pupuk SP – 36 dengan perbandingan f hitung $>$ f tabel ($84,343 > 1,486$). Artinya, terdapat perbedaan rata-rata tinggi tanaman (TT) yang signifikan pada perlakuan SPB 1, SPB 6, Tanah, dan Pupuk SP-36. Dengan nilai rata-rata pada hasil pengamatan dengan pemberian suspensi bakteri SPB 1 yaitu sebesar 27.7 cm, SPB 6 yaitu sebesar 24, 8 cm, pada perlakuan kontrol tanah yaitu sebesar 20,6 cm dan pada perlakuan kontrol Pupuk SP-36 yaitu sebesar 23.2 cm. Dikarenakan data pada pengujian anova diperoleh bahwa data mempunyai nilai yang signifikan atau terdapat perbedaan pertumbuhan tinggi tanaman dari perlakuan SPB 1, SPB 6, Kontrol Tanah, dan control pupuk SP-36 maka uji lanjutan dari Anova yaitu uji

Beda Nyata Terkecil (BNT) seperti pada tabel 4.7. Hasil dari uji Beda Nyata Terkecil (BNT) didapatkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman pada SPB 1 dengan tanah berbeda signifikan, pertumbuhan tinggi tanaman pada SPB 6 dengan tanah berbeda signifikan, pertumbuhan tinggi tanaman pada tanah dengan SPB 1 dan SPB 6 berbeda signifikan dan hubungan lain tidak berbeda signifikan.

Hal ini sejalan dengan penelitian Rahman *et al.*, (2015), menunjukkan bahwa pada perlakuan yang diberikan pemberian kompos + bakteri pelarut fosfat + mikoriza berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman. Akan tetapi tidak berpengaruh nyata pada perlakuan (kompos + BPF), (kompos + BPN) dan (kompos + BPF + BPN), tetapi berbeda nyata dengan perlakuan R0 (tanpa perlakuan).

Pada penelitian Permatasari dan Nurhidayati (2014), pemberian inokulan bakteri penambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat memberikan dampak paling berpengaruh diantara keseluruhan perlakuan pada rata-rata pertumbuhan tanaman cabai rawit varietas Bara, meliputi tinggi tanaman sebesar 9,0 cm, diameter batang sebesar 0,4 mm, dan berat kering tanaman sebesar 216,7 mg. Aplikasi pemberian isolat BPF sebagai pupuk hayati memiliki efektifitas dan viabilitas yang bervariasi tergantung pada lahan. Penggunaan BPF secara langsung tidak mudah untuk mempertahankan kehidupan di sekitar akar tanaman karena rentan terhadap bermacam-macam kondisi lingkungan tanah seperti suhu, kelembaban, dan salinitas (Wu *et al.*, 2012).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

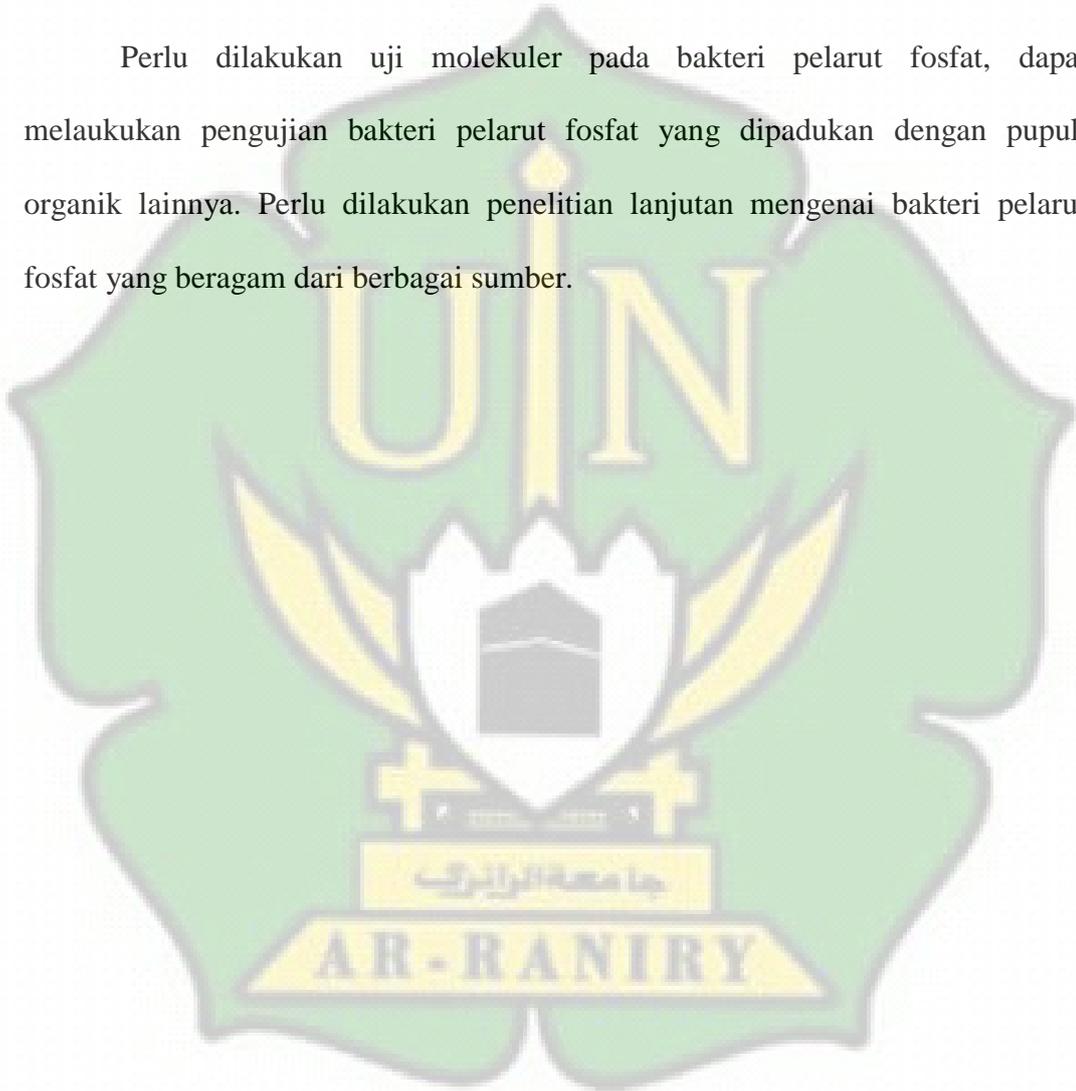
Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil isolasi bakteri pelarut fosfat dari tanah rhizosfer mangrove didapatkan 10 isolat bakteri yang mempunyai bentuk koloni bulat, filament, dan tidak beraturan dengan tepian koloni rata, bergelombang, dan tidak beraturan, elevasi koloni yang cembung, rata, dan datar, dengan warna koloni putih dan krem. Dalam uji pewarnaan gram sebanyak 9 isolat bakteri termasuk golongan bakteri gram positif dengan bentuk sel batang (Basil) dan 1 isolat bakteri termasuk golongan bakteri gram negatif dengan bentuk sel batang (Basil). Berdasarkan pengujian morfologi bakteri dan pengujian biokimia didapatkan sebanyak 9 isolat bakteri mempunyai kemiripan dengan genus *Bacillus* sp dengan kode isolat BPS 1, SPB 2, SPB 3, SPB 4, SPB 5, SPB 7, SPB 8, SPB 9, SPB 10 dan 1 isolat bakteri memiliki kemiripan dengan genus *Pseudomonas* dengan kode isolat SPB 6.
2. Potensi fosfat yang dimiliki oleh bakteri dari hasil isolasi ditunjukkan dengan tingginya nilai Indeks Kelarutan Fosfat (IKF), hasil dalam penelitian ini nilai IKF tertinggi sebesar 33 mm dan 23,25 dengan kode isolat SPB 1 dan SPB 6. Nilai IKF sedang yaitu 17,8 mm dan 11,6 mm dengan kode isolat SPB 3 dan SPB 5. Nilai IKF terendah yaitu sebesar 7,33 mm, 6,4 mm, 5 mm, 4,7 mm, 4,2 mm dan 2,8 mm dengan kode isolat SPB 2, SPB 10, SPB 7, SPB 8, SPB 9, dan SPB 4.

3. Bakteri pelarut fosfat signifikan mampu mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman jagung, akan tetapi tidak signifikan mempengaruhi panjang akar, jumlah daun, berat basah akar dan berat kering akar.

5.2 Saran

Perlu dilakukan uji molekuler pada bakteri pelarut fosfat, dapat melakukan pengujian bakteri pelarut fosfat yang dipadukan dengan pupuk organik lainnya. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai bakteri pelarut fosfat yang beragam dari berbagai sumber.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhady, H. M., Abou-Taleb, K., & El-Salam, S. S. A. (2017). Effect Of Carbon And Nitrogen Sources On Phosphate Solubilization By Some Local Isolates From Egyptian Rock Phosphate Deposit. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 8(6), 1–19.
- Anhar, A., Hariati, D., & Advinda, L. (2018). Respon Hasil Tanaman Cabai (*Capsicum Annum L.*) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi. 236–241. (ISBN : 978-602-61265-2-8).
- Asril, M., & Lisafitri, Y. (2020). Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat Genus *Pseudomonas* dari Tanah Masam Bekas Areal Perkebunan Karet di Kawasan Institut Teknologi Sumatera. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 40–48. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i1.3743>
- Astuti, Y. W., Widodo, L. U., & Budisantosa, I. (2013). Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penambat Nitrogen terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat pada Tanah Masam. *UNJ. Purwokerto.*, 1(23), 1–9.
- Basyuni, M., Wati, R., Sagami, H., Sumardi, Baba, S., & Oku, H. (2018). Diversity and abundance of polyisoprenoid composition in coastal plant species from North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(1), 1–11. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190101>
- Behera, B. C., Singdevsachan, S. K., Mishra, R. R., & Sethi, B. K. (2016). *Phosphate Solubilising Bacteria from Mangrove Soils of Mahanadi River Delta, Odisha, India*. 4(1), 18–23. <https://doi.org/10.12691/wjar-4-1-3>
- Bustami, Sufardi, & Bakhtiar. (2012). Serapan Hara dan Efisiensi Pemupukan Fosfat Serta Pertumbuhan Padi Varietas Lokal. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 1(2), 159–170.
- Cappucino, J. G., & Sherman, N. (2014). Food microbiology: a laboratory manual. In M. Beaugureau & A. Williams (Eds.), *Food Microbiology* (Tenth Edit). <https://doi.org/10.1016/j.fm.2004.01.008>
- Chandra, I. A., Seca, G., Hena, M. K. A., & No, B. (2011). *Aboveground Biomass Production of Rhizophora apiculata Blume in Sarawak Mangrove Forest*. 6(396), 469–474.
- Citra, L. S., Supriharyono, S., & Suryanti, S. (2020). Analisis Kandungan Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat pada Sedimen Mangrove Jenis *Avicennia* dan *Rhizophora* di Desa Tapak Tugurejo, Semarang The Analysis of Organic Content, Nitrate, Phosphate in the Sediment of Mangrove *Rhizophora* dan *Avicennia* at Tapak Vil. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 9(2), 107–114. <https://doi.org/10.14710/Marj.V9i2.27766>
- Dewi, A. K., Meylina, L., & Rusli, R. (2017). Isolasi Bakteri Dari Tanah Mangrove *Rhizophora* Sp. Di Kota Bontang Ayu. *Proceeding of the 5th Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 59–68.

- Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2012). Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis. *CIFOR Brief*, 13(12), 12. <https://doi.org/10.17528/cifor/003773>
- Ekowati, D., & Nasir, M. (2011). Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mays*, L.) Varietas Bisi-2 Pada Pasir Reject Dan Pasir Asli Di Pantai Trisik Kulonprogo. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 18(3), 220–231. <https://doi.org/10.22146/jml.18445>
- Fadilah, & Akbar, K. (2015). Pengaruh Pemberian Pupuk Fosfat Dan Jarak Tanam Yang Tepat Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis. *Agrosamudra, Jurnal Penelitian*, 2, 71–81. <https://doi.org/2356-0495>
- Faisal, H., & Agus, S. (2010). Akumulasi Logam Berat Pb , Cu , Dan Zn Di Hutan Mangrove Muara Angke , Jakarta Utara 2(2), 41–52. <https://media.neliti.com/media/publications/101507-ID-none.pdf>
- Fajar, A., Oetama, D., & Afu, A. (2013). *Studi Kesesuaian Jenis untuk Perencanaan Rehabilitasi Ekosistem Mangrovedi Desa Wawatu Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan*. 03(12), 164–176.
- Fitriatin, B. N., Agustina, M., & Hindersah, R. (2017). Populasi Bakteri Pelarut Fosfat , P-Potensial Dan Hasil Jagung Yang Total Phosphate Solubilizing Bacteria (Psb), Soil Potential P And Yield Of Maize (*Zea mays* . L) Affected By The MPF Application Grown On Jatinangor Ultisols. *Agrologia, Jurnal Ilmu Budidaya TanamanImu Budidaya Tanaman*, 6(2), 75–83.
- Friska, W., Khotimah, S., & Linda, R. (2015). Karakteristik Bakteri Pelarut Fosfat pada Tingkat Kematangan Gambut di Kawasan Hutan Lindung Gunung Ambawang Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*, 4(1), 197–202.
- Halidah. (2014). *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh Jenis Mangrove Yang Kaya Manfaat. *Info Teknis Eboni*, 11(1), 37–44. http://balithutmakassar.org/wp-content/uploads/2014/11/04_Avicennia-Marina_Halidah.pdf
- Hastuti, U. S., Sarwendah, F., Nugraheni, A., & Asna, P. M. Al. (2017). Identifikasi dan Penentuan Indeks Hidrolisis Protein pada Bakteri Proteolitik dari Tanah Mangrove di Margomulyo , Balikpapan. *Proceeding Biology Education Conference*, 14(1), 265–270.
- Heriyanto, N. M., & Subiandono, E. (2012). Komposisi Dan Struktur Tegakan, Biomasa, Dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove Di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Komposisi Alam*, 9(1), 23–32.
- Herman, M., & Pranowo, D. (2013). Pengaruh Mikroba Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Serapan Hara P Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Buletin Ristri*, 4(2), 129–138. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v4n2.2013.p129-138>
- Howieson, J. G., & Dilworth, M. J. (2016). *Working with rhizobia*. 314. <https://doi.org/9781925436181> (PDF)

- Huda, C., & Salni, M. (2012). Penapisan Aktivitas Antibakteri dari Bakteri yang Berasosiasi dengan Karang Lunak *Sarcophyton* sp. *Maspari Journal*, *04*(1), 69–76.
- Ilham, Darmayasa, I. B. G., Nurjaya, I. G. M. O., & Kawuri, R. (2014). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Potensial Pada Tanah Konvensional Dan Tanah Organik. *Jurnal Simbiosis*, *2*(1), 173–183. <https://doi.org/10.24843/simbiosis>
- Indhirawati, R., Purwantoro, A., & Basunanda, P. (2015). Karakterisasi Morfologi dan Molekuler Jagung Berondong Stroberi dan Kuning (*Zea mays* L. Kelompok Everta). *Karakterisasi Morfologi Dan Molekuler Jagung Berondong Stroberi Dan Kuning (Zea Mays L. Kelompok Everta)*, *4*(1), 102–114. <https://doi.org/10.22146/veg.6427>
- Islamiah, D. N., Linda, R., & Rahmawati. (2017). Jenis-jenis Bakteri Rizosfer Kawasan Tanah Mangrove *Avicennia* di Kelurahan Terusan, Kecamatan Mempawah Hilir, Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, *6*(3), 165–172.
- Islamiati, A. (2015). Potency Of *Azotobacter* As Phosphate Solubilizing Bacteria. *Skripsi*, 1–67.
- Kariada, N., & Irsadi, A. (2014). Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang (Role of Mangrove as Water Pollution Biofilter in Milkfish Pond, Tapak, Semarang). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, *21*(2), 188–194. <https://doi.org/10.22146/jml.18543>.
- Karimah, K. (2017). Peran Ekosistem Hutan Mangrove Sebagai Habitat Untuk Organisme Laut. *Jurnal Biologi Tropis*, *17*(2), 51. <https://doi.org/10.29303/jbt.v17i2.497>
- Karpagam, T., & Nagalakshmi, P. K. (2014). Isolation and characterization of Phosphate Solubilizing Microbes from Agricultural soil. *International Journal Of Current Microbiology and Applied Sciences*, *3*(3), 601–614.
- 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. <https://doi.org/10.14710/bioma.20.1.1-8>
- Leboffe, M. J., & Pierce, B. E. (2011). A Photographic Atlas for The Microbiology Laboratory. In D. Ferguson (Ed.), *Morton Publishing*. Douglas N. Morton. <https://doi.org/10.2174/187152008785133128>
- Lesilolo, M. K. (2012). Studi Pemupukan Fosfat Terhadap Viabilitas Dan Vigor Benih Jagung (*Zea mays* L.) Varietas Hulaliu. *Agrologia, Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman Imu*, *1*(2), 119–125. <https://doi.org/10.30598/a.v1i2.287>
- Lestari, W., Linda, M. T., & Martina, A. (2011). Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Isolat Asal Sei Garo dalam Penyediaan Fosfat Terlarut dan Serapannya pada Tanaman Kedelai. *Biospecies*, *4*(2), 15.

- Majid, I., Henie, M., Al, I., Rohman, F., & Syamsuri, I. (2016). Konservasi Hutan Mangrove Di Pesisir Pantai Kota Ternate Terintegrasi Dengan Kurikulum Sekolah. *Jurnal Bioedukasi*, 4(2), 488–496.
- Mandalika, V. S. (2014). Perubahan fraksi fosfor lambat tersedia pada tanah tergenang yang diameliorasi bahan organik. *Skripsi*, 1–33.
- Mardiansah, D., & Trimulyono, G. (2021). Isolasi , Karakterisasi , dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Tanaman Jati dan Sengon di Pegunungan Kapur , Daerah Selatan Kabupaten Tulungagung. *Jurnal Lentera Bio*, 10(2), 188–198.
- Marista, E., Khotimah, S., & Linda, R. (2013). Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* var . nipah) di Kota Singkawang. 2(2), 93–101.
- Maulani, S. H. (2014). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Selulolitik Dari Tanah Mangrove Muara Sungai Gunung Anyar, Surabaya. *Skripsi*, 1–76.
- Mayendra. (2018). Universitas Sumatera Utara Poliklinik Universitas Sumatera Utara. *Skripsi*, 1(3), 82–91.
- Miranti, A. K., Rukmi, M. I., & Supriyadi, A. (2014). Diversitas Kapang Serasah Daun Talok (*Muntingia calabura* L.) Di Kawasan Desa Sukolilo Barat, Kecamatan Labang, Kabupaten Bangkalan, Madur. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 16(2), 58. <https://doi.org/10.14710/bioma.16.2.58-64>
- Nasution, A. H., Fauzi, & Musa, L. (2014). *Kajian P-Tersedia Pada Tanah Sawah Sulfat Masam Potensial*. 2(3), 1244–1251.
- Ningsih, R. L., Khotimah, S., & Lovadi, I. (2014). Bakteri Pendegradasi Selulosa dari Serasah Daun *Avicennia alba* Blume di Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont*, 3(1), 34–40.
- Nisa', N. A. (2018). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dengan Sekuens 16s Rrna Asal Tanah Pertanian Organik Desa Sumberejo Batu. *Skripsi*, 10(1), 279–288. <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.05.023%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.gie.2018.04.013%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29451164%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5838726%250Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.gie.2013.07.022>
- Noor, Y. R., Khazali, M., & Suryadiputra, I. N. N. (2012). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia* (dan I. N. N. S. 1999. Rusila Noor, Y., M. Khazali (ed.); Ketiga). Giesen, W., Stephan Wulffraat, Max Zieren & Liesbeth Schoelten. A Field Guide of Indonesian Mangrove. WI-IP (in prep.).
- Nugroho, R. A., Widada, S., & Pribadi, R. (2013). Studi Kandungan Bahan Organik Dan Mineral (N, P, K, Fe Dan Mg) Sedimen Di Kawasan Mangrove Desa Bedono, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. *Journal Of Marine Research*, 2(1), 62–70.

- Nurhidayah. (2017). Variasi Massa Pulp Dari Campuran Tongkol Jagung Dan Kulit Jagung Dengan Penambahan Binder Kulit Singkong (*Manihot Esculante* Cranz) Untuk Pembuatan Kertas Komposit. *Skripsi*, 1–6.
- Nurjahyani, S. D., & Shyntyta, D. (2014). Efektivitas Pengenceran terhadap Pertumbuhan Koloni Mikroba pada Saus Tomat. *Jurnal Saintek*, 11(2), 65–68.
- Nurrochman, F. (2015). Eksplorasi Bakteri Selulolitik Dari Tanah Hutan Mangrove Kretek, Bantul, Yogyakarta. *Naskah Publikasi*, 1–13.
- Nursin, A., Wardah, & Yusran. (2014). Soil Chemical Properties at Various Zoning Mangrove Forest in the Village of Tumpapa District Balinggi Parigi Moutong. *Journal Warta Rimba*, 2(1), 17–23.
- Octaviani, N. D. (2011). Eksplorasi Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Di Kawasan Mangrove Wonorejo Surabaya. *Skripsi Thesis*, 1–20.
- Oksana, O., Irfan, M., Fianiray, A. R., & Zam, S. I. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Ultisol di. *Agrotechnology Researc Journal*, 4(1), 22–25. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v4i1.36063>
- Oktaviani, E., Lunggani, A. T., & Ferniah, S. R. (2020). Karakter Rhizobakteri Pelarut Fosfat Potensial dari Rhizosfer Tumbuhan Mangrove Teluk Awur Kabupaten Jepara secara Mikrobiologi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 58–66. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.58-66>
- Pande, A., Pandey, P., Mehra, S., Singh, M., & Kaushik, S. (2017). Phenotypic and genotypic characterization of phosphate solubilizing bacteria and their efficiency on the growth of maize. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 15(2), 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2017.06.005>
- Panjaitan, F. J., Bachtiar, T., Ke Lele, O., & Indriyani, W. (2022). Karakterisasi mikroskopis dan uji biokimia bakteri pelarut fosfat (bpf) dari rhizosfer tanaman jagung fase vegetatif. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Lingkungan*, 1(10), 9–17.
- Pratita, M. Y. E., & Putra, S. R. (2012). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Mata Air Panas Di Songgoriti Setelah Dua Hari Inkubasi. *Teknik Pomits*, Vol. 1(1), 1–5.
- Pringgenies, D., Widiyadmi, R., Ariyanto, D., Idris, R., & Djunaedi, A. (2018). Bakteri Konsorsium dari Serasah Mangrove untuk produksi kompos. *Jurnal Pengelolaan Perairan*, 1(2), 19–26.
- Pulungan, A. S., & Tumangger, D. E. (2018). BioLink Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Enzim Katalase Dari Daun Buasbuas (*Premna pubescens* Blume). *Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*, 5(1), 72–80.

- Purba, M., Fauzi, F., & Sari, K. (2015). Pengaruh Pemberian Fosfat Alam Dan Bahan Organik Pada Tanah Sulfat Masam Potensial Terhadap P-Tersedia Tanah Dan Produksi Padi (*Oryza Sativa L.*). *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 3(3), 105094.
<https://doi.org/10.32734/jaet.v3i3.10937>
- Puspitasari, H. M., Yunus, A., & Harjoko, D. (2018). Dosis Pupuk Fosfat Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Jagung Hibrida. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 20(2), 34–39.
<https://doi.org/10.20961/agsjpa.v20i2.22058>
- Puspitawati, M. D., Sugiyanta, & Anas, I. (2013). Pemanfaatan Mikrob Pelarut Fosfat untuk Mengurangi Dosis Pupuk P Anorganik pada Padi Sawah. *Indonesian Journal of Agronomy*, 41(3), 188–195.
<https://doi.org/10.24831/jai.v41i3.8095>
- Putri, D. A. (2019). *Isolasi dan pengukuran produktivitas enzim urease bakteri ureolitik sebagai agen biogrouting dari sampel sedimen sungai citarum di muara gembong bekasi*. 1–51.
- Rachman, F. N. (2018). Pengaruh Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat Dan Dan Pupuk Kandang Sebagai Biofertilizer Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Produksi Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum Mill.*). *Skripsi*, 1–9.
- Rahman, R., Anshar, M., & Bahrudin. (2015). Nitrogen Dan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai (*Capsicum annum L.*). *Jurnal Agrotekbis*, 3(3), 316–328.
- Ritonga, M., Bintang, & Sembiring, M. (2015). Perubahan Bentuk P Oleh Mikroba Pelarut Fosfat dan Bahan Organik Terhadap P-tersedia dan Produksi Kentang (*Solanum tuberosum L.*) pada Tanah Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. *Jurnal Agroekoteknologi* ., 4(1), 1641–1650.
- Riwandi. (2014). *Teknik Budidaya Jagung Dengan Sistem Organik Di Lahan Marjinal* (Suhendra (ed.); Edisi ke 1). UNIB Press.
- Rohmah, F., Rahayu, Y. S., & Yuliani. (2013). *Pemanfaatan Bakteri Pseudomonas flourescens, Jamur Trichoderma harzianum dan Seresah Daun Jati (Tectona grandis) untuk Pertumbuhan Tanaman Kedelai pada Media Tanam Tanah Kapur*. 2, 5.
- Sa'ban, S., Ramli, M., & Nurgaya, W. (2013). *Produksi dan Laju Dekomposisi Seresah Mangrove dengan Kelimpahan Plankton di Perairan Mangrove Teluk Moramo Production and Decomposition Rate of Mangrove Litter and Plankton Abundance in Mangrove Area of Moramo Ba y*. 03(12), 132–146.
- Saragih, A. B. (2013). Skrining Bakteri Pelarut Fosfat Adaptif Vinasse Dari Lahan Tebu Pabrik Gula Jatiroto Kabupaten Lumajang Jawa Timur *Skripsi*.
- Sari, N. I. (2014). Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Tanah Di Kecamatan Pattallassang Kabupaten Gowa. *Skripsi*, 1–103.

- Savira, S. I. (2015). Equalizing Quality: The Challenge of Globalization. *Jurnal Psikologi Teori Dan Terapan*, 6(1), 54–59.
- Setiawati, Suryatmana, P., Hindersah, R., Fitriatin, B. N., & Herdiantoro, D. (2014). *Karakterisasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Ketersediaan P pada Media Kultur Cair Tanaman Jagung (Zea Mays L.)*. 16(1), 30–34.
- Sitanggang, V. (2016). Aplikasi Mikroba Pelarut Fosfat Dan Beberapa Sumber Pupuk P Untuk Meningkatkan Serapan P Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. *Skripsi*, 1(3), 1–66.
- Suliasih, Widawati, S., & Muharam, A. (2010). Aplikasi Pupuk Organik dan Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat dan Aktivitas Mikroba Tanah. *Jurnal Hortikultura*, 20(3), 241–246.
- Supriyantini, E. et al. (2018). *Nitrate and Phosphate Contents on Sediments Related to The Density Levels of Mangrove Rhizophora Sp . in Mangrove Park Waters of Pekalongan , Central Java*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/116/1/012013>
- Tronics, A. (2011). *Studi awal pemanfaatan teknik biogrouting pada tanah pasir untuk proses sementasi*. 13.
- Wahyudin, A., Fitriatin, B. N., Wicaksono, F. Y., Ruminta, R., & Aristiyo, M. (2017). Respons tanaman jagung (*Zea mays L.*) akibat pemberian pupuk fosfat dan waktu aplikasi pupuk hayati mikroba pelarut fosfat pada Ultisols Jatinangor. *Kultivasi*, 16(1), 246–254. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v16i1.11559>
- Wulandari, R., Suprihadi, A., & Raharjo, B. (2013). Pertumbuhan Isolat Rhizobakteri Pelarut Fosfat Dari Tanaman Padi Di Mayong , Jepara Pada Media Limbah Rumah Pemotongan Hewan Dan Air Kelapa. *Jurnal Biologi*, 2(2), 1–11.
- Yahya, Y., Nursyam, H., Risjani, Y., & Soemarno, S. (2014). *Karakteristik Bakteri di Perairan Mangrove Pesisir Kraton Pasuruan*. 19(1), 35–42.
- Yulma, Y., Ihsan, B., Sunarti, S., Malasari, E., Wahyuni, N., & Mursyban, M. (2017). Identifikasi Bakteri Pada Serasah Daun Mangrove yang Terdekomposisi di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan (KKMB) Kota Tarakan. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 2(1), 28. <https://doi.org/10.22146/jtbb.27173>
- Yulvizar, C. (2013). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Probiotik pada *Rastrelliger sp.* Isolation and Identification of Probiotic Bacteria in *Rastrelliger sp.* *Biospecies*, 6(2), 1–7.
- Zhu, F., Qu, L., Hong, X., & Sun, X. (2011). *Isolation and Characterization of a Phosphate- Solubilizing Halophilic Bacterium Kushneria sp . YCWA18 from Daqiao Saltern on the Coast of Yellow Sea of China*. 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/615032>

Zubachtirodin, Saenong, S., Pabbage, M. S., Azrai, M., Setyorini, D., Kartaatmadja, S., & Kasim, F. (2016). Pedoman Umum PTT Jagung. *Pedoman Umum PTT Jagung*, ISBN:978-979-1159-31-9, 1–25.

Zulkifli, L., Sedijani, P., Citra Rasmi, D. A., & Amrullah, L. W. Z. (2020). Screening and Molecular Identification of Phosphate-Solubilizing Rhizobacteria from Mangrove Ecosystem of the Lombok Island. *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3), 475. <https://doi.org/10.29303/jbt.v20i3.1730>



LAMPIRAN

Lampiran 1

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH



SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
Nomor: B-421/Un.08/FST/KP.07.6/07/2021

TENTANG

REVISI SURAT KEPUTUSAN DEKAN NOMOR: B-244/Un.08/FST/KP.07.6/04/2021 TANGGAL 16 APRIL 2021
TENTANG PENETAPAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

- Menimbang : a. bahwa sehubungan dengan adanya revisi judul serta pergantian dan penambahan dosen pembimbing Skripsi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021, maka dipandang perlu merevisi Surat Keputusan Dekan tentang Dosen Pembimbing dan Penguji Skripsi Program Studi Biologi dimaksud;
- b. bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk ditetapkan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa.
- Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
5. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013 Tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh;
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Keputusan Menteri Agama Nomor 12 Tahun 2020 Tentang Statuta UIN Ar- Raniry Banda Aceh;
8. Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Nomor 01 Tahun 2015 Tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Kepada Para Dekan dan Direktur Program Pascasarjana dalam Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;
9. Surat Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Banda Aceh Nomor 80 Tahun 2020 Tentang Satuan Biaya Khusus Tahun Anggaran 2021 di Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;

Memperhatikan : Keputusan Sidang/Seminar Proposal/ Skripsi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh tanggal 01 April 2021.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan Kesatu : Menunjuk Saudara:
1. **Syafrina Sari Lubis, M.Si** Sebagai Pembimbing I
2. **Diannita Harahap, M.Si** Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing Skripsi:

Nama : Nanda Anastia

NIM : 170703067

Prodi : Biologi

Judul Skripsi : Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizofer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*)

Kedua : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan akhir Semester Ganjil Tahun Akademik 2021/2022 dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di Banda Aceh
Pada Tanggal 23 Juli 2021
Dekan,

Azhar Amsal

Tembusan:

1. Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh,
2. Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry;
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
4. Yang bersangkutan.

Lampiran 2

SURAT IZIN PENELITIAN



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-3567/Un.08/FST-I/PP.00.9/12/2021

Lamp : -

Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,

Kepada Kepala Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Pimpinan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **NANDA ANASTIA / 170703067**

Semester/Jurusan : IX / Biologi

Alamat sekarang : Jl. Tgk Direuleung Dusun Jeurat Lee Desa Ilie Kecamatan Ulee Karen

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **Karakteristik dan Uji Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Mangrove Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea mays)**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 07 Desember 2021
an. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik dan
Kelembagaan,

Berlaku sampai : 11 Februari
2022

Dr. Mizaj, Lc., LL.M.

Lampiran 4

Tabel Nilai Rata-Rata Pertumbuhan Tanaman Jagung

Kode Isolat	Waktu Pengamatan	Parameter Yang Diamati				
		JD	TT	PA	BBA	BJA
SPB 1	0	0	0	0	0	0
	3	0	0.5	0	0	0
	6	2	11.7	0	0	0
	9	2	19.1	0	0	0
	12	2.9	21.1	0	0	0
	15	3.1	24.1	0	0	0
	18	3.4	26.1	0	0	0
	21	4	27.7	7.7	0.7	0.11
	SPB 6	0	0	0	0	0
3		0	0.6	0	0	0
6		2	11.9	0	0	0
9		2.3	19.5	0	0	0
12		2.9	21.6	0	0	0
15		3	23.2	0	0	0
18		3	24.9	0	0	0
21		4	24.8	8.3	0.6	0.08
TANAH		0	0	0	0	0
	3	0	0.4	0	0	0
	6	1.2	11.25	0	0	0
	9	2.2	12.94	0	0	0
	12	2.6	15.7	0	0	0
	15	2.6	17.4	0	0	0
	18	2.8	18.9	0	0	0
	21	3.2	20.6	6.9	0.37	0.062
	PUPUK SP-36	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0
6		1.5	8.6	0	0	0
9		2.5	17.4	0	0	0
12		2.4	18.3	0	0	0
15		2.8	20.1	0	0	0
18		2.8	21.3	0	0	0
21		3	23.2	9.5	0.5	0.08

Lampiran 5

HASIL UJI STATISTIK SPSS

Tabel Uji Kruskal Wallis Pada Parameter Panjang Akar (PA)

Test Statistics^{a,b}

	PA
Chi-Square	,253
df	3
Asy mp. Sig.	,969

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Perlakuan

Tabel Uji Kruskal Wallis Pada Parameter Jumlah Daun (JD)

Test Statistics^{a,b}

	JD
Chi-Square	6,297
df	3
Asy mp. Sig.	,098

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Perlakuan

Tabel Uji Kruskal Wallis Pada Parameter Berat Basah Akar (BBA)

Test Statistics^{a,b}

	BBA
Chi-Square	,539
df	3
Asy mp. Sig.	,910

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Perlakuan

Tabel Uji Kruskal Wallis Pada Parameter Berat Kering Akar (BKA)

Test Statistics^{a,b}

	BKA
Chi-Square	,441
df	3
Asymp. Sig.	,932

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Perlakuan

Lampiran 6

DOKUMENTASI PENELITIAN

Gambar Pengambilan Sampel Tanah Rhizosfer Mangrove



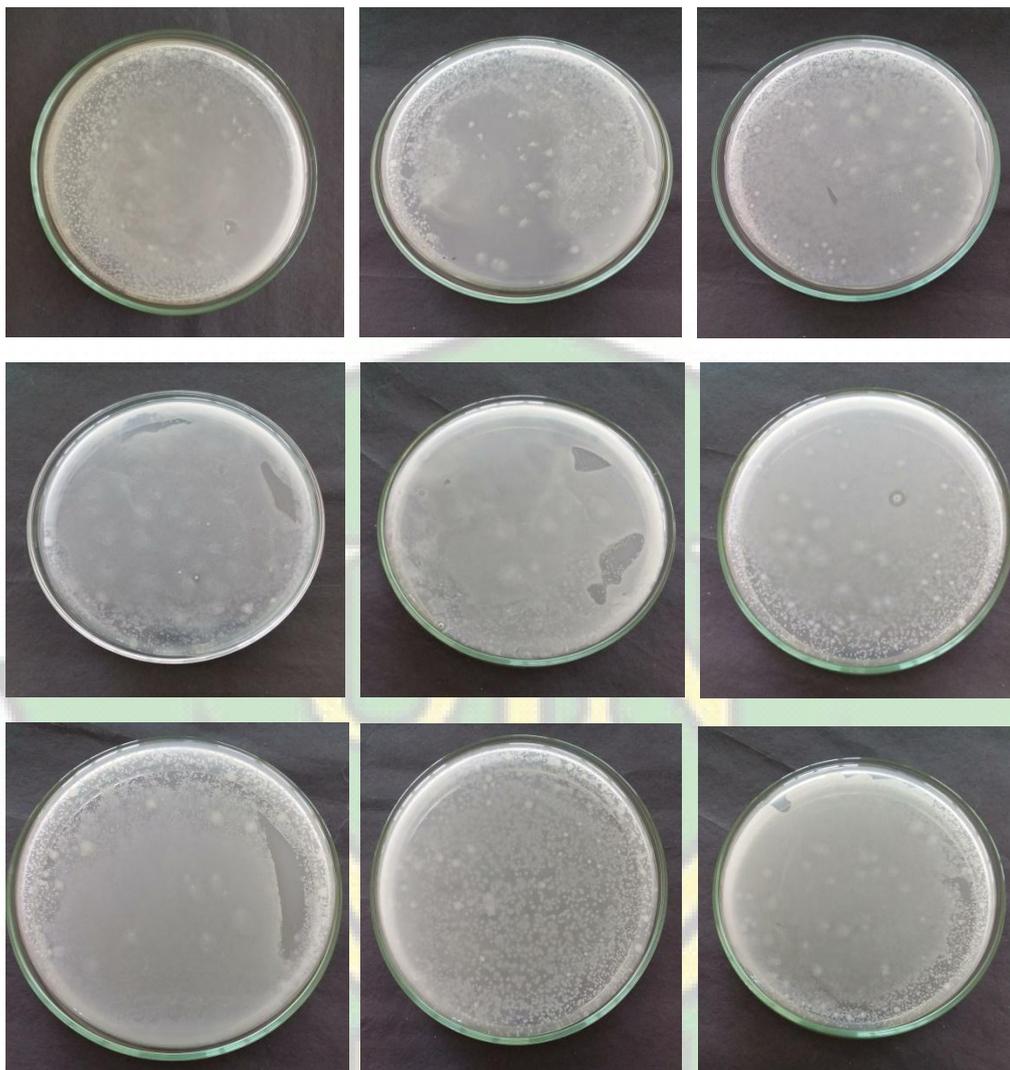
Gambar Pembuatan Media Pikovskaya



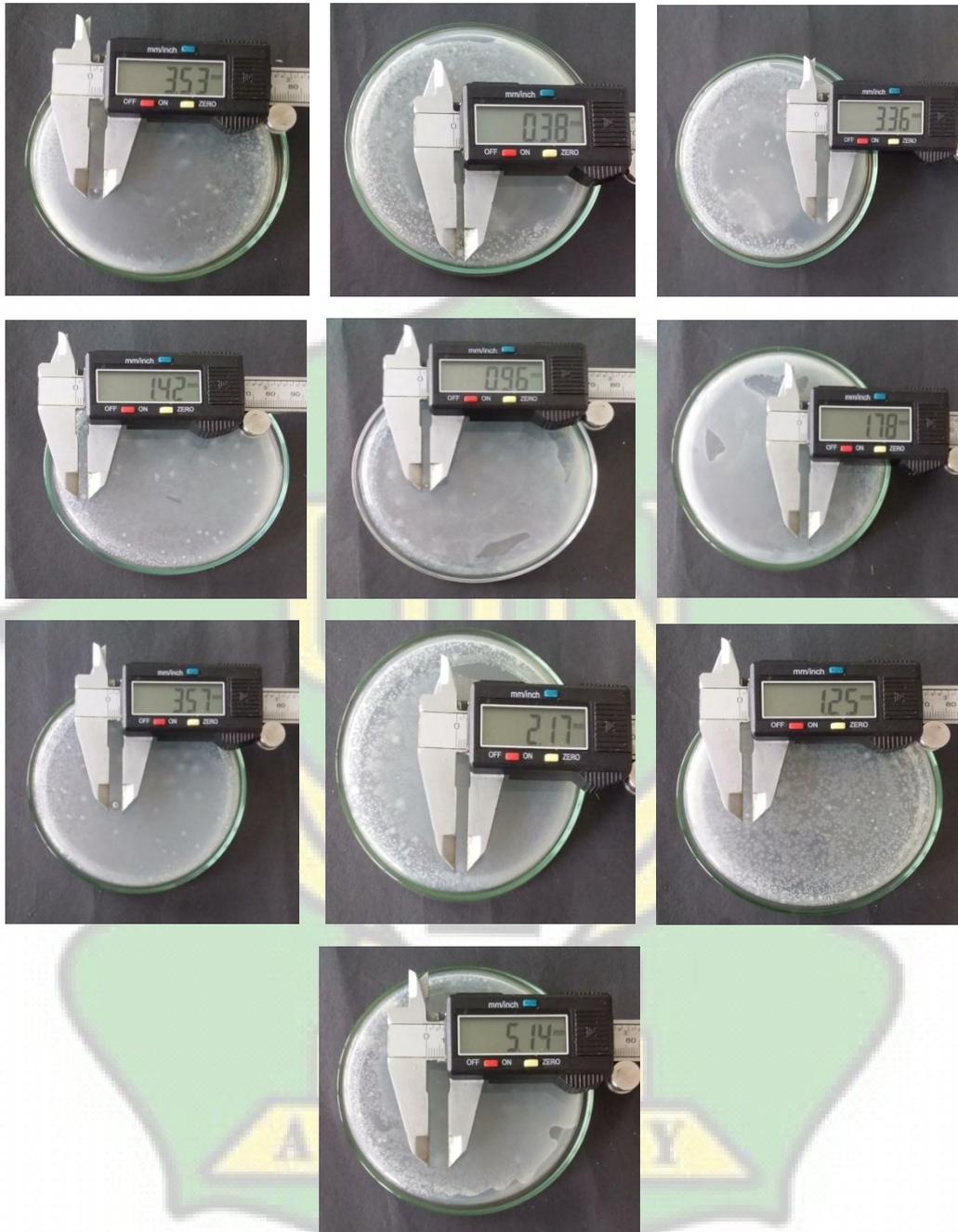
Gambar Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat



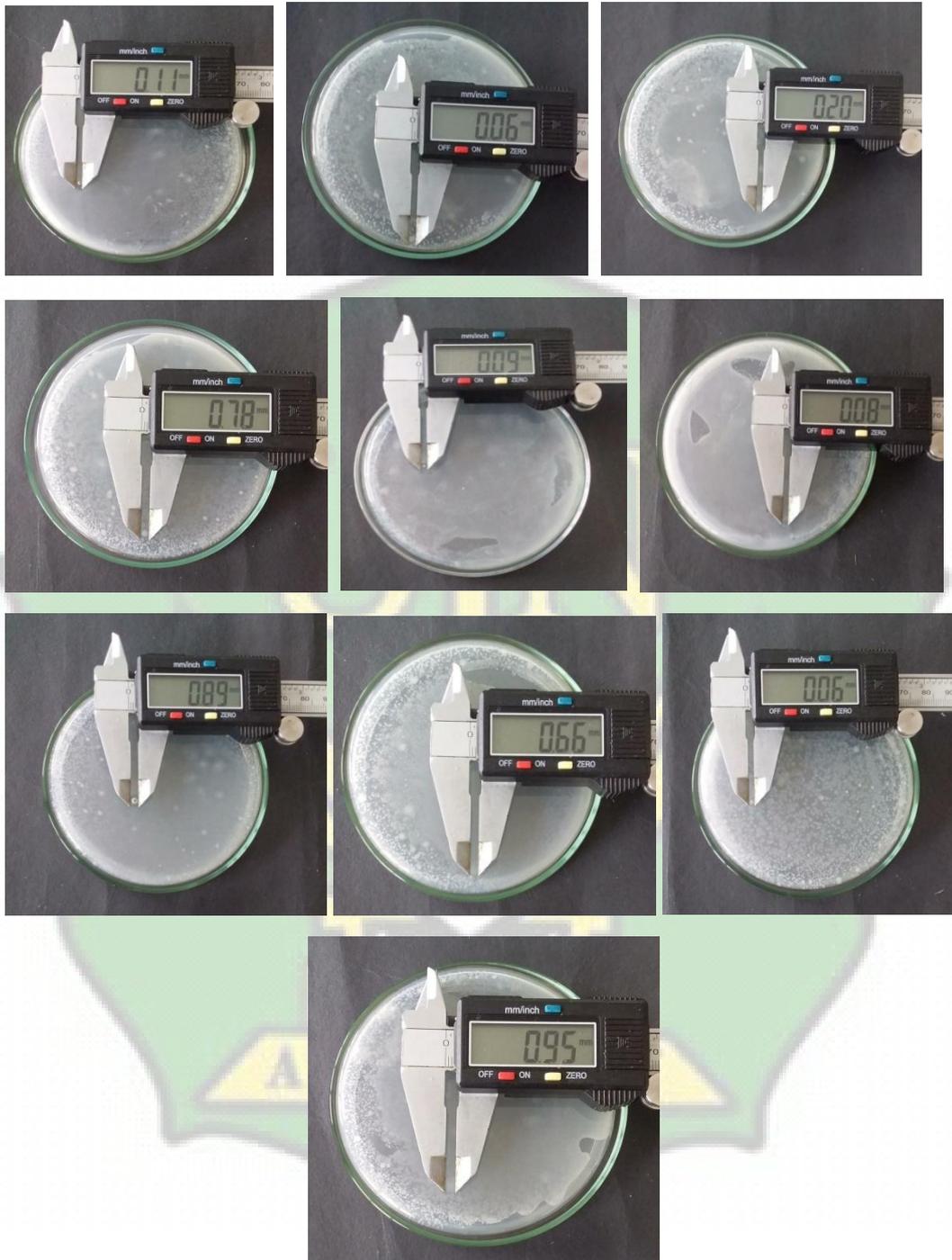
Gambar Hasil Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat



Gambar Pengukuran Zona Bening Dari Hasil Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat



Gambar Pengukuran Diameter Koloni Dari Hasil Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat



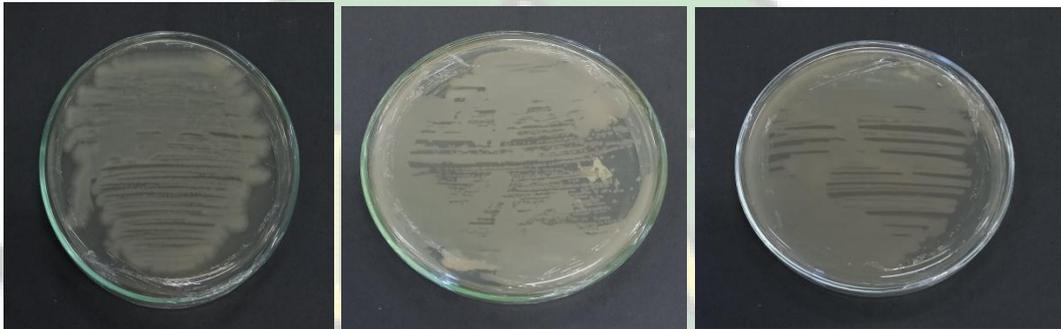
Gambar Hasil pemurnian Isolat Bakteri Pelarut Fosfat



SPB 1

SPB 2

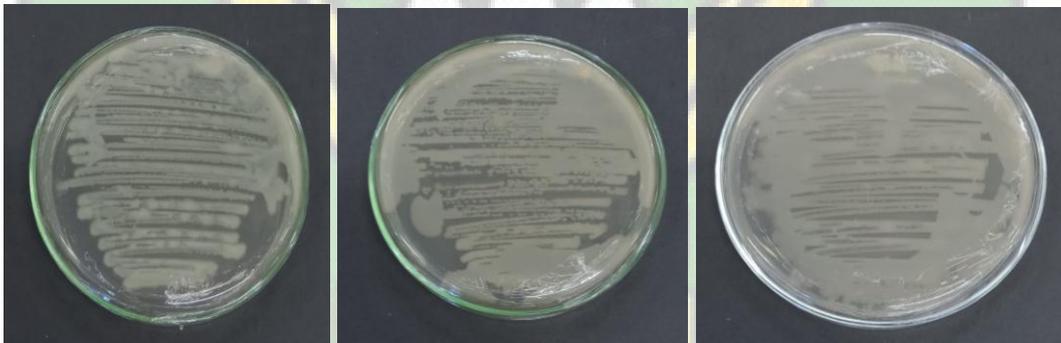
SPB 3



SPB 4

SPB 5

SPB 6



SPB 7

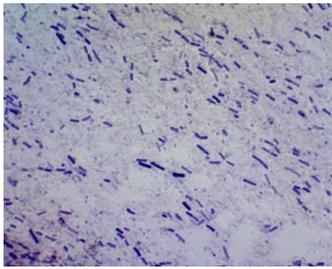
SPB 8

SPB 9

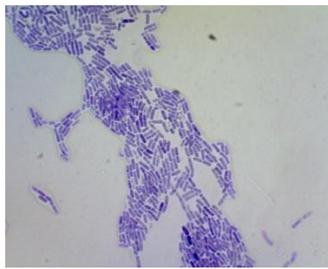


SPB 10

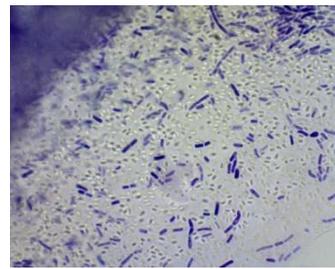
Gambar Hasil Uji Pewarnaan Gram Dari Isolat Bakteri Pelarut Fosfat



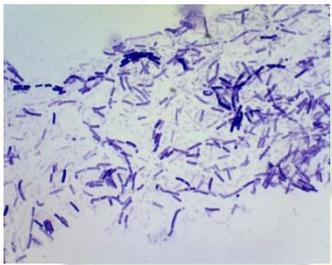
SPB 1



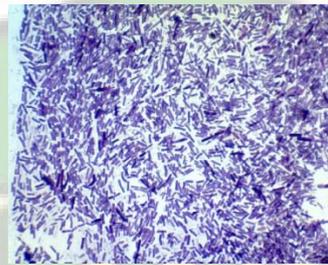
SPB 2



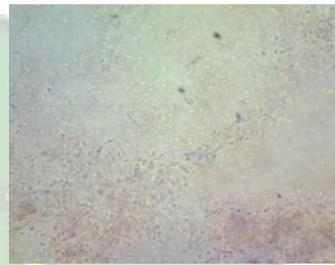
SPB 3



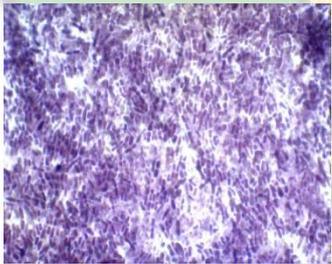
SPB 4



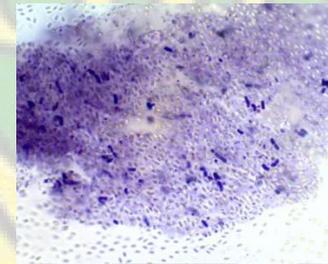
SPB 5



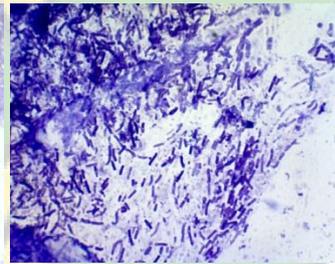
SPB 6



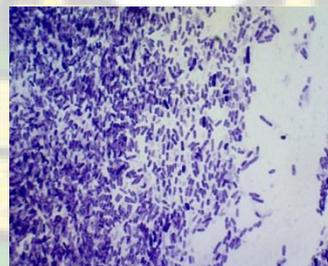
SPB 7



SPB 8



SPB 9



SPB 10

Gambar Hasil Uji Biokimia Dari Isolat Bakteri Pelarut Fosfat

A. Uji Indol



B. Uji Simon Sitrat



C. Uji TSIA (Triple Sugar Iron Agar)



D. Uji Katalase



E. Uji Urease



F. Uji Motilitas



Gambar Uji Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung



Penyiapan Tanah Sebagai Media Tanam



Perendaman bibit jagung dengan suspensi bakteri



Hasil perendaman



Penanaman Bibit Jagung

Gamabr Hasil Pengamatan Pada Pertumbuhan Tanamna Jagung



Pengamatan hari ke – 3



Pengamatan Hari Ke – 6



Penyiraman dengan suspensi bakteri



Pemberian Pupuk SP - 36

