

**KEMAMPUAN BAKTERI ASAL EKSTRAK RIMPANG NANAS DAN
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK BERTAHAN HIDUP DAN
MELARUTKAN FOSFAT SETELAH MASA PENYIMPANAN**

(Skripsi)

**ADHA MAULANA
NPM 1614121021**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

KEMAMPUAN BAKTERI ASAL EKSTRAK RIMPANG NANAS DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK BERTAHAN HIDUP DAN MELARUTKAN FOSFAT SETELAH MASA PENYIMPANAN

Oleh

ADHA MAULANA

Potensi limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan rimpang nanas bisa menjadi masalah jika limbah tersebut tidak dilakukan pengolahan dengan baik. Seiring berjalannya waktu semakin tinggi produksi kelapa sawit dan nanas maka semakin tinggi pula limbah yang dihasilkan. Padahal, TKKS dan rimpang nanas memiliki kandungan unsur mikro-makro dan vitamin yang dibutuhkan oleh tanaman, mikroba pengurai, zat pengatur tumbuh dan agen pengendali hama dan penyakit tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) serta interaksinya terhadap kemampuannya dalam bertahan hidup dan melarutkan fosfat. Penelitian ini dilaksanakan dengan 2 tahapan. Tahapan pertama yaitu pada formulasi simpan yang diuji di Laboratorium menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial 6x3 dengan 3 ulangan. Sedangkan tahapan kedua yaitu pada tanah di lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial 6x4 dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah masa simpan (1 bulan, 2 bulan, 3 bulan, 4 bulan, 5 bulan dan 6 bulan), sedangkan faktor kedua adalah jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) yang berasal dari Rimpang Nanas (RN) dan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) (tanpa BPF, BPF RN, BPF TKKS dan BPF gabungan RN dan TKKS). Data diuji homogenitas ragamnya dengan uji Bartlett dan adivitasnya diuji dengan uji Tukey. Kemudian dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa masa simpan mempengaruhi kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan sebagai pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat tetap dapat bertahan hidup pada masa penyimpanan 1 sampai dengan 6 bulan. Tetapi masa simpan terbaik adalah pada 1-3 bulan, sedangkan pada masa simpan 4-6 bulan jumlah BPF semakin menurun. Jenis bakteri pelarut fosfat dengan kemampuan bertahan hidup dan melarutkan fosfat terbaik adalah jenis bakteri gabungan RN dan TKKS (P3). Masa simpan dan jenis bakteri mempengaruhi kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan sebagai

pelarut fosfat. Jumlah koloni BPF terbaik adalah pada perlakuan masa simpan 1 bulan (M1) dengan jenis bakteri gabungan RN dan TKKS (P3), sedangkan jumlah koloni BPF terendah ditunjukkan pada perlakuan masa simpan 6 bulan (M6) dengan jenis bakteri TKKS (P2). Aplikasi bakteri pelarut fosfat (BPF) ke tanah pertanaman mentimun setelah masa penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap kemampuannya dalam melarutkan fosfat.

Kata Kunci : bakteri pelarut fosfat, jumlah koloni, masa simpan

**KEMAMPUAN BAKTERI ASAL EKSTRAK RIMPANG NANAS DAN
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK BERTAHAN HIDUP DAN
MELARUTKAN FOSFAT SETELAH MASA PENYIMPANAN**

Oleh

ADHA MAULANA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **KEMAMPUAN BAKTERI ASAL EKSTRAK RIMPANG NANAS DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK BERTAHAN HIDUP DAN MELARUTKAN FOSFAT SETELAH MASA PENYIMPANAN**

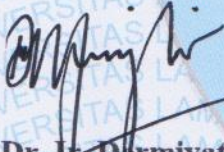
Nama Mahasiswa : **Adha Maulana**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1614121021

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian




Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.
NIP 196308041987032002


Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
NIP 198106212005011003

2. **Ketua Jurusan Agroteknologi**


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

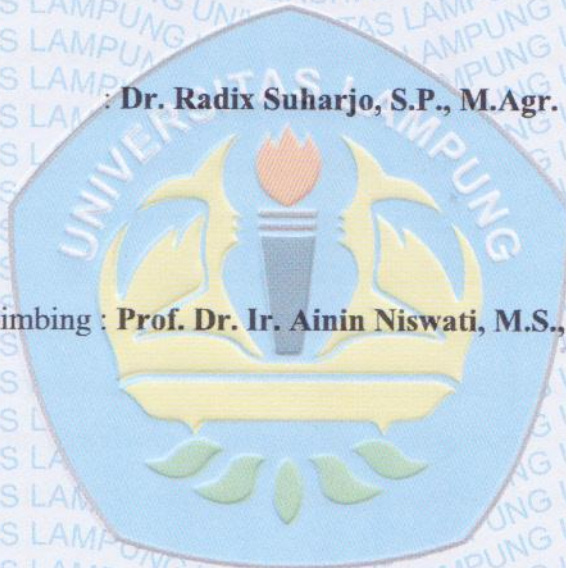
: Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.

Sekretaris

: Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.

Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 24 September 2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan sebenarnya bahwa Skripsi dengan judul **“KEMAMPUAN BAKTERI ASAL EKSTRAK RIMPANG NANAS DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK BERTAHAN HIDUP DAN MELARUTKAN FOSFAT SETELAH MASA PENYIMPANAN”** merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulisan lain dengan cara yang tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Penelitian ini dibiayai oleh Dana DIPA BLU Universitas Lampung melalui penelitian Hibah Profesor atas nama Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., Dr. Ir. Suskandini Ratih Dirmawati, M.P., dan Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. Demikian pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 2 Desember 2021
Penulis



Adha Maulana
NPM 1614121021

RIWAYAT PENULIS

Penulis dilahirkan di Menggala pada tanggal 9 April 1998 merupakan anak bungsu dari pasangan Bapak Dirhan (Alm) dan Ibu Raden Baiti dari sepuluh bersaudara. Pendidikan formal penulis diawali dari pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Tiuh Tohou yang diselesaikan pada tahun 2010. Penulis melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 3 Menggala dan selesai pada tahun 2013. Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan pada tahun 2016 di SMA Negeri 2 Menggala. Pada tahun 2016 penulis diterima sebagai mahasiswa di Fakultas Pertanian Program Studi Agroteknologi Strata 1 (S1) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan sebagai mahasiswa penerima BIDIKMISI.

Pada tahun 2018 tepatnya disemester 5 penulis mengikuti Program Pertukaran Mahasiswa Tanah Air Nusantara (PERMATA2018) yang diselenggarakan oleh KEMENRISTEKDIKTI di Universitas Mulawarman Samarinda, Kalimantan Timur. Kegiatan tersebut dilaksanakan selama satu semester. Tahun 2019 penulis melakukan Praktik Umum (PU) di Taman Buah Mekarsari, Cileungsi Bogor selama 30 hari pada bulan Juli. Pada tahun 2020, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Lembang Besar Kec. Abung Barat pada Januari-Februari selama 40 hari. Penulis pernah bergabung di Organisasi Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) periode 2017/2018 sebagai anggota bidang dana dan usaha, dan Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM-FP) periode 2017/2018 sebagai staf dinas sosial masyarakat.

Bissmillahirrohmanirrohim

Dengan penuh rasa syukur saya persembahkan karya ini sebagai bentuk
terimakasih

Kepada
Kedua orang tua :

Bapak. Dirhan (Alm)
&
Ibu. Raden Baiti

yang selalu sabar, ikhlas memberikan limpahan kasih sayang dan senantiasa
mendoakan dalam setiap sujudnya.

**Untuk saudara kakak laki-laki dan perempuan saya
serta keluarga besar**

Abdurrahman CNT (Alm)
&
M. Umar (Alm)

**Serta Almamater tercinta,
Kampus Hijau Universitas Lampung**

*“Allah akan mengangkat derajat orang-orang yang beriman dan orang-orang berilmu diantara kamu sekalian.”
(Q.S Al-Mujadalah : 11)*

*“Tuntutlah ilmu. Disaat kamu Miskin, ia akan menjadi Hartamu.
Disaat kamu Kaya, ia akan menjadi Perhiasanmu” ~ Luqman Al-Hakim*

*“Semuanya kelihatan tidak mungkin sampai segala sesuatu selesai”
~ Nelson Mandela*

“Tidak masalah seberapa lambat kamu berjalan, asalkan kamu tidak berhenti” ~ Confucius

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala rahmat dan berkat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini, dengan segenap rasa hormat, saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc, selaku Ketua Bidang Ilmu Tanah Fakultas Pertanian serta dosen Pembahas.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., selaku Pembimbing Utama dan Pembimbing Akademik (PA) atas ide, bimbingan, ilmu, nasihat, bantuan, dan motivasi selama penulis menjalankan penelitian dari awal hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku Pembimbing Kedua atas bimbingan, ilmu, dan nasehat, selama penulis menjalankan penelitian hingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Kedua orang tuaku tercinta Bapak Alm. Dirhan dan Ibu Raden Baiti serta kakakku Ali Rahman, Abdurahman, Apriyadi, Ermi Sari, Erda Yati, Erli Yana, Erna Yuli, Erma Suri, S.Kom., Ervi Rina, S.E., dan keluarga besar Abdurahman CNT & M. Umar yang telah memberikan cinta dan kasih sayang, semangat, motivasi, nasihat, dukungan, serta doa yang tulus disepanjang hidup Penulis.
7. Seluruh dosen Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian yang telah memberikan banyak ilmu selama penulis menempuh pendidikannya.
8. Sahabat seperjuanganku Dea Musyitari Intan Irpawa, S.P., Dwi Imaria, Dwi Aprilianti, S.P., Rosi Oktiya, S.P., Melynda Tri Pratiwi, S.P., Zam Zami, S.P.,

Rizki Ardiansyah, S.P., Nanda Annisa, S.P., Fakhri Amir, Shinta Angraeni, S.P., Reni Sulistiani, S.P., Jenita Rahma, S.P., Myranda Naibaho, Desi Tampubolon, dll yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang selalu memberi dukungan, doa, motivasi dan teman curhat sehingga penelitian ini berjalan dengan lancar.

9. Teman-temanku Betha Saputri, S.H., Rahma Handayani, Marlina, Erik Sanjaya, Kak Ridho, Mba Tari, Mba Aya, Mommy Yeyen, dll yang telah membantu dan memberikan semangat selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
10. Teman-teman Agroteknologi kelas A, terimakasih atas kebersamaannya.
11. Teman teman Agroteknologi 2016, kakak, serta adik di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
12. Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat. Penulis juga berharap semoga Allah SWT memberikan balasan atas kebaikan dan bantuan yang telah diberikan.

Bandar Lampung, Desember 2021
Penulis,

Adha Maulana

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Mikroorganisme Lokal (MOL).....	7
2.2 Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)	8
2.3 Mekanisme Pelarutan Fosfat oleh Mikroorganisme	9
2.4 PGPB (<i>Plant Growth Promoting Bacteria</i>).....	10
2.5 Pupuk Hayati	10
2.5.1 Masa Simpan Pupuk Hayati.....	10
2.5.2 Kualitas Pupuk Hayati	11
III. BAHAN DAN METODE	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metode Penelitian	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	16
3.4.1 Penyiapan Media.....	16
3.4.2 Isolat Bakteri Yang Digunakan.....	16
3.4.3 Peremajaan dan Pembuatan Suspensi Bakteri	17
3.4.4 Pembuatan Formulasi Simpan	17
3.4.5 Aplikasi Formulasi Simpan ke Tanah yang ditanam Mentimun	19
3.4.6 Kemampuan Bertahan Hidup Bakteri pada Formulasi Simpan dan Tanah Pertanaman Mentimun.....	20
3.4.7 Kemampuan Bakteri Sebagai Pelarut Fosfat pada formulasi Simpan dan Tanah Pertanaman Mentimun	20
3.4.8 Variabel Pengamatan.....	22

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Penelitian.....	23
4.1.1 Pengaruh Masa Simpan dan Jenis Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Terhadap Jumlah Koloni Bakteri Pelarut Fosfat (BPF), Jumlah Koloni Total dan Indeks Pelarut Fosfat pada Formulasi Simpan	23
4.1.2 Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) dengan Masa Simpan Berbeda Terhadap Variabel Pengamatan pada Tanah	28
4.2 Pembahasan	39
V. SIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Simpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kode Isolat Bakteri	17
2. Hasil analisis kimia pH dan P-total pada formulasi simpan.....	19
3. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh masa simpan serta jenis BPF dan interaksinya terhadap jumlah koloni BPF, jumlah koloni total dan indeks pelarut fosfat pada formulasi simpan	23
4. Pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap jumlah koloni bakteri pelarut fosfat (BPF) pada formulasi simpan.....	25
5. Pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap jumlah koloni bakteri total pada formulasi simpan	26
6. Pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap indeks pelarut fosfat pada formulasi simpan	28
7. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda dan interaksinya terhadap variabel pengamatan pada tanah.....	28
8. Pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni bakteri pelarut fosfat (BPF) pada tanah.....	30
9. Pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni bakteri total pada tanah.....	32
10. Pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap indeks pelarut fosfat pada tanah.....	33
11. Pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap P-tersedia pada tanah	35
12. Pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap C-organik pada tanah	37
13. Pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap pH pada tanah	39

14.	Persentase kontaminan bakteri pada tanah dan formulasi simpan	55
15.	Hasil pengamatan pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap jumlah koloni BPF pada formulasi simpan....	56
16.	Hasil uji homogenitas pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap jumlah koloni BPF pada formulasi simpan.....	57
17.	Hasil analisis ragam pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat terhadap jumlah koloni BPF pada formulasi simpan ..	57
18.	Hasil pengamatan pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap jumlah koloni bakteri total pada formulasi simpan.....	58
19.	Hasil uji homogenitas pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap jumlah koloni bakteri total pada formulasi simpan	59
20.	Hasil analisis ragam pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat terhadap jumlah koloni bakteri total pada formulasi simpan.....	59
21.	Hasil pengamatan pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap indeks pelarut fosfat pada formulasi simpan .	60
22.	Hasil uji homogenitas pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap indeks pelarut fosfat pada formulasi simpan.....	61
23.	Hasil analisis ragam pengaruh masa simpan dan jenis bakteri pelarut fosfat terhadap indeks pelarut fosfat pada formulasi simpan	61
24.	Hasil pengamatan pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni BPF pada tanah	62
25.	Hasil uji homogenitas pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni BPF pada tanah	63
26.	Hasil analisis ragam pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni BPF pada tanah	64
27.	Hasil pengamatan pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni bakteri total pada tanah.....	65
28.	Hasil uji homogenitas pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni bakteri total pada tanah.....	66
29.	Hasil analisis ragam pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap jumlah koloni bakteri total pada tanah.....	67
30.	Hasil pengamatan pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap indeks pelarut fosfat pada tanah	68

31.	Hasil uji homogenitas pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap indeks pelarut fosfat pada tanah	69
32.	Hasil analisis ragam pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap indeks pelarut fosfat pada tanah	70
33.	Hasil pengamatan pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap P-tersedia tanah (mg kg^{-1})	71
34.	Hasil uji homogenitas pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap P-tersedia tanah (mg kg^{-1})	72
35.	Hasil analisis ragam pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap P-tersedia tanah (mg kg^{-1})	73
36.	Hasil pengamatan pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap C-organik tanah (%)	74
37.	Hasil uji homogenitas pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap C-organik tanah (%)	75
38.	Hasil analisis ragam pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap C-organik tanah (%)	76
39.	Hasil pengamatan pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap pH tanah	77
40.	Hasil uji homogenitas pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap pH tanah	78
41.	Hasil analisis ragam pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap pH tanah	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	5
2. Denah petak percobaan penelitian	15
3. Skema Pembuatan Formulasi Simpan	18
4. Skema uji pelarut fosfat, zona bening (A) dan isolat bakteri (B)	21
5. Pengaruh bakteri pelarut fosfat (BPF) dengan masa simpan berbeda terhadap indeks pelarut fosfat pada tanah.....	34
6. Isolat bakteri asal ekstrak rimpang nanas (RN)	80
7. Isolat bakteri asal ekstrak tandan kosong kelapa sawit (TKKS)	80
8. Suspensi bakteri asal rimpang nanas (RN)	80
9. Suspensi bakteri asal tandan kosong kelapa sawit (TKKS).....	80
10. Suspensi bakteri asal RN dan TKKS (gabungan)	80
11. Pupuk hayati masa simpan 1 bulan.....	80
12. Pupuk hayati masa simpan 2 bulan.....	81
13. Pupuk hayati masa simpan 3 bulan.....	81
14. Pupuk hayati masa simpan 4 bulan.....	81
15. Pupuk hayati masa simpan 5 bulan.....	81
16. Pupuk hayati masa simpan 6 bulan.....	81
17. Bakteri pelarut fosfat ditandai dengan adanya zona bening disekitar koloni bakteri pada media <i>Pikovkaya</i>	81

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Potensi limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan rimpang nanas bisa menjadi masalah jika limbah tersebut tidak dilakukan pengolahan dengan baik. Seiring berjalannya waktu semakin tinggi produksi kelapa sawit dan nanas maka semakin tinggi pula limbah yang dihasilkan. Menurut Santi dkk. (2019), limbah TKKS yang dihasilkan dari kepala sawit sebanyak 25% dari tandan buah segar, sehingga ketersediaannya mencapai 47 juta ton per tahun. TKKS dan rimpang nanas sangat sulit untuk terdekomposisi jika tanpa dilakukan pengelolaan lanjutan. Padahal, TKKS dan rimpang nanas memiliki kandungan unsur mikro-makro dan vitamin yang dibutuhkan oleh tanaman, mikroba pengurai, zat pengatur tumbuh dan agen pengendali HPT (Purwasasmita, 2009). Sehingga pengolahan limbah TKKS dan rimpang nanas secara maksimal dapat dijadikan sebagai pupuk hayati bagi tanaman.

Pupuk hayati merupakan pupuk yang berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman. Memfasilitasi tersedianya hara ini dapat berlangsung melalui peningkatan akses tanaman terhadap hara oleh cendawan *mikoriza arbuskular*, pelarutan oleh mikroba pelarut fosfat, maupun perombakan oleh fungi, aktinomisetes atau cacing tanah (Simanungkalit dkk., 2006b). Salah satu pupuk hayati yang secara luas digunakan adalah pupuk cair yang mengandung Mikroorganisme Lokal (MOL) yang berasal dari suspensi ekstrak berbagai sumber bahan organik.

Menurut Manullang dkk. (2017), suspensi MOL mengandung bakteri perombak bahan organik, zat perangsang pertumbuhan tanaman, agen pengendalian hama penyakit dan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Larutan mikroorganisme lokal dari hasil penelitian Manullang dkk. (2017), terdiri dari 6 jenis bakteri yaitu *Lactobacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, dan *Aeromonas*. MOL tersebut diperoleh dari sisa buah-buahan, bonggol pisang, keong mas dan rumen sapi. MOL didapatkan dari bahan-bahan alami, sebagai media hidup dan berkembangnya mikroorganisme yang berguna untuk mempercepat penghancuran bahan organik. MOL dapat juga disebut sebagai bioaktivator yang terdiri dari kumpulan mikroorganisme lokal yang berfungsi sebagai perombak bahan organik dan sebagai pupuk cair melalui proses fermentasi (Budiyani dkk., 2016).

Populasi mikroorganisme dalam suatu formulasi pupuk hayati dapat mengalami penurunan selama masa penyimpanan sehingga mengakibatkan kualitas pupuk menurun. Penelitian Prihastuti dan Harsono (2012), menyebutkan bahwa penyimpanan pupuk hayati *Rhizobium* pada suhu 28°C selama hampir sepuluh bulan menyebabkan terjadinya kerusakan dan kontaminasi dengan bakteri lain.

Pada penelitian ini organisme yang digunakan dalam pembuatan pupuk hayati berasal dari ekstrak rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit sebanyak 6 bakteri yaitu dengan kode isolat A.S(2)50.8B, AN.S(3)50.12P, S.S(2)50.12PB, A.N(3)50.12PKR, AN.N(2)50.12K, dan S.N(1)50.12PKR. Bakteri tersebut merupakan bakteri terpilih dari suspensi ekstrak rimpang nanas (Ilmiasari, 2020) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) (Yosita, 2020). Isolat bakteri tersebut terbukti mampu berperan sebagai pelarut fosfat dan mempunyai potensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Populasi dan kemampuan isolat bakteri tersebut kemungkinan juga akan mengalami penurunan selama penyimpanan. Namun begitu, perlu dilakukan penelitian tentang isolat pengaruh waktu simpan terhadap populasi dan kemampuan bakteri tersebut, khususnya dalam melarutkan fosfat dan pemacu pertumbuhan tanaman.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mempelajari pengaruh masa simpan terhadap kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan melarutkan fosfat.
2. Mempelajari pengaruh jenis bakteri asal ekstrak rimpang nanas (RN) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan melarutkan fosfat.
3. Mempelajari pengaruh interaksi antara masa simpan dan jenis bakteri asal ekstrak rimpang nanas (RN) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) terhadap kemampuannya dalam bertahan hidup dan melarutkan fosfat.

1.3 Kerangka Pemikiran

Pupuk hayati merupakan pupuk berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat unsur hara tertentu atau membantu dalam memfasilitasi tersedianya unsur hara dalam tanah bagi tanaman. Pupuk biologi bermanfaat untuk membantu tanaman memperbaiki nutrisinya sehingga dapat meningkatkan produktivitas pertanian baik kualitas maupun kuantitas, serta ramah lingkungan (Simanungkalit dkk., 2006a).

Menurut Firdausi dkk. (2016), bahwa pemberian pupuk hayati yang mengandung bakteri *Bacillus* sp. mampu melarutkan fosfat dalam tanah sehingga tersedia untuk tanaman. Selain itu pupuk hayati memiliki peran dalam penambatan nitrogen didalam tanah. Bakteri penambat nitrogen memiliki kemampuan dalam ketersediaan N di dalam tanah. Bakteri tersebut menggunakan nitrogen bebas untuk sintesis sel protein dimana protein tersebut akan mengalami proses mineralisasi dalam tanah (Danapriatna, 2010). Penelitian Rohmah dkk. (2016) dan Firdausi dkk. (2016), bahwa penggunaan pupuk hayati berpengaruh terhadap kandungan unsur hara dalam tanah, salah satunya adalah meningkatnya unsur hara N dan P tersedia di dalam tanah. Selain itu juga setelah aplikasi pupuk hayati kisaran pH tanah adalah netral.

Hasil penelitian Ilmiasari dkk. (2020), menyebutkan bahwa terdapat 11 isolat bakteri terpilih dengan kemampuan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, isolat bakteri tersebut diperoleh dari ekstrak rimpang nanas. Sedangkan dalam penelitian Yosita dkk. (2020), diperoleh 8 isolat bakteri terpilih dengan kemampuan pemacu pertumbuhan tanaman, bakteri tersebut diperoleh dari ekstrak tandan kosong kelapa sawit. Selain itu juga pada bakteri diatas memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat dengan luas zona bening 0,20–5,35 cm².

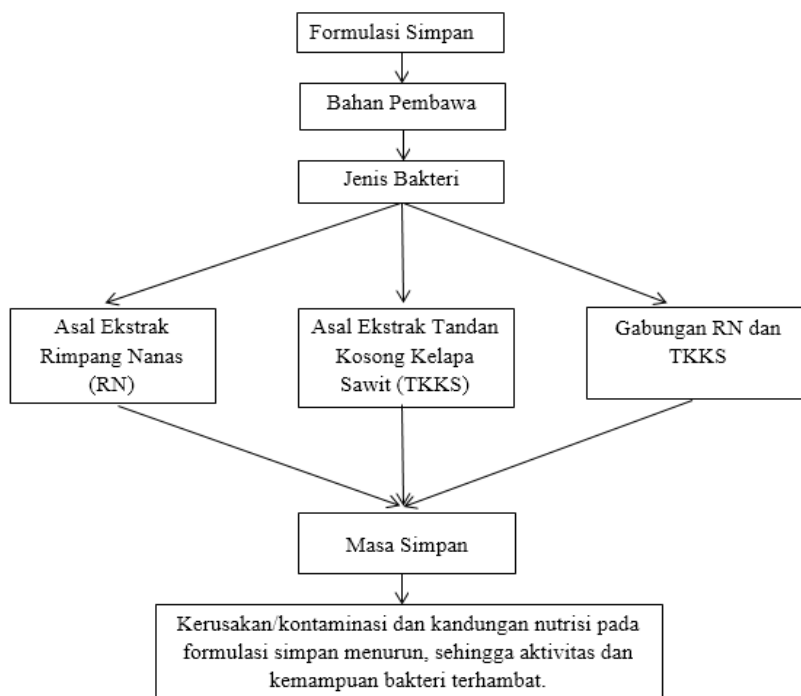
Rani (2021), melaporkan bahwa konsorsium bakteri asal rimpang nanas (RN) menunjukkan hasil terbaik dari variabel pengamatan pertumbuhan dan produksi tanaman, kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat, dan mesofauna. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Fitri (2021), bahwa konsorsium bakteri asal rimpang nanas (RN) yang diaplikasikan pada tanah pertanaman mentimun menunjukkan hasil populasi bakteri pelarut fosfat tertinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa BPF, BPF TKKS, dan BPF gabungan RN dan TKKS. Sedangkan penelitian Setiadi (2020), pemberian bakteri pelarut fosfat tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman mentimun, tetapi konsorsium bakteri gabungan RN dan TKKS menunjukkan kandungan P-tersedia tanah tertinggi.

Ketersediaan mikroba dalam suatu formulasi pupuk hayati dapat mengalami kemunduran selama masa penyimpanan, yang mengakibatkan kualitas pupuk hayati menurun. Komponen utama pupuk hayati adalah mikroorganisme hidup, maka kualitas pupuk hayati ditentukan oleh mikroba yang ada didalamnya, yang dalam masa dorman, namun dapat aktif kembali sesaat setelah diaplikasikan ke lahan (Muraleedharan dkk., 2010). Menentukan kualitas pupuk hayati, tidak hanya total populasi sel yang terkandung masih memenuhi standart, namun lebih diutamakan pada keberadaan jenis mikroba yang dimaksud dan dalam jumlah tertentu yang dikandungnya.

Menurut Prihastuti dan Harsono (2012), dari hasil penelitiannya penyimpanan pupuk hayati Rhizobium yang disimpan pada suhu 28°C selama hampir sepuluh bulan terjadi kerusakan dan kontaminasi dengan bakteri lain. Tidak hanya itu dapat ditinjau dari hasil analisis total populasi mikroba dalam pupuk hayati

Rhizobium dari semua sampel yang diamati $> 10^6$ CFU g^{-1} , akan tetapi tidak dapat dianggap sebagai total populasi *Rhizobium*. Sehingga kerusakan dari formulasi masa simpan pupuk biologi menjadikan kadar air bahan karier menurun dan menjadi faktor pembatas untuk mendukung viabilitas mikroba. Hasil penelitian Rahayu (2017), menyatakan bahwa viabilitas bakteri tertinggi dalam *Biofertilizer* padat dengan bahan perekat tepung tapioka adalah pada penyimpanan selama 1 bulan yaitu sebesar $2,56 \times 10^5$ CFU, sedangkan penyimpanan selama 2 bulan viabilitas bakteri menurun yaitu sebesar $2,37 \times 10^5$ CFU. Hal ini diakibatkan karena kandungan nutrisi dalam *Biofertilizer* semakin menurun sehingga menyebabkan bakteri di dalamnya mati.

Hasil penelitian Yelti dkk. (2014), bahwa terdapat perbedaan penyimpanan *Biofertilizer* cair dalam suhu ruang dan suhu refrigerator yaitu terjadi perubahan kondisi formula *Biofertilizer* cair. Perubahan tersebut nampak pada berlangsungnya pada penyimpanan 30 dan 60 hari masa penyimpanan. Pada suhu ruang terjadi perubahan bau dan warna sedangkan pada suhu refrigerator tidak terjadi perubahan bau dan warna.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka diperoleh hipotesis sebagai berikut :

1. Semakin lama masa simpan maka kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan melarutkan fosfat semakin menurun.
2. Konsorsium gabungan bakteri asal ekstrak rimpang nanas (RN) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) meningkatkan kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan melarutkan fosfat, dibandingkan dengan konsorsium bakteri rimpang nanas (RN) atau konsorsium bakteri tandan kosong kelapa sawit (TKKS)
3. Terdapat interaksi antara masa simpan dan jenis bakteri asal ekstrak rimpang nanas (RN) dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) mempengaruhi kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan melarutkan fosfat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroorganisme Lokal (MOL)

Mikroorganisme Lokal (MOL) adalah cairan yang mengandung mikroorganisme (bakteri) yang bermanfaat untuk tanaman dan kesuburan tanah. Julita dkk. (2013), terdapat beberapa jenis bakteri seperti *Rhizobium* sp., *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp. dan bakteri pelarut fosfat dan merupakan hasil produksi sendiri dari ekstrak bahan-bahan alami disekeliling kita (lokal) yang menyebabkan larutan mikroorganisme lokal berpotensi sebagai starter perombak bahan organik. Penggunaan mikroorganisme lokal dapat dijadikan sebagai dekomposer (Suyanto dan Irianti, 2016).

Hasil penelitian menyatakan bahwa ekstrak bonggol pisang mengandung 7 mikroorganisme yang sangat berguna bagi tanaman yaitu: *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Aeromonas*, *Aspergillus*, mikroba selulolitik dan mikroba pelarut phospat serta adanya zat pengatur tumbuh *giberelin* dan *sitokinin* yang ada dalam kandungan MOL yang merangsang pertumbuhan tanaman dan mengatur pertumbuhan tanaman (Maspariy, 2012). Menurut hasil penelitian Ilmiasari dkk. (2020), menyatakan bahwa diperoleh 429 isolat bakteri yang berasal dari suspensi ekstrak rimpang nanas. Populasi tertinggi adalah pada kondisi semiaerob. Bakteri yang diperoleh mempunyai kemelimpahan dan karakterisasi yang berbeda-beda, sebagian besar bakteri bersifat gram negatif (68,77%), fermentatif (84,84%), *soft rot* negatif (92,54%), bersifat hipersensitif negatif (96,04 %), dan virulen (79,73 %). Terdapat 11 isolat bakteri terpilih dari suspensi ekstrak rimpang nanas yang mampu sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.

Isolat bakteri yang diperoleh dari suspensi ekstrak tandan kosong kelapa sawit sebanyak 220 isolat bakteri, populasi bakteri tertinggi adalah dalam kondisi pembuatan secara aerob. Hasil uji menunjukkan bahwa isolat bakteri mampu melarutkan fosfat dengan luas zona bening 0,20–5,35 cm² dan terdapat 8 isolat bakteri terpilih yang mampu sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Selain itu sebagian besar karakteristik isolat bakteri yang ditemukan bersifat gram positif, bersifat fermentatif, bersifat virulen, dan bersifat negatif (tidak menunjukkan gejala nekrosis) pada uji hipersensitif (Yosita dkk., 2020)

2.2 Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan bakteri yang bersifat non-patogen dan termasuk dalam kategori bakteri pemacu pertumbuhan tanaman (Aprillia dkk., 2014). Bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri dekomposer yang berperan dalam penyuburan tanah karena mampu melakukan mekanisme pelarutan fosfat dengan mengekskresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah. Bakteri memanfaatkan senyawa karbon sederhana yang berasal dari eksudat akar tanaman dan sisa dari tanaman. Wulandari (2001), menyebutkan bahwa bakteri pelarut fosfat juga berperan dalam proses metabolisme vitamin D yang berfungsi untuk memperbaiki pertumbuhan akar tanaman dan meningkatkan serapan unsur hara pada tanaman.

Bakteri pelarut fosfat mampu mensekresikan enzim fosfatase yang berperan dalam proses hidrolisis P organik menjadi P anorganik dan juga dapat menghasilkan zat pengatur tumbuh. Beberapa bakteri yang berperan sebagai pelarut fosfat pada tanaman telah ditemukan, diantaranya berasal dari genus *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Azetobacter*, *Mycrobacterium*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, dan *Flovobacterium* (Purwaningsih, 2003).

Menurut Satyaprakash dkk. (2017), kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat ditunjukkan terbentuknya zona bening yang mengelilingi isolat pada media *Pikovskaya* dan dinyatakan dalam bentuk indeks pelarut fosfat. Zona bening yang

terbentuk disekeliling isolat menunjukkan bahwa isolat bakteri dapat menghasilkan asam organik (asam glutamat, malat, laktat, fumarat, dan lain-lain) ekstraseluler yang mampu berikatan dengan ion Ca yang terikat dalam bentuk $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada media *Pikovskaya* agar dan membebaskan ion H_2PO_4 sehingga membentuk area yang berwarna lebih jernih daripada area yang masih memiliki P terikat.

2.3 Mekanisme Pelarutan Fosfat oleh Bakteri

Aktivitas mikroba tanah sangat berpengaruh terhadap ketersediaan fosfat di dalam larutan tanah. Sebagian besar aktivitas mikroba tanah dapat melarutkan fosfat dari ikatan fosfat tak larut (melalui sekresi asam-asam organik) atau mineralisasi fosfat dari bentuk ikatan fosfat-organik menjadi fosfat-anorganik. Selain tanaman, fosfat anorganik terlarut juga digunakan oleh mikroba untuk aktivitas dan pembentukan sel-sel baru, sehingga terjadi pengikatan (*immobilisasi*) fosfat.

Secara alami fosfat dalam tanah terdapat dua bentuk yaitu bentuk organik dan anorganik. Kedua bentuk tersebut merupakan bentuk fosfat yang tidak larut atau sedikit larut, sehingga ketersediaannya bagi biota tanah sangat terbatas. Mekanisme pelarutan fosfat oleh mikroorganisme terjadi disebabkan oleh mikroorganisme mengekresikan sejumlah asam-asam organik yang bermuatan molekul rendah. Umumnya mineral fosfat anorganik terikat sebagai $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*variscite*) dan $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*strengite*) pada tanah masam dan sebagai $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (trikalsium fosfat) pada tanah basa. Asam-asam organik sangat berperan dalam pelarutan fosfat karena asam organik tersebut relatif kaya akan gugus-gugus fungsional karboksil ($-\text{COO}^-$) dan hidroksil ($-\text{O}^-$) yang bermuatan negatif sehingga memungkinkan untuk membentuk senyawa kompleks dengan ion (kation) logam yang biasa disebut *chelate* (Wagner dan Wolf, 1998). Asam-asam organik meng-chelate Al, Fe atau Ca, mengakibatkan fosfat terlepas dari ikatan $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sehingga meningkatkan kadar fosfat-terlarut dalam tanah. Keadaan ini akan meningkatkan ketersediaan fosfat dalam larutan tanah (Saraswati dkk, 2007).

2.4 PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*)

PGPB (*Plant Growth Promoting Bacteria*) atau bakteri pemacu pertumbuhan tanaman merupakan kelompok bakteri yang memberi pengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung bagi pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Secara langsung pengaruhnya didasarkan atas kemampuan dalam menyediakan dan memobilisasi penyerapan berbagai unsur hara di dalam tanah serta mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai fitohormon pemacu pertumbuhan tanaman (Glick, 2012). Secara tidak langsung pengaruhnya berkaitan dengan kemampuan menekan aktivitas patogen dengan cara menghasilkan berbagai senyawa atau metabolit anti patogen untuk melindungi tanaman (Olanrewaju dkk., 2017).

2.5 Pupuk Hayati

Pupuk hayati (*Biofertilizer*) adalah pupuk biologi aktif terdiri dari mikroorganisme yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan dan kesehatan tanah, sedangkan kandungan mikroorganisme / mikrofauna dan bahan pembawa penyusun pupuk hayati merupakan formula pupuk hayati (Kementan, 2009).

Pupuk hayati memiliki peran dalam menjaga lingkungan tanah melalui fiksasi nitrogen (N) pada tanah yang kaya jenis mikro dan makro nutrisi, pelarutan posfor (P) dan kalium (K) atau mineralisasi, pelepasan zat pengatur tumbuh tanaman, serta produksi antibiotik dan *biodegradasi* bahan organik. Selain itu juga pupuk hayati sebagai penyeimbang di dalam tanah (Sinha dkk., 2010).

2.5.1 Masa Simpan Pupuk Hayati

Menurut Hanum (2008), penyimpanan pupuk merupakan suatu hal yang perlu diperhatikan, karena penyimpanan pupuk yang salah dapat merusak, sifat kimia dan fisik pupuk. Pupuk yang bersifat hidroskopis tidak boleh disimpan secara sembarangan, pupuk tersebut dapat menjadi lembab dan mencair atau bila

kelembapan berkurang pupuk menjadi keras dan membentuk bongkah-bongkah besar sehingga sulit dalam hal aplikasinya. Tidak dibenarkan untuk mencampur tempat penyimpanan pupuk dengan tempat penyimpanan untuk biji-bijian atau benih atau sebagainya, karena dapat mempengaruhi kualitas pupuk, dalam hal penyimpanan pupuk sebaiknya dilakukan pemisahan antara jenis pupuk yang satu dengan lainnya. Hal ini selain memudahkan pengawasan juga untuk menjaga mutu pupuk (Hanum, 2008).

Penelitian Rahayu (2017), menyatakan bahwa setelah masa penyimpanan selama 2 bulan kandungan Nitrat, Fosfat, dan Kalium pada *Biofertilizer* berbentuk granul dengan bahan perekat tepung tapioka mempunyai nutrisi (NPK) lebih tinggi dibandingkan gum arab dan tanah liat, sehingga dalam penggunaan bahan formulasi perekat tepung tapioka yang lebih efektif dan proses dispersi cepat. Dalam penelitiannya pula menyebutkan bahwa semakin lama penyimpanan *Biofertilizer* maka semakin menurun pula viabilitas bakteri yang terkandung di dalamnya.

Populasi bakteri berdasarkan starter yang digunakan, bahwa populasi bakteri mengalami penurunan hingga masa penyimpanan 60 hari. Berdasarkan suhu penyimpanan, populasi bakteri lebih tinggi pada suhu ruang disbanding dengan suhu refrigerator. Secara ekonomi, penyimpanan pada suhu ruang lebih murah jika dibandingkan dengan suhu refrigerator, karena tidak memerlukan biaya. Akan tetapi, resiko penyimpanan pada suhu ruang tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan kondisi pada formulasi biofertilizer. Perubahan yang terjadi pada biofertilizer tersebut yaitu bau dan warna. Perubahan tersebut berlangsung setelah 30 dan 60 hari masa penyimpanan (Yelti dkk., 2014).

2.5.2 Kualitas Pupuk Hayati

Salah satu cara menentukan mutu suatu pupuk hayati adalah jumlah bakteri. Dalam penelitian ini perhitungan jumlah bakteri dilakukan dengan metode TPC (*Total Plate Count*). Perhitungan ini dilakukan sebelum dan sesudah

pengaplikasikan pupuk hayati dalam tanah. Pupuk biologi harus memenuhi syarat-syarat mutu, sehingga mikroorganisme yang terkandung dalam suatu pupuk biologi dapat memberikan dampak positif bagi tanah dan tanaman yang diinokulasi. Baku mutu pupuk biologi tersebut diantaranya adalah jumlah populasi, keefektifan mikroba yang terkandung, bahan pembawa dan masa kadaluarsa (Simanungkalit dkk., 2006a).

Dalam pembuatan pupuk hayati hal yang sangat penting mempertimbangkan substansi bahan atau media pembawa yang akan digunakan. Media pembawa harus mengandung komponen penting untuk mendukung viabilitas dan pertumbuhan mikroorganisme yang diinokulasi ke dalamnya (Ambak dan Melling, 2000). Media pembawa inokulum sangat berperan dalam menumbuhkan dan memperpanjang masa simpan suatu mikrobial dan mempermudah inokulum tersebut untuk digunakan kembali (Supriyadi dan Sudadi, 2001).

Dalam keputusan Menteri Pertanian RI nomor 261 tahun 2019 tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah. Pupuk hayati majemuk dengan konsorsium bakteri yang terdiri dari dua genus dalam bentuk padat salah satu genus sesuai syarat teknis adalah $\geq 1 \times 10^7$ CFU/g bobot kering contoh. Sedangkan genus kedua dengan syarat teknis adalah $\geq 1 \times 10^6$ CFU/g bobot kering contoh. Jika konsorsium bakteri yang lebih dari dua genus maka salah satu genus sesuai syarat teknis adalah $\geq 1 \times 10^6$ CFU/g bobot kering contoh. Sedangkan genus kedua dengan syarat teknis adalah $\geq 1 \times 10^5$ CFU/g bobot kering contoh. Selain itu terdapat uji fungsional (sesuai dengan klaim produk) diantaranya adalah penambat N (positif), pelarut P (positif), pelarut unsur hara lain (positif), perombak bahan organik (positif), pembentuk bintil akar (positif) dan patogenisitas pada tanaman (negatif) (Kementan, 2019).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada November 2019 sampai dengan September 2020. Pembuatan pupuk hayati dari isolat bakteri terpilih asal ekstrak rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit serta pengujiannya dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Aplikasi formulasi simpan yang telah dibuat ke tanaman mentimun dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, *erlenmeyer*, gelas beker, *rotamixer*, botol percobaan, LAF (*laminar air flow*), bunsen, timbangan analitik, jarum *ose*, *autoklaf*, *microwave*, aluminium foil, plastik tahan panas, plastik *wrap*, *polybag*, karet, kapas, *tissue*, kertas label, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media YPA (*yeast peptone agar*), media PPGA (*potato peptone glucose agar*), isolat bakteri terpilih dari rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit, air steril 1620 ml, suspensi bakteri rimpang nanas 540 ml, suspensi bakteri tandan kosong kelapa sawit 540 ml, suspensi bakteri konsorsium 540 ml, talk 2700 g, tepung tapioka 2700 g, CMC (*carboxymethyl cellulose*) 54 g, CaCO₃ 81 g dan tanah.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 2 tahapan. Tahapan pertama penelitian di laboratorium pada formulasi simpan, yaitu uji kemampuan hidup bakteri pada formulasi simpan, uji kemampuan bakteri sebagai pelarut fosfat pada formulasi simpan. Sedangkan tahapan kedua penelitian dilapang pada tanah yang ditanam mentimun, yaitu uji kemampuan hidup bakteri setelah aplikasi ke tanah pertanaman mentimun dan uji kemampuan bakteri sebagai pelarut fosfat setelah aplikasi ke tanah yang ditanam mentimun.

Penelitian tahap pertama disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial 6x3 dengan 3 ulangan. Sedangkan penelitian tahap kedua disusun dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial 6x4 dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah masa simpan pupuk yaitu masa simpan 1 bulan (M1), masa simpan 2 bulan (M2), masa simpan 3 bulan (M3), masa simpan 4 bulan (M4), masa simpan 5 bulan (M5), dan masa simpan 6 bulan (M6). Faktor kedua adalah penggunaan jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) yaitu tanpa BPF (P0), bakteri pelarut fosfat rimpang nanas (P1), bakteri pelarut fosfat tandan kosong kelapa sawit (P2), dan bakteri pelarut fosfat gabungan rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit (1:1) (P3).

Petak percobaan atau denah rancangan di Laboratorium Lapangan Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung dengan 3 ulangan dapat dilihat pada Gambar 1.

Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
M6P0	M6P1	M1P0
M5P3	M3P3	M6P1
M5P2	M5P0	M4P3
M6P1	M3P1	M4P1
M1P3	M5P3	M6P2
M4P3	M6P0	M5P1
M2P3	M1P0	M3P2
M1P2	M5P1	M6P3
M4P0	M4P1	M5P0
M5P0	M2P0	M1P1
M6P2	M2P0	M3P0
M5P1	M6P2	M5P3
M2P0	M1P2	M3P3
M1P1	M2P2	M4P2
M3P3	M5P2	M5P2
M1P0	M4P3	M6P0
M4P1	M1P1	M4P0
M6P3	M3P0	M2P2
M3P1	M2P1	M1P2
M3P0	M6P3	M2P1
M4P2	M1P3	M1P3
M2P1	M3P2	M3P1
M2P2	M2P3	M2P3
M3P2	M4P2	M2P0

Gambar 2. Denah petak percobaan penelitian

Keterangan : M1: masa simpan 1 bulan; M2: masa simpan 2 bulan; M3: masa simpan 3 bulan; M4: masa simpan 4 bulan; M5: masa simpan 5 bulan; M6: masa simpan 6 bulan; P0: tanpa BPF; P1: BPF rimpang nanas (RN); P2: BPF tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan P3: BPF gabungan (RN dan TKKS).

Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan uji Bartlett dan adivitasnya diuji dengan uji Tukey. Setelah asumsi terpenuhi data diolah dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penyiapan Media

3.4.1.1 Pembuatan Media *Yeast Peptone Agar* (YPA)

Media yang digunakan untuk pemurnian biakan bakteri dari *skim-milk* adalah *Yeast Peptone Agar* (YPA). Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan media adalah 10 g peptone, 5 g yeast, 20 g agar batang, 1 liter aquades. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditutup menggunakan aluminium foil kemudian di sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, dengan tekanan 1 atm.

3.4.1.2 Pembuatan Media *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA)

Media yang digunakan untuk peremajaan isolat bakteri adalah *Potato Peptone Glucose Agar*. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan media adalah 200 g kentang, 5 g peptone, 3 g Na₂HPO₄.H₂O, 3 g NaCl/sodium, 0,5 g KH₂PO₄, 5 g glucose, 20 g agar dan 1000 ml aquades. Bahan-bahan tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer, ditutup menggunakan aluminium foil kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit, dengan tekanan 1 atm.

3.4.2 Isolat Bakteri yang Digunakan

Isolat bakteri yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari isolat bakteri terpilih koleksi Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang diperoleh dari hasil isolasi suspensi ekstrak rimpang nanas dan tandan kosong kelapa sawit, yang merupakan hasil penelitian Ilmiasari (2020) dan Yosita (2020). Kerapatan bakteri pelarut fosfat asal rimpang nanas (RN) adalah $3,63 \times 10^8$ CFU mL⁻¹, dan bakteri pelarut fosfat asal tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah $4,27 \times 10^8$ CFU mL⁻¹.

Kode isolat bakteri yang digunakan, sebagai berikut :

Tabel 1. Kode Isolat Bakteri

Kode Isolat	Kondisi	Identitas	Asal	Sumber
A.S (2) 50.8B	Aerob	<i>Bacillus velezensis</i>	TKKS	Yosita, 2020.
AN.S (3) 50.12P	Anaerob	<i>Bacillus paramycoides</i>	TKKS	Yosita, 2020.
S.S (2) 50.12PB	Semi Aerob	<i>Bacillus tequilensis</i>	TKKS	Yosita, 2020.
A.N (3) 50.12PKR	Aerob	-	RN	Ilmiyasari, 2020.
AN.N (2) 50.12K	Anaerob	-	RN	Ilmiyasari, 2020.
S.N (1) 50.12PKR	Semi Aerob	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	RN	Ilmiyasari, 2020.

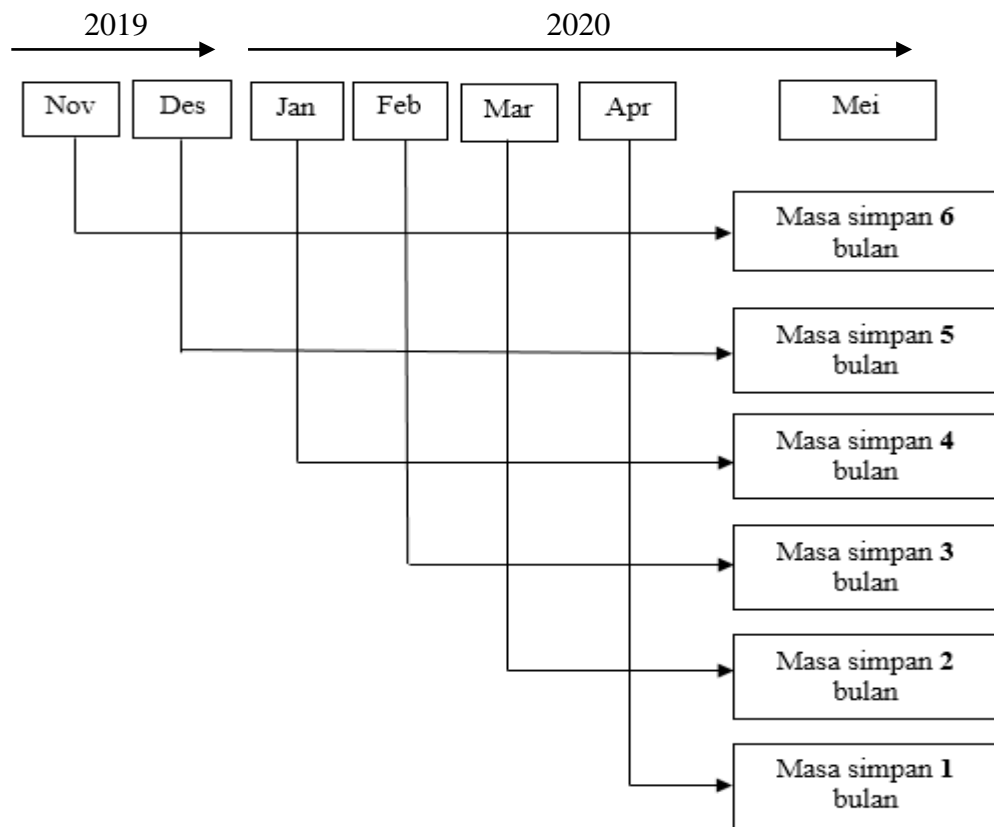
3.4.3 Peremajaan dan Pembuatan Suspensi Bakteri

Pembuatan suspensi bakteri dengan cara mengambil isolat bakteri dari media *skim milk*. Satu ose yang diambil dari media *skim milk* dipindahkan ke media *Yeast Peptone Agar* (YPA) dengan cara penggoresan kuadran dan diinkubasi selama 1-2 hari. Setelah itu, bakteri yang tumbuh pada media YPA dimurnikan dengan mengambil satu ose kembali untuk dipindahkan ke media PPGA. Bakteri yang terdapat dalam *Potato Peptone Glucose Agar* (PPGA) tersebut dipanen dimasukan kedalam media *Potato Peptone Glucose* (PPG) dan ditambahkan 90 ml air steril kedalam botol percobaan kemudian dishaker selama 24 jam.

3.4.4 Pembuatan Formulasi Simpan

Proses pembuatan formulasi simpan ini dilakukan 1 kali setiap bulannya selama 6 bulan. Prosedur kerja dalam pembuatan formulasi simpan ini adalah dengan persiapan alat dan ditimbang bahan yang akan digunakan, kemudian dicampur bahan-bahan sebagai berikut, talk 150 g, tepung tapioka 150 g, *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) 3 g, CaCO₃ 4,5 g. Setelah dicampur, bahan-bahan tersebut dimasukan ke dalam plastik tahan panas, sebanyak 3 kali pembuatan untuk bahan suspensi bakteri rimpang nanas, suspensi bakteri tandan kosong kelapa sawit dan suspensi bakteri gabungan. Kemudian bahan tersebut dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit pada tekanan 1 atm, dengan suhu 121°C. Setelah dingin masing-masing dicampur dengan suspensi bakteri rimpang nanas,

suspensi bakteri tandan kosong kelapa sawit dan suspensi bakteri gabungan yang telah disiapkan sebelumnya sebanyak masing-masing 90 ml dan diaduk secara merata. Setelah itu bahan tersebut dibentuk padat dan dikeringanginkan dilingkungan yang bersih, kemudian dikemas. Tahapan-tahapan diatas dilakukan setiap 1 bulan sekali selama 6 bulan (enam kali pembuatan) dimana setiap pembuatan dijadikan perlakuan masa simpan 1-6 bulan.



Gambar 3. Skema Pembuatan Formulasi Simpan

Setelah pembuatan formulasi simpan 1-6 bulan selesai kemudian dilakukan analisis kimia secara bersamaan. Kemudian sampel uji formulasi simpan yang tersisa disimpan di dalam refrigerator dengan suhu $<4^{\circ}\text{C}$. Hasil analisis laboratorium pada uji kimia formulasi simpan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis kimia pH dan P-total pada formulasi simpan

Perlakuan	pH	P ₂ O ₅ (ppm)
M1P1	6,74	47,53
M2P1	6,10	22,56
M3P1	6,14	23,81
M4P1	6,22	18,81
M5P1	6,35	27,55
M6P1	6,48	38,79
M1P2	6,26	28,80
M2P2	6,64	53,77
M3P2	6,02	12,57
M4P2	6,22	20,06
M5P2	6,34	33,80
M6P2	6,18	11,32
M1P3	6,58	43,78
M2P3	6,68	62,51
M3P3	6,42	17,57
M4P3	6,52	31,30
M5P3	6,28	20,06
M6P3	6,30	33,80

Keterangan : M1: masa simpan 1 bulan; M2: masa simpan 2 bulan; M3: masa simpan 3 bulan; M4: masa simpan 4 bulan; M5: masa simpan 5 bulan; M6: masa simpan 6 bulan; P1: BPF rimpang nanas (RN); P2: BPF tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan P3: BPF gabungan (RN dan TKKS). Sumber : Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung (2019).

3.4.5 Aplikasi Formulasi Simpan ke Tanah yang ditanam Mentimun

Aplikasi pupuk hayati padat (formulasi simpan) ke tanaman mentimun setelah formulasi simpan 1-6 bulan selesai dilakukan, sebelumnya mempersiapkan media tanam yang digunakan untuk menanam tanaman mentimun. Media tanam yang digunakan adalah tanah dan pupuk kandang perbandingan 2:1, dengan berat 5 kg dan kadar air berat kering udara 35%, kemudian dicampur merata dimasukkan kedalam plastik tahan panas untuk diautoklaf agar media tanam tersebut steril. Setelah diautoklaf media tanam dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 5 kg. Aplikasi formulasi simpan pada awal penanaman tanaman mentimun dengan kadar air berat kering udara 33%. Dosis yang digunakan adalah 150 kg ha⁻¹,

dengan jumlah populasi tanaman mentimun 24000 tanaman, sehingga diperoleh dosis 6,25 g tanaman¹. Pengaplikasian dilakukan dengan cara ditanam dekat tanaman mentimun pada media tanam *polybag*. Masing-masing formulasi simpan terdapat tiga ulangan. Pada masing-masing *polybag* diberi alas piring yang diberi air untuk menjaga kelembaban tanah karena tanaman mentimun sangat sensitif terhadap kekurangan air.

3.4.6 Kemampuan Bertahan Hidup Bakteri pada Formulasi Simpan dan Tanah Pertanaman Mentimun

Kemampuan bertahan hidup bakteri setelah masa simpan dilakukan dengan mengambil sampel dari tiap formulasi simpan maupun pada sampel tanah sebanyak 10 g dan dicampur dengan air fisiologis 90 ml, kemudian dilakukan seri pengenceran sampai 10^{-8} untuk formulasi simpan sedangkan untuk sampel tanah yaitu pengenceran 10^{-5} sampai 10^{-7} dan mengambil 50 μm untuk dibiakan kedalam cawan petri yang berisikan media YPA. Penghitungan total koloni bakteri dilakukan setelah biakan bakteri tersebut tumbuh dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC), dimana koloni bakteri dihitung menggunakan alat *colony counter*. Metode ini menggunakan cara tuang/penuangan (*Pour plate*). Pada pengujian TPC ini tidak mengidentifikasi jenis bakteri, akan tetapi hanya menghitung jumlah total koloni bakteri saja. Koloni bakteri yang tumbuh diamati dan dihitung total populasinya dengan menggunakan metode cawan agar (*Plate Counting*) (Gunawan dkk., 2010), dengan rumus :

$$\text{Populasi bakteri CFU ml}^{-1} = \frac{a}{v} \times \frac{1}{df}$$

Keterangan: CFU = *Coloni Forming Unit*, a = Rata-rata jumlah koloni/petri, df = Faktor pengenceran dan v = Volume suspensi kultur yang disebarkan.

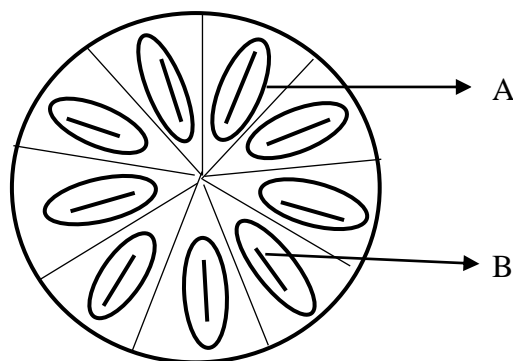
3.4.7 Kemampuan Bakteri Sebagai Pelarut Fosfat pada formulasi Simpan dan Tanah Pertanaman Mentimun

Uji kemampuan bakteri sebagai pelarut fosfat dilakukan menggunakan media *Pikovskaya*. Pembuatan media dengan cara mencampurkan 31,3 g bubuk *Pikovskaya*, 2 g agar batang ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 1000 ml

aquades. Erlenmeyer ditutup menggunakan *aluminium foil*, lalu dipanaskan di *microwave* agar media larut dan homogen. Erlenmeyer tersebut di masukkan ke dalam plastik tahan panas, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Media yang telah steril dalam kondisi hangat dituangkan ke cawan petri hingga dingin dan memadat.

Setiap isolat bakteri yang diperoleh dari sampel uji formulasi simpan maupun sampel tanah yang telah dibiakan didalam media YPA dilakukan analisis, sebelum inokulasi bagian bawah cawan petri digaris menjadi 9 bagian. Masing–masing bagian tersebut digoreskan sebanyak 3 ulangan dengan isolat bakteri yang didapatkan dari hasil biakan menggunakan tusuk gigi steril.

Pengamatan dilakukan selama 7 hari setelah inokulasi, dengan cara menggambar luasan bakteri dan zona bening di atas plastik transparan dan mengukurnya menggunakan milimeter blok. Luasan zona bening menunjukkan bahwa isolat bakteri memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat yang terkandung di dalam media *pikovskaya*.



Gambar 4. Skema uji pelarut fosfat, zona bening (A) dan isolat bakteri (B)

Rumus dalam menentukan indeks pelarut fosfat menurut Karpagam dan Nagalakshmi (2014) :

$$IPF = \frac{Dzb+Dk}{Dk}$$

Keterangan :

IPF = Indeks pelarut fosfat

Dzb = Diameter zona bening (cm)

Dk = Diameter koloni (cm)

3.4.8 Variabel Pengamatan

Variabel utama terdiri dari jumlah koloni bakteri pelarut fosfat pada formulasi simpan dan tanah, jumlah koloni total bakteri pada formulasi simpan dan tanah, serta indeks pelarut fosfat pada formulasi simpan dan tanah dan. Variabel pendukung meliputi analisis kimia tanah awal, analisis kimia formulasi simpan pH (pH meter) dan P-tersedia (metode *Bray I*). Analisis kimia tanah setelah aplikasi formulasi simpan pH H₂O (pH meter), P-tersedia (metode *Bray I*) dan C-organik (metode *Walkey and Black*) (Balai Penelitian Tanah, 2009).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Masa simpan mempengaruhi kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan sebagai pelarut fosfat. Bakteri pelarut fosfat tetap dapat bertahan hidup pada masa penyimpanan 1 sampai dengan 6 bulan. Tetapi masa simpan terbaik adalah pada 1-3 bulan, sedangkan pada masa simpan 4-6 bulan jumlah BPF semakin menurun.
2. Jenis bakteri pelarut fosfat dengan kemampuan bertahan hidup dan melarutkan fosfat terbaik adalah jenis bakteri gabungan RN dan TKKS (P3).
3. Masa simpan dan jenis bakteri mempengaruhi kemampuan bakteri dalam bertahan hidup dan sebagai pelarut fosfat. Jumlah koloni BPF terbaik adalah pada perlakuan masa simpan 1 bulan (M1) dengan jenis bakteri gabungan RN dan TKKS (P3), sedangkan jumlah koloni BPF terendah ditunjukkan pada perlakuan masa simpan 6 bulan (M6) dengan jenis bakteri TKKS (P2).
4. Aplikasi bakteri pelarut fosfat (BPF) ke tanah pertanaman mentimun setelah masa penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap kemampuannya dalam melarutkan fosfat.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian kembali bakteri yang diperoleh setelah masa penyimpanan dan setelah aplikasi di lahan, serta percobaan pengujian bakteri terpilih pada tanaman lainnya, selain tanaman mentimun.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambak, K., dan Melling, L. 2000. Management practices for sustainable cultivation of crop plants on tropical peatland. *The International Symposium on Tropical Peatlands Bogor*. 119-134.
- Aprillia, P., Zul, D., dan Fibrianti B. L. 2014. Seleksi kemampuan bakteri pelarut fosfat asal bukit batu riau dalam menghasilkan asam sianida. *JOM FMIPA Universitas Riau*. 1 (1) : 1-6.
- Asri, A. C., dan Zulaika, E. 2016. Sinergisme antar isolat *Azotobacter* yang dikonsorsiumkan. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5 (2) : 2337-3520.
- Bailey, M. J., Lilley, A. K., Timms-Wilson, T. M., dan Spencer, P. T. M. 2006. *Microbial Ecology of Aerial Plant Surface*. United Kingdom. CAB International. 368 hlm.
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk : Edisi 2*. BPT. Bogor. 246 hlm.
- Bates, T.R., and Lynch, J.P. 2001. Root hairs confer a competitive advantage under low phosphorus availability. *Plant and Soil*. 236 (2) : 243-250.
- Beaucamp, E.G. dan Hume, D. J. 1997. Agricultural soil manipulation: the use of bacteris, manuring, and plowing. In van Elsas, J.D., Trevors, J.T. dan Wellington, E.M.H. (Eds.). *Modern Soil Microbiology*. Marcel Dekker, New York. 643-664 hlm.
- Budiyani N.K., Soniari N.N., dan Sutari N.W.S. 2016. Analisis kualitas larutan mikroorganisme lokal (MOL) bongkol pisang. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 5 (1) : 63-72.
- Buol, S. W., Southard, R.J., Graham, R. C. dan McDaniel, P.A. 2003. *Soil Genesis and Classification, 5th ed*. Iowa State University Press. 494 hlm.
- Danapriatna, N. 2010. Biokimia penambatan nitrogen oleh bakteri non simbiotik. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*. 1 (2): 3-4.

- Dermiyati, Suharjo, R., Telaumbanua, M., Ilmiasari, Y., Yosita, R., Annisa, R. M., Sari, A. W., Andayani, A. P., Yulianti, D. M. 2019. Population of phosphate solubilizing bacteria in the liquid organic fertilizer created from oil palm bunches and pineapple rhizome. *Biodiversitas*. 20 (11) : 3315-3321.
- Filho, G.N.S., dan Vidor, C. 2001. Phosphate solubilizing activity of microorganisms in the presence of nitrogen, iron, calcium and potassium. *Jurnal Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 36 (12) : 1495-1508.
- Firdausi, N., Muslihatin, W., dan Nurhidayati, T. 2016. Pengaruh kombinasi media pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat terhadap pH dan unsur hara fosfor dalam tanah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 5 (2) : 53-56.
- Firnia, D. 2018. Dinamika unsur fosfor pada tiap horison profil tanah masam. *Jurnal Agroekotek*. 10 (1) : 45 – 52.
- Fitri, N.A. 2021. Pengaruh aplikasi bakteri pelarut fosfat dan jenis pupuk fosfat pada kondisi tanah yang berbeda terhadap populasi bakteri dan sifat kimia tanah. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 91 hlm.
- Ginting, R.C., Saraswati, R., Husen, E. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Penelitian Tanah*. Bogor. 18 hlm.
- Glick, B.R. 2012. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. *Journal the Scientific World*. 1-15.
- Gunawan, R., Anas, I., dan Hazra, F. 2010. Produksi masal inokulum *Azotobacter*, *Azospirillum* dan bakteri pelarut fosfat dengan menggunakan media alternatif. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 12 (2) – 33-39.
- Hanum, C. 2008. *Teknik Budidaya Tanaman Jilid 1*. Departmen Pendidikan Nasional. Buku Sekolah Elektronik. Jakarta. 75-105.
- Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka. 2011. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan : Cetakan 2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 351 hlm.
- Herlina, N., dan Fitriani, W. 2017. Pengaruh persentase pemotongan daun dan bunga jantan terhadap hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Biodjati*. 2 (2). 115-125.
- Husen, E. dan Saraswati, R. 2003. Effect of IAA-producing bacteria on the growth of hot pepper. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 8 (1) : 22-26.

- Ilmiasari, Y. 2020. Kemelimpahan, karakterisasi, dan kemampuan mikroorganisme lokal asal rimpang nanas sebagai antagonis jamur *Phytophthora nicotianae* serta pemacu pertumbuhan tanaman. *Tesis*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 113 hlm.
- Julita, S., Gultom, H., dan Mardaleni. 2013. Pengaruh pemberian mikro organisme lokal (MOL) nasi dan hormon tanaman unggul terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). *Dinamika Pertanian*. 28 (3). 167-174.
- Karpagam, T., dan Nagalakshmi, P.K. 2014. Isolation and characterization of phosphate solubilizing microbe from agriculture soil. *International Journal Current Microbiology*. 3 (3) : 601-614.
- Kementan. 2009. *Permentan No. 28 th. 2009 : Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah*. Ketentuan Umum, Pasal 1 ayat 2 dan 5. Kementerian Pertanian RI. 3 hlm.
- Kementan. 2019. *Permentan No. 261 th. 2019 : Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenh Tanah*. Pasal 9 ayat 4 . Kementerian Pertanian RI. 18 hlm.
- Keneni, A., Assefa, F. dan Prabu, P.C. 2010. Isolation of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of faba bean of ethiopia and their abilities on solubilizing insoluble phosphates. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 12 (1) : 79- 89
- Mannulang, R.R. Rusmini, dan Daryono. 2017. Kombinasi mikroorganisme lokal sebagai bioaktivator kompos. *Jurnal Hutan Tropis*. 5 (3) : 259-266.
- Maspary. 2012. *Apa Kehebatan MOL Bonggol Pisang*. Gramedia. Jakarta. 38 hlm.
- Meryandini, A., Wahyu, W., Besty, M., Titi, C.S., Nisa, R., dan Hasrul, S. 2009. Isolasi bakteri selulolitik dan karakterisasi enzimnya. *Makara Sains*. 13 (1) : 33-38.
- Muraleedharan H., Seshadri S., and Parumal K. 2010. *Biofertilizer (Phosphobacteria)*. Shri AMM Murungappa Chettiar Research Center. Chennai. 4-7.
- Niswati, A., Yusnaini, S., dan Arif, M.A.S. 2008. Populasi mikroba pelarut fosfat dan P-tersedia pada rizosfir beberapa umur dan jarak dari pusat perakaran jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal. Tanah Tropika*. 13(2): 123-130.

- Nurwidayati, T. 2017. Pemanfaatan Endapan limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dan abu tandan buah kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai pupuk organik tablet. *Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda*. hal 270-275.
- Olanrewaju, O.S., Glick, B.R., dan Babalola, O.O. 2017. Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria. *World Journal Microbiology Biotechnology*. 33 (11) : 33:197.
- Palupi, N.P. 2015a. Ragam larutan mikroorganisme lokal sebagai dekomposter rumput gajah (*Pennisetum purpureum*). *Ziraa'ah*. 40 (2) : 123-128.
- Palupi, N.P. 2015b. Analisis kemasaman tanah dan C organik tanah bervegetasi alang alang akibat pemberian pupuk kandang ayam dan pupuk kandang kambing. *Media Sains*. 8 (2) : 182-188.
- Pelczar, M.J., dan Chan, E.C.S. 2013. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*: UI Press. Jakarta. 443 hlm.
- Prihastuti dan Harsono, A. 2012. Kemunduran kualitas pupuk hayati rhizobium. *Sains dan Matematika*. 1 (1) : 1-5.
- Purwaningsih, S. 2003. Isolasi, populasi dan karakterisasi bakteri pelarut fosfat pada tanah dari taman nasional bogani nani wartabone, sulawesi utara. *Biologi*. 3 (1) : 22-31.
- Purwasasmita, M. 2009. Mikroorganisme lokal sebagai pemicu siklus kehidupan dalam bioreaktor tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*. 20 hlm.
- Rahayu, F. P. 2017. Viabilitas biofertilizer berbahan baku *Azotobacter* pada media pembawa padat berbentuk granul. *Skripsi*. Departemen Biologi FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 52 hlm.
- Rani, I.D. 2021. Pengaruh aplikasi mikroorganisme lokal dan kompos terhadap aktivitas dan sifat biologi tanah serta performa tanaman bawang merah. *Tesis*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 108 hlm
- Rohmah, N., Muslihatin, W., dan Nurhidayati, T. 2016. Pengaruh kombinasi media pembawa pupuk hayati bakteri penambat nitrogen terhadap ph dan unsur hara nitrogen dalam tanah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4 (1) : 44-46.
- Santi, L. P., Kalbuadi, D. N., dan Doendani, D. H. 2019. Empty fruit bunches as apotential source for biosilica fertilizer for oil palm. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*. 4 (3) : 90-96.

- Saraswati, R., Husen, E., dan Simanungkalit, R.D.M. 2007. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor. 279 hlm.
- Satyaprakash, M., Nikitha, T., Reddi, E.U.B., Sedhana, B., dan Vani, S.S. 2017. Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria and their role in plant nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 6 (4) : 2133-2144.
- Setiadi, A. 2020. Pengaruh jenis bakteri pelarut fosfat (BPF) dan jenis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 70 hlm.
- Setiawati, T.C., dan Mihadja, P.A. 2008. Identifikasi dan kuantifikasi metabolit bakteri pelarut fosfat dan pengaruhnya terhadap aktivitas *Rhizoctonia solani* pada tanaman kedelai. *Jurnal Tanah Tropika*. 13 (3) : 233-240.
- Siburian, E.P.T., Dewi, P., dan Kariada, N. 2012. Pengaruh suhu dan waktu penyimpanan terhadap pertumbuhan bakteri dan fungi ikan bandeng. *Journal of Life Science*. 1 (2) : 101-105.
- Simanungkalit, R.D.M., Husen, E., dan Saraswati, R. 2006a. *Baku Mutu Pupuk Hayati dan Sistem Pengawasannya*. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Jawa Barat. Hlm 245-264.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D., dan Hartatik, W. 2006b. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organik Fertilizer and Biofertilizer)*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Jawa Barat. Hlm 2-4.
- Sinha, R.K., Valani, D., Chauhan, K., dan Agarwal, S. 2010. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of sir Charles Darwin. *Journal Of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development*. 2 (7) : 113-128.
- Supriyadi dan Sudadi. 2001. Efektivitas bakteri pelarut fosfat pada beberapa macam bahan pembawa inokulum. *Jurnal Sains Tanah*. 1 (1): 30-36.
- Suyanto, A., dan Irianti, A.T.P. 2016. Efektivitas *Trichoderma* Sp dan mikro organisme lokal (mol) sebagai dekomposer dalam meningkatkan kualitas pupuk organik alami dari beberapa limbah tanaman pertanian. *Jurnal Agrosains*. 12 (2) : 1-7.

- Teng, Z., Shao, W., Zhang, K., Huo, Y., dan Li, M. 2019. Characterization of phosphate solubilizing bacteria isolated from heavy metal contaminated soils and their potential for lead immobilization. *Journal of Environmental Management*. 231 : 189-197.
- Wagner, H.G. dan Wolf, D.C. 1998. *Carbon Transformation and Soil Organic Matter Formation*. Hlm 218-257.
- Waluyo, L. 2010. *Teknik Dasar Metode Mikrobiologi*. UMM Press. Malang. 359 hlm.
- Widawati, S. 2015. Uji bakteri simbiotik dan nonsimbiotik pelarut Ca vs P dan efek inokulasi bakteri pada anakan turi (*Sesbania grandiflora* L. Pers). *Jurnal Biologi Indonesia*. 11 (2) : 295-307.
- Widawati, S. dan Suliasih. 2005. The application of soil microbe from wamena botanical garden as biofertilizer (compost plus) on purple eggplant (*Solanum melongena* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 11(3): 20-24.
- Wulandari, S. 2001. Efektifitas bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas* Sp. terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine Max* L.) pada tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Natur Indonesia*. 4 (1) : 21-25.
- Yelti, S.N., Zul, D., dan Fibriarti, B.L. 2014. Formulasi biofertilizer cair menggunakan bakteri pelarut fosfat indigenus asal tanah gambut riau. *JOM FMIPA*. 1 (2) : 651-664.
- Yosita, R. 2020. Kemelimpahan, karakterisasi, dan kemampuan mikroorganisme lokal asal tandan kosong kelapa sawit sebagai antagonis jamur *Ganoderma boninense* dan pemacu pertumbuhan tanaman. *Tesis*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung. 97 hlm.
- Yuniarti, A., Maya, D., dan Dina, M.N. 2019. Efek pupuk organik dan pupuk N,P,K terhadap C-organik, N-total, C/N, serapan N, serta hasil padi hitam pada inceptisols. *Jurnal Pertanian Presisi*. 3 (2) : 90-105.