



**PENGARUH KOMBINASI SUMBER FOSFAT DENGAN BAKTERI
PELARUT FOSFAT TERHADAP PENINGKATAN KADAR P
TANAH ALFISOL DAN SERAPANNYA PADA TANAMAN
SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh

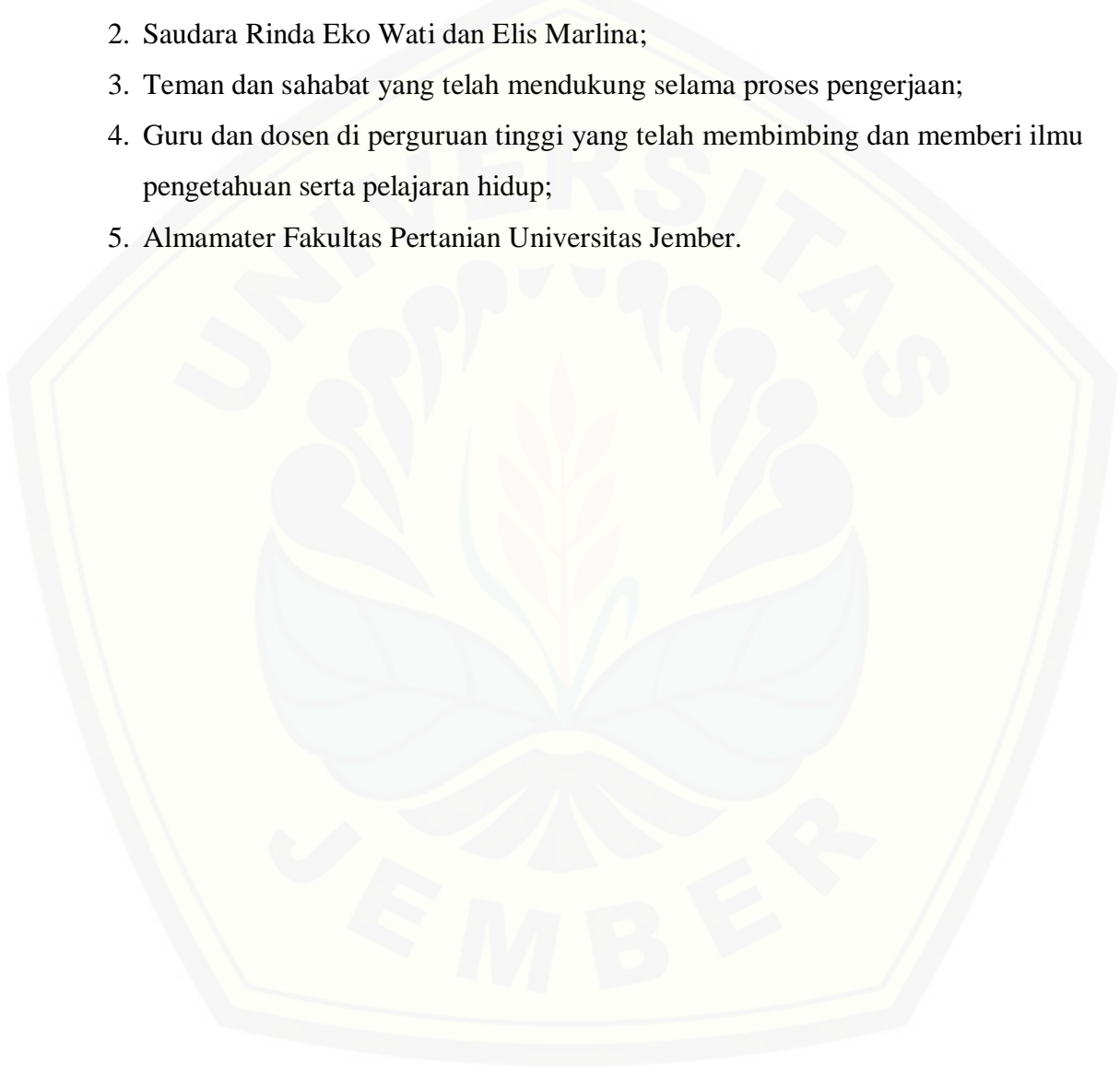
**Yhulia Triwulan
NIM. 131510501126**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas rahmat Allaah S.W.T karya tulis ilmiah ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Sumarno dan Ibunda Kantiah;
2. Saudara Rinda Eko Wati dan Elis Marlina;
3. Teman dan sahabat yang telah mendukung selama proses pengerjaan;
4. Guru dan dosen di perguruan tinggi yang telah membimbing dan memberi ilmu pengetahuan serta pelajaran hidup;
5. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

Everybody's perfect, because God was set it up

Failure is an event, not a person

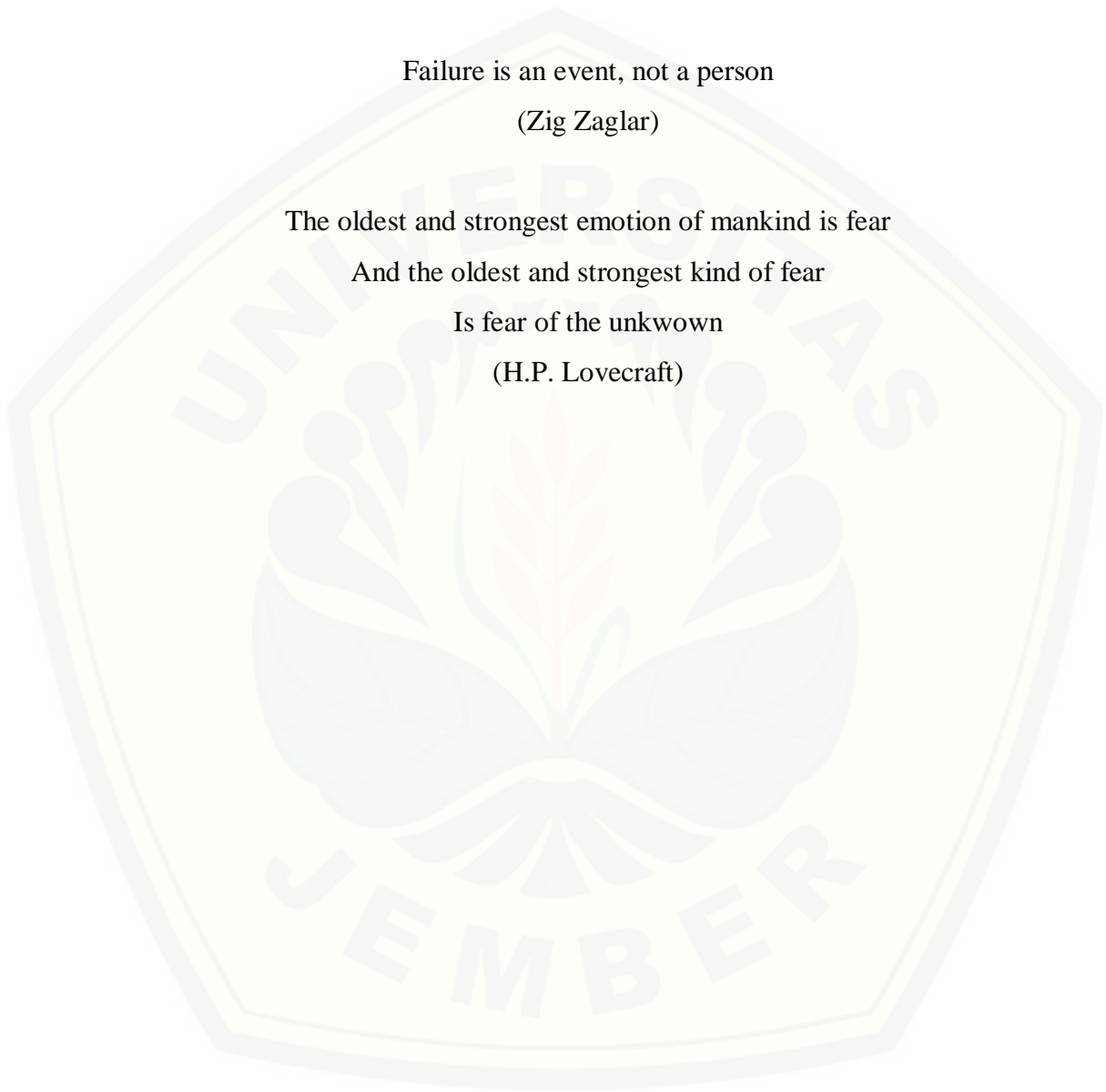
(Zig Zaglar)

The oldest and strongest emotion of mankind is fear

And the oldest and strongest kind of fear

Is fear of the unknown

(H.P. Lovecraft)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yhulia Triwulan

NIM : 131510501126

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Pengaruh Kombinasi Sumber Fosfat dengan Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Kadar P Tanah Alfisol dan Serapannya pada Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggungjawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Mei 2018
yang menyatakan,

Yhulia Triwulan
NIM. 131510501126

SKRIPSI

**PENGARUH KOMBINASI SUMBER FOSFAT DENGAN BAKTERI
PELARUT FOSFAT TERHADAP PENINGKATAN KADAR P
TANAH ALFISOL DAN SERAPANNYA PADA TANAMAN
SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

Oleh :

Yhulia Triwulan

NIM. 131510501126

Pembimbing :

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si
NIP. 19650523 199302 2 001

Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Sugeng Winarso, M. Si.
NIP. 196403221989031001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Pengaruh Kombinasi Sumber Fosfat dengan Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Kadar P Tanah Alfisol dan Serapannya pada Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si
NIP. 19650523 199302 2 001

Dosen Penguji 1,

Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP.
NIP. 19611110 198802 1 001

Dosen Pembimbing Anggota,

Dr. Ir. Sugeng Winarso, M. Si.
NIP. 196403221989031001

Dosen Penguji II,

Dr. Ir. Cahyoadi Bowo
NIP. 19610316 198902 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D
NIP. 19600506 198702 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Kombinasi Sumber Fosfat dengan Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Kadar P Tanah Alfisol dan Serapannya pada Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench); Yhulia Triwulan; 131510501126; 2018; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Unsur hara merupakan zat yang dibutuhkan oleh tanaman dan memegang peran penting dalam pertumbuhan tanaman. Tanah Alfisol merupakan salah satu jenis tanah yang memiliki beberapa kelebihan, sehingga produktivitasnya masih sangat berpotensi untuk ditingkatkan. Tanah alfisol juga memiliki beragam permasalahan seperti halnya P tersedia yang rendah. Kondisi ini tidak menguntungkan dalam budidaya tanaman seperti sorgum. Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan salah satu tanaman yang membutuhkan unsur hara P dalam jumlah yang cukup banyak untuk proses pertumbuhannya. Peningkatan unsur P dapat dilakukan dengan cara menambahkan sumber P pada tanah seperti penambahan pupuk anorganik buatan atau pupuk anorganik alam. Batuan fosfat bersifat tidak mudah larut (*slow release*), sehingga dibutuhkan bantuan dari mikroba untuk mengubah P menjadi tersedia bagi tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kombinasi antara penambahan sumber fosfat dan bakteri pelarut fosfat terhadap kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2017 sampai Januari 2018 di Lahan Penelitian, Laboratorium Kesuburan Tanah, dan Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama (P): Sumber Fosfat yang terdiri dari empat taraf yaitu: 1. Kontrol (P0), 2. TSP 0,21 g/tanaman (P1), 3. TSP 0,42 g/tanaman (P2), 4. *Rock Phosphate* 1,95 g/tanaman (P3) dan faktor kedua (B): Macam Bakteri Pelarut Fosfat yang terdiri dari tiga taraf yaitu: 1. Kontrol (B0), 2. *Pseudomonas* sp. (B1), 3. *Bacillus* sp. (B2). Selanjutnya dilakukan uji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test (DMRT)* dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Aplikasi kombinasi sumber fosfat dan inokulasi BPF secara nyata mampu meningkatkan pH tanah, kadar P-jaringan, serapan P-Jaringan, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, berat basah, berat kering tanaman sorgum dan memberikan pengaruh yang tidak nyata terhadap kadar P dalam tanah. Perlakuan *Rock Phosphate* yang dikombinasikan dengan inokulasi BPF memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol dan mampu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan TSP pada parameter pH tanah, P-tersedia tanah, kadar P-Jaringan dan tinggi tanaman sorgum. Perlakuan inokulasi BPF mampu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol dan hasil terbaik didapatkan pada penambahan inokulasi bakteri *Bacillus* sp.

SUMMARY

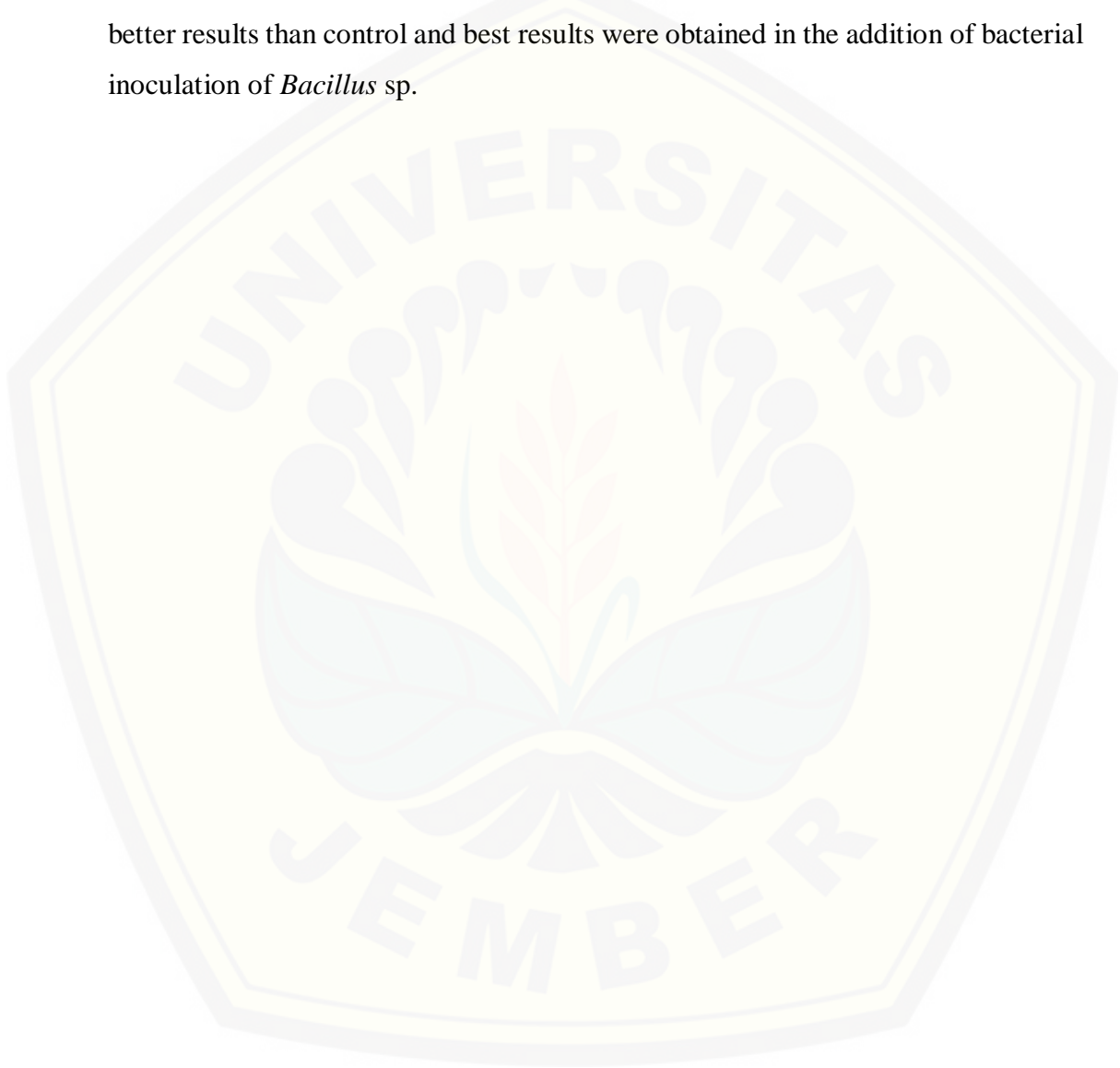
The Combined Effect of Phosphate Resources with Phosphate Solubilizing Bacteria to Increase Levels of P in Alfisol Soils and The Absorption on Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Yhulia Triwulan; 131510501126; 2018; 80 pages; Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember.

Nutrient elements are substances that needed by plants and play an important role in plant growth. Alfisol is one type of soil that has several advantages, so that productivity is still very potential to be improved. Alfisol soils also have a variety of problems as well as low P available. This condition is unfavorable in the cultivation of plants such as sorghum. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) is one of the plants that need P nutrients in sufficient quantities for the growth process. Elevation of P element can be done by adding P source on soil such as the addition of artificial inorganic fertilizer or natural inorganic fertilizer. *Rocks phosphate* has insoluble properties (slow release), so need for help from microbes to convert P becomes available to plants.

This study aims to determine the effect of the combination between the addition of phosphate source and phosphate solvent bacteria to phosphate levels in the soil and P-sorghum tissue absorption. This research was conducted in March 2017 until January 2018 in Land Research, Soil Fertility Laboratory and Soil Biology Laboratory, Faculty of Agriculture, Jember University. The experimental design using RAK (*Rancangan Acak Kelompok*) which consist of two factors with three replications. First factor (P): Phosphate source consisting of four levels: 1. Control (P0), 2. TSP 0.21 g / plant (P1), 3. TSP 0.42 g / plant (P2), 4. Rock Phosphate 1.95 g / plant (P3) and second factor (B): Phosphate Solvent Bacteria which consists of three levels: 1. Control (B0), 2. *Pseudomonas* sp. (B1), 3. *Bacillus* sp. (B2). Furthermore, further test using Duncan Multiple Range Test (DMRT) with 5% level.

The results showed that combination of phosphate source and Phosphate Solvent Bacteria inoculation significantly increased soil pH, P-tissue level, P-tissue absorption, plant height, stem diameter, leaf number, wet weight, dry weight of

sorghum plant and gave no significant effect to the level of P in the soil. Rock Phosphate treatment that combined with Phosphate Solvent Bacteria inoculation gave better results compared to controls and was able to provide better results than TSP treatment on soil pH parameters, P-available soil, P-tissue content and high sorghum plant. Phosphate Solvent Bacteria inoculation treatment was able to give better results than control and best results were obtained in the addition of bacterial inoculation of *Bacillus* sp.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Kombinasi Sumber Fosfat dengan Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Peningkatan Kadar P Tanah Alfisol dan Serapannya pada Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)”** dengan baik.

Penyelesaian Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

1. Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D, DIC., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Ir. Joko Sudibya, M.Si selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember dan Dosen Pembimbing Akademik.
4. Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama; Dr. Ir. Sugeng Winarso selaku Dosen Pembimbing Anggota; Dr. Ir. Bambang Hermiyanto, MP. selaku Dosen Penguji Utama dan Dr. Ir. Cahyoadi Bowo selaku Dosen Penguji Anggota yang telah membimbing, meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
5. Orang tua tercinta Ayahanda Sumarno dan Ibunda Kantiah, Kakakku Rinda Ekowati, Elis Marlina, Purnomo dan Yustinus Triharyatno serta Anas Rahman Akhyasunnas yang selalu memberikan doa, kasih sayang, semangat, motivasi dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Sahabatku tersayang *“Athena Project”* yaitu Arief Tira Prakoso, Ummul Khotijah dan Indah Nurul Safitri yang telah memberikan kasih sayang, selalu hadir dengan senyum dan tawa dalam setiap keadaan.
7. Keluarga Fourtek, rekan-rekan Himahita, Tim Asisten Hortikultura dan juga kawan-kawan dari Program Studi Agroteknologi yang telah menemani, memberikan semangat dan dukungan serta pengalaman tak ternilai.

8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu namun telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga karya ilmiah tertulis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca sekalian.

Jember, 11 Mei 2018

Penulis



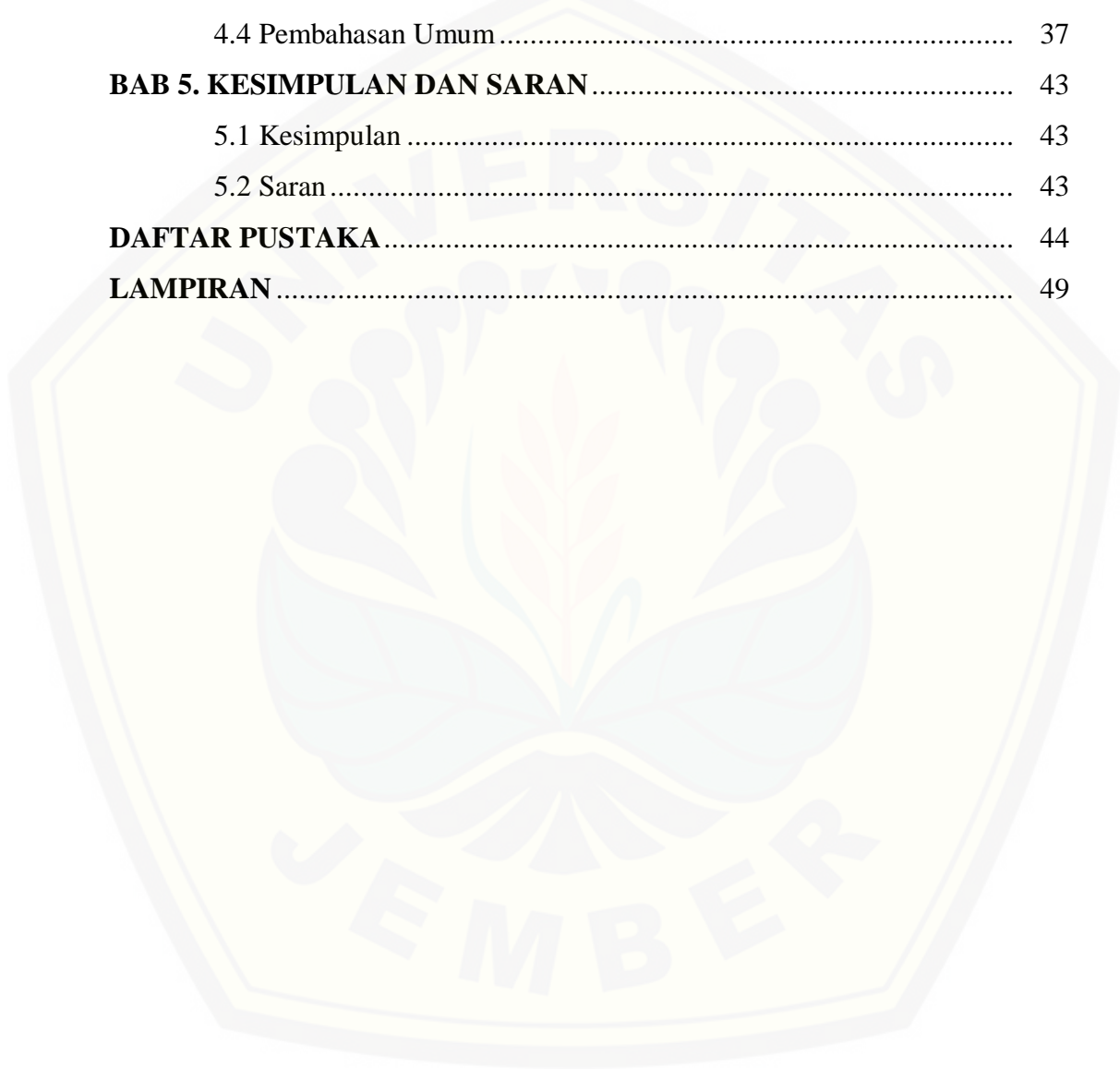
DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKARTA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 P (fosfor)	5
2.2 Tanah Alfisol	7
2.3 Batuan Fosfat	8
2.4 Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)	10
2.5 Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench)	12
2.6 Hipotesis	14
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	15

3.2.1 Bahan Penelitian	15
3.2.2 Alat Penelitian	15
3.3 Rancangan Percobaan	15
3.4 Prosedur Penelitian.....	17
3.4.1 Penggerusan atau Penumbukan Batu	17
3.4.2 Analisis Pendahuluan.....	17
3.4.3 Persiapan Media Tanam.....	17
3.4.4 Persiapan Bakteri	18
3.4.5 Pemberian Batuan Fosfat	18
3.4.6 Pemberian TSP	19
3.4.7 Pemberian Bakteri Pelarut Fosfat	19
3.4.8 Persiapan Bahan Tanam.....	19
3.4.9 Penanaman	19
3.4.10 Pemupukan.....	19
3.4.11 Pemeliharaan	20
3.4.11.1 Penyiraman.....	20
3.4.11.2 Penyulaman	20
3.4.11.3 Penyiangan	20
3.4.11.4 Penjarangan	20
3.4.12 Analisis Akhir.....	20
3.4.12.1 Analisis Tanah	20
3.4.12.2 Analisis Jaringan Tanaman	21
3.4.12.3 Analisis Morfologi Tanaman.....	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Karakteristik Tanah Penelitian.....	22
4.2 Populasi Bakteri Pelarut Fosfat yang Digunakan.....	23
4.3 Pengaruh Penambahan Sumber Fosfat dan Bakteri Pelarut Fosfat	24
4.3.1 pH Tanah.....	24
4.3.2 P-Tersedia Tanah	25
4.3.3 Kadar P-Jaringan	29
4.3.4 Serapan P-Jaringan	30

4.3.5 Tinggi Tanaman.....	32
4.3.6 Diameter Batang	33
4.3.7 Jumlah Daun.....	34
4.3.8 Berat Basah Tanaman	35
4.3.9 Berat Kering Tanaman	36
4.4 Pembahasan Umum	37
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	49



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Analisis Ragam Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial	17
Tabel 4.1 Karakteristik Tanah Awal yang Digunakan dalam Penelitian	23
Tabel 4.2 Jumlah Populasi Dua Jenis Bakteri Pelarut Fosfat	25
Tabel 4.3 Rangkuman nilai F-hitung dari beberapa variabel pengamatan.....	25
Tabel 4.4 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap pH Tanah	26
Tabel 4.5 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap Kadar P-Jaringan	31
Tabel 4.6 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap Serapan P-Jaringan	33
Tabel 4.7 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap Tinggi Tanaman	34
Tabel 4.8 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap Diameter Batang.....	35
Tabel 4.9 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap Jumlah Daun	36
Tabel 4.10 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap Berat Basah	37
Tabel 4.11 Interaksi Sumber Fosfat dengan Inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) terhadap Berat Kering	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Pengaruh Sumber Fosfat terhadap Kadar P-Tersedia.....	26
Gambar 4.2 Daya Larut TSP Tanpa Tanah	29
Gambar 4.3 Daya Larut <i>Rock Phosphate</i> Tanpa Tanah.....	29
Gambar 4.4 Daya Larut TSP dengan Tanah	29
Gambar 4.5 Daya Larut <i>Rock Phosphate</i> dengan Tanah	29
Gambar 4.6 Pengaruh Isolat Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Kadar P-Tersedia	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah	51
Lampiran 2. Kandungan Batuan Fosfat Ciamis Jawa Barat.....	52
Lampiran 3. Peta Jenis Tanah Kabupaten Jember dan Kecamatan Jelbuk	53
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	54
Lampiran 5. Deskripsi Sorgum Varietas Numbu	55
Lampiran 6. Denah Percobaan Penelitian	56
Lampiran 7. Hasil Analisis pH Tanah.....	57
Lampiran 8. Hasil Analisis P-Tersedia Tanah.....	58
Lampiran 9. Hasil Analisis P-Jaringan Tanaman	59
Lampiran 10. Hasil Analisis Serapan P-Jaringan Tanaman.....	60
Lampiran 11. Hasil Analisis Tinggi Tanaman	61
Lampiran 12. Hasil Analisis Diameter Batang.....	62
Lampiran 13. Hasil Analisis Jumlah Daun.....	63
Lampiran 14. Hasil Analisis Berat Basah Tanaman	64
Lampiran 15. Hasil Analisis Berat Kering Tanaman.....	65
Lampiran 16. Korelasi Antar variabel	66

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Unsur hara (*plant nutrient*) merupakan zat makanan yang bersama – sama dengan air diserap oleh tanaman yang kemudian diedarkan menuju seluruh bagian dari tanaman. Unsur hara memegang peranan penting dalam pertumbuhan tanaman, sehingga kebutuhan tanaman terhadap unsur hara harus tercukupi. Sebagian unsur hara (*plant nutrient*) yang dibutuhkan tanaman tersebut diserap tanaman melalui akar. Menurut Novizan (2005), unsur hara yang dibutuhkan tanaman tersebut dibedakan menjadi dua, yakni unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro (*macro nutrient*) adalah unsur hara esensial yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang banyak (>500 ppm). Unsur – unsur tersebut diantaranya adalah Nitrogen (N), Hidrogen (H), Oksigen (O₂), Fosfor (P), Kalium (K), Belerang (S), Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg). Unsur hara mikro (*micro nutrient*) merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah sedikit (>50 ppm). Unsur – unsur hara mikro tersebut adalah Besi (Fe), Mangan (Mg), Borium (Bo), Molibdenum (Mo), Tembaga (Cu), Seng (Zn) dan Klorida (Cl).

Tanah alfisol merupakan jenis tanah yang mempunyai kandungan liat yang tinggi dan belum mengalami pelapukan lanjut. Tanah alfisol ini terbentuk dari proses pelapukan yang tergolong intensif. Alfisol merupakan tanah yang relatif muda dan banyak mengandung mineral primer yang mudah lapuk. Tanah ini juga banyak mengandung mineral liat kristalin. Produktivitas tanah alfisol ini masih sangat berpotensi untuk ditingkatkan. Tanah alfisol juga merupakan jenis tanah yang memiliki sifat – sifat yang cukup baik, dimana tanah ini umumnya memiliki reaksi tanah yang netral dengan pH antara 6,50 – 7,50 dan memiliki KTK yang tinggi. Kejenuhan basa pada tanah ini juga tergolong tinggi, yakni mencapai 35% atau lebih. Tanah alfisol juga memiliki beragam permasalahan seperti halnya P tersedia yang rendah.

Roni dkk. (2013) mengatakan bahwa kadar p organik di dalam tanah dapat mencapai 20-80% dari P total tanah, namun bergantung kondisi tanahnya. Dari total

tersebut, hanya 10-30% yang diberikan dapat diserap oleh tanaman, sedangkan sisanya dikonversi ke dalam bentuk senyawa yang tidak larut ataupun tidak tersedia bagi tanaman serta tetap berada dalam tanah dan juga terdapat sebagian kecil yang hilang melalui air perkolasi. Kenyataan tersebut belum sepenuhnya disadari para petani, sehingga yang dapat dilakukan oleh petani adalah meningkatkan dosis pemupukan pada setiap musim tanam. Padahal pupuk yang diberikan kebanyakan petani merupakan pupuk anorganik yang secara nyata dapat menimbulkan dampak pencemaran lingkungan serta menurunkan daya dukung lahan. Situasi ini kurang baik bagi budidaya tanaman, khususnya bagi tanaman seperti sorgum yang membutuhkan unsur P lebih banyak.

Menurut Susila (2006), sorgum merupakan salah satu tanaman bahan pangan yang memiliki kandungan gizi cukup tinggi sehingga dapat menjadi pengganti beras. Sorgum memiliki keunggulan dalam syarat tumbuhnya, dimana tanaman sorgum memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim panas dan kering dibandingkan dengan jenis tanaman pangan sumber karbohidrat lainnya. Sorgum sebagai salah satu tanaman yang membutuhkan fosfat dalam jumlah banyak untuk mendukung pertumbuhannya. Dimungkinkan petani akan menambahkan lebih banyak unsur hara P yang berasal dari pupuk anorganik. Unsur hara P memiliki peranan penting bagi tanaman sorgum untuk mempercepat pertumbuhan akar semai, mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman pada fase vegetatif, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah atau biji serta dapat meningkatkan produksi (Anggraini dkk., 2012).

Sutedjo (2010) mengatakan bahwa angkutan fosfor oleh tanaman umumnya hampir sebanding dengan serapan tanaman terhadap unsur esensial seperti nitrogen dan kalium. Proses pemanenan, erosi dan fiksasi merupakan beberapa faktor yang menyebabkan kehilangan fosfor dalam jumlah yang cukup tinggi. Diperlukan beberapa metode untuk mengembalikan fosfor dalam tanah agar tersedia bagi tanaman. Penambahan fosfat pada umumnya dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti penambahan fosfat dalam bentuk batu kapur-fosfat, sisa – sisa tanaman dan bahan organik lain serta berbagai bentuk pupuk buatan misalnya superfosfat, dobel superfosfat (DS), cirebon-fosfat, *basic slag* dan lain - lain. Bahaya yang

ditimbulkan oleh penggunaan pupuk buatan cenderung akan merusak kualitas tanah, diperlukan alternatif lain untuk mempertahankan kualitas tanah tersebut. Dibutuhkan bahan lain yang dapat menggantikan pupuk buatan dalam memenuhi kebutuhan fosfor dalam tanah sebagai nutrisi bagi tanaman. Persediaan fosfat di dalam tanah dapat diperoleh dalam bentuk pupuk yang berasal dari alam yang salah satu sumbernya adalah mineral apatit berupa batuan fosfat.

Rata – rata kandungan fosfor dalam batuan fosfat ini mencapai 28% yang tersedia dalam bentuk P_2O_5 . Batuan fosfat dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti pupuk anorganik buatan yang tepat dalam meningkatkan kadar fosfat dalam tanah. Batuan fosfat memiliki sifat tidak mudah larut (*slow release*), oleh karena itu diperlukan bantuan dari mikroorganisme pelarut yakni bakteri pelarut fosfat. Bakteri ini akan membantu melarutkan fosfat yang terkandung dalam batuan fosfat tersebut. Bakteri pelarut fosfat akan bertindak sebagai biofertilizer dengan cara melarutkan unsur P yang terikat pada unsur lain. Pelarutan fosfat oleh bakteri ini akan meningkatkan kadar fosfat tersedia yang terdapat dalam tanah (Sholikhah dkk., 2015).

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka diharapkan adanya pengaruh penambahan *rock phosphat* dan bakteri pelarut fosfat yang dilihat berdasarkan peningkatan kadar P tersedia dalam tanah dan serapan P dalam jaringan tanaman sorgum.

1.2 Rumusan Masalah

1. Adakah interaksi dari penggunaan kombinasi antara penambahan sumber fosfat dan bakteri pelarut fosfat terhadap kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum?
2. Apakah pengaruh penambahan sumber fosfat *Rock phosphate* terhadap kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum mampu menyamai penggunaan sumber fosfat TSP?
3. Apakah penambahan inokulasi bakteri pelarut fosfat (BPF) mampu memberikan pengaruh terhadap kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui interaksi dari penggunaan kombinasi antara penambahan sumber fosfat dan bakteri pelarut fosfat terhadap kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum.
2. Mengetahui pengaruh dari perbedaan sumber fosfat terhadap kandungan fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum.
3. Mengetahui pengaruh penambahan inokulasi bakteri pelarut fosfat (BPF) terhadap kandungan fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum.

1.4 Manfaat

1. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah terkait dengan peningkatan kadar hara P pada tanah alfisol serta serapannya pada tanaman sorgum setelah diberikan perlakuan kombinasi sumber fosfat dengan bakteri pelarut fosfat.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan acuan dan pembanding pada penelitian selanjutnya.
3. Hasil penelitian dapat dijadikan bahan alternatif sebagai inovasi teknologi baru dalam pengelolaan lahan pertanian berbasis pertanian berkelanjutan

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 P (fosfor)

Unsur hara didalam tanah menjadi salah satu faktor yang penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman, karena setiap jenis unsur hara memiliki fungsi khusus dalam membentuk tubuh tanaman dan fungsi ini tidak dapat digantikan oleh unsur lainnya. Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman terdiri dari dua golongan, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro akan dibutuhkan dalam jumlah yang banyak di dalam tubuh tanaman, sedangkan unsur hara mikro hanya dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. Setiap jenis tanaman akan memiliki kebutuhan unsur hara yang berbeda, sehingga jika tanah tidak dapat memenuhi kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, maka perlu dilakukan penambahan unsur hara kedalam tanah melalui proses pemupukan (Ruhnayat, 2007).

Fosfor merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang memegang peranan dalam transfortasi energi, perkembangan dan pertumbuhan tanaman. Unsur fosfor (P) adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Ketersediaan hara fosfor yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Ketersediaan P seringkali menjadi faktor pembatas pada tanah pertanian dan untuk mencukupinya diperlukan pupuk kimia. Hanya 10-30% pupuk P yang diberikan yang dapat diserap oleh tanaman, hal ini disebabkan sifat dari pupuk P yang mudah terikat dalam tanah. Ketersediaan fosfat dalam tanah jarang yang melebihi 0,01% dari total P. Sebagian besar bentuk fosfat terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Havlin *et al.*, 1999). Tanah – tanah yang terdapat di Indonesia memiliki kandungan fosfat dalam organik bervariasi antara 20 - 80%, bahkan bisa kurang dari 20% tergantung tempat. Demikian juga kebanyakan lahan sawah di Indonesia telah jenuh fosfat. Fosfat tersebut tidak dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin oleh tanaman, karena fosfat dalam bentuk P-terikat di dalam tanah, sehingga petani tetap melakukan pemupukan P di lahan sawah walaupun sudah terdapat kadar p yang cukup memadai (Suliasih, 2012).

Menurut Zapata dan Roy (2004), unsur hara P memainkan serangkaian fungsi dalam metabolisme tanaman dan merupakan salah satu nutrisi penting yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. P memiliki fungsi yang bersifat struktural dalam makromolekul seperti asam nukleat dan transfer energi dalam jalur metabolisme biosintesis dan degradasi. Tidak seperti nitrat dan sulfat, fosfat tidak berkurang pada tanaman namun tetap dalam bentuk teroksidasi. P diserap terutama selama pertumbuhan vegetatif dan setelah itu, sebagian besar P yang diserap kembali ditranslokasikan kembali menjadi buah dan biji selama tahap reproduksi. Tanaman yang kekurangan P menunjukkan pertumbuhan terbelakang seperti pengurangan sel dan daun, respirasi dan fotosintesis serta seringkali berwarna hijau tua karena konsentrasi klorofil lebih tinggi dan juga mengalami kemerahan akibat pembentukan antosianin yang disempurnakan. Dikatakan bahwa tingkat persediaan P selama tahap reproduksi mengatur pemisahan sumber fotosintat antara daun dan organ reproduksi.

Umaternate dkk. (2014) mengatakan bahwa unsur hara fosfor di dalam tanah tersedia dalam berbagai bentuk dan terikat dalam beberapa senyawa yang ada di dalam tanah. Fosfor memiliki karakteristik bergerak dengan lambat, sehingga fosfor hampir tidak mengalami *leaching*. Unsur P merupakan unsur hara esensial yang sangat sensitif ketersediaan terhadap kondisi lingkungan. P juga diikat oleh kisi tanah sehingga P tidak dapat tersedia bagi tanaman. Ketersediaan P dalam bentuk P anorganik yang dapat dimanfaatkan tanaman jarang yang melebihi 0,01% dari total P. Ketersediaan P dalam tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi pH tanah, populasi serta aktivitas mikroba yang ada di dalam tanah. Kondisi pH yang berbeda akan secara langsung mempengaruhi kelarutan dari fosfor dalam larutan tanah, karena saat kondisi pH tanah masam maka P akan diikat kuat oleh Fe dan Al menjadi senyawa kuat Fe-P dan Al-P yang sukar dilepas. Disisi lain saat kondisi pH tanah basa maka P akan diikat oleh Ca dan Mg. Unsur fosfor tersedia banyak dalam kondisi pH yang netral (Suliasih dan Rahmat, 2007). Sekitar 97% fosfor pada kondisi pH 5.0 tersedia dalam bentuk ion ortofosfat atau $H_2PO_4^-$. Umumnya fosfor hanya tersedia dalam jumlah yang sedikit pada pH yang tinggi dan tersedia

dalam bentuk ion ortofosfat sekunder HPO_4^{2-} . Tanaman menyerap hara fosfor tersebut dalam bentuk ion ortofosfat, ortofosfat sekunder serta dalam bentuk lain seperti diserap dalam bentuk pirofosfat dan metafosfat. Fosfor yang diserap tanaman dalam bentuk ion anorganik cepat berubah menjadi senyawa fosfor organik. Fosfor ini mobil atau mudah bergerak antar jaringan tanaman (Baligar, 1987).

Menurut Sutedjo (2010), ketersediaan P dalam tanah dapat berasal dari pupuk buatan, pupuk alam serta senyawa – senyawa yang terdapat di alam baik senyawa organik maupun senyawa anorganik dari unsur – unsur P. P-organik merupakan senyawa yang paling banyak ditemukan di lapangan olah dengan kisaran antara 25 – 75 % dari total P yang terdapat di dalam tanah. Bentuk P-organik di dalam tanah ini dapat berupa phytin, dan deviratnya serta phospholipida. Berbeda dengan P-organik, kadar p-anorganik tanah cenderung lebih kecil, khususnya pada kedalaman 0 – 20 cm dari permukaan tanah. P-anorganik tersebut dapat terikat dalam senyawa kalsium seperti $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$, terdapat dalam senyawa besi dan juga dapat terikat dalam senyawa aluminium.

2.2 Alfisol

Tanah alfisol merupakan salah satu jenis tanah yang sudah mengalami pelapukan intensif dan perkembangan yang lanjut, sehingga tanah ini sudah banyak mengalami proses pencucian hara, bahan organik, serta silika yang akibatnya meninggalkan senyawa sesquioksida sebagai sisa yang memiliki warna yang merah. Alfisol dapat terbentuk melalui proses pelapukan batu gamping, batuan plutonik, dan bahan vulkanik atau batuan sedimen (Darmawijaya, 1997). Asfandkk. (2012) menjelaskan bahwa tanah alfisol merupakan jenis tanah yang memiliki kandungan liat yang tinggi pada horison B (horison argilik) yang belum mengalami pelapukan lanjut. Pencucian karbonat dari lapisan atas merupakan persyaratan dari pembentukan alfisol.

Alfisol merupakan tanah yang relatif muda, banyak mengandung mineral primer yang mudah lapuk, mineral liat kristalin dan kaya unsur hara. Alfisol merupakan jenis tanah yang memiliki kejenuhan basa tinggi, KTK dan cadangan

unsur hara tinggi. Tanah Alfisol merupakan tanah-tanah yang terdapat penimbunan liat di horison bawah yang berasal dari horison di atasnya dan tercuci ke bawah bersama gerakan air perkolasi (Hardjowigeno, 1993).

Karakteristik khusus dari tanah alfisol diantaranya adalah perpindahan dan akumulasi liat di horison B membentuk horison argilik pada kedalaman 23-74 cm, kemampuan memasok kation basa sedang hingga tinggi yang membuktikan bahwa tingkat pencuciannya sedang, kersediannya air cukup banyak untuk pertumbuhan tanaman selama tiga bulan atau lebih. Tanah alfisol memiliki kondisi geografis dan agroklimat yang mendorongnya menjadi tanah marjinal. Tanah-tanah alfisol yang telah mengalami erosi juga akan kurang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini karena telah tereksposnya horison argilik keluar menjadi lapisan atas yang dapat menghambat pertumbuhan akar tanaman (Wijanarko dkk., 2007).

Alfisol secara umum memiliki sifat kemasaman yang tinggi, kapasitas penyanggaan pH lemah, kandungan Al-dd dan kejenuhan Al tinggi, KPK rendah, kahat unsur hara N, K, Ca, Mg, dan P, kadar p tersedia yang rendah, serta penyematan P yang tinggi. Kemasaman yang tinggi, kekahatan kation basa, dan KPK yang rendah menjadi pembatas utama bagi pengelolaan tanah alfisol dan masalah kesuburan dari tanah alfisol yang utama adalah kekurangan N, P, K, Ca, Mg, dan Mo, serta keracunan Al dan Mn (Ismangil, 2005).

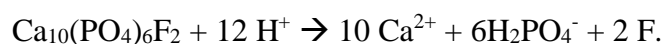
2.3 Batuan Fosfat

Batuan fosfat merupakan salah satu sumber fosfat yang berasal dari mineral apatit berstruktur kristal heksagonal dan berbentuk kristal panjang prismatic. Umumnya batuan ini memiliki warna putih kehijauan atau putih, berat jenis dari mineral ini adalah 3,15 – 3,20 g/cm³. Batuan fosfat yang merupakan bagian dari mineral apatit berasal dari semua jenis batuan beku, sedimen dan metamorf, sehingga memiliki fungsi sebagai sumber fosfat dan juga kalsium. Batuan fosfat sering dikatakan sebagai BPL (*bone phosphat of lime*) atau TPL (*triphosphat of lime*) yang didasarkan pada kadar p₂O₅ dalam batuan tersebut (Warmada dan Titisari, 2004).

Pupuk *Rock Phosphate* memiliki sifat *slow release*, dimana kelarutannya bertahap atau rendah, sehingga efisiensi pemupukannya lebih tinggi dibandingkan pupuk kimiawi karena *rock phosphate* mampu bertahan dalam tanah untuk jangka waktu yang lama dan tidak mudah tercuci (Maryanto dan Ismangil, 2010). Pupuk *Rock Phosphate* yang memiliki sifat *slow release* maka residunya dapat dimanfaatkan untuk musim tanam berikutnya, serta mengandung hara Ca, Mg dan hara mikro lainnya (Hartani, 2012). Pupuk *rock phosphate* membutuhkan waktu untuk dapat melarutkan unsur fosfor yang terkandung didalamnya. Menurut Hartatik dan Idris (2008) menyatakan bahwa unsur fosfat yang ada dalam pupuk *Rock Phosphate* dapat terlarut dalam tanah pada waktu mulai 2 minggu setelah inkubasi, sehingga apabila menggunakan pupuk tersebut dalam budidaya pertanian dibutuhkan inkubasi pupuk terlebih dahulu pada media tanam yang digunakan.

Kauwenbergh (2010) mengatakan bahwa kandungan fosfat dalam batuan fosfat yang berupa apatit mineral, tidak langsung tersedia bagi tanaman. Batu fosfat umumnya harus diberi perlakuan terlebih dahulu untuk mengubah fosfat menjadi larut atau menjadi tersedia di dalam tanah dan dapat diserap oleh tanaman. Menurut Kusdarto (2005), efektifitas batuan fosfat secara agronomik tergantung pada beberapa faktor, diantaranya berasal dari batuan itu sendiri, kemudian dipengaruhi oleh kondisi tanah, jenis tanaman serta pengaturan pemupukan. Reaktivitas terbaik batuan fosfat adalah batuan fosfat yang berasal dari sedimen maria. Umumnya batuan fosfat yang akan digunakan sebagai pupuk 75% berasal dari endapan sedimenter atau batuan fosfat maria dengan kisaran 12 – 20% yang berasal dari batuan beku serta endapan residu dan hanya 1 – 2% dari sumberdaya biogenik (fosfat guano). Hampir semua jenis sumber daya batuan fosfat terdiri dari berbagai bentuk mineral apatit.

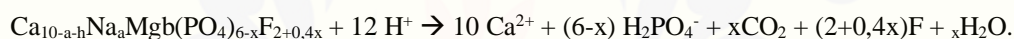
Kelarutan fosfat alam yang bereaksi masam memiliki reaksi kimia sebagai berikut:



Berdasarkan reaksi tersebut, diperlukan 12H^+ untuk melarutkan fosfat alam dalam larutan tanah agar pelarutan fosfat dapat terus berkembang. Ion – ion kalsium

yang dibebaskan dari fosfat alam harus bereaksi atau dapat diikat oleh asam – asam organik dalam tanah, sehingga fosfat alam akan dapat dilarutkan dan fosfor yang terikat dalam batuan fosfat akan dilepaskan (Effendi, 1983).

Menurut Zapata dan Roy (2004), tanah yang diinkubasikan dengan batuan fosfat dapat dijadikan indikator untuk mengukur pelarutan P. Selain itu, beberapa batuan fosfat memiliki jumlah karbonat dan mineral lainnya yang sangat signifikan dan berpotensi mengubah karakteristik tanah saat pelarutan batuan fosfat. Tingkat pelarutan *Rock Phosphate* di tanah memiliki keterbatasan karena produk reaksi tidak dilepaskan secara langsung. Efektivitas pupuk *Rock Phosphate* juga dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia pupuk (reaktivitas, kelarutan dan ukiran butir pupuk), faktor tanah dan lingkungan (kadar air tanah, kemasaman tanah, konsentrasi dan status Ca^{2+} dan P serta kadar bahan organik) serta faktor tanaman. Berikut proses pelarutan *Rock Phosphate* di dalam tanah (Hartatik dan idris, 2008):



2.4 Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Ketersediaan P dalam tanah pada umumnya rendah, hal ini disebabkan P terikat menjadi Fe-fosfat dan Al-fosfat pada tanah masam atau $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ pada tanah basa. Tanaman tidak dapat menyerap unsur hara P dalam keadaan terikat dan harus diubah menjadi bentuk P tersedia bagi tanaman. Mikroba tanah berperan dalam beberapa aktivitas di dalam tanah seperti pada proses pelarutan P terikat oleh sekresi asam dan mineralisasi komponen fosfat organik dengan mengubahnya menjadi bentuk anorganik (Yelti dkk., 2014). Efek pelarutan umumnya disebabkan oleh adanya produksi asam organik seperti asam asetat, asam format, asam laktat, asam oksalat, asam malat dan asam sitrat yang dihasilkan oleh mikroba tersebut. Mikroba juga menghasilkan beberapa zat yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Widawati dan Suliasih, 2006).

Menurut Astuti dkk. (2013), bakteri pelarut fosfat merupakan mikroorganisme yang hidup didalam tanah yang mampu melarutkan P melalui aktivitas biologinya dengan mempengaruhi proses kimia lingkungannya. Fungi dan

bakteri mampu membebaskan P kompleks organik ke dalam bentuk anorganik. Beberapa bakteri yang berasal dari genus *Pseudomonas* merupakan isolat bakterii pelarut fosfat yang mampu melarutkan P dalam tanah. Bakteri seperti *Pseudomonas* ini merupakan mikroba tanah yang mempunyai kemampuan melarutkan P tidak tersedia di dalam tanah menjadi tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Bakteri pelarut fosfat tersebut mampu mensekresi asam – asam organik yang dapat membentuk kompleks stabil dengan kation – kation pengikat P di dalam tanah yang akan menurunkan pH dan memecahkan ikatan pada beberapa bentuk senyawa P sehingga akan meningkatkan ketersediaan P dalam larutan tanah. harus ada dalam bentuk senyawa anorganik sebelum dapat diserap oleh tanaman, biasanya dalam bentuk ion ortofosfat seperti H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} .

Bakteri pelarut fosfat juga dapat berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman. *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *B. Megaterium* dan *Chroomobacteriumm* sp. merupakan beberapa jenis bakteri pelarut fosfat yang memiliki kemampuan sebagai biofertilizer dengan cara melarutkan unsur P yang terikat pada unsur lain sehingga unsur P dapat tersedia dan dapat diserap oleh tanaman sebagai nutrisi pertumbuhan bagi tanaman tersebut (Fitriatin *et al.*, 2006). Setiawati dkk. (2014) mengatakan bahwa *Pseudomonas* mampu secara mandiri meningkatkan panjang akar tanaman jagung. Kemampuan *Pseudomonas* dalam meningkatkan panjang akar tersebut akan berpengaruh terhadap tingkat serapan nutrisi tanaman. Unsur hara P yang memiliki sifat immobile akan meningkat penyerapannya jika jarak kontak antara P dengan akar diperpendek.

Pemanfaatan batuan fosfat (*rock phosphate*) dengan dikombinasikan bakteri pelarut fosfat memberikan peningkatan P tersedia secara nyata di dalam tanah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Noor (2005) bahwa pemupukan P menggunakan *rock phosphate* dengan bakteri pelarut fosfat dapat meningkatkan kadar P tanaman dari 0,77% menjadi 0,94%. Pemberian *rock phosphate* 30-90 kg/ha P dan bakteri pelarut fosfat rata-rata mampu meningkatkan P tersedia tanah 7,68-8,95 mg/kg P_2O_5 dibandingkan tanpa bakteri pelarut fosfat (Noor, 2003).

2.5 Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) merupakan tanaman biji - bijian (serealia) yang memiliki banyak kegunaan dan sangat berpotensi untuk dikembangkan secara komersial khususnya pada daerah-daerah marginal dan kering di Indonesia. Keunggulan sorgum terletak pada daya adaptasi agroekologi yang luas, tahan terhadap kekeringan, produksi tinggi, serta lebih tahan terhadap hama dan penyakit dibanding tanaman pangan lain (Safitri *et al.*, 2010). Berdasarkan klasifikasi botaninya, *Sorghum bicolor* (L.) Moench termasuk ke dalam :

Kngdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Class	: Liliopsida
Ordo	: Cyperales
Family	: Poaceae
Genus	: Sorghum
Spesies	: <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench

Menurut Andriani dan Isnaini (2016), tanaman sorgum merupakan tanaman monokotil dengan perakaran yang hanya terdiri dari akar lateral. Perakaran sekunder sorgum mencapai kedalaman 1,3 – 1,8 m. Batang tanaman sorgum terdiri atas rangkaian berseri dari ruas dan buku serta tidak memiliki kambium. Bentuk batang tanaman sorgum silinder dengan diameter pangkal batang berkisar 0,5m – 5,0 cm. Tinggi batang bergantung pada varietas sorgum itu sendiri, yakni antara 0,5 – 4,0 m. Sorgum mempunyai daun berbentuk pita dengan struktur terdiri atas helaian dan tangkai daun. Rangkaian bunga sorgum berada pada malai di bagian ujung tanaman. Bunga sorgum merupakan bunga tipe *panicle*/malai. Bunga sorgum secara utuh terdiri atas tangkai malai (*peduncle*), malai (*panicle*), rangkaian bunga (*raceme*), dan bunga (*spikelet*).

Tanaman sorgum memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim panas dan kering dibandingkan dengan jenis tanaman pangan sumber karbohidrat lainnya. Tanaman sorghum bisa tumbuh di tanah-tanah berat hingga tanah yang banyak

mengandung pasir (Susila, 2006). Tanaman sorgum dapat tumbuh hampir di setiap jenis tanah. Ketahanan terhadap kondisi kering pada tanaman sorgum disebabkan karena adanya lapisan lilin pada batang dan daunnya yang dapat mengurangi kehilangan air karena penguapan. Potensi yang dimiliki tanaman sorgum dapat digunakan sebagai suatu upaya pemberdayaan lahan kering dan lahan kritis. Tanaman sorgum mampu beradaptasi pada daerah yang luas mulai 45°LU sampai dengan 40°LS, mulai dari daerah dengan iklim tropis-kering sampai daerah beriklim basah (Puspitasari dkk., 2012).

Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) banyak ditanam di daerah beriklim panas dan daerah beriklim sedang. Sorgum dibudidayakan pada ketinggian 0-700 m di atas permukaan laut (dpl). Memerlukan suhu lingkungan 23°-34° C tetapi suhu optimum berkisar antara 23° C dengan kelembaban relatif 20-40%. Sorgum tidak terlalu peka terhadap keasaman (pH) tanah, tetapi pH tanah yang baik untuk pertumbuhannya adalah 5.5-7.5. Tanaman sorgum tahan terhadap kekeringan, sebagai perbandingan satu kg bahan kering sorgum hanya memerlukan sekitar 332 kg air selama pembudidayaan, sedangkan pada jumlah bahan kering yang sama, jagung membutuhkan 368 kg, barley 434 kg, dan gandum 514 kg air (Monthe, 2012).

Menurut Syarifuddin dan Akil (2016), Ketersediaan hara yang dibutuhkan oleh sorgum diperoleh dari dalam tanah dan udara. Jumlah hara yang diserap oleh tanaman sorgum hampir sama dengan jumlah hara yang diserap oleh tanaman jagung. Satu kilogram biji yang dihasilkan, tanaman sorgum menyerap N dalam biji hampir sama dengan berangkasan, hara P dua kali lebih banyak biji dibanding pada berangkasan dan untuk K yang diserap adalah lebih banyak dalam berangkasan dibandingkan dengan biji. Kebutuhan tambahan yang diberikan melalui pemupukan pada tanaman sorgum disesuaikan berdasarkan pemupukan spesifik lokasi, dimana pemupukannya sesuai dengan potensi dan peluang hasil, kemampuan lahan dalam menyediakan hara secara alami serta pemulihan hara.

Gejala kahat hara pada tanaman sorgum mirip dengan gejala kekurangan hara pada tanaman jagung. Kekahatan hara yang sering dijumpai dan mudah

dipantau pada tanaman sorgum adalah kahat hara N, P, K, dan S. Kahat hara P pada tanaman sorgum akan menunjukkan gejala seperti tanaman memendek, sistem perakaran tidak berkembang dengan baik, ukuran biji dan malai kecil serta terlambat masak sehingga hasil menurun. Gejala kahat P akan membuat daun tampak berwarna ungu-kemerahan yang dimulai dari ujung ke pangkal daun. Gejala nampak pada daun bagian bawah. Serapan hara P dalam jaringan pada fase vegetatif dan fase berbunga adalah 0.2 – 0.4 % (Espinoza dan Kelley (2004)).

1.5 Hipotesis

1. Kombinasi antara sumber fosfat dengan bakteri pelarut fosfat (BPF) mampu memberikan pengaruh yang lebih baik daripada tanpa adanya kombinasi terhadap kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum.
2. Pengaruh penambahan sumber fosfat *Rock phosphate* terhadap kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum mampu menyamai penggunaan sumber fosfat TSP.
3. Penambahan inokulasi bakteri pelarut fosfat (BPF) mampu lebih baik dalam meningkatkan kadar fosfat dalam tanah dan serapan P-jaringan tanaman sorgum.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2017 sampai dengan Januari 2018. Proses penanaman dilakukan di *Green House* buatan Fakultas Pertanian Universitas Jember. Analisis dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah dan Laboratorium Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain benih tanaman sorgum varietas numbu. Tanah sebagai media tanam yang diambil dari Desa Sucopangepok, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember. Isolat BPF (*Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. yang berasal dari perbanyakan koleksi Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember). Bahan lainnya adalah Media Pikovskaya, Media NB (*Nutrient Broth*), kompos, Batuan fosfat ciamis, pupuk Urea, pupuk TSP, pupuk KCL serta air aquadest dan bahan-bahan lainnya yang digunakan dalam proses analisis kimia yang terdiri dari analisis pH, P-tersedia tanah, dan P-jaringan. Kayu bakar serta label perlakuan.

3.2.2 Alat Penelitian

Alat yang akan digunakan adalah polybag 35,36 liter, cangkul, terpal, penumbuk, ayakan, timba, tong untuk sterilisasi, karung, peralatan laboratorium seperti tabung reaksi, cawan petri, erlenmeyer, labu ukur, gelas ukur, pipet volume, tabung digest, pipet mikro, *Autoclave*, *Laminar Air Flow* (LAF), *incubator*, oven, penggojok, alat destruksi, pendingin, Spektrofotometer, pH meter, dan neraca analitik serta peralatan tulis.

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok) Faktorial dengan 3 ulangan. Rancangan ini memiliki dua faktor yang masing – masing

memiliki 4 dan 3 taraf, sehingga satuan percobaannya menjadi $3 \times 4 \times 3 = 36$. Adapun perlakuan dari masing-masing faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

I. Faktor Sumber fosfat yang terdiri dari 4 taraf, yaitu :

P0 : Kontrol

P1 : TSP (0,21 g/tanaman atau setara 0,11 g P_2O_5)

P2 : TSP (0,42 g/tanaman atau setara 0,22 g P_2O_5)

P3 : *Rock Phosphate* (1,95 g/tanaman atau setara 0,22 g P_2O_5)

II. Faktor Mikroba Pelarut Fosfat yang terdiri dari 3 taraf, yaitu :

B0 : Kontrol

B1 : BPF *Pseudomonas* sp.

B2 : BPF *Bacillus* sp.

Model linier yang digunakan dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Faktorial sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, r \quad j = 1, 2, \dots, a \quad k = 1, 2, \dots, b$$

Keterangan:

Y_{ijk} = pengamatan pada satuan percobaan ke-i yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-j dari faktor A dan taraf ke-k dari faktor B.

μ = n mean populasi

α_i = pengaruh taraf ke-i dari faktor A

β_j = pengaruh taraf ke-j dari faktor B

ρ_k = pengaruh taraf ke-k dari faktor kelompok

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh taraf ke-i dari faktor A dan pengaruh taraf ke-j dari faktor B

ε_{ijk} = pengaruh acak dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan ij

Adapun denah percobaan perlakuan kombinasi sumber fosfat dan bakteri pelarut fosfat dapat dilihat pada bagian lampiran. Data yang diperoleh selanjutnya akan dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan formulasi seperti dibawah.

Tabel 3.1 Analisis Ragam Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel
Kelompok	r-1	JKK	KTK		
Perlakuan	ab-1	JKP	KTP	KTP/KTG	$F_{(\alpha, db-P, db-G)}$
A	a-1	JK(A)	KT(A)	KT(A) /KTG	$F_{(\alpha, db-B, db-G)}$
B	b-1	JK(B)	KT(B)	KT(B) /KTG	$F_{(\alpha, db-A, db-G)}$
AB	(a-1)(b-1)	JK(AB)	KT(AB)	KT(AB) /KTG	$F_{(\alpha, db-AB, db-G)}$
Galat	Ab(r-1)	JK(G)	KTG		
Total	Abr-1	JKT			

Apabila antar perlakuan terjadi pengaruh yang berbeda nyata, maka akan dilakukan uji lanjut menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf 5%.

3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penggerusan atau Penumbukan Batu

Persiapan batuan fosfat dilakukan dengan menumbuk batu menjadi bentuk bubuk. Penumbukan batuan dilakukan sampai bubuk batuan lolos pada ayakan 10 mess. Penumbukan ini bertujuan agar fosfat yang terdapat dalam batuan lebih cepat tersedia di tanah pada saat diaplikasikan.

3.4.2 Analisis Pendahuluan

Sebelum kegiatan penelitian dimulai terlebih dahulu melakukan analisis pendahuluan yaitu menganalisis kondisi awal media tanam yang digunakan saat penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan kadar fosfor tersedia dalam tanah dengan berbagai perlakuan, sehingga unsur hara yang dianalisis yaitu unsur fosfor. Selain P tersedia tanah, pada saat analisis pendahuluan juga dilakukan uji pH tanah dengan menggunakan pH meter. Hal tersebut dikarenakan salah satu sifat tanah yang berpengaruh langsung terhadap ketersediaan P yaitu pH tanah. Analisis pH tanah yang dilakukan ini meliputi pH H₂O dan pH KCl dengan perbandingan 1:5. Analisis pendahuluan dilakukan untuk dapat mengetahui perubahan dari perlakuan yang diberikan serta sebagai data pendukung.

3.4.3 Persiapan Media Tanam

Persiapan media tanam ini dilakukan dengan membuat media tanam yakni berupa tanah yang diambil dari Desa Sucopangepok, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember. Sebelum diberikan perlakuan pada media tanam, tanah terlebih dahulu dikering-anginkan dan digemburkan, kemudian diayak dan distrerilkan 2 x 4 jam dengan metode uap panas bertekanan tinggi agar tanah terhindar dari patogen – patogen tanah atau mencegah perkembangan patogen tanah yang akan mengganggu proses pertumbuhan tanaman nantinya. Selanjutnya tanah diberikan perlakuan sesuai dengan metode penelitian. Media tanam yang telah disiapkan tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam polybag berukuran 35,36 liter dengan berat tanah pada setiap polybag adalah 15 kg dalam kondisi tanah kering angin. Kemudian masing – masing polybag diberi label perlakuan dan diatur tata letaknya di dalam rumah plastik sesuai dengan denah percobaan yang telah ditentukan sebelumnya.

3.4.4 Persiapan Bakteri

Persiapan bakteri dilakukan dengan melakukan peremajaan pada isolat bakteri serta menumbuhkannya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Bakteri ditumbuhkan terlebih dahulu di media NA dengan mengambil isolat dengan jarum ose kemudian di goreskan pada media NA dalam petri dan diinkubasi selama 48 jam.
2. Setelah 48 jam isolat ditanam di media NB dengan mengambil isolat menggunakan jarum ose. Isolat diinkubasi selama 3-5 hari di dalam media NB.
3. Saat inkubasi hari ke-3 isolat di media NB di pindah ke media selektif pikovskaya dengan menyiapkan tabung reaksi sebanyak 9 buah berisi larutan fisiologis 9 ml untuk dilakukan pipetan dari 10^{-1} sampai 10^{-9} . Isolat yang dipipet di media selektif hanya 10^{-7} , 10^{-8} dan 10^{-9} . Isolat bakteri hanya dipipet sebanyak 1 ml dari media NB ke tabung reaksi. Begitu juga masing-masing tabung 10^{-7} , 10^{-8} dan 10^{-9} hanya diambil 1ml dan isolat ditanam di media selektif.
4. Tabung reaksi berisi larutan fisiologis beserta alat penunjang lainnya seperti petri disk dan *blue tip* di autoklaf terlebih dahulu.

5. Bakteri yang ditumbuhkan pada media Pikovskaya diinkubasi selama 3-5 hari, setelah itu dihitung populasi bakterinya..
6. Bakteri yang telah diremajakan selanjutnya diperbanyak pada media NB cair dengan mengambil isolat bakteri yang ditumbuhkan pada petridish menggunakan jarum ose ke media NB.
7. Menginkubasikan pada temperatur yang sesuai selama 3-5 hari dan bakteri siap digunakan.
8. Isolat bakteri yang sudah siap digunakan di aplikasikan di kompos steril 50 g sebanyak 10 ml. Kompos dan isolat diinkubasi selama 7 hari.

3.4.5 Pemberian batuan fosfat

Batuan fosfat yang telah dipersiapkan sebelumnya dalam bentuk bubuk batuan diaplikasikan pada tanah satu minggu sebelum penanaman sorgum. Batuan fosfat yang dibesarkan kedalam media yakni sejumlah 1,95 gr/tanaman.

3.4.6 Pemberian TSP

TSP yang telah dipersiapkan sebelumnya diaplikasikan pada tanah yang akan dijadikan sebagai media tanam seminggu sebelum waktu penanaman.

3.4.7 Pemberian Mikroba Pelarut Fosfat

Mikroba Pelarut Fosfat yang telah dipersiapkan sebelumnya dengan melakukan peremajaan pada media NB (*Nutrient Both*) selanjutnya diberikan pada media *carrier* yang berupa bahan organik dan diinkubasi selama 1 minggu. Kemudian *carrier* yang telah diberi mikroba tersebut diaplikasikan pada tanah yang akan digunakan sebagai media bersamaan dengan penanaman sorgum.

3.4.8 Persiapan Bahan Tanam

Persiapan yang dilakukan pada bahan tanam adalah memilih varietas sorgum yang akan ditanam. Sebelum ditanam, benih disortir terlebih dahulu dengan merendamnya dalam air selama satu menit dan diambil benih yang tenggelam dalam air, selanjutnya kemudian benih siap ditanam.

3.4.9 Penanaman

Penanaman dilakukan pada setiap media tanam yang telah disiapkan dalam polybag. Bahan tanam berupa sorgum ditanam pada media masing – masing sejumlah 3 benih dengan kedalaman tanam 3 cm dari permukaan. Selanjutnya benih ditutup dengan tanah pada media tanam.

3.4.10 Pemupukan

Pemupukan diberikan sesuai dengan dosis, dimana pupuk urea diberikan 1/3 bagian dari total urea yang diberikan sebagai pupuk dasar bersamaan dengan pemberian pupuk TSP dan KCl. Sisanya (2/3 bagian) diberikan saat tanaman berumur satu bulan setelah tanam. Pupuk urea yang diberikan pada tanaman sorgum sebesar 200 kg/ha, pupuk TSP diberikan sebesar 100 kg/ha dan pupuk KCl yang diberikan sebesar 50 kg/ha.

3.4.11 Pemeliharaan

3.4.11.1 Penyiraman

Penyiraman dilakukan pada pagi atau sore hari dengan dosis air 4.000 m³/ha atau disesuaikan dengan kondisi media tanam. Tanaman sorgum merupakan salah satu tanaman yang dapat tumbuh dengan baik pada kondisi tanah yang tidak terlalu basah atau tidak terlalu kering.

3.4.11.2 Penyulaman

Penyulaman dilakukan pada satu minggu setelah tanam. Penyulaman dilakukan pada tanaman yang mati atau tidak tumbuh dan digantikan dengan tanaman baru yang diperoleh dari tanaman cadangan dengan usia yang sama.

3.4.11.3 Penyiangan

Pengendalian gulma dilakukan bersamaan dengan penyiraman apabila ditemukan gulma yang tumbuh pada media. Penyiangan dilakukan dengan mencabuti gulma dengan hati-hati agar tidak mengganggu perakaran tanaman

sorgum. Penyiangan dilakukan dengan tujuan agar gulma tidak mengganggu pertumbuhan tanaman sorgum

3.4.11.4 Penjarangan

Penjarangan dilakukan dengan melihat pertumbuhan tanaman sorgum, tanaman sorgum dijarangkan pada saat pertumbuhannya seragam atau merata pada umur 2 minggu setelah tanam. Tanaman dijarangkan dengan memangkas tanaman yang kurang baik, sehingga setiap lubang tersisa satu tanaman sorgum yang paling baik untuk dipelihara sampai panen.

3.4.12 Analisis Akhir

3.4.13.1 Analisis Tanah

Analisis akhir pada tanah ini untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap perubahan sifat kimia tanah berupa pH dan P-tersedia tanah. Analisis pH tanah dilakukan dengan metode pH meter dengan perbandingan 1:5. Hasil pengamatan terhadap pH tanah ini akan menentukan metode yang akan digunakan untuk mengukur kadar P-tersedia dalam tanah. Menurut Umaternate dkk. (2014) untuk pH tanah <5,5 menggunakan metode analisis P Bray dan untuk pH tanah >5,5 menggunakan metode analisis P Olsen.

3.4.13.2 Analisis Jaringan Tanaman

Analisis akhir pada jaringan tanaman ini dilakukan pada tanaman yang telah dipanen dengan mengambil contoh kering tanaman. Menurut Grundon dkk. (1987), contoh tanaman yang diambil sebagai sampel adalah pada bagian 5 daun teratas yang telah tumbuh sempurna (*young and mature leaves*). Contoh kering tanaman diperoleh dari sampel tanaman yang telah dioven selama 3x24 jam dengan suhu 60-80°C untuk masing – masing perlakuan. Selanjutnya dilakukan destruksi dengan metode pengabuan basah menggunakan larutan H₂SO₄ 98% dan H₂O₂ 30%. Setelah itu ditambahkan larutan pengencer (10x) dan ditambahkan larutan perwarna P. Selanjutnya di kocok dan P dalam larutan diukur dengan alat spektrofotometer pada panjang

gelombang 693 nm. Hasil absorbansi dari pengukuran ini selanjutnya digunakan untuk menghitung kadar P-jaringan dan serapan P-jaringan tanaman sorgum.

3.4.13.3 Analisis Morfologis Tanaman

1. Tinggi tanaman

Menurut Sari dkk. (2017), tinggi tanaman diukur dari pangkal batang dekat permukaan tanah yang telah diberi tanda sampai ke titik tumbuh tertinggi, yakni dengan menangkupkan daun dan diambil daun terpanjang kedua. Pengukuran dilakukan dengan frekuensi 14 hari hingga usia 42 HST menggunakan alat ukur berupa meteran. Satuan pengukuran dari tinggi tanaman ini adalah cm.

2. Diameter batang

Diameter batang diukur pada batang 20 cm di atas permukaan tanah pada saat usia tanaman 42 HST. Pengukuran diameter batang dilakukan dengan menggunakan jangka sorong. Satuan pengukuran dari tinggi tanaman ini adalah mm (Pangaribuan, 2015).

3. Jumlah daun

Daun yang dihitung yaitu daun yang telah membuka penuh dan daun lembaga tidak dihitung. Daun yang dihitung adalah daun yang sehat dan minimal 50% dari keseluruhan daun masih berwarna hijau (Sari dkk., 2017). Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berusia 42 HST.

4. Berat basah tanaman

Berat basah tanaman (g) diukur dengan cara ditimbang menggunakan neraca analitik. Bagian tanaman yang ditimbang adalah seluruh bagian tanaman.

5. Berat kering tanaman

Berat kering tanaman (g) diukur dengan cara menimbang tanaman yang telah dimasukkan ke dalam oven selama 3x24 jam menggunakan neraca analitik.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi kombinasi sumber fosfat dan inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat secara nyata mampu meningkatkan serapan P-Jaringan dan perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan kombinasi TSP 0,42 g dengan Bakteri Pelarut Fosfat *Bacillus* sp. (P2B2) yang memiliki serapan P-jaringan sebesar 108,76 mg/kg BK.
2. Perlakuan sumber fosfat Rock Phosphate memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol dan mampu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan TSP terhadap P-tersedia tanah dengan kadar P-tersedia tanah sebesar 19,75 ppm.
3. Perlakuan inokulasi Bakteri Pelarut Fosfat mampu memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol terhadap kadar P-tersedia tanah serta serapan P-jaringan. Hasil terbaik didapatkan pada penambahan inokulasi bakteri *Bacillus* sp. dengan kadar P-tersedia sebesar 16,57 ppm.

5.2 Saran

Penelitian lebih lanjut tentang uji efektivitas kombinasi sumber fosfat dengan bakteri pelarut fosfat (BPF) dan terhadap ketersediaan p tanah dan serapan p jaringan tanaman sorgum diharapkan dapat lebih antisipatif terhadap adanya hama pada areal pertanaman sehingga pertumbuhan tanaman tidak akan terganggu. Diharapkan penelitian dilakukan pada area yang lebih luas dan dilakukan penelitian hingga fase panen, sehingga dapat diketahui secara lengkap pengaruh perlakuan terhadap produksi tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, A. dan M. Isnaini. 2016. Morfologi dan fase Pertumbuhan Sorgum. *Balai Penelitian Tanaman Serealia*.
- Anggraini, A. M., Tohari dan D. Kastono. 2012. *Pengaruh Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sorgum Manis (Sorghum bicolor L. Moench) pada Tunggul Pertama dan Kedua*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Asfan, K. Rochiman dan S. Hariyanto. 2012. Identifikasi Lahan Kering Alfisol Terdegradasi Di Kabupaten Bangkalan. *Rekayasa*, 4(1): 1-10.
- Astuti, Y. W., L. U. Widodo, dan I. Budisantosa. 2013. Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat Dan Bakteri Penambat Nitrogen terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat pada Tanah Masam. *Agrikultura*, 1(1): 1-9.
- Baligar, V. C. 1987. Phosphorus Uptake Parameters of Alfalfa and Corn as Influenced by P And pH. *Plant Nutrition*, 10(1): 33 – 46.
- Chaudhry, U.K., S. Shahzad, M.N. Naqqash, A. Saboor, S. Yaqoob, M. Salim dan M. Khalid. 2016. Integation Of Biochar And Chemical Fertilizer To Enhance Quality Of Soil And Wheat Crop (*Triticum Aestivum L.*). *PeerJPreprints*. Institute of Soil and Environmental Sciences.
- Darmawijaya, M.I. 1997. *Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta: UGM Press.
- Effendi. Bachtiar, 1983, Pendaftaran Tanah Di Indonesia Dan PeraturanPeraturan Pelaksanaanya, Bandung: Alumni.
- Espinoza, L. dan Kelley. 2004. *Fertilization and liming. Grain sorghum production handbook*. University of Arkansas: United States Department of Agriculture, and County Governments Cooperating.p.21-24.
- Fitriatin, B.N., R. Hindersah dan P.Suryatmana. 2006. Aktivitas Enzim Fosfatase dan Status Hara P Tanah Ultisols pada Pola Tumpangsari Tanaman Pangan dan Jati (*Tectona gandis L.f.*) yang dipengaruhi oleh Pupuk Hayati. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran.
- Ghosal, P. K. dan T. Chakraborty. 2012. Comparative Solubility Study of Four Phosphatic Fertilizers in Different Solvents and the Effect of Soil. *Resources and Environment*, 2(4): 175-179.
- Ginting, R. 2007. *Mikroorganisme Pelarut Fosfat*. Jakarta : Aneka Aksara.

- Grundon, N. J., D. G. Edwards, P. N. Takkar, C. J. Asher and R. B. Clark. 1987. *Nutritional Disorder of Grain Sorghum*. Australia: ACIAR Monograph No. 2.99 p. Hardjowigeno, S. 1993. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hartani, I. 2012. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan *rock phosphate* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata Sturt*). *Produksi Tanaman*, 2(1): 23-31.
- Hartatik, W., dan K. Idris. 2008. Kelarutan Fosfat Alam dan SP-36 dalam Gambut yang diberi Bahan Amelioran Tanah Mineral. *Tanah Dan Iklim*, 1 (27): 1-12.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S. L. Tisdale, dan W. L. Nelson. 1999. *Soil Fertility And Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Sixth ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Ismangil. 2005. Potensi Batu Beku sebagai Amelioran pada Tanah Lempung Aktivitas Rendah. *Agrin*, 9(1): 1-11.
- Jones, J.B., B. Wolf., and H.A. Mills. 1991. *Plant Analysis Hand Book*. Micro-Macro Publishing.
- Kauwenbergh, S. J. V. 2010. World Phosphate Rock Reserves and Resources. USA: International Fertilizer Development Center (IFDC).
- Kusdarto. 2005. Potensi Agromineral di Indonesia Salah Satu Alternatif Pengganti Pupuk Buatan. SubDit Mineral dan Non-Logam.
- Liferdi, L. 2009. Analisis Jaringan Daun sebagai Alat untuk Menentukan Status Hara Fosfor pada Tanaman Manggis. *Hort*, 19(3): 324-333.
- Liferdi, L. 2010. Efek Pemberian Fosfor terhadap Pertumbuhan dan Status Hara pada Bibit Manggis. *Hort*, 20(1): 1-9.
- Lindung. 2011. *Kajian Pemupukan Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sorgum (Sorghum bicolor L.)*. BPP Jambi.
- Maryanto, J. dan Ismangil. 2010. Pengaruh Pupuk Hayati dan Batuan Fosfat Alam terhadap Ketersediaan Fosfor dan Pertumbuhan Stroberi pada Tanah Andisol. *Hort*, 1(2): 66-73.
- Monthe, L.S. 2012. *Respons Pertumbuhan Dan Produksi Tiga Varietas Sorgum (Sorghum bicolor (L.) Moench) Dengan Perbedaan Sistem pengolahan Tanah*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Noor, A. 2003. Pengaruh Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Pupuk Kandang terhadap P tersedia dan Pertumbuhan Kedelai pada Ultisol. *Bul. Argon*, 31(3): 100-106.
- Noor, A. 2005. Peranan Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Pupuk Kandang dalam Meningkatkan Serapan Hara dan Hasil Kedelai. *Tanah dan Lingkungan*, 7(2): 41-47.
- Novizan. 2005. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Depok: AgroMedia Pustaka.
- Pangaribuan, D. H. 2015. *Pedoman Penelitian Mahasiswa*. Bandar Lampung.
- Puspitasari, G., D. Kastono., dan S. Waluyo. 2012. Pertumbuhan dan hasil sorgum manis (*sorghum bicolor* (L.) Moench) tanam baru dan ratoon pada jarak tanam berbeda. *Agronomi*, 1(1): 1-12.
- Rahman, R., M. Anshar dan Bahrudin. 2015. Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat, Bakteri Penambat Nitrogen dan Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.). *Agotekbis*, 3 (3) : 316-328.
- Rahmianna, A.A., dan M. Bel. 2001. Telaah Faktor Pembatas Kacang Tanah. *Penelitian Palawija*, 5(1): 65-76.
- Roni, N. G. K., N. M. Witariadi, N. N. Candraasih dan N. W. Siti. 2013. Pemanfaatan Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Produktivitas Kudzu Tropika (*Pueraria phaseoloides* Benth.). *Pastura*, 3 (1) : 13-16.
- Ruhnayat, A. 2007. Penentuan Kebutuhan Pokok Unsur Hara N, P, K untuk Pertumbuhan Tanaman Panili (*Vanilla planifolia* Andrews). *Bul. Litro*, 18(1): 49 - 59.
- Safitri, R., N. Akhir dan I. Suliansyah. 2010. Pengaruh Jarak Tanam Dan Dosis Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sorgum Manis (*Sorghum bicolor*, L. Moench).
- Sari, D. P., B. S. Wilman dan H. Gusmara. 2017. Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis (*Zea mays saccharata*) dengan Pengurangan Pupuk NPK yang Digantikan dengan Lumpur Kelapa Sawit (Sludge) pada Tanah Ultisol. *Agritop*, 15(1): 138-150.
- Setiawati, M. R., P. Suryatmana, R. Hindersah, B. N. Fitriatin dan D. Hendriyanto. 2014. Karakterisasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Ketersediaan P pada Media Kultur Cair Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *BJIHF*, 16(1): 30 – 34.

- Setiawati, T. C. 2012. Biofertilizer Utilization to Increase P Availability on Acid Soil and Calculation of Phosphate Use Efficiency on Corn by Radioisotope Technique. *Environmental Science and Engineering*, 1(1): 1-9.
- Sholikah, R. N., Usmani dan Slameto. 2015. Pertumbuhan dan Hasil Biji Sorgum pada Sistem Tumpang-sari Sorgum-Kacang Tanah dengan Penambahan Mikoriza dan berbagai Jenis Pupuk Fosfat. *Pertanian*, 10(10): 1 – 5.
- Suliasih dan Rahmat. 2007. Aktivitas Fosfatase dan Pelarutan Kalsium Fosfat oleh beberapa Bakteri Pelarut Fosfat. *Biodiversitas*, 8(1): 23-26.
- Suliasih. 2012. Pelarutan Batuan Fosfat oleh Bakteri Pelarut Fosfat dan Kemampuannya dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Sengon Buto (*Enterolobium cyclocarpum*). *Tek.Ling*, 1(1): 21 – 29.
- Supangat, A.B., H. Supriyo., P. Sudira., dan E. Poedjirahajoe. 2013. Status Kesuburan Tanah di Bawah Tegakan *Eucalyptus pellita* F.Muell: Studi Kasus di HPHTI PT. Arara Abadi, Riau. *J.ML*, 20(1): 22-34.
- Suriadikarta, D. A., T. Prihartini, D. Setyorini dan W. Hartatiek. 2002. *Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan*. Puslitbangtanah
- Susila, B.A. 2006. Keunggulan Mutu Gizi dan Sifat Fungsional Sorgum (*Sorghum vulgare*). *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian*, 1(1): 527-534.
- Sutedjo, M. M. 2010. *Pupuk dan Cara pemupukan*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Syarifuddin dan M. Akil. 2016. Pengelolaan Hara pada Tanaman Sorgum. *Balai Penelitian Tanaman Serealia*.
- Thakur, D., R. Kaushal, dan V. Shyam. 2014. Phosphate Solubilising Microorganisms: Role In Phosphorus Nutrition Of Crop Plants- A Review. *Agi*, 35(3): 159-171.
- Umaternate, G., J. Abidjulu dan A. Wuntu. 2014. Uji Metode Olsen dan Bray dalam Menganalisis Kandungan Fosfat Tersedia pada Tanah Sawah di Desa Konarom Barat Kecamatan Dumoga Utara. *Mipa Unsrat*, 3(1): 6-10.
- Wahyudin, A., B. N. Fitriatin, F. Y. Wicaksono, Ruminta, A. Rahadiyan. 2017. Respons tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat pemberian pupuk fosfat dan waktu aplikasi pupuk hayati mikroba pelarut fosfat pada Ultisols Jatinangor. *Jurnal Kultivasi*, 16(1).

- Warmada, I.W. dan A.D. Titisari. 2004. Agromineral (Mineralogi untuk Ilmu Pertanian). Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Widawati, S. Dan Suliasih. 2006. Augmentasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Potensial sebagai Pemacu Pertumbuhan Caysin (*Brasica caventis* Oed.) di Tanah Marginal. *Biodiversitas*, 7(1): 10-14.
- Widawati, S. dan Suliasih. 2006. Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta Kemampuannya Melarutkan P Terikat di Media Pikovskaya Padat. *Biodiversitas*, 7(2): 109-113.
- Wijanarko, A., Sudaryono, Sutarno. 2007. Karakteristik Sifat Kimia dan Fisika Tanah Alfisol di Jawa Timur dan Jawa Tengah. *IPTEK Tanaman Pangan*, 2(2): 214-226.
- Yelti, S., D. Zul, dan B. Fibriarti. 2014. Formulasi Biofertilizer Cair Menggunakan Bakteri Pelarut Fosfat Indigenus Asal Tanah Gambut Riau. *JOM FMIPA*, 1(2): 1-12.
- Zapata, E. and R. N. Roy. 2004. *Use of Phosphate Rocks for Sustainable Agriculture*. Rome: Food and Agriculture organization.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah

Parameter tanah	Nilai					
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5	
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75	
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25	
P ₂ O ₅ HCl 25% (mg/100g)	<15	15-20	21-40	41-60	>60	
P ₂ O ₅ Bray (ppm)	<4	5-7	8-10	11-15	>15	
P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	<5	5-10	11-15	16-20	>20	
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	<10	10-20	21-40	41-60	>60	
KTK (me/100g)	<5	5-16	17-24	25-40	>40	
Susunan Kation:						
K (me/100g)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,5	0,6-1,0	>1	
Na (me/100g)	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-1,0	>1	
Mg (me/100g)	<0,3	0,4-1,0	1,1-2,0	2,1-8,0	>8	
Ca (me/100g)	<2	2-5	6-10	11-20	>20	
Kejenuhan basa (%)	<20	20-40	41-60	61-80	>80	
Aluminium (%)	<5	5-10	11-20	20-40	>40	
	Sangat masam	Masam	Agak Masam	Netral	Agak alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5
pH KCl	<2,5	2,5-4,0	*****	4,1-6,0	6,1-6,5	>6,5

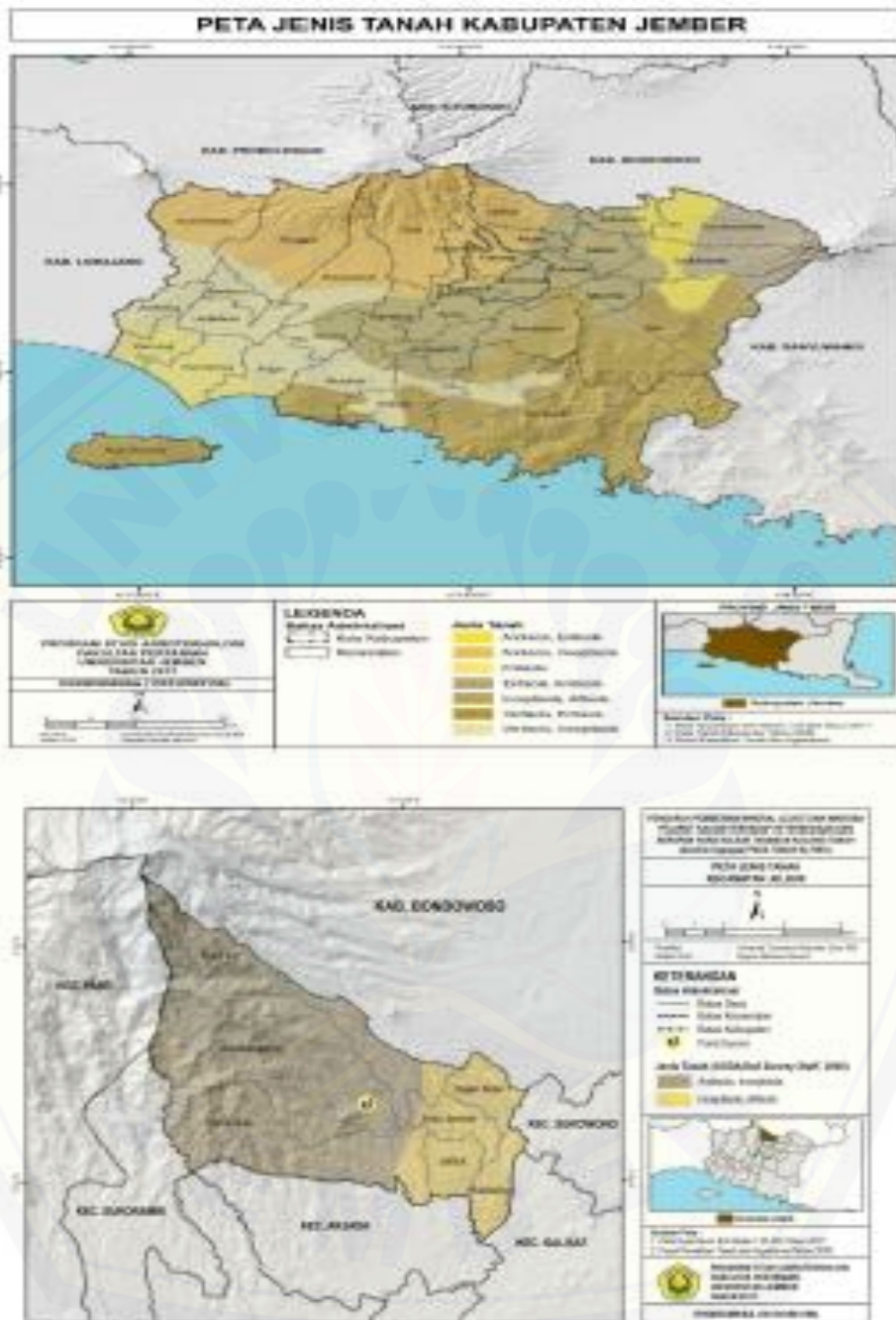
Sumber : Balai Penelitian Tanah (2009)

Lampiran 2. Kandungan Batuan Fosfat Ciamis Jawa Barat

No	Karakteristik kimia	Satuan	Hasil analisis
1	Kadar unsur hara fosfat sebagai P_2O_5 :		
	a. Total (asam mineral)	%b/b	34,38
	b. Larut asam sistrat 2%	%b/b	28,24
2	Kadar Ca setara CaO	%b/b	45,65
3	Kadar Mg setara MgO	%b/b	0,13
4	Kadar seskuioksida (R_2O_3)		
	a. Al_2O_3	%b/b	1,43
	b. Fe_2O_3	%b/b	0,39
5	Kadar air	%b/b	2,88
6	Kandungan logam		
	a. Mangan (Mn)	ppm	1,68
	b. Tembaga (Cu)	ppm	5,58
	c. Seng (Zn)	ppm	4,74

Sumber: Hartatik (2002)

Lampiran 3. Peta Jenis Tanah Kabupaten Jember dan Kecamatan Jelbuk



Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Gambar 1. Pengerjaan di Laboratorium



Gambar 2. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat



Gambar 3. Pengaruh Sumber Fosfat



Gambar 4. Pengaruh Inokulasi BPF



Gambar 5. Pertumbuhan tanaman



Gambar 6. Daun terserang hama



Gambar 5. Daun terserang hama



Gambar 3. Larutan sampel



Gambar 4. Analisis dengan spektrofotometer

Lampiran 5. Deskripsi Sorgum Varietas Numbu

Varietas Numbu	
Asal	: India
Dilepas	: 2001
Umur berbunga 50%	: 69 hari
Tinggi tanaman	: ± 187 cm
Warna batang	: Hijau
<u>Daun</u>	
Warna	: Hijau
Bentuk	: Helaian pita
Panjang malai	: 22-23 cm
<u>Batang</u>	
Bentuk	: Silinder
Diameter	: 0,5-5,0 cm
Perakaran sekunder	: 1,3-1,8 cm
Umur panen	: 100-105 hari
Bobot 1000 bulir	: 36,00-39,76 gram
Rata-rata hasil	: 3,11 t/ha
Potensi hasil	: 4,0-5,0 t/ha
Kadar Protein	: 9,12%
Kadar lemak	: 3,94%
Kadar karbohidrat	: 84,58%
Kerebahan	: Tahan rebah
Ketahanan terhadap hama	: tahan hama aphid
Ketahanan terhadap penyakit	: tahan penyakit karat dan bercak daun
Daerah sebaran	: Dapat ditanam di sawah dan tegalan

Lampiran 6. Denah Percobaan Penelitian

ULANGAN 1	ULANGAN 2	ULANGAN 3
P0M0	P1MI	P3M2
P0M1	P1M2	P3M0
P0M2	P1M0	P3M1
P1M0	P0MI	P2M2
P1MI	P0M2	P2M0
P1M2	P0M0	P2M1
P2M0	P3MI	P1M2
P2M1	P3M2	P1M0
P2M2	P3M0	P1M1
P3M0	P2MI	P0M2
P3MI	P2M2	P0M0
P3M2	P2M0	P0M1

Lampiran 7. Hasil Analisis pH Tanah**a. Data pH tanah**

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	5,80	5,81	5,93	17,54	5,85
	B1	5,82	5,81	5,81	17,44	5,81
	B2	5,81	5,94	5,81	17,56	5,85
TSP 0,21 g (P1)	B0	5,82	5,84	5,81	17,47	5,82
	B1	6,09	5,94	5,90	17,93	5,98
	B2	5,83	5,70	5,81	17,34	5,78
TSP 0,42 g (P2)	B0	6,54	6,66	6,41	19,61	6,54
	B1	6,21	5,79	5,97	17,97	5,99
	B2	6,11	5,91	6,16	18,18	6,06
Rock Phosphate (P3)	B0	6,04	6,42	6,34	18,80	6,27
	B1	6,07	5,95	6,32	18,34	6,11
	B2	6,20	6,12	6,04	18,36	6,12
Total		72,34	71,89	72,31	216,54	6,02
Rata-rata		6,03	5,99	6,03		

b. Anova pH tanah

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	0,01	0,01	0,32	3,44	5,72	tn
Perlakuan	11	1,64	0,15	9,10	2,26	3,18	**
Sumber Fosfat	3	1,00	0,33	20,30	3,05	4,82	**
Inokulasi Bakteri	2	0,19	0,10	5,93	3,44	5,72	**
Sumber Fosfat \times Inokulasi Bakteri	6	0,45	0,07	4,55	2,55	3,76	**
Error	22	0,36	0,02				
Total	35	2,01					
FK		CV					
1302,49		2,13 %					

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 8. Hasil Analisis P-Tersedia Tanah**a. Data P-tersedia pada tanah**

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	7,01	6,31	8,26	21,58	7,19
	B1	7,40	8,00	7,11	22,51	7,50
	B2	11,82	18,45	9,81	40,08	13,36
TSP 0,21 g (P1)	B0	16,04	14,75	15,78	46,57	15,52
	B1	14,23	16,30	14,23	44,76	14,92
	B2	17,34	19,16	23,05	59,55	19,85
TSP 0,42 g (P2)	B0	11,39	9,55	6,70	27,64	9,21
	B1	15,86	14,23	11,11	41,20	13,73
	B2	12,41	10,33	11,63	34,37	11,46
Rock Phosphate (P3)	B0	18,64	15,89	14,23	48,76	16,25
	B1	21,75	23,79	18,64	64,18	21,39
	B2	17,34	25,39	22,05	64,78	21,59
Total		171,23	182,15	162,60	515,98	14,33
Rata-rata		14,27	15,18	13,55		

b. Anova P-tersedia pada tanah

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	16,00	8,00	1,36	3,443	5,719	tn
Perlakuan	11	815,57	74,14	12,63	2,259	3,184	**
Sumber Fosfat	3	614,14	204,71	34,87	3,049	4,817	**
Inokulasi Bakteri	2	122,59	61,30	10,44	3,443	5,719	**
Sumber Fosfat >< Inokulasi Bakteri	6	78,84	13,14	2,24	2,549	3,758	tn
Eror	22	129,17	5,87				
Total	35	960,74					
FK		CV					
7395,43		16,91 %					

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 9. Hasil Analisis P-Jaringan Tanaman**a. Data Kadar P-Jaringan Tanaman**

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	0,09	0,08	0,09	0,26	0,09
	B1	0,10	0,07	0,11	0,28	0,09
	B2	0,09	0,11	0,12	0,33	0,11
TSP 0,21 g (P1)	B0	0,13	0,13	0,12	0,38	0,13
	B1	0,19	0,15	0,26	0,60	0,20
	B2	0,08	0,18	0,10	0,36	0,12
TSP 0,42 g (P2)	B0	0,17	0,18	0,16	0,51	0,17
	B1	0,17	0,16	0,18	0,50	0,17
	B2	0,21	0,24	0,17	0,61	0,20
Rock Phosphate (P3)	B0	0,16	0,23	0,14	0,54	0,18
	B1	0,16	0,19	0,17	0,51	0,17
	B2	0,22	0,22	0,21	0,66	0,22
Total		1,76	1,94	1,83	5,53	0,15
Rata-rata		0,15	0,16	0,15		

b. Anova kadar P-jaringan tanaman

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	0,001	0,001	0,80	3,443	5,719	tn
Perlakuan	11	0,067	0,006	7,06	2,259	3,184	**
Sumber Fosfat	3	0,048	0,016	18,53	3,049	4,817	**
Inokulasi Bakteri	2	0,003	0,002	1,81	3,443	5,719	tn
Sumber Fosfat >> Inokulasi Bakteri	6	0,016	0,003	3,07	2,549	3,758	*
Eror	22	0,019	0,001				
Total	35	0,1					
FK		CV					
0,9		19,17 %					

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 10. Hasil Analisis Serapan P-Jaringan Tanaman**a. Data serapan P-jaringan tanaman**

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	29,52	32,00	26,35	87,87	29,29
	B1	32,24	18,21	35,58	86,03	28,68
	B2	28,24	26,05	47,23	101,52	33,84
TSP 0,21 g (P1)	B0	38,58	40,99	33,87	113,44	37,81
	B1	61,51	58,06	71,11	190,68	63,56
	B2	30,12	46,33	30,48	106,93	35,64
TSP 0,42 g (P2)	B0	45,26	37,68	65,00	147,94	49,31
	B1	42,38	57,27	62,45	162,10	54,03
	B2	117,66	114,68	93,95	326,29	108,76
Rock Phosphate (P3)	B0	56,82	61,92	54,31	173,05	57,68
	B1	48,72	58,58	51,71	159,01	53,00
	B2	102,31	89,98	83,92	276,21	92,07
Total		633,36	641,75	655,96	1931,07	53,64
Rata-rata		52,78	53,48	54,66		

b. Anova serapan P-jaringan tanaman

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	21,75	10,88	0,12	3,44	5,72	tn
Perlakuan	11	20495,93	1863,27	21,24	2,26	3,18	tn
Sumber Fosfat	3	9718,74	3239,58	36,93	3,05	4,82	**
Inokulasi Bakteri	2	3734,62	1867,31	21,29	3,44	5,72	**
Sumber Fosfat >> Inokulasi Bakteri	6	7042,56	1173,76	13,38	2,55	3,76	**
Error	22	1929,97	87,73				
Total	35	22447,65					

FK	CV
103584,20	17,46 %

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 11. Hasil Analisis Tinggi Tanaman**a. Data tinggi tanaman**

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	90,50	110,80	76,00	277,30	92,43
	B1	106,40	87,30	110,00	303,70	101,23
	B2	97,70	74,30	110,25	282,25	94,08
TSP 0,21 g (P1)	B0	104,70	119,60	103,10	327,40	109,13
	B1	111,40	153,40	117,80	382,60	127,53
	B2	143,30	129,40	115,50	388,20	129,40
TSP 0,42 g (P2)	B0	153,90	155,60	152,30	461,80	153,93
	B1	80,10	112,20	120,70	313,00	104,33
	B2	152,00	117,20	169,10	438,30	146,10
Rock Phosphate (P3)	B0	121,30	99,26	146,20	366,76	122,25
	B1	144,20	118,00	118,80	381,00	127,00
	B2	157,60	164,80	172,00	494,40	164,80
Total		1463,10	1441,86	1511,75	1931,07	53,64
Rata-rata		121,93	120,16	125,98		

b. Anova tinggi tanaman

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	213,96	106,98	0,34	3,44	5,72	tn
Perlakuan	11	18298,86	1663,53	5,30	2,26	3,18	**
Sumber Fosfat	3	9887,23	3295,74	10,49	3,05	4,82	**
Inokulasi Bakteri	2	2259,15	1129,58	3,60	3,44	5,72	*
Sumber Fosfat >> Inokulasi Bakteri	6	6152,48	1025,41	3,27	2,55	3,76	*
Eror	22	6909,09	314,05				
Total	35	25421,91					

FK	CV
541870,20	14,44 %

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 12. Hasil Analisis Diameter Batang**a. Data diameter batang**

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	10,20	10,60	7,50	28,30	9,43
	B1	15,30	7,15	19,80	42,25	14,08
	B2	13,10	15,80	18,50	47,40	15,80
TSP 0,21 g (P1)	B0	15,18	13,33	13,08	41,58	13,86
	B1	11,25	17,20	12,30	40,75	13,58
	B2	15,40	12,28	15,00	42,68	14,23
TSP 0,42 g (P2)	B0	18,87	27,15	19,25	65,27	21,76
	B1	11,33	15,28	17,08	43,68	14,56
	B2	28,20	26,20	24,20	78,60	26,20
Rock Phosphate (P3)	B0	9,25	15,03	14,38	38,65	12,88
	B1	18,00	16,15	16,23	50,38	16,79
	B2	19,00	20,05	16,43	55,48	18,49
Total		185,08	196,20	193,73	575,00	15,97
Rata-rata		15,42	16,35	16,14		

b. Anova diameter batang

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	5,69	2,84	0,28	3,44	5,72	tn
Perlakuan	11	648,61	58,96	5,80	2,26	3,18	**
Sumber Fosfat	3	326,25	108,75	10,70	3,05	4,82	**
Inokulasi Bakteri	2	132,34	66,17	6,51	3,44	5,72	**
Sumber Fosfat >> Inokulasi Bakteri	6	190,03	31,67	3,12	2,55	3,76	*
Eror	22	223,54	10,16				
Total	35	877,84					
FK		CV					
9184,03		19,96 %					

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 13. Hasil Analisis Jumlah Daun

a. Data jumlah daun

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	6,00	5,00	5,00	16,00	5,33
	B1	6,00	5,00	6,00	17,00	5,67
	B2	5,00	3,00	4,00	12,00	4,00
TSP 0,21 g (P1)	B0	6,00	6,00	5,00	17,00	5,67
	B1	3,00	4,00	5,00	12,00	4,00
	B2	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00
TSP 0,42 g (P2)	B0	4,00	7,00	7,00	18,00	6,00
	B1	4,00	6,00	5,00	15,00	5,00
	B2	9,00	7,00	9,00	25,00	8,33
Rock Phosphate (P3)	B0	7,00	6,00	7,00	20,00	6,67
	B1	7,00	5,00	5,00	17,00	5,67
	B2	8,00	8,00	8,00	24,00	8,00
Total		70,00	67,00	71,00	208,00	5,78
Rata-rata		5,83	5,58	5,92		

b. Anova jumlah daun

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	0,72	0,36	0,41	3,44	5,72	tn
Perlakuan	11	60,22	5,47	6,25	2,26	3,18	**
Sumber Fosfat	3	25,56	8,52	9,72	3,05	4,82	**
Inokulasi Bakteri	2	9,72	4,86	5,55	3,44	5,72	*
Sumber Fosfat \times Inokulasi Bakteri	6	24,94	4,16	4,74	2,55	3,76	**
Error	22	19,28	0,88				
Total	35	80,22					

FK	CV
1201,78	16,20 %

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 14. Hasil Analisis Berat Basah Tanaman

a. Data berat basah tanaman

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	132,10	146,59	91,05	369,74	123,25
	B1	101,54	63,03	134,04	298,61	99,54
	B2	91,07	27,33	109,67	228,07	76,02
TSP 0,21 g (P1)	B0	100,45	95,90	89,60	285,95	95,32
	B1	143,30	162,88	151,53	457,71	152,57
	B2	93,53	96,21	80,44	270,18	90,06
TSP 0,42 g (P2)	B0	197,81	278,58	201,80	678,19	226,06
	B1	82,08	110,64	120,33	313,05	104,35
	B2	274,05	252,80	261,85	788,70	262,90
Rock Phosphate (P3)	B0	137,97	161,80	185,64	485,41	161,80
	B1	117,03	106,97	107,50	331,50	110,50
	B2	226,47	159,19	178,06	563,72	187,91
Total		1697,40	1661,92	1711,51	5070,83	140,86
Rata-rata		141,45	138,49	142,63		

b. Anova berat basah tanaman

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	108,81	54,40	0,07	3,44	5,72	tn
Perlakuan	11	114221,07	10383,73	13,46	2,26	3,18	**
Sumber Fosfat	3	53048,53	17682,84	22,92	3,05	4,82	**
Inokulasi Bakteri	2	10510,56	5255,28	6,81	3,44	5,72	**
Sumber Fosfat >> Inokulasi Bakteri	6	50661,99	8443,67	10,94	2,55	3,76	**
Eror	22	16975,29	771,60				
Total	35	131305,18					

FK	CV
714258,80	19,72 %

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 15. Hasil Analisis Berat Kering Tanaman

a. Data berat kering tanaman

Sumber Fosfat	Inokulasi Bakteri	Ulangan			Total	Rata-Rata
		1	2	3		
Kontrol (P0)	B0	34,30	38,06	29,76	102,12	34,04
	B1	31,29	26,56	33,89	91,74	30,58
	B2	30,15	23,92	38,42	92,49	30,83
TSP 0,21 g (P1)	B0	30,96	30,90	27,77	89,63	29,88
	B1	33,18	37,75	27,10	98,03	32,68
	B2	36,65	26,43	29,32	92,40	30,80
TSP 0,42 g (P2)	B0	26,81	39,92	39,63	106,36	35,45
	B1	24,73	36,74	35,66	97,13	32,38
	B2	56,24	48,33	56,83	161,40	53,80
Rock Phosphate (P3)	B0	34,89	26,47	38,32	99,68	33,23
	B1	31,50	31,20	31,40	94,10	31,37
	B2	46,48	40,24	39,58	126,30	42,10
Total		417,18	406,52	427,68	1251,38	34,76
Rata-rata		34,77	33,88	35,64		

b. Anova berat kering tanaman

SK	db	JK	KT	F-Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	
Replikasi	2	18,66	9,33	0,33	3,44	5,72	tn
Perlakuan	11	1541,19	140,11	4,99	2,26	3,18	**
Sumber Fosfat	3	504,21	168,07	5,99	3,05	4,82	**
Inokulasi Bakteri	2	396,27	198,13	7,06	3,44	5,72	**
Sumber Fosfat >> Inokulasi Bakteri	6	640,71	106,78	3,80	2,55	3,76	**
Error	22	617,44	28,07				
Total	35	2177,28					

FK	CV
43498,66	15,24 %

Keterangan:

FK = Faktor Koreksi

CV = *coefficient variation*/koefisien keragaman

tn = berbeda tidak nyata

* = berbeda nyata

** = berbeda sangat nyata

Lampiran 16. Korelasi Antar variabel

	P tersedia	Kadar P Jaringan	Serapan P	pH tanah	Tinggi tanaman	Diameter batang	Jumlah daun	Berat basah
Kadar P	0.465							
Serapan P	0.292	0,875**						
pH tanah	0.028	0,612*	0,399					
Tinggi tanaman	0.414	0,790**	0,734**	0,647*				
Diameter batang	0.025	0,569	0,718**	0,505	0,702*			
Jumlah daun	0.124	0,520	0,744**	0,408	0,652*	0,615*		
Berat basah	-0.141	0,693*	0,791**	0,693*	0,764**	0,761**	0,729**	
Berat kering	-0.058	0,578*	0,881**	0,291	0,599*	0,774**	0,798**	0,842**

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).