



**UJI VIABILITAS DAN KAPABILITAS
BAKTERI PELARUT FOSFAT PADA TANAH ULTISOL
DAN OXISOL DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA
KOMBINASI SENYAWA HUMIK DAN ZEOLIT**

**KARYA ILMIAH TERTULIS
(SKRIPSI)**

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat untuk
Menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu
Jurusan Tanah Program Studi Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Jember**

Oleh :

Rida Trisbyanto
NIM: 991510301181

Judul Terima di: 28 10 2004 No. Induk: Pengantar:	Kelas 631.46 TRJ 4 C
--	-------------------------------

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN**

Maret 2004

KARYA ILMIAH TERTULIS BERJUDUL

**UJI VIABILITAS DAN KAPABILITAS
BAKTERI PELARUT FOSFAT PADA TANAH ULTISOL
DAN OXISOL DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA
KOMBINASI SENYAWA HUMIK DAN ZEOLIT**

Oleh

Rida Trisbyanto
NIM. 991510301181

Dipersiapkan dan disusun dibawah bimbingan :

Pembimbing Utama : Ir. Tri Candra Setiawati, MSi
NIP. 132 046 359

Pembimbing Anggota : Ir. Sugeng Winarso, MSi
NIP. 131 860 601

MOTTO ;

*"Jayane wong urip neng donya lan akfirat iso direngkuhi yen wis nguasai ilmu
lan gawe manfaat"*

"Semua urusan bisa diatasi dengan baik bila kita memahami ilmunya"

"Hari ini harus lebih baik dari hari kemarin"

Karya tulis ini kupersembahkan kepada :

- *Bapak dan Ibu tercinta yang tak pernah kering akan kasih sayang dan untaian do'a yang senantiasa mengiringi setiap langkahku,*
- *Saudara-saudaraku : Mas Ika, Mbak Ita, dan Adik Bayu sebagai perwujudan rasa sayangku,*
- *Riza yang selalu setia dan sabar menemaniku sebagai rasa terimakasih dan sayangku kepadamu,*
- *Semua kerabat dan teman-temanku sebagai rasa terimakasih atas motivasi dan kebersamaannya selama ini.*

KARYA ILMIAH TERTULIS BERJUDUL
UJI VIABILITAS DAN KAPABILITAS BAKTERI PELARUT
FOSFAT PADA TANAH ULTISOL DAN OXISOL
DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA KOMBINASI SENYAWA
HUMIK DAN ZEOLIT

Dipersiapkan dan disusun oleh

Rida Trisbyanto
NIM. 991510301181

Telah diuji pada tanggal
13 Maret 2004
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

TIM PENGUJI

Ketua


Ir. Tri Candra Setiawati, MSi
NIP. 132 046 359

Anggota I


Ir. Sugeng Winarso, MSi
NIP. 131 860 601


Anggota II


Ir. Arie Mudjiharjati, MS
NIP. 130 609 808



MENGESAHKAN

Dekan,


Ir. Arie Mudjiharjati, MS
NIP. 130 609 808

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama ALLAH Yang Maha Pengasih dan Penyayang, atas rahmat dan karunia-NYA, karya ilmiah tertulis ini dapat terselesaikan. Salawat serta salam kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah menuntun ke jalan kebenaran. Karya ilmiah tertulis ini berjudul "Uji Viabilitas Dan Kapabilitas Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Ultisol Dan Oxisol Dengan Menggunakan Media Kombinasi Seryawa Humik dan Zeolit" di susun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu pada Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Pada kesempatan ini tidaklah berlebihan kiranya penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu atas terselesaikannya karya ilmiah tertulis ini. Rasa terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada :

1. Ir. Gatot Sukarno, MP selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember, yang memberikan izin serta menyetujui judul Karya Ilmiah Tertulis ini sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.
2. Ir. Tri Candra Setiawati, MSi. selaku DPU yang telah memberikan dorongan, pengarahan, bimbingan dan biaya dalam menyusun Karya Ilmiah Tertulis ini.
3. Ir. Sugeng Winarso, MSi selaku DPA I yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan biaya dalam menyusun Karya Ilmiah Tertulis ini
4. Ir. Arie Mudjiharyati, MS selaku penguji yang telah memberikan bimbingan, masukan, nasehat dan motivasi.
5. Prof. Dr. Ir. T. Sutikto, MSc. selaku dosen wali yang selalu mengarahkan dan memotivasi penulis selama masa perkuliahan.
6. BAPAK dan IBUNDA tercinta yang tak henti-hentinya memberikan nasehat, do'a, motivasi untuk maju, dan dorongan semangat serta bantuan materiil demi keberhasilan penulis.
7. Saudara-saudaraku tersayang (Mas IKA, Mbak ITA, Mas Sugeng, dan Dik BAYU), Bulik dan Pak'lik-ku semua yang di Trenggalek, yang telah

memberikan semangat bagi penulis untuk terus maju dan berjuang. Terima kasih atas kasih sayang kalian selama ini.

8. Riza yang selalu memberikanku semangat hidup, pengertian, kasih sayang, dan motivasi untuk selalu maju dalam menyongsong masa depan.
9. Teman-teman terbaikku : Rahardian, Harun, Handik, Yanti Ga'thul, Uus dan semua SOIL MANIA ' 99 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. *Aku bangga mempunyai teman seperti kalian.*
10. Mas Ilham atas bantuan, petunjuk, dan motivasi bagi penulis saat analisis di Lab BIOTAN. Thank atas bantuannya.
11. Seluruh komunitas Kost ASHURRA yang telah memberikan semangat, perhatian dan tempat berbagi suka maupun duka, serta canda tawanya selama ini. *Kalian adalah bagian hidupku.*
12. Semua pihak yang telah membantu penulis hingga selesainya penulisan Karya Ilmiah Tertulis ini, dan,
13. Almameter tercinta Fakultas Pertanian, Universitas Jember yang selalu kujunjung tinggi.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa Karya Ilmiah Tertulis ini masih jauh dari kesempurnaan yang diharapkan, karena penulis menyadari sepenuhnya bahwa keterbatasan adalah fitrah manusia. Karenanya saran serta kritik yang membangun sangat penulis harapkan sebagai cambuk meraih kesuksesan dimasa depan.

Jember, Maret 2004

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
PEMBIMBING.....	ii
MOTTO.....	iii
PERSEMBAHAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
RINGKASAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	3
1.3. Manfaat.....	3
1.4. Hipotesa.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Unsur Hara Phospor.....	4
2.2. BPF dan media pembawanya.....	7
2.3. Struktur Sifat dan Kegunaan Zeolit.....	12
2.4. Karakteristik Tanah Ultisol dan Oxisol.....	15
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....	17
3.2. Bahan dan alat.....	17
3.2.1. Bahan.....	17
3.2.2. Alat.....	17
3.3. Persiapan Penelitian.....	17
3.4. Metode Penelitian.....	18
3.4.1. Tahap Peremajaan Bakteri.....	18

3.4.2. Perhitungan Kurva Baku Populasi.....	18
3.4.3. Tahap Persiapan Media Senyawa Humik dan Zeolit ...	19
3.4.4. Tahap Inokulasi Bakteri Pada Media.....	20
3.4.5. Tahap Uji Selektivitas Pada Tanah.....	20
3.5. Analisis Data.....	21
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1. Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Humik, Zeolit, Dan Isolat Terhadap pH Media, Populasi Bakteri Dan P Larut Dalam Media Selama Inkubasi.....	22
4.1.1 pH Media Selama Inkubasi.....	22
4.1.2 Populasi Bakteri Pada Media Selama Masa Inkubasi..	24
4.1.3. Jumlah P Larut Pada Media Selama Inkubasi.....	27
4.2. Pengaruh Kombinasi Isolat Dalam Media Senyawa Humik + Zeolit Terhadap Tanah, P Bray 1, C Organik, Jumlah Populasi Dan Al- dd Tanah Ultisol Dan Oxisol.....	30
4.2.1. pH Tanah Selama Masa Inkubasi.....	30
4.2.2. Jumlah Populasi EPF Pada Tanah Selama Inkubasi.....	31
4.2.3. Pengaruh <i>Pseudomonas putida</i> Dan <i>Bacillus sp.</i> Dalam Senyawa Humik + Zeolit Terhadap P Bray Tanah.....	34
4.2.4. Pengaruh <i>Pseudomonas putida</i> Dan <i>Bacillus sp.</i> Dalam Senyawa Humik + Zeolit Terhadap C Organik Tanah...	36
4.2.5. Pengaruh <i>Pseudomonas putida</i> Dan <i>Bacillus sp.</i> Dalam Senyawa Humik + Zeolit Terhadap Al dd Tanah.....	38
4.3. Pembahasan Umum.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1. Kesimpulan.....	44
5.2. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Analisis Kandungannya Basa-Basa Dapat Ditukar dan KTK Zeolit Dari Beberapa Tempat.	14
2.	Penambahan Hara dan Sumber Hara P Sukar Larut Pada Media Senyawa Humik dan Zeolit	19
3.	Pengaruh Interaksi Konsentrasi Humik, Isolat dan Konsentrasi Zeolit Terhadap pH Pada Hari ke 10 dan 30	23
4.	Pengaruh Interaksi Konsentrasi Humik (ppm), Isolat dan Zeolit (%) Terhadap Jumlah Populasi BPF Pada Hari ke-10	26
5.	Pengaruh Interaksi Konsentrasi Humik, Isolat dan Konsentrasi Zeolit Terhadap P Larut Media (ppm) Pada Hari ke-10, 20 dan 30.	27
6.	Pengaruh Faktor R (Isolat + Humik + Zeolit) Terhadap pH Tanah Hari ke 20 dan 30	31
7.	Pengaruh Interaksi R (isolat + humik + zeolit) Dengan T (jenis tanah) Terhadap Jumlah Populasi BPF Pada Hari ke-20 dan 30.	34
8.	Pengaruh Interaksi Isolat + Humik + Zeolit Dengan Jenis Tanah Terhadap P-Bray I Tanah Pada Hari ke-10	35
9.	Pengaruh Interaksi Antara R (isolat + humik + zeolit) Dengan T (tanah) Terhadap C-Organik Tanah (%) Pada Hari ke 10, 20 dan 30.	37
10.	Pengaruh Isolat Dalam Media Humik dan Zeolit Terhadap Al-dd Tanah (me / 100 gram) Pada Hari ke-10, 20 dan 30.	38
11.	Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Al-dd Tanah (me / 100 gram) Pada Hari ke-10.	39

DAFTAR GRAFIK

Grafik		Halaman
1.	Pola Pertumbuhan <i>Pseudomonas putida</i> 27.4B dan <i>Bacillus sp</i> dalam Media Senyawa Humik dan Zeolit selama Masa Inkubasi	25
2.	Tingkat Pelarutan P Oleh <i>Pseudomonas putida</i> 27.4B dan <i>Bacillus sp</i> Dalam Media Selama Inkubasi	29
3.	Tingkat Perimbangan Populasi BPF Pada Tanah Ultisol Selama Inkubasi	32
4.	Tingkat Perkembangan Populasi BPF Pada Tanah Oxisol Selama Inkubasi	32
5.	Tingkat Pelarutan P Oleh BPF Pada Tanah Ultisol dan Oxisol Selama Inkubasi	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1.	Jumlah Koloni BPF Dalam Media Selama Inkubasi	49
2.	Data pH Media Selama Inkubasi	52
3.	Data P Larut Dalam Media Selama Inkubasi	55
4.	Jumlah Koloni BPF Dalam Tanah Selama Inkubasi	58
5.	Data Nilai pH Tanah Selama Inkubasi	62
6.	Data Nilai P Terlarut Tanah Selama Inkubasi	65
7.	Data C-Organik Tanah Selama Inkubasi	68
8.	Data Al-dd Tanah Selama Inkubasi	71
9.	Hasil Analisis Pendahuluan Tanah	74
10.	Data Analisis Kandungan Zeolit	75
11.	Data Analisis Pendahuluan Gula dan pH Media Humik	76
12.	Pengaruh Perlakuan Koasentrasi Senyawa Humik, Zeolit, dan Isolat Terhadap pH media, Jumlah Koloni BPF, dan P Larut Dalam Media Selama Inkubasi	77
13.	Nilai Varian Dun Pengaruh Perlakuan Terhadap pH Tanah, P Bray I Tanah, C-organik, Populas BPF, Dan Al-dd Tanah Selama Masa Inkubasi	78

Rida Trisbyanto, 991510301181, Uji Viabilitas Dan Kapabilitas Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Ultisol Dan Oxisol Dengan Menggunakan Media Kombinasi Senyawa Humik Dan Zeolit (dibimbing oleh Ir. Tri Candra Setyawati, MSi sebagai DPU dan Ir. Sugeng Winarso, MSi sebagai DPA)

RINGKASAN

Permasalahan utama yang sering dihadapi dalam pengolahan tanah-tanah masam adalah ketersediaan P yang rendah bagi tanaman. Sebagai alternatif untuk meningkatkan ketersediaan P tanah masam yang bersifat ramah lingkungan antara lain dengan pemanfaatan bakteri pelarut fosfat (BPF) ke dalam tanah tersebut. Dari banyak penelitian tentang BPF, dengan inokulasi BPF ke dalam beberapa tanah masam ternyata dapat meningkatkan P larut tanah sehingga dapat tersedia untuk kebutuhan tanaman. Selain itu adanya inokulasi BPF tersebut juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti jagung, tebu, dan kedelai. Sebagai usaha untuk meluaskan dan memudahkan pemanfaatan BPF ke dalam tanah adalah dengan mengembangbiakkan populasi BPF tersebut dalam suatu media.

Pada penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas dan pengaruh inokulasi BPF pada media senyawa humik + zeolit, serta dalam tanah Ultisol dan Oxisol, dan menentukan konsentrasi media campuran yang terbaik untuk perkembangan BPF. Penelitian dilaksanakan dengan dua tahap. Tahap pertama uji viabilitas BPF dalam media dengan perlakuan tanpa isolat (H0), *Pseudomonas putida* 27.4B (H1) dan *Bacillus sp.* (H2) yang diuji pada media kombinasi konsentrasi humik dan zeolit. Konsentrasi humik yang diujicobakan adalah 27,5 ppm (K0), 56 ppm (K1) dengan kombinasi zeolit diantaranya 0% (Z0), 10% (Z1) dan 20% (Z2). Hasil terbaik dari uji tahap pertama digunakan untuk uji tahap kedua. Pada uji tahap kedua dilakukan inokulasi ke dalam tanah Ultisol (T1) dan Oxisol (T2). Rancangan penelitian tahap pertama menggunakan RAL faktorial dengan 3 faktor dan tahap kedua menggunakan RAL faktorial 2 faktor dengan 3 ulangan. Untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing perlakuan di uji Duncan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama 30 hari, isolat *Pseudomonas putida* 27.4B dan *Bacillus sp.* mampu hidup pada media humik dan zeolit dengan populasi mencapai 10^{11} CFU/ml dan masing-masing mampu melarutkan P sebesar 106,24 ppm dan 87,24 ppm. Konsentrasi terbaik bagi pertumbuhan BPF adalah 56 ppm humik + 20% zeolit untuk *Pseudomonas putida* 27.4B dan 56 ppm humik + 10% zeolit untuk *Bacillus sp.* Pada tahap kedua menunjukkan bahwa pelarutan P tertinggi tanah Oxisol sebesar 20,33 ppm, sedangkan P larut tertinggi Ultisol sebesar 19,57 ppm. Inokulasi BPF pada tanah melalui senyawa humik + zeolit dapat menurunkan kandungan Al-dd tanah tersebut sampai 0,07%.

Kata kunci : BPF, fosfor, senyawa humik + zeolit, Ultisol, Oxisol

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fosfor merupakan salah satu unsur hara esensial yang terpenting untuk pertumbuhan tanaman selain nitrogen dan kalium. Keberadaannya tidak dapat digantikan dengan unsur hara lain. Di dalam tanaman unsur fosfor sangat berperan di dalam metabolisme sel tanaman baik sebagai penyusun protein, asam amino serta dalam penyusunan energi dalam bentuk ADP dan ATP.

Penambahan residu organik dan pemupukan secara periodik unsur hara makro, merupakan salah satu penyebab semakin banyaknya fosfor yang ada dalam tanah. Tetapi fosfat yang banyak tertimbun tersebut merupakan fosfat yang tidak tersedia bagi tanaman. Pada tanah-tanah yang bereaksi alkalin maupun asam fosfat menjadi sulit tersedia akibat jerman dari kation-kation seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} dan Ca^{2+} (Tan, 1995). Senyawa fosfor yang tidak dapat larut dalam tanah merupakan subjek bagi kegiatan mikroorganisme terutama bakteri dalam tanah untuk melarutkannya agar tersedia bagi tanaman.

Salah satu metode yang dapat diterapkan dalam menangani permasalahan fosfor di atas yaitu dengan pemanfaatan bakteri pelarut fosfat. Berdasarkan dari hasil penelitian yang dilaporkan oleh Gerretsen (1947) menunjukkan hasil dimana mikroorganisme dalam tanah mampu mengubah fosfat yang sukar larut menjadi bentuk yang tersedia, hal ini disebabkan karena adanya interaksi antara mikroba dengan jaringan tanaman. Dengan adanya mikroba tersebut dalam tanah diharapkan mampu menjaga keseimbangan unsur hara, khususnya unsur hara fosfat sebagai elemen makro yang dibutuhkan oleh tanaman. Aktifitas mikroba ini secara langsung maupun tidak langsung mampu mengubah persenyawaan fosfat dengan unsur lain menjadi ion-ion orthofosfat yang larut dan tersedia.

Penelitian tentang kemampuan bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan P sukar larut dan P-tanah sudah banyak dilakukan. Setiawati (2000) melaporkan, bahwa inokulasi bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas aerogenosa* dan *Chromobacterium violaceum* mampu melarutkan P-tanah masing-masing sebesar 40,15% - 56,90% dan 33,50% - 47,60%. Penelitian yang sama telah dilakukan

oleh Sudiana (2002); Mahmudah (2002); Ali (2001). Selain mempengaruhi tingkat pelarutan P-tanah, inokulasi bakteri pelarut fosfat juga mampu mempengaruhi bentuk- bentuk P dalam tanah. Menurut Sasongko dan Setiawati (2000) dengan inokulasi bakteri pelarut fosfat jenis *Pseudomonas aerogenosa* dan *Bacillus sp.* dapat mempengaruhi bentuk bentuk P dalam tanah. Pada tanah masam dari Kalimantan Selatan dan Lampung Tengah BPF dapat menurunkan Fe-P, sedangkan pada tanah netral dari Jember dan Ngawi BPF dapat meningkatkan ketersediaan Fe-P. Untuk pengaruh BPF terhadap bentuk Ca-P dapat bervariasi tergantung pada jenis tanahnya.

Sebagai upaya merealisasikan pemanfaatan bakteri pelarut fosfat maka diperlukan lingkungan hidup yang mendukung yaitu dalam bentuk medium pembawa. Berbagai bahan pembawa telah diuji antara lain : kompos, gambut, guano, vermikulit, zeolit, bentonit, minyak kacang tanah dan molase. Penelitian serupa namun menggunakan media cair asam humik sebagai media pembawa telah dilakukan oleh Mahmudah (2002). *Pseudomonas putida* yang diinokulasikan ke dalam asam humik mampu melarutkan fosfat hingga 42,14 ppm P dengan jumlah populasi sampai 10^{14} CFU/ml selama 8 minggu.

Selain asam humik juga telah dilakukan pengujian terhadap media pembawa untuk bakteri pelarut fosfat dengan menggunakan zeolit. Premono dan Widayastuti (1994) mendapatkan bahwa media kompos dengan kombinasi zeolit 10% pada suhu inkubasi 28°C merupakan media terbaik bagi perkembangan populasi *Pseudomonas putida* dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat. Deposit mineral zeolit di Indonesia masih sangat banyak dan beragam sifatnya, akan tetapi hingga sekarang belum secara maksimal dapat dimanfaatkan, bahkan banyak masyarakat yang kurang memahami akan fungsinya. Secara umum mineral zeolit mempunyai keunggulan sifat sebagai penukar ion, penyerap dan penyaring molekul (Komar, 1990).

Penelitian yang menjelaskan tentang pengujian bakteri pelarut fosfat dalam suatu media senyawa humik dengan kombinasi zeolit perlu dilakukan untuk melihat kemampuan bertahan hidup dan berkembang (viabilitas) dalam suatu lingkungan (media) serta aktifitasnya dalam membantu pelarutan unsur hara

fosfor. Melalui pemanfaatan media cair senyawa humik dengan kombinasi zeolit ini diharapkan mampu untuk mendukung dan memberikan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan mikroba pelarut fosfat sehingga mampu bertahan lebih lama pada media kombinasi tersebut tanpa mengurangi kemampuannya dalam melarutkan fosfat.

1.2 Tujuan Penelitian

- a. Menguji viabilitas BPF dalam media kombinasi senyawa humik dan zeolit.
- b. Mengetahui pengaruh inokulasi BPF dalam media senyawa humik dan zeolit terhadap beberapa sifat kimia tanah Ultisol dan Oxisol.
- c. Mencari konsentrasi yang terbaik dari media pembawa senyawa humik dan zeolit.

1.3 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk:

1. Pengembangan mikroba pelarut fosfat pada media cair senyawa humik dengan kombinasi zeolit akan mempermudah aplikasi di lapangan.
2. Sebagai alternatif mengatasi permasalahan P tidak tersedia pada tanah masam (Ultisol dan Oxisol).

1.4 Hipotesis

- a. BPF mampu bertahan hidup pada media senyawa humik dengan kombinasi zeolit.
- b. Inokulasi BPF di dalam tanah mampu mempengaruhi beberapa sifat kimia tanah antara lain pH tanah, C-organik tanah, P larut, dan Al-dd tanah Ultisol dan Oxisol.
- c. Terdapat konsentrasi terbaik dari media senyawa humik dan zeolit bagi perkembangan hidup BPF.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Unsur Hara Fosfor

Unsur hara fosfor dalam tanah merupakan unsur hara yang kedua yang paling besar diserap tanaman setelah unsur nitrogen. Nukleus dari setiap sel tanaman mengandung fosfor. Fosfor terkumpul dalam sel tanaman yang sedang membelah dengan cepat yaitu bagian akar dan pucuk yang tumbuh dengan aktif. Hal ini sesuai dengan pendapat Mehlich dan Drake (1995) bahwa unsur hara P merupakan bahan pembentuk inti sel dan dapat membentuk ikatan fosfat berdaya tinggi yang dipergunakan untuk mempercepat proses fisiologis. Fungsi utama P bagi tanaman antara lain : mempercepat pertumbuhan akar semai, memacu dan memperkuat pertumbuhan tanaman dewasa pada umumnya, meningkatkan produksi biji-bijian, memperkuat batang agar tidak roboh dan meningkatkan daya tahan terhadap penyakit (Dwijosaputro, 1991).

Hara fosfor adalah hara yang kritis sebab jumlah suplai unsur fosfor dalam sebagian tanah adalah rendah, dan fosfor tidak cepat tersedia untuk digunakan tanaman. Jumlah fosfor dalam tanah yang diusahakan kurang lebih 1% yang hanya merupakan sebagian kecil sekali tersedia untuk tanaman pada setiap saat. Untuk tanah asli, sumber fosfat adalah mineral apatit ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{F}$), yang merupakan kalsium fosfat dengan kelarutan rendah (Soepardi, 1980).

Unsur P diserap tanaman dalam bentuk ion orthophosphat primer (H_2PO_4^-), dan orthophosphat sekunder (HPO_4^{2-}). Hal ini diperkuat oleh Tisdale dan Nelson (1975) bahwa fosfat diserap tanaman terutama dalam bentuk ion H_2PO_4^- , dan PO_4^{3-} yang berada dalam larutan tanah. Ion terlarut H_2PO_4^- bereaksi secara cepat dalam tanah selalu membentuk fosfat yang tidak larut dan biasa disebut "*penyematian fosfat*" dengan ion kalsium atau dengan oksida hidrogen dan aluminium. Pada tanah alkalin terbentuk trikalsium fosfat yang juga punya kelarutan rendah. Selanjutnya fosfor adalah sangat tidak mobil dalam larutan tanah dan harus diaplikasikan pada tempat dimana fosfor yang dikehendaki (Moertidi, 1997)

Fosfat dalam tanah jumlahnya semakin bertambah banyak dan akhirnya terjadi penumpukan fosfat sebagai akibat adanya residu organik dan proses

pemupukan secara terus menerus. Semakin banyaknya akumulasi P dalam tanah bukan berarti P tersebut dapat diserap tanaman, karena ternyata P dalam tanah lebih banyak dalam bentuk tidak tersedia bagi tanaman. Unsur hara P relatif tidak mudah tercuci seperti halnya nitrogen, akan tetapi karena beberapa faktor maka statusnya berubah dari fosfat yang tersedia bagi tanaman menjadi tidak tersedia. P biasanya tidak mudah mengalami pelunturan. Zat iri berada dalam tanah sebagai fosfat mineral, besi fosfat, aluminium fosfat, kalsium fosfat dan jerapan lain dimana P berada dalam bentuk yang tidak tersedia (Poerwowidodo, 1992).

Dengan adanya fosfat dalam tanah, maka persoalan umum yang sering dihadapi oleh fosfat tersebut adalah tidak semua bentuk fosfat di dalam tanah dapat segera tersedia untuk tanaman, karena fosfat dalam tanah dapat mengalami transformasi dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya tergantung pada lingkungan dan praktek pengelolaan tanah (Ali, 2002). Faktor yang mempengaruhi ketersediaan fosfat bagi tanaman yang terpenting adalah pH tanah, adanya besi dan aluminium dapat larut dalam kondisi sangat masam atau adanya kalsium pada nilai pH tinggi, berpengaruh nyata terhadap ketersediaan fosfat. Fosfat paling mudah diserap tanaman pada pH sekitar netral (pH 6 - 7). Dalam tanah banyak ion fosfor baik yang berasal dari dalam tanah itu sendiri maupun dari pupuk, terikat oleh unsur-unsur Ca dan Fe sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman (Hardjowigeno, 1992)

Macam P dalam tanah secara garis besar ada dua, yaitu P organik dan P anorganik (Premono dan Widyastuti, 1994). Biasanya kandungan P tersebut bervariasi tergantung pada jenis tanah, tetapi pada umumnya rendah. P organik adalah bentuk P yang berasal dari sisa-sisa tanaman atau hewan dan jasad renik yang telah ditambahkan dalam tanah. P organik ini biasanya merupakan penyusun dalam substansi mikroba dan merupakan bagian utama tanaman dari kompleks humus didalam tanah (Waksman, 1952). Terdapat tiga kelompok utama senyawa P-organik yang berada dalam tanaman atau tanah yaitu inositol fosfat, asam nukleat dan fosfolipid (Bukman and Brady, 1985).

Inositol fosfat dapat mempunyai satu, dua, tiga, empat, lima, atau enam atom P untuk setiap unitnya, dan senyawa ini dapat ditemukan dalam tanah atau

organisme hidup yang dibentuk secara enzimatik. Sebagian besar inositol fosfat dihasilkan oleh aktivitas mikroba dan degradasi residu tanaman. Adanya ion H_2PO_4 dan ion OH akan menyebabkan inositol fosfat membentuk kompleks yang sangat kuat dengan protein, dan membentuk garam tidak larut dengan Fe^{2+} dan Al^{3+} pada tanah masam dan dengan Ca^{2+} pada tanah alkalin.

Fosfolipid merupakan senyawa fosfat yang berkombinasi baik dengan lipida dan merupakan senyawa bentuk tidak larut dalam air tetapi mudah digunakan dan disintesis oleh mikroba tanah. Asam nukleat mengandung sejumlah fosfor dan bersifat masam. Asam nukleat sebagai DNA atau RNA menyusur 1 - 10% P organik total (Tisdale *et.al*, 1975). Asam nukleat yang ditambahkan ke dalam tanah akan segera mengalami defosforilasi atau siap dimineralisasi. Mineralisasi fosfor ini dipengaruhi oleh pH dan kecepatannya menurun dengan meningkatnya kemasaman (Alexander, 1977).

P anorganik pada dasarnya dapat dibedakan dan digolongkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia mineralogi, maupun kombinasinya. Menurut Bucman and Brady (1985) hampir semua senyawa P anorganik dalam tanah dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu : senyawa yang mengandung kalsium dan senyawa yang mengandung besi dan aluminium. P anorganik dalam tanah biasanya ditemukan sebagai fluoroapatit, hidroksiapatit, chlorapatit, besi, dan aluminium fosfat atau kombinasinya dengan liat.

Senyawa P anorganik tidak larut sangat tidak tersedia bagi tanaman, tetapi banyak mikroorganisme dapat melarutkannya, dan kelompok bakteri cukup banyak jumlahnya, karena bila dilakukan isolasi dari tanah, 1/10 sampai 1/2 dari isolat bakteri menunjukkan kemampuan melarutkan kalsium fosfat (Alexander, 1977).

Menurut Chang dan Jackson, (1957) dalam Premono, (1994), bentuk P anorganik yang lain adalah Reducant soluble Fe-P, merupakan bentuk fosfor anorganik yang terselubung oleh oksida dan hidroksida Fe dan Al, umumnya terbentuk pada tanah-tanah yang telah lanjut pelapukannya dan merupakan bentuk yang paling resisten.

Pada tanah-tanah masam, kelarutan Al dan Fe menjadi tinggi. Dengan demikian ion fosfat (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-}) akan segera terikat membentuk senyawa P kurang tersedia atau tidak tersedia bagi tanaman. Bila pH dinaikkan maka P akan berubah menjadi tersedia kembali. Pada pH diatas netral, P juga kurang tersedia bagi tanaman karena diikat oleh Ca menjadi senyawa yang kurang tersedia. Unsur tersebut akan tersedia kembali jika pH diurungkan. Jadi ketersediaan P sangat dipengaruhi oleh pH tanah. Hasil penelitian berbeda-beda dalam mengemukakan pendapat yang berlainan tentang kisaran pH tanah dalam mendukung ketersediaan P paling tinggi, yaitu 5,5 — 7,0 (Lisdale *et.al*, 1975) dan 6,0-6,5 (Lindsay, 1979).

Pada tanah masam bentuk H_2PO_4^- lebih dominan dari pada bentuk HPO_4^{2-} maupun PO_4^{3-} dan umumnya konsentrasi Al, Fe, dan Mn teramat tinggi sehingga terjadi pengikatan ion fosfat dengan Al dan Fe. Pada tanah yang sangat masam konsentrasi ion Al dan Fe jauh melebihi ion H_2PO_4^- . Reaksi-reaksi yang akan terjadi selalu membentuk ikatan fosfat yang tersedia bagi pertumbuhan tanaman. Pengikatan fosfat oleh ion Al dan Fe dalam tanah, pada umumnya merupakan proses pertukaran anion secara fisikokimia, yaitu ion fosfat menggantikan kedudukan ion OH^- dalam koloid tanah.

2.2. Bakteri Pelarut Fosfat dan Media Pembawaanya

Bakteri merupakan makhluk bersel tunggal yang merupakan salah satu bentuk kehidupan sederhana dan terkecil, Buckman dan Brady (1985). Bakteri ini bersama-sama dengan fungi dan actinomicetes menyusun kelompok besar golongan mikroorganisme serbaguna dan berfluktuasi begitu nyata dalam menanggapi keadaan tanah.

Sebagian besar bakteri mengikat oksigen dari udara tanah dan diklasifikasikan sebagai aerobik. Beberapa bakteri aerob dapat beradaptasi dengan lingkungan yang ada atau tidak ada oksigen yang biasanya disebut dengan aerob fakultatif. Bakteri lainnya tidak dapat hidup pada tempat yang ada oksigen disebut dengan anaerob. Bakteri tanah juga berbeda dalam kebutuhan nutrisi dan tanggapannya terhadap keadaan lingkungan. Sebagai akibatnya macam dan

berlimpahnya bakteri tergantung pada ketersediaan nutrisi dan keadaan lingkungan. Bakteri pada keadaan normal memperbanyak diri menjadi dua bagian. Pembelahan sering kali setiap 20 menit dan dapat memperbanyak dengan sangat cepat pada kondisi yang baik (Sutedje, 1991).

Di dalam tanah hidup berbagai mikroorganisme atau jasad renik yang melakukan serangkaian kegiatan yang secara makro, dan menguntungkan bagi kehidupan makhluk lainnya termasuk manusia, dengan kata lain mikroorganisme tersebut menjadikan tanah mempunyai peranan vital untuk kesinambungan dan kehidupan di permukaan bumi.

Mikroba dalam tanah seperti halnya bakteri, sangat berperan dalam membantu ketersediaan unsur hara melalui reaksi-reaksinya yang kompleks. Salah satu bakteri yang bisa meningkatkan ketersediaan unsur hara P dalam tanah adalah bakteri pelarut fosfat (BPF). Kebanyakan para ahli beranggapan bahwa mekanisme pelarutan fosfat tanah juga dipengaruhi oleh keberadaan asam-asam organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme tanah. Beberapa jamur dan bakteri seperti *Aspergillus*, *Penicilin*, *Bacillus*, dan *Pseudomonas* merupakan bakteri pelarut potensial dari fosfat yang terikat (Rao, 1994).

Bakteri tanah yang mempunyai kemampuan melarutkan fosfat anorganik di dalam tanah antara lain dari *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Escherchia*. Mikroba lain dari golongan cendawan antara lain dari genus *Aspergillus*, *Penicilium* dan *Culfularia* (Sudiana, 2002). Demikian pula yang diperoleh oleh Anas, Premono, dan Widayastuti (1993), jenis cendawan lain yang dapat melarutkan P dalam tanah adalah jenis *Sclerotium* dan *Fusarium*. Diantara bakteri lain yang sering diketahui sebagai pelarut fosfat adalah anggota-anggota genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacteri*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Citrobacter*, dan *Enterobacter*.

Mikroba yang bermanfaat untuk pelarutan P ini bisa diperoleh dari permukaan akar tanaman (rhizoplane) ataupun dari tanah disekitar perakaran tanaman (rhizosphere) dengan cara menumbuhkan suspensi contoh tanah dalam medium selektif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sisworo (1994), bahwa metode isolasi JRPP dengan cara penyubunan pada medium $AlPO_4$ lebih sesuai untuk mengisolasi JRPP pada tanah masam, sedangkan metode isolasi

dengan cawan tuang lebih sesuai untuk tanah-tanah basa. Dari total JRPP yang diperoleh pada penelitian tersebut 33% tersaring dengan metode penyuburan yang semuanya berasal dari tanah masam. Widawati dan Suliasih (2000) mendapatkan hasil bahwa pada beberapa sampel tanah yang diambil dari sekitar daerah perakuan tanaman hutan Nasional Bukit Barisan, ternyata semuanya menunjukkan adanya bakteri pelarut fosfat.

Beberapa penelitian banyak yang menyebutkan hasil dan pengaruh dari pemberian BPF ke dalam tanah. Dari hasil-hasil penelitian tersebut kemampuan BPF dalam melarutkan fosfat berbeda satu dengan yang lainnya tergantung pada kemampuannya. Prترونو *et.al.*, (1991) menggunakan *Pseudomonas putida*, *Citrobacter intermedium*, dan *Serratia mesenteroides*, mendapatkan bahwa bakteri tersebut mampu meningkatkan P larut yang ada dalam medium $AlPO_4$ dan batuan fosfat sebanyak 6 – 19 kali lipat, tetapi tidak mampu melarutkan $FePO_4$. Sedangkan Sasongko dan Setiawati (2000), mendapatkan 5 macam BPF unggul dari 20 contoh tanah asal Jawa Timur. Ke lima BPF unggul tersebut adalah jenis *Pseudomonas aerogensa*, *Pseudomonas diminita*, *Beneckea sp.*, *Chromobacterium violaceum*, dan *Bacillus sp.* Dari kelima isolat yang didapatkan tersebut semua bakteri dapat melarutkan P sukar larut dari Ca-P, Al-P, Fe-P dan batuan fosfat pada media Pikovskaya cair.

Moersidi (1992) memperoleh 4 jenis bakteri yaitu 3 spesies *Pseudomonas* dan 1 spesies *Corynebacterium* serta 3 jenis kapang yaitu antara lain *Aspergillus tamarii*, *A. niger* dan *Penicillium sp.* Setelah 2,4, 9, dan 14 hari inoculasi, mikroba tersebut berbeda kemampuannya dalam melarutkan P anorganik. Mikroba yang ditemukan tersebut dapat melarutkan $Ca_3(PO_4)_2$ masing-masing antara 43-97, 72-84, 69-95 dan 52-84 ppm P.

Hasil penelitian Thaha (1969) yang dilakukan di Mesir, mendapatkan bahwa beberapa grup bakteri dan fungi yang mempunyai kemampuan melarutkan fosfat, antara lain *Bacillus* dan *Streptomyces*, bakteri gram negatif bentuk batang pendek, bakteri gram positif bentuk batang, *Serratia* dan khamir (ragi). Diantara kelompok tersebut yang paling tinggi melarutkan P adalah strain gram negatif bentuk batang pendek, yaitu membebaskan 78,8 mg P_2O_5 dari 100 ml

biakan mengandung 0,5% fosfat. Selain itu banyak sekali penelitian tentang BPF dan pengaruhnya serta kemampuannya melarutkan fosfat dalam tanah (Markamah, 2000), dan tentang perubahan bentuk P dalam tanah (Sumarni, 2000).

Pada umumnya bakteri dalam tanah dapat berfungsi sebagai bioreactor dalam reaksi kimia, misalnya reaksi pelepasan fosfat yang dilakukan oleh mikroba pelarut fosfat. Halvorson *et.al.*, (1990) membuktikan bahwa pemanfaatan BPF dengan cara inokulasi bakteri yang berasal dari lingkungan tanah dan air yang diinkubasikan pada media yang bersifat alkalin, maka bakteri tersebut masih menunjukkan peningkatan populasi yang tinggi serta mampu melarutkan P yang berasal dari kalsium fosfat sebagai sumber unsur P.

Selain berpengaruh terhadap kondisi tanah, ternyata inokulasi BPF juga bisa mempengaruhi kondisi tanaman. Moaward *et.al.* (1995) mendapatkan bahwa dengan inokulasi BPF jenis *Pseudomonas putida* pada tanah dengan tanaman jagung, ternyata 15 hari setelah tanam *Pseudomonas putida* tersebut sangat nyata meningkatkan pertumbuhan jagung, dan sampai dengan hari ke-40 setelah tanam ternyata isolat tersebut masih mampu meningkatkan serapan P tanah hingga mencapai 8 - 30%. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Prihatini (1989) yang mendapatkan bahwa pada pemberian 440 ppm P (P alam Gresik) dengan isolat *Pseudomonas sp* yang diisolasi dari tanah di Ciampoa Bogor secara nyata meningkatkan tinggi dan bobot kering tanaman jagung serta serapan P pada tanah Podzolik Rangkasbitung.

Premono (1994) memperoleh beberapa mikroba pelarut fosfat yang diisolasi dari beberapa tempat meliputi Madura, Sragen, dan Lampung. Penelitian ini menguji pengaruh mikrobial pelarut fosfat terhadap P-tanah dan efisiensi pemupukan pada tanaman tebu. Hasilnya adalah inokulasi BPF pada tanaman tebu mampu meningkatkan tinggi tanaman umur 3 bulan sebanyak 1-15%, dan bobot kering jaringan sebanyak 5-40% dan cenderung meningkatkan kadar sukrosa tebu.

BPF mempunyai kemampuan yang berbeda tergantung dari jenis dan daya adaptasi terhadap lingkungan barunya. BPF yang berasal dari tanah tertentu apabila diinokulasikan pada tanah lainnya belum tentu dapat mempertahankan kemampuannya (Kimura *et.al.*, 1990). Oleh sebab itu di dalam pemanfaatannya

sebaiknya menggunakan inokulasi yang telah teruji kemampuannya bertahan hidup maupun daya melarutkan fosfat di dalam tanah.

Pemanfaatan mikroba pelarut fosfat untuk menambang residu P dalam tanah mempunyai beberapa keunggulan antara lain ; hemat energi, tidak mencemari lingkungan, mampu membongkar P yang berada dalam bentuk senyawa tidak larut (Al-P, Fe-P, Occluded P, dan Ca-P), menghalangi terjerapnya pupuk P oleh anasir-anasir penjerap, dan mengurangi toksisitas Al^{3+} , Fe^{3+} dan Mn^{2+} terhadap tanaman pada tanah masam (Setiawati, 2000).

Salah satu upaya meluaskan pemanfaatan mikroba pelarut fosfat yaitu dengan mengembangkan populasi mikroba dalam suatu media. Media padat seperti kompos, gambut, guano dapat digunakan sebagai media tumbuh mikroba dan media molase juga dapat digunakan sebagai media pembawa dalam bentuk cair. Menurut Burton (1976 dan 1979 dalam Setiawati 1998) ciri-ciri media pembawa yang baik adalah ; tidak bersifat racun bagi mikroba; mempunyai daya absorbsi yang baik; tidak keras dan mudah dihancurkan, serta disterilkan; mengandung cadangan makanan yang cukup untuk menjamin pertumbuhan mikroba; mempunyai daya adhesi yang baik terhadap biji; murah dan mudah tersedia, serta mempunyai kapasitas menahan air yang cukup tinggi.

Pengembangbiakan populasi mikroorganisme pelarut fosfat dalam media padat kompos dan gambut telah dilakukan oleh Premono dan Widyastuti (1994). Media kompos dengan kombinasi zeolit 10% pada suhu inkubasi $28^{\circ}C$ merupakan media terbaik bagi *Pseudomonas putida* yang dapat menggandakan selnya sampai 10^{11} CFU/gram media. Endriana (2001) juga melaporkan bahwa media kompos merupakan media terbaik untuk melarutkan dan mempertahankan stabilitas bakteri pelarut fosfat. Populasi BPF yang diinokulasi meningkat hingga 10^7 CFU/gram media dengan melarutkan fosfat sebesar 2246,73 ppm P_2O_5 selama 30 hari.

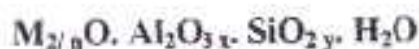
Penelitian serupa namun menggunakan media cair asam humik sebagai media pembawa telah dilakukan oleh Mahmudah (2002). *Pseudomonas putida* yang diinokulasikan ke dalam asam humik mampu melarutkan fosfat hingga 42,14 ppm P dengan jumlah populasi sampai 10^{14} CFU/ml selama 8 minggu.

Sedangkan Ali (2002) mendapatkan bahwa inokulasi *Pseudomonas putida* dan *Pseudomonas aerogenosa* pada media molasse mampu melarutkan P mencapai 195,97 ppm dan 175,95 ppm dengan konsentrasi molasse masing-masing 8 ml dan 10 ml.

2.3. Struktur, Sifat dan Kegunaan Zeolit

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral aluminosilikat terhidrat yang tersusun dari satuan kerangka tetrahedral Si dan Al dengan 4 atom O menempati ke-4 sudut ruang tetrahedral. Satuan tetrahedral menyusun diri dalam 2 dimensi yang secara khas membentuk struktur terowongan (channels). Setiap atom O dimiliki bersama oleh dua tetrahedral tanpa ada anion mobil. Muatan negatif yang timbul bila Al menempati pusat tetrahedral diimbangi sehingga netral oleh kation alkali atau alkali tanah yang ada dalam rongga dari kerangka mineral zeolit (Widjaja Adhi, 1999).

Menurut Sutarti dan Rahmawati (1999), kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral AlO_4 dan SiO_4 yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur tersebut Si^{2+} dapat diganti dengan Al^{3+} sehingga rumus empiris zeolit menjadi:



M : kation alkali / alkali tanah

N : valensi logam alkali

X : bilangan tertentu

Y : bilangan tertentu

Zeolit berupa material dengan pori-pori sangat kecil yang mampu memuat molekul-molekul kecil disebut sebagai "*molecular sieve*" yang bisa berguna untuk adsorben dan proses pemisahan.

Macam-Macam Zeolit

Berdasarkan proses pembentukannya zeolit dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Zeolit Alam

Zeolit alam adalah zeolit yang berasal dari proses perubahan yang terjadi di alam atau merupakan hasil tambang dari batuan vulkanik. Zeolit jenis alam ini banyak terdapat di dalam lubang batuan lava dan dalam batuan sedimen terutama sedimen piroklastik berbutir halus. Untuk zeolit alam dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu:

- a. Zeolit yang terdapat diantara celah batuan atau diantara lapisan batuan. Biasanya terdiri dari beberapa jenis mineral zeolit bersama-sama dengan mineral lain seperti kalsit, kwarsa, klorit, fluorit, sulfida dan lain-lain.
- B. Zeolit yang berupa batuan jenis ini hanya sedikit, diantaranya adalah klinoptilonit, amalsit, laumonit, mordenit, filipsit, erionit, kabasit dan heulandit.

2. Zeolit sintesis

Zeolit sintesis merupakan hasil rekayasa yang menghasilkan zeolit buatan dengan karakter yang sama dengan zeolit alam. Sifat zeolit sintesis sangat tergantung dari jumlah komponen Al dan Si, sehingga ada 3 kelompok zeolit sintesis, yaitu:

- a. Zeolit sintesis dengan kadar Si rendah
- b. Zeolit sintesis dengan kadar Si sedang
- c. Zeolit sintesis dengan kadar Si tinggi (Poerwadi, 1998).

Zeolit mengandung sejumlah kation-kation yang terdiri dari Na, K, Ca (memberikan berat jenis ringan) atau Ba, Cr, dan Mg (memberikan berat jenis lebih berat) yang bergerak dan bertukar dengan kation-kation dalam larutan (Komar, 1990). Hal ini diperjelas oleh Winarso (2001) bahwa zeolit dari deposit yang berbeda juga akan mempengaruhi terhadap kandungan basa-basa yang dapat ditukar maupun KTK seperti yang tertera pada tabel 1.

Sifat utama zeolit adalah kemampuan pertukaran kation yang sangat tinggi berkisar antara 80 - 180 me/100 gram. Nilai KTK yang tinggi tersebut menunjukkan kemampuan zeolit untuk dapat menyerap kation yang tinggi pula. Kation dalam rongga zeolit sangat mudah dipertukarkan dengan kation yang lain karena keduanya bebas ataupun terikat dengan ikatan yang lemah di dalam struktur rongga zeolit.

Tabel 1. Analisis Kandungan Basa-Basa Dapat Ditukar dan KTK Zeolit Dari Beberapa Tempat.

Deposit asal	KTK	K-dd	Ca-dd	Na-dd	Mg-dd
(me/100 gr).....				
Tasikmalaya	75,27	6,259	98,773	3,386	5,939
Bojong	85,64	10,982	45,014	4,487	7,134
Bayah	97,03	10,117	23,700	4,419	17,977

Sumber : Winarso, 2001

Menurut Suwerdi (2000) dibidang pertanian zeolit digunakan sebagai alternatif untuk memperbaiki kualitas tanah karena memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. mempunyai KTK tinggi
2. penukar ion
3. mempunyai toleransi yang tinggi terhadap unsur lain
4. bersifat asam dan bersifat basa jika dikehendaki
5. menyerap air untuk menjaga kesuburan tanah serta kelembapan tanah
6. sebagai katalisator
7. penyerap dan penyaring molekul.

Selain itu dibidang pertanian zeolit dapat digunakan sebagai bahan amelioran, campuran pupuk, untuk meningkatkan kualitas kompos dan sebagai bahan tumbuh tanaman. Campuran zeolit rock fosfat potensial untuk melengkapi pupuk secara lambat pada tanah. Zeolit juga bisa digunakan untuk media tumbuh bakteri pelarot fosfat. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Premono dan Widyastuti (1994) mendapatkan bahwa media kompos dengan kombinasi zeolit 10% pada suhu inkubasi 15°C merupakan media terbaik bagi perkembangan populasi *Pseudomonas putida* dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat.

2.4 Karakteristik Tanah Ultisol dan Oxisol

Tanah Ultisol adalah tanah mineral yang berada pada daerah temperate sampai tropika, mempunyai horison argilik atau kandik atau fragipan dengan lapisan liat yang tebal. Ultisol merupakan tanah yang telah mengalami proses pelapukan lanjut melalui proses luxiviasi dan podsolisasi. Ditandai oleh kejenuhan basa rendah (kurang dari 35% pada kedalaman 1,8m), kapasitas tukar kation rendah (kurang dari 24 m.e. per 100 gram liat), bahan organik rendah sampai sedang, nutrisi rendah dan pH rendah kurang dari 5,5 (Munir, 1997).

Ultisol merupakan salah satu ordo tanah yang tersebar luas di lahan kering Indonesia, yaitu sekitar 48,6 juta hektar yang umumnya terbentuk pada curah hujan cukup tinggi (Karama, 1994). Di Indonesia tanah Ultisol mempunyai permukaan yang sangat terlindi berwarna kelabu cerah sampai kekuningan di atas horison akumulasi dengan tekstur relatif cukup berat, berwarna merah atau kuning dengan struktur gumpal, agregat kurang stabil dan permeabilitas rendah. Perkembangan lapisan permukaan yang terlindi kurang nyata, bahan induk seringkali berbecak kuning, merah atau kelabu tak begitu dalam dan tersusun atas butuan silika, batu lapis, batu pasir dan batu lempung (Darmawijaya, 1997).

Reaksi tanah yang sangat masam dan ketersediaan P yang rendah merupakan faktor pembatas utama bagi tanaman sehingga efektifitas pemberian pupuk fosfat rendah. Efisiensi pupuk fosfat berkisar antara 8-15% (Sufardi, Zulfikar dan Syukur, 1996). Menurut Sanches dan Salinas, (1981) ketersediaan P yang rendah di tanah Ultisol tersebut disebabkan oleh anion fosfat yang terikat kuat oleh Fe dan Al sebagai akibat pH yang rendah atau masam, sehingga P tidak tersedia bagi tanaman.

Menurut Munir (1997) menyatakan bahwa Oxisol merupakan tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut dan banyak terdapat di daerah tropis atau sub tropis. Biasanya dijumpai pada permukaan tanah yang telah berumur tua atau tanah yang terbentuk dari bahan-bahan sedimen tua. Tanah oxisol pada umumnya berada pada kondisi iklim yang cukup basah untuk merombak hasil pelapukan yang menghasilkan konsentrasi residu sesquoksida dan mineral liat kaolinit.

Ciri utama yang paling penting dari tanah oxisol adalah adanya horison oksik, yaitu horison yang umumnya mengandung butir berukuran liat (mengandung liat tipe 1:1, seperti kaolinit) yang banyak didominasi oleh oksida besi, aluminium dan silikat. Hancuran dan pencucian yang hebat telah menghilangkan sebagian besar silikat dari mineral silikat dalam horison tersebut, sehingga meninggalkan perbandingan besi dan aluminium oksida terhadap silikat yang tinggi.

Oxisol hampir sama dengan ultisol dalam sifat kimianya, diantaranya adalah pH tanah yang rendah. Sehingga permasalahan dari tanah oxisol bila akan dimanfaatkan untuk kebutuhan tanaman adalah adanya ketersediaan P yang rendah sebagai akibat anion fosfat diikat kuat oleh Al dan Fe.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan Mei sampai dengan September 2003 di Laboratorium Biologi Tanah dan Laboratorium Kesuburan Tanah di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah : tanah Ultisol (Kentrongi) dan Oxisol (Cigudeg), jerami padi, senyawa humik, bakteri *Pseudomonas putida* 27.4B (koleksi Lab. Biologi Tanah IPB), bakteri *Bacillus sp.* (koleksi Lab. Biologi Tanah UJNEJ), zeolit, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, dan bahan-bahan yang digunakan untuk analisa di laboratorium.

3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : autoclave, elenmeyer, tabung reaksi, cawan petri, pipet, dan alat-alat yang digunakan dalam analisis di laboratorium.

3.3 Persiapan Penelitian

Senyawa humik yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari bahan jerami padi. Jerami padi dipotong kecil-kecil dengan ukuran kurang lebih 1,5 cm dan untuk mempercepat pengomposan dimasukkan dalam kotak yang dilubangi bagian bawahnya sehingga dengan mudah meloloskan air. Dilakukan penyiraman dengan air guna menjaga kelembapan. Selanjutnya jerami diinkubasi selama 4 minggu dan setiap dua hari sekali disiram untuk menjaga kelembapannya serta diadakan pengadukan dengan membolak-balikkan jerami padi. Air yang menetes merupakan hasil dari dekomposisi bahan organik diatasnya yang ditampung dalam bak. Setelah masa inkubasi selesai bahan tersebut ditambah air hingga didapat filtrat senyawa humik yang sesuai dengan kebutuhan.

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Tahap Peremajaan Bakteri

Tahapan selanjutnya adalah peremajaan bakteri pelarut fosfat pada Nutrient Broth (NB) yang berasal dari beberapa isolat murni diremajakan terlebih dahulu dalam media NB. Media ini disebut dengan larutan NB dimana sebanyak 8 gram NB dilarutkan kedalam 1000 ml aquadest. Selanjutnya kedalam elenmeyer 100 ml dituangkan larutan NB sebanyak 50 ml. Kemudian disterilisasi selama 20 menit pada suhu 126°C tekanan 1 atm. Langkah selanjutnya yaitu mengambil sebanyak dua ose dari koloni bakteri yang berada pada media agar, kemudian dimasukkan ke dalam elenmeyer yang sudah diisi media NB steril dan diinkubasi selama kurang lebih 3 hari.

3.4.2 Perhitungan Kurva Baku Populasi

Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui jumlah populasi mikroba berdasarkan kurva baku populasi, yang merupakan hubungan antara rapat optis suspensi mikroba dengan satuan pembentuk koloni (Colony Farming Unit) yang ditentukan dengan metode cawan tuang.

Isolat yang digunakan diinokulasikan kedalam media NB dan diinkubasi selama 3 hari. Suspensi diencerkan dengan pengenceran berturut-turut 2,3,4,8, dan 10 kali. Setiap pengenceran diukur nilai rapat optis dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm, populasi mikroba masing-masing pengenceran dihitung dengan metode cawan tuang. Setiap pengenceran suspensi mikroba diencerkan lagi dengan larutan fisiologis 0,85% hingga pengenceran 10^8 , 10^9 , dan 10^{10} . Perhitungan populasi dilakukan 3 hari setelah inkubasi suspensi mikroba pada media NA. Populasi dan nilai rapat optis kemudian dihubungkan dengan persamaan regresi linier yang digunakan sebagai kurva baku populasi mikroba di dalam media tersebut (Premono, 1994). Persamaan dinyatakan dalam:

$$Y = A + BX$$

Y = Prediksi jumlah populasi (CFU / ml suspensi)

X = Absorban suspensi mikroba

B = Koefisien regresi

A = Koefisien intersepsi

3.4.3 Tahap Persiapan Media Senyawa Humik Dan Zeolit

Media yang digunakan adalah senyawa humik dengan kombinasi zeolit dari Tasikmalaya. Hasil analisis tentang kandungan zeolit dari Tasikmalaya tersaji pada lampiran 10. Untuk media cair yang dipakai adalah senyawa humik yang dilakukan dengan pengenceran sesuai dengan konsentrasi yang diujicobakan yaitu : 13,77% mg C/l atau 27,5 ppm dan 28 mg C/l atau 56 ppm. Kecua konsentrasi tersebut dipilih karena mendekati konsentrasi yang terbaik untuk pertumbuhan BPF pada media senyawa humik hasil penelitian terdahulu. Setelah itu pada masing-masing konsentrasi ditambahkan sebanyak 10% zeolit, dan 20% zeolit dari konsentrasi yang dipakai sehingga akan didapatkan media dengan komposisi senyawa humik dan zeolit yang terbaik. Sedangkan untuk pembanding dipakai kontrol dengan konsentrasi humik sama tetapi tanpa penambahan zeolit (0% zeolit). Selanjutnya masing-masing konsentrasi tersebut dimasukkan dalam botol percobaan yang diisi sebanyak 1000 ml larutan dan dilakukan beberapa penambahan hara gura mensuplai kekurangan unsur hara pada media tersebut. Penambahan hara pada media seperti yang tertera dalam tabel berikut:

Tabel 2. Penambahan Hara dan Sumber Hara P Sukar Larut Pada Media Senyawa Humik dan Zeolit

Jenis Bahan	Jumlah (gr/)
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2
Yeast	0,5
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,05
NaCl	0,05
MnSO_4	0,001
FeSO_4	0,001

Sumber : Diadaptasi dari komposisi media pitovskaya

Sterilisasi media dilakukan pada suhu 126°C selama 20 menit yang dilakukan sebanyak 3 kali. Sterilisasi ini dilakukan dengan menggunakan autoclave yang fungsinya untuk mematikan seluruh organisme yang ada di dalamnya. Setelah media didinginkan hingga mencapai suhu ringan, media siap digunakan. Analisis media meliputi pH H_2O , dan gula reduksi (lampiran 11).

3.4.4 Tahap Inokulasi Bakteri Pada Media

Tahap pertama dilakukan inokulasi bakteri pada media dengan tujuan untuk menguji viabilitas BPF dalam senyawa humik dengan kombinasi zeolit, dan mendapatkan dua komposisi dari media yang terbaik untuk diuji pada tanah. Inokulasi BPF pada media diberikan dalam bentuk larutan suspensi NB yang diinokulasikan 3 hari, diperkirakan kerapatan populasi bakteri 1.10^{12} CFU/ml per botol. Selanjutnya media ini diletakkan pada tempat yang dapat mempertahankan suhu kamar untuk kelangsungan hidup bakteri. Media yang telah diinokulasi BPF diinkubasi selama 4 minggu dan tiap 10 hari sekali dianalisis P larut dalam media, pH media, dan jumlah populasi bakteri dalam media tersebut.

Penelitian pada tahap ini menggunakan RAL factorial yang terdiri dari tiga faktor, yaitu:

Faktor pertama, isolat (H) terdiri dari :

1. H0 tanpa isolat
2. H1 : *Pseudomonas putida* 27.4B
3. H2 : *Bacillus* sp.

Faktor kedua adalah konsentrasi senyawa humik (K), yaitu terdiri dari

1. K0 13,774 mg C/l senyawa humik atau 27,5 ppm
2. K1 28 mg C/l senyawa humik atau 56 ppm

Faktor ketiga adalah konsentrasi zeolit (Z), terdiri dari :

1. Z0 : tanpa zeolit
2. Z1 : 10% zeolit
3. Z2 : 20% zeolit

3.4.5 Tahap Uji Selektivitas Pada Tanah

Tahap kedua BPF diuji kemampuan pertumbuhannya dan dalam melarutkan fosfat pada dua jenis tanah yaitu : Ultisol dan Oxisol. Setiap toples diisi tanah sebanyak 100 gram dan kelembaban dijaga 70% kapasitas lapang dengan penambahan larutan aquadest steril. Kemudian bakteri yang berasal dari media terbaik hasil penelitian pada tahap pertama diinokulasikan ke dalam tanah dengan jumlah kerapatan populasi diperkirakan sebesar 50×10^{13} CFU/ml.



Rancangan penelitian yang digunakan pada tahap ke-2 adalah rancangan acak lengkap (RAL) factorial dengan dua faktor, yaitu:

Faktor pertama (tanah) terdiri dari;

1. T1 : tanah Ultisol
2. T2 : tanah Oxisol

Faktor kedua konsentrasi media yang terbaik, yaitu :

1. R1 : Komposisi media terbaik untuk kontrol.
2. R2 : Komposisi media terbaik pertama (*Pseudomonas putida* 27.4B) yaitu K1H1Z2.
3. R3 : Komposisi media terbaik kedua (*Bacillus sp*) yaitu K1H1Z1

Ketiga komposisi tersebut merupakan komposisi terbaik yang dipilih setelah diuji pada tahap pertama. Penentuan komposisi terbaik berdasarkan jumlah populasi bakteri pelarut fosfat tertinggi pada inkubasi terakhir (minggu ke-4) untuk perlakuan, sedangkan untuk kontrol berdasarkan jumlah P larut yang paling tinggi pada akhir inkubasi. Selanjutnya ketiga konsentrasi senyawa humik tersebut diinokulasikan ke dalam tanah Ultisol dan Oxisol untuk diujicoba kemampuannya baik kemampuan untuk tumbuh maupun dalam melarutkan fosfat.

Analisis dilakukan setiap 10 hari sekali selama 30 hari. Analisis tersebut meliputi : P-tersedia (Bray-D), populasi bakteri (plate count), pH H₂O (pH meter), C-organik (Walkey and black) dan Al-dd (titrasi HCl 0,1 N).

3.5 Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan maka dilakukan analisis varian. Sedangkan untuk membedakan pengaruh rata-rata perlakuan diuji Duncan pada taraf kepercayaan 95%

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas putida* 27.4B dan *Bacillus sp.* mampu berkembang hidup pada media senyawa humik + zeolit sampai 30 hari dengan populasi keduanya hampir sama sebesar 10^{13} CFU/ml dan untuk *Pseudomonas putida* 27.4B mampu melarutkan P sebesar 106,24 ppm sedangkan untuk *Bacillus sp.* mampu melarutkan P dalam media sebesar 87,24 ppm.
2. BPF dalam media senyawa humik + zeolit mampu melarutkan P pada tanah Ultisol dan Oxisol masing-masing sebesar 19,57 ppm dan 20,33 ppm selama 30 hari.
3. Konsentrasi media campuran yang terbaik untuk media carier BPF tersebut adalah 56 ppm humik + 20% zeolit untuk *Pseudomonas putida* 27.4B, dan 56 ppm humik + 10% zeolit untuk *Bacillus sp.*
4. Inokulasi BPF pada tanah Ultisol dan Oxisol mampu menurunkan kandungan Al-td tanah tersebut berkisar antara 0,07 - 0,22 me /100 gram.

5.2 Saran

1. Kandungan C-organik di akhir penelitian lebih rendah bila dibandingkan dengan kandungan C-organik awal. Oleh sebab itu perlu dikaji lagi untuk melihat apakah penurunan tersebut merupakan kelemahan dari BPF atau adanya penyebab lain.
2. Pada penelitian ini, media tanah yang digunakan adalah tanah yang steril, sehingga tidak ada pengaruh dari mikroba lain terhadap BPF yang diinokulasikan. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut tentang BPF tersebut bila diaplikasikan pada tanah non steril, sebagai cara untuk melihat kemampuan BPF dalam berhubungan dengan mikroba lain yang ada dalam tanah tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Ali. 2001. Uji Selektivitas Mikroba Pelarut Fosfat Pada Media Cair (Molasse) Dengan Beberapa Konsentrasi. *Skripsi*. Fakultas Pertanian UNEJ. Jember.
- Anas, Premono, dan R. Widyastuti. 1993. *Peningkatan Efisiensi Pemupukan P dengan Menggunakan Mikroorganisme Pelarut P*. Pusat Antar Universitas (PAU) IPB. Bogor.
- Bukman and Brady. 1985. *Ilmu Tanah*. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Chang, S. C. and M.L. Jackson, 1957. Fractionation of Soil Phosphorus. *Soil Sci.* 84; 133-144.
- Darmawijaya, (1997). *Klasifikasi Tanah. Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. UGM. Yogyakarta.
- Dwidjosaputro. 1991. *Fisiologi Tumbuhan*. Gramedia Pustaka. Jakarta.
- Endriara, W. 2001. Stabilitas Mikroba Pelarut Fosfat Dalam Beberapa Media Pembawa Serta Pengaruhnya Terhadap Serapan P dan Pertumbuhan Jagung (*Zea mays L.*). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Jember. Jember.
- Gerretsen, A.F.C., 1947. The Influence of Microorganisms on the Phosphate Intake by the Plant. *Plant and soil*. 1:51-58.
- Halvorson, H. O., A. Keynan. And H. L. Kornberg. 1990. Utilization of Calcium Phosphates for Microbial Growth at Alkaline pH. *Soil Biology and Biochem* Vol. 22. No.7. Britain.
- Hardjowigeno, S. 1992. *Ilmu Tanah*. Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Karama. 1994. *Optimasi SDL Berwawasan Lingkungan*. Buku 1. P.98-111. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor. Bogor.
- Kimura, R., M. Nishio, and K. Katch. 1990. *Utilization of Phosphorus by Plant After Solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganism in Soil*. National Research Grassland Research Institut and National Agriculture Research Center, Tsubuka. Japan.
- Komar, 1990. *Prospek Pemakaian Zeolit Bayah Sebagai Penjerap NH_4^+ Dalam Air Limbah*. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung.

- Lindsay, W. L. 1979. *Chemical Equilibria in Soil*. John Wiley & Sons, Inc. New York. P. 449.
- Mahmudah. 2002. Penggunaan Media Cair Senyawa Humik Guna Menguji Viabilitas dan Kapabilitas Bakteri Pelarut Fosfat Pada Tanah Ultisol dan Inceptisol. *Skripsi*. Fakultas Pertanian- UNEJ Jember.
- Markamah, 2000. Inventarisasi dan Evaluasi Potensi BPF dari tanah Sawah di Jawa Timur Pada Berbagai Sumber P sukar Larut. *Skripsi*. Fakultas Pertanian UNEJ. Jember.
- Mehlich, A. dan Drake. 1995. *Soil Chemistry and Plant Nutrition*, dalam E.E. Bear, Chemistry of the Soil, Reinhold Pub. New York.
- Moersidi, S., 1992a. *Evaluasi Deposit Fosfat Endapan Dari Sidamulih, Ciamis, Jawa Barat*. Laporan Intern Puslittanak.
- , 1992b. *Mikroba Pelarut P Anorganik Pada Tanah Musam Haplohumult Kadubitung, Jawa Barat*. Puslittanak Bogor. Bogor.
- Moaward, A.M., Premono, and P.L.G. Vlek. 1996. Effect of Phosphate-Solubilizing *Pseudomonas putida* on the Growth of Maize and its Survival in the Rhizosphere. *Indonesian Journal of Crop Science*, Vol 11, No. 1 pp. 13 – 23.
- Munir, 1997. *Tanah-Tanah Utama Indonesia. Karakteristik, Klasifikasi dan Pemanfaatannya*. Pustaka Jaya Jakarta.
- Poerwadi. 1998. Pemanfaatan Zeolit Alam Indonesia Sebagai Adsorben Limbah Cair dan Media Fluidisasi dalam Kolom Fluidisasi. *Jurnal Penelitian Ilmu-ilmu Teknik (Engineering)*. Vol 10. No.1. Malang.
- Poerwowidodo, 1992. *Telaah Kesuburan Tanah*. CV Angkasa. Bandung.
- Premono. E. M., 1994. *Jasad Renik Pelarut P, Pengaruhnya terhadap P tanah dan Efisiensi P tanaman Tebu*. IPB. Bogor.
- dan Widyastuti, R. 1994. *Stabilitas Pseudomonas putida Dalam Bahan Pembawa dan Perannya Sebagai Pupuk Hayati*. P3G1. Pasuruan.
- , 1991. Pengaruh BPF Terhadap Senyawa P Suka Larut, Ketersediaan P-tanah, dan Pertumbuhan Jagung pada Tanah Podsolik Merah Kuning (Ultisol). *Pertemuan Ilmiah Tahunan Permi Bogor*.

- Prihatini. 1989. Peranan Jasad Mikro Pelarut Fosfat Terhadap Ketersediaan Hara Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Tanah Podzolik Rangkasbitung. *Makalah Pada Seminar Akhir Latihan Penelitian Pertanian dan Bioteknologi Pertanian*. Sukamandi.
- Rao, S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Terjemahan Herawati Susilo dari Soil Microorganism and Plant Growth. (1982) Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Sanches dan Salinas, (1981), Effect of Lime on Exchangeable At and on Growth *Soil Sci.*23:89-92.
- Sasongko, N. dan Setiawati.T. 2000. *Identifikasi dan Uji Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Asal Jawa Timur*. Fakultas Pertanian. UNEJ. Jember.
- Siswira 1994. Isolasi dan Seleksi Jasad Renik Pelarut Fosfat (JRPP) dari Perkebunan Tebu. *Majalah Penelitian Gada*. Vol. XXX, No. 3-4, Desember, 1994, P3GI, Pasuruan.
- Setiawati, T.C. 1999. *Pengaruh Penambahan Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Kalium Pada Tanah Vertisol*. Lembaga Penelitian UNEJ. Jember.
- , 2000 *Uji Viabilitas dan Uji Ekologi Bakteri Pelarut Fosfat*. Fakultas Pertanian. UNEJ. Jember.
- Soepardi, G. 1980. *Sifat dan Ciri Tanah*. Departemen Ilmu Tanah. IPB. Bogor.
- Sudiana, M. I., 2002. Phosphatase Activity Of Bacillus sp. Isolated From Foresty Soil of Gunung alimun NationalPark. *Berita Biologi*. Vol.6. No.1, April 2002.
- Sufardi, Zulfikar dan Syukur. 1996. *Zeolit Tinjauan Literatur*. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI. Jakarta.
- Sumarni, T. 2000. Pengaruh Inokulasi Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Ketersediaan dan Perubahaar Bentuk-Bentuk Fosfat Anorganik Tanah. *Skripsi*. UNEJ.
- Sutarti dan Rachmawati, 1994. *Zeolit Tinjauan Literatur*. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah LIPI. Jakarta.
- Sutedjo, M. M. 1991. *Mikrobiologi Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Suwardi. 2000. *Prospek Zeolit Sebagai Bahan Untuk Meningkatkan Produksi Pangan Di Indonesia : 1095- 1104* dalam Prosiding Kongres Nasional VII :HITI. Buku II di Bandung, 2-4 November 1999. HITI. Jakarta.

- Tan, K.H., 1995. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Terjemahan Didiek H. Goenadi dari *Principle of Soil Chemistry*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Thaha, 1969. Activity of Phosphate Dissolving Bacteria in Egyptian Soils. *Plant and Soil*. 31 (1): 149-161.
- Tisdale and Nelson. 1975. *Soil Fertility and Fertilizer*. The Mc. Milan Publishing Co., Inc. New York.
- Volk, W. A. and Jay, C. Brown. 1997. *Basic Microbiology*. Addison Esley Educational Publisher Inc. California.
- Waksman. 1952. *Soil Microbiology*. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Widawati, S, Suliasih. 1999. *Status Jamur Mikoriza Vesikuler-Arbuskular Dan Bakteri Pelarut Fosfat Pada Perakaran Beberapa Tanaman dan Tanah Dari Hutan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan*. Balitbang Mikrobiologi -Puslitbang Biologi, LIPI.
- Widjaja - Adhi IP. G., 1996. *Penggunaan Zeolit Sebagai Amelioran dalam Meningkatkan Produktivitas Lahan Masam Marginal dan Efisiensi Pemupukan*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Makalah Disampaikan Dalam Seminar Sehari Pembuatan dan Pemanfaatan Zeolit Agro Untuk Meningkatkan Produksi Industri Pertanian Tanaman Pangan dan Perkebunan. Bandung.
- Winarsa. 2001. Perubahan Basa-Basa Dapat Ditukar Tanah dan Air Tercuci Pada Tanah Yang D-beri Zeolit. *Asriyumat* 7(1). Januari - Juni: 1-12.

Lampiran Ia. Jumlah Koloni BPF Dalam Media Pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K0H0Z0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K0H0Z1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K0H0Z2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K1H0Z0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K1H0Z1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K1H0Z2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K0H1Z0	105,50	102,50	51,50	259,50	86,50
K0H1Z1	49,00	45,50	43,00	137,50	45,83
K0H1Z2	60,50	66,50	45,50	172,50	57,50
K1H1Z0	42,00	40,00	65,00	147,00	49,00
K1H1Z1	77,00	80,00	73,00	230,00	76,67
K1H1Z2	43,00	77,00	36,00	156,00	52,00
K0H2Z0	38,50	32,50	53,50	124,50	41,50
K0H2Z1	59,50	32,50	56,50	148,50	49,50
K0H2Z2	36,50	50,00	67,00	153,50	51,17
K1H2Z0	103,00	117,50	62,00	282,50	94,17
K1H2Z1	32,50	38,00	86,00	156,50	52,17
K1H2Z2	87,00	86,50	52,00	195,50	65,17
Jumlah	704,00	768,50	691,00	2163,50	

Hasil Transformasi akar

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K0H0Z0	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K0H0Z1	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K0H0Z2	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K1H0Z0	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K1H0Z1	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K1H0Z2	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K0H1Z0	10,30	10,15	7,21	27,66	9,22
K0H1Z1	7,04	6,78	6,60	20,41	6,80
K0H1Z2	7,81	8,19	6,78	22,78	7,59
K1H1Z0	6,52	6,36	8,09	20,98	6,99
K1H1Z1	8,80	8,97	8,57	26,35	8,78
K1H1Z2	6,60	8,80	6,04	21,44	7,15
K0H2Z0	6,4	5,74	7,35	19,34	6,45
K0H2Z1	7,75	5,74	7,55	21,04	7,01
K0H2Z2	6,08	7,11	8,22	21,40	7,13
K1H2Z0	10,17	10,86	7,91	28,94	9,65
K1H2Z1	5,74	6,20	9,30	21,25	7,08
K1H2Z2	7,58	9,33	7,25	24,16	8,05
Jumlah	94,8769	98,4892	95,1055	288,472	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	0,45464				
Perlakuan	17	615,254	36,1914	36,4527**	1,933	2,545
K	1	2,0351	2,0351	2,6498 ns	4,133	7,444
H	2	580,374	290,187	292,282 **	3,275	5,289
Z	2	2,09586	1,047	1,05549 ns	3,275	5,289
KH	2	6,97597	3,487	3,41317 *	3,275	5,289
KZ	2	0,64891	0,324	0,2268 ns	3,275	5,289
HZ	4	2,5383	0,634	0,63916 ns	2,653	3,927
K x H x Z	4	20,5863	5,146	5,18374 **	2,653	3,927
Galat	34	33,7563	0,992			
Jumlah	53	649,465				

Ket : ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 1b. Jumlah Koloni BPF Dalam Media Pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
KOH0Z0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KOH0Z1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KOH0Z2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KIH0Z0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KIH0Z1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KIH0Z2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
KOH1Z0	143,50	121,50	77,00	342,00	114,00
KOH1Z1	126,00	31,50	39,50	197,00	65,67
KOH1Z2	145,50	72,00	48,00	265,50	88,50
KIH1Z0	140,50	42,00	78,00	260,50	86,83
KIH1Z1	88,50	68,50	68,50	225,50	75,17
KIH1Z2	91,00	54,50	71,50	217,00	72,33
KOH2Z0	115,00	59,00	22,50	196,50	65,50
KOH2Z1	68,50	40,00	30,00	138,50	46,17
KOH2Z2	37,00	62,00	28,50	127,50	42,50
KIH2Z0	122,50	87,00	59,50	269,00	89,67
KIH2Z1	53,50	36,00	81,50	171,00	57,00
KIH2Z2	78,50	26,00	75,50	180,00	60,00
Jumlah	1210,00	700,00	680,00	2590,00	

Hasil Transformasi akar

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
KOH0Z0	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
KOH0Z1	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
KOH0Z2	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
KIH0Z0	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
KIH0Z1	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
KIH0Z2	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
KOH1Z0	12,00	11,05	8,80	31,85	10,62
KOH1Z1	11,25	5,66	6,32	23,23	7,74
KOH1Z2	12,08	8,51	6,96	27,56	9,19
KIH1Z0	11,87	6,52	8,86	27,25	9,08
KIH1Z1	9,43	8,31	8,31	26,05	8,68
KIH1Z2	9,57	7,42	8,49	25,47	8,49
KOH2Z0	10,75	7,71	4,80	23,26	7,75
KOH2Z1	8,31	6,36	5,52	20,19	6,73
KOH2Z2	6,12	7,91	5,39	19,41	6,47
KIH2Z0	11,09	9,35	7,75	28,19	9,40
KIH2Z1	7,35	6,04	9,06	22,45	7,48
KIH2Z2	8,89	5,15	8,72	22,75	7,58
Jumlah	122,951	94,228	93,209		

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	31,678409				
Perlakuan	17	733,2853	43,134	21,568 **	1,933	2,545
K	1	0,8199056	0,819	0,410 ns	4,130	7,444
H	2	703,64701	351,823	176,083 **	3,275	5,289
Z	2	10,995	5,497	2,751 ns	3,275	5,289
KH	2	6,167	3,083	1,543 ns	3,275	5,289
KZ	2	0,700	0,350	0,175 ns	3,275	5,289
HZ	4	6,307	1,576	0,789 ns	2,653	3,927
K x H x Z	4	6,647	1,661	0,581 ns	2,653	3,927
Galat	34	67,933	1,998			
Jumlah	53	832,897				

Ket: ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns: tidak berbeda nyata

Lampiran 1c. Jumlah koloni BPF Dalam Media Pada H-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K0H0Z0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K0H0Z1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K0H0Z2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K1H0Z0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K1H0Z1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K1H0Z2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K0H1Z0	70,00	53,00	43,00	166,00	55,33
K0H1Z1	75,50	77,00	38,50	191,00	63,67
K0H1Z2	45,00	48,50	105,00	198,50	66,17
K1H1Z0	42,00	62,50	71,50	176,00	58,67
K1H1Z1	31,00	42,00	50,00	123,00	41,00
K1H1Z2	83,50	57,50	97,00	238,00	79,33
K0H2Z0	40,00	80,00	50,50	170,50	56,83
K0H2Z1	64,00	30,00	59,00	153,00	51,00
K0H2Z2	42,00	47,50	29,50	119,00	39,67
K1H2Z0	39,00	64,00	40,00	143,00	47,67
K1H2Z1	48,50	71,00	53,50	173,00	57,67
K1H2Z2	91,00	63,00	44,00	198,00	66,00
Jumlah	671,50	696,00	681,50	2049,00	

Hasil Transformasi akar

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K0H0Z0	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K0H0Z1	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K0H0Z2	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K1H0Z0	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K1H0Z1	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K1H0Z2	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
K0H1Z0	8,40	7,31	6,60	22,31	7,44
K0H1Z1	8,72	8,80	6,24	23,77	7,92
K0H1Z2	6,75	7,00	10,27	24,02	8,01
K1H1Z0	6,52	7,94	8,49	22,94	7,65
K1H1Z1	5,61	6,52	7,11	19,24	6,41
K1H1Z2	9,17	7,62	9,87	26,66	8,89
K0H2Z0	6,36	8,97	7,11	22,44	7,48
K0H2Z1	8,03	5,52	7,71	21,27	7,09
K0H2Z2	6,52	6,93	5,48	18,92	6,31
K1H2Z0	6,28	8,03	6,76	20,68	6,89
K1H2Z1	7,00	8,46	7,35	22,80	7,60
K1H2Z2	9,57	7,97	6,67	24,21	8,07
Jumlah	93,16	95,31	93,54	282,01	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	0,146				
Perlakuan	17	568,017	33,412	32,407 **	1,933	2,545
K	1	0,262	0,262	0,254 ns	4,130	7,444
H	2	552,516	276,258	267,945 **	3,276	5,289
Z	2	1,409	0,704	0,583 ns	3,276	5,289
KH	2	1,224	0,612	0,593 ns	3,276	5,289
KZ	2	3,793	1,896	1,839 ns	3,276	5,289
HZ	4	3,866	0,966	0,937 ns	2,650	3,927
K x H x Z	4	4,943	1,235	1,198 ns	2,650	3,927
Galat	34	35,054	1,031			
Jumlah	53	603,218				

Kot : ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 2a. Nilai pH Media Pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
KOH020	7,04	7,08	7,05	21,17	7,06
KOH021	7,19	7,12	7,15	21,46	7,15
KOH022	7,10	7,15	7,13	21,38	7,13
KIH020	7,03	7,06	7,09	21,18	7,06
KIH021	6,95	6,89	6,99	20,83	6,94
KIH022	7,16	7,02	7,19	21,56	7,19
KOH120	7,78	7,75	7,76	23,29	7,76
KOH121	7,76	7,745	7,78	23,29	7,76
KOH122	7,72	7,73	7,81	23,26	7,75
KIH120	7,84	7,77	7,78	23,39	7,80
KIH121	7,78	7,78	7,76	23,32	7,77
KIH122	7,80	7,81	7,90	23,51	7,84
KOH220	7,74	7,72	7,74	23,20	7,73
KOH221	7,95	7,90	7,94	23,79	7,93
KOH222	7,90	7,90	7,86	23,66	7,89
KIH220	7,88	7,86	7,84	23,58	7,86
KIH221	7,81	7,90	7,85	23,56	7,85
KIH222	7,90	7,89	7,91	23,70	7,90
Jumlah	136,33	136,27	136,53	409,13	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	P Tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	0,002				
Perlakuan	17	6,704	0,394	400,554 **	1,933	2,545
K	1	0,0003	0,0003	0,317 ns	4,130	7,444
H	2	6,505	3,325	3303,727 **	3,276	5,289
Z	2	0,045	0,022	23,075 **	3,276	5,289
KH	2	0,020	0,010	10,395 **	3,276	5,289
KZ	2	0,063	0,031	32,284 **	3,276	5,289
HZ	4	0,036	0,009	9,258 **	2,650	3,927
K x H x Z	4	0,032	0,008	8,277 **	2,650	3,927
Galat	34	0,033	0,0009			
Jumlah	53	6,730				

Ket : ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 2b. Nilai pH Media Pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K0H0Z0	7,51	7,73	7,80	23,04	7,68
K0H0Z1	7,78	7,71	7,63	23,12	7,71
K0H0Z2	7,87	7,57	7,71	23,15	7,72
K1H0Z0	7,69	7,67	7,57	22,93	7,64
K1H0Z1	7,66	7,63	7,40	22,69	7,56
K1H0Z2	7,72	7,63	7,61	22,96	7,65
K0H1Z0	8,37	8,32	8,30	24,99	8,33
K0H1Z1	8,35	8,42	8,40	25,17	8,39
K0H1Z2	8,35	8,36	8,45	25,16	8,39
K1H1Z0	8,41	8,39	8,43	25,23	8,41
K1H1Z1	8,37	8,31	8,35	25,03	8,34
K1H1Z2	7,46	8,41	8,40	25,27	8,42
K0H2Z0	8,32	8,45	8,31	25,08	8,36
K0H2Z1	8,43	8,45	8,41	25,29	8,43
K0H2Z2	8,39	8,42	8,30	25,11	8,37
K1H2Z0	8,43	8,45	8,39	25,27	8,42
K1H2Z1	8,37	8,32	8,34	25,03	8,34
K1H2Z2	8,45	8,42	8,43	25,30	8,43
Jumlah	146,93	146,66	146,23	439,82	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	0,0138				
Perlakuan	17	6,423	0,3778	60,716 **	1,935	7,545
K	1	0,002	0,00296	0,546 ns	4,139	7,444
H	2	6,333	3,16658	584,223 **	3,276	5,289
Z	2	0,010	0,00552	1,0191 ns	3,276	5,289
KH	2	0,029	0,01494	2,757 ns	3,276	5,289
KZ	2	0,041	0,02083	3,8440 *	3,276	5,289
HZ	4	0,0025	0,00064	0,1187 ns	2,650	3,927
K x H x Z	4	0,0025	0,00063	0,1156 ns	2,650	3,927
Galat	34	0,184	0,00542			
Jumlah	53	6,6219				

Ket : ** : berbeda sangat nyata * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 2c. Nilai pH Media Pada H-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
KOH020	7,90	8,00	7,81	23,17	7,90
KOH021	7,81	7,61	7,71	23,13	7,71
KOH022	7,79	7,50	7,85	23,14	7,71
KIH020	7,75	7,65	7,70	23,10	7,70
KIH021	7,68	7,35	7,41	22,40	7,48
KIH022	7,91	7,70	7,87	23,48	7,83
KOH120	8,15	8,20	7,43	23,78	7,93
KOH121	8,32	8,55	8,50	25,37	8,46
KOH122	8,40	8,35	8,43	25,18	8,39
KIH120	8,60	8,48	8,62	25,70	8,57
KIH121	8,55	8,35	8,59	25,49	8,50
KIH122	8,70	8,65	8,55	25,90	8,63
KOH220	8,45	8,45	8,52	25,42	8,47
KOH221	8,60	8,54	8,64	25,78	8,59
KOH222	8,65	8,63	8,72	26,00	8,67
KIH220	8,56	8,58	8,51	25,65	8,55
KIH221	8,70	8,66	8,65	26,01	8,67
KIH222	8,58	8,60	8,66	25,84	8,61
Jumlah	149,10	147,85	148,17	445,12	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	0,0468				
Perlakuan	17	8,9674	0,5274	28,32 **	1,935	2,545
K	1	0,0816	0,0816	4,385 *	4,130	7,444
H	2	7,6204	3,8102	204,586 **	3,276	5,289
Z	2	0,13397	0,0669	3,596 *	3,276	5,289
KH	2	0,3977	0,1988	10,577 **	3,276	5,289
KZ	2	0,1015	0,0507	2,725 ns	3,276	5,289
HZ	4	0,3272	0,0818	4,293 **	2,650	3,927
K x H x Z	4	0,3048	0,0762	4,0217 **	2,650	3,927
Galat	34	0,6332	0,0186			
Jumlah	53	9,64752				

Ket: ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 3a. Nilai ppm P Media Pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
K0H0Z0	33,08	35,20	45,34	113,62	37,87
K0H0Z1	28,41	21,76	23,58	73,75	24,58
K0H0Z2	32,65	49,58	22,37	104,60	34,87
K1H0Z0	35,67	54,41	33,86	123,94	41,31
K1H0Z1	47,76	47,16	30,23	125,15	41,72
K1H0Z2	33,86	55,62	43,53	133,01	44,34
K0H1Z0	73,76	81,02	74,97	229,75	76,58
K0H1Z1	78,00	73,16	79,20	230,36	76,69
K0H1Z2	65,90	96,74	69,53	232,17	77,39
K1H1Z0	63,48	79,20	76,18	218,86	72,95
K1H1Z1	69,53	72,55	67,72	209,80	69,93
K1H1Z2	84,65	90,69	85,86	261,20	87,07
K0H2Z0	65,90	65,30	66,51	197,71	65,90
K0H2Z1	64,69	67,11	64,09	195,89	65,30
K0H2Z2	66,51	68,32	67,72	202,50	67,52
K1H2Z0	77,39	78,00	70,13	225,52	75,17
K1H2Z1	71,34	69,53	81,02	221,89	73,96
K1H2Z2	57,44	59,25	60,43	177,12	59,04
Jumlah	1050,02	1164,6	1062,27	3276,89	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	439,816				
Perlakuan	17	17099,5	1005,85	20,612**	1,935	2,545
K	1	249,572	249,572	5,114*	4,130	7,444
H	2	15300,3	7650,14	156,76**	3,276	5,289
Z	2	104,808	52,404	1,073ns	3,276	5,289
KH	2	246,8	123,4	2,528ns	3,276	5,289
KZ	2	28,0637	14,0319	0,287ns	3,276	5,289
HZ	4	521,791	130,448	2,673*	2,650	3,927
K x H x Z	4	648,184	162,046	3,320*	2,650	3,927
Gala	34	1659,17	48,7993			
Jumlah	53	19198,5				

Ket : ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 3b. Nilai ppm P Media Pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
KOH0Z0	14,66	16,00	16,00	46,66	15,55
KOH0Z1	8,66	12,66	18,00	39,32	13,11
KOH0Z2	18,60	23,33	23,33	65,26	21,75
KIH0Z0	18,60	23,33	20,66	62,59	20,86
KIH0Z1	14,00	24,00	18,66	56,66	18,89
KIH0Z2	16,00	35,33	16,66	67,99	22,66
KOH1Z0	92,00	76,00	126,60	294,60	98,20
KOH1Z1	122,00	138,00	146,60	406,60	135,53
KOH1Z2	132,66	136,66	132,66	401,98	133,99
KIH1Z0	120,00	123,30	122,00	365,30	121,77
KIH1Z1	116,60	121,30	130,00	367,90	122,63
KIH1Z2	117,33	124,00	124,60	365,93	121,98
KOH2Z0	72,66	84,66	77,33	234,65	78,22
KOH2Z1	75,33	77,33	85,33	237,99	79,33
KOH2Z2	75,33	71,33	76,66	223,22	74,44
KIH2Z0	88,00	73,33	80,00	241,33	80,44
KIH2Z1	72,00	93,33	84,00	249,33	83,11
KIH2Z2	96,00	69,33	87,33	252,66	84,22
Jumlah	1270,43	1323,22	1386,42	3980,07	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	374,716				
Perlakuan	17	100631,23	5919,484	76,538**	1,933	2,545
K	1	116,482	116,482	1,506 ns	4,130	7,444
H	2	97552,55	48776,274	630,670**	3,275	5,289
Z	2	564,726	282,363	3,650*	3,275	5,289
KH	2	81,037	40,518	0,523ns	3,275	5,289
KZ	2	373,683	186,841	2,415 ns	3,275	5,289
HZ	4	948,667	237,166	3,066*	2,650	3,927
K x H x Z	4	994,083	248,520	3,213*	2,650	3,927
Gala	34	2629,572	77,340			
Jumlah	53	103635,57				

Ket : ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 3c. Nilai ppm P Media Pada B-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
KOH0Z0	23,40	19,50	26,65	69,55	23,18
KOH0Z1	5,85	11,70	15,60	33,15	11,05
KOH0Z2	12,35	7,15	5,85	25,35	8,45
KIH0Z0	14,95	15,60	5,85	36,40	12,13
KIH0Z1	21,45	16,25	13,00	50,70	16,90
KIH0Z2	22,75	20,15	20,15	63,05	21,02
KOH1Z0	92,95	104,65	105,30	302,90	100,97
KOH1Z1	98,80	113,10	102,70	314,60	104,87
KOH1Z2	96,85	98,15	104,00	299,00	99,67
KIH1Z0	96,85	65,00	62,40	224,25	74,75
KIH1Z1	98,80	254,15	134,55	487,50	162,50
KIH1Z2	90,35	94,90	98,80	284,05	94,68
KOH2Z0	100,75	93,60	105,30	299,65	99,88
KOH2Z1	110,50	109,85	87,10	307,45	102,48
KOH2Z2	92,95	102,65	85,20	278,20	92,73
KIH2Z0	103,35	94,25	89,70	287,30	95,77
KIH2Z1	77,80	97,50	46,15	216,45	72,15
KIH2Z2	47,45	69,55	65,66	182,66	60,89
Jumlah	1203,15	1387,10	1171,96	3762,21	

Anova

Sumber keragaman	db	JK	KT	F hitung	F Tabel	
					0,05	0,01
Ulangan	2	1501,771				
Perlakuan	17	100440,81	5908,283	13,183**	1,931	2,545
K	1	176,005	176,005	0,392ns	4,130	7,444
H	2	82582,453	41291,227	92,132**	3,276	5,289
Z	2	2236,125	1118,063	2,494ns	3,276	5,289
KH	2	2398,112	1199,056	2,575ns	3,276	5,289
KZ	2	1524,100	762,050	1,700ns	3,276	5,289
HZ	4	6173,338	1543,334	3,443*	2,650	3,927
K x H x Z	4	5350,675	1337,668	2,984*	2,650	3,927
Galat	34	15237,774	448,169			
Jumlah	53	117180,36				

Ket : ** : berbeda sangat nyata, * : berbeda nyata, ns : tidak berbeda nyata

Lampiran 4a. Data Koloni BPF (10^7 CFU / gr tanah) Pada Hari ke-10,20 dan 30

Hasil rata-rata koloni BPF pada hari ke-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0	0	0	0	0
R1T2	0	0	0	0	0
R2T1	27	30	14	71	23,67
R2T2	22	4,5	10	36,5	12,17
R3T1	60	46,5	34	140,85	46,83
R3T2	22,5	52	40	114,5	38,17
Jumlah	131,5	133	98	362,5	120,83
Rerata	21,92	22,17	16,33	60,42	20,14

Hasil rata-rata koloni BPF pada hari ke-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
27	19	29	52	100	33,33
22	27,5	39,5	31,5	98,5	32,83
60	118	66,5	65	249,5	83,17
22,5	32,5	34	27	93,5	31,17
Jumlah	197	169	175,5	541,5	180,50
Rerata	32,83	28,17	29,5	90,25	30,08

Hasil rata-rata koloni BPF pada hari ke-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0	0	0	0	0
R1T2	0	0	0	0	0
R2T1	50,5	41,5	48	140	46,67
R2T2	72	83,5	30,5	186	62,00
R3T1	138	128,5	148,5	415	138,33
R3T2	63,5	36,5	7	107	35,67
Jumlah	324	290	234	848	282,67
Rerata	54,00	48,33	39,00	141,33	47,11

Lampiran 4b. Data Koloni BPF Dalam Tanah Pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0	0	0	0	0
R1T2	0	0	0	0	0
R2T1	27	30	14	71	23,67
R2T2	22	4,5	10	36,5	12,17
R3T1	60	46,5	34	140,85	46,83
R3T2	22,5	52	40	114,5	38,17
Jumlah	131,5	133	98	362,5	120,83
Rerata	21,92	22,17	16,33	60,42	20,14

Hasil dari transformasi akar ($\sqrt{x+1/2}$)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0,707	0,707	0,707	2,121	0,707
R1T2	0,707	0,707	0,707	2,121	0,707
R2T1	5,244	5,523	3,808	14,575	4,858
R2T2	4,743	2,236	3,240	10,220	3,407
R3T1	7,778	6,856	5,874	20,507	6,836
R3T2	4,796	7,246	6,364	18,405	6,135
Jumlah	23,975	23,274	20,700	67,950	22,650
Rerata	3,996	3,879	3,450	11,325	3,775

Anova

Sk	db	JK	KT	Fhitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	105,21609	21,043217	25,84102**	3,106	5,064
R	2	101,31902	50,659511	62,20976**	3,885	6,927
T	1	2,3161078	2,3161078	2,844175ns	4,747	9,330
R x T	2	1,5809564	0,7904782	0,970705ns	3,885	6,927
Galat	12	9,7720063	0,8143339			
Total	17	114,98809			KK : 23,90%	

Hasil dari transformasi akar

Lampiran 4c. Data koloni BPF dalam tanah pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
27	19	29	52	100	33,33
22	27,5	39,5	31,5	98,5	32,83
60	118	66,5	65	249,5	83,17
22,5	32,5	34	27	93,5	31,17
Jumlah	197	169	175,5	541,5	180,50
Rerata	32,83	28,17	29,5	90,25	30,08

Hasil dari transformasi akar ($\sqrt{x+1/2}$)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0,707	0,707	0,707	2,121	0,707
R1T2	0,707	0,707	0,707	2,121	0,707
R2T1	4,416	5,431	7,246	17,093	5,698
R2T2	5,292	6,325	5,657	17,273	5,758
R3T1	10,886	8,185	8,093	27,164	9,055
R3T2	5,745	5,874	5,244	16,862	5,621
Jumlah	27,752	27,229	27,654	82,635	27,545
Rerata	4,625	4,538	4,609	13,774	4,591

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	161,222	32,244	39,031**	3,106	5,064
R	2	143,527	71,763	86,869**	3,885	6,927
T	1	5,692	5,692	6,890*	4,747	9,330
R x T	2	12,002	6,001	7,264**	3,885	6,927
Galat	12	9,913	0,826			
Total	17	171,135			KK : 19,79%	

Hasil dari transformasi akar

Lampiran 4d. Data kloni BPF dalam tanah pada H-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0	0	0	0	0
R1T2	0	0	0	0	0
R2T1	50,5	41,5	48	140	46,67
R2T2	72	83,5	30,5	186	62,00
R3T1	138	128,5	148,5	415	138,33
R3T2	63,5	36,5	7	107	35,67
Jumlah	324	290	234	848	282,67
Rerata	54,00	48,33	39,00	141,33	47,11

Hasil dari transformasi akar ($\sqrt{x+1/2}$)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0,707	0,707	0,707	2,121	0,707
R1T2	0,707	0,707	0,707	2,121	0,707
R2T1	7,141	6,481	6,964	20,586	6,862
R2T2	8,515	9,165	5,568	23,248	7,749
R3T1	11,769	11,358	12,207	35,333	11,778
R3T2	8,000	6,083	2,739	16,821	5,607
Jumlah	36,839	34,501	28,891	100,231	33,410
Rerata	6,140	5,750	4,815	10,705	5,568

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	276,751	55,350	30,021**	3,106	5,064
R	2	218,457	109,228	59,244**	3,885	6,927
T	1	13,957	13,957	7,570*	4,747	9,330
R x T	2	44,336	22,168	12,023**	3,885	6,927
Galat	12	22,124	1,843			
Total	17	298,875			KK : 24,38%	

Hasil dari transformasi akar

Lampiran 5a. Nilai pH tanah pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	5,59	5,48	5,98	17,05	5,68
R1T2	5,50	5,54	5,77	16,81	5,60
R2T1	5,75	5,68	5,93	17,39	5,79
R2T2	6,08	5,69	5,52	17,29	5,76
R3T1	5,63	5,93	5,75	17,31	5,77
R3T2	5,77	5,83	5,81	17,41	5,80
Jumlah	34,32	34,15	34,79	103,260	34,42
Rerata	5,72	5,69	5,79	17,21	5,73

Anova

Sk	dh	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,091	0,018	0,504ns	3,106	5,064
R	2	0,078	0,039	1,082ns	3,885	6,927
T	1	0,003	0,003	0,088ns	4,747	9,330
R x T	2	0,009	0,004	0,134ns	3,885	6,927
Galat	12	0,435	0,0362			
Total	17	0,526			KK : 3,32 %	

Lampiran 5b. Nilai pH tanah pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	5,36	5,48	5,49	16,33	5,44
R1T2	5,54	5,54	5,61	16,69	5,56
R2T1	5,83	5,84	5,93	17,60	5,86
R2T2	5,89	5,76	5,74	17,39	5,79
R3T1	5,87	6,03	5,97	17,87	5,95
R3T2	6,12	6,08	5,79	17,99	5,99
Jumlah	34,61	34,73	34,53	103,87	34,62
Rerata	5,76	5,78	5,75	17,31	5,77

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,737	0,147	15,93**	3,106	5,064
R	2	0,705	0,352	38,14**	3,885	6,927
T	1	0,004	0,004	0,43ns	4,747	9,330
R x T	2	0,027	0,013	1,47ns	3,885	6,927
Galat	12	0,111	0,009			
Total	17	0,848			KK : 1,66 %	

Lampiran 5c. Nilai pH tanah pada B-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	5,40	5,28	5,46	16,14	5,38
R1T2	5,48	5,49	5,48	16,45	5,48
R2T1	5,78	5,89	5,67	17,34	5,78
R2T2	5,80	5,86	5,88	17,54	5,84
R3T1	5,93	5,69	5,96	17,58	5,86
R3T2	6,09	6,12	6,13	18,34	6,11
Jumlah	34,48	34,33	34,58	103,69	34,46
Rerata	5,74	5,72	5,76	51,69	5,74

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	1,086	0,217	29,231**	3,106	5,064
R	2	0,967	0,483	65,076**	3,885	6,927
T	1	0,089	0,089	12,054**	4,747	9,330
R x T	2	0,029	0,146	1,973 _{ns}	3,885	6,927
Galat	12	0,089	0,007			
Total	17	1,175			KK : 1,50%	

Lampiran 6a. Nilai P tanah terlarut (ppm) pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	10,20	12,15	11,81	34,16	11,38
R1T2	10,80	9,77	8,32	28,89	9,63
R2T1	16,10	16,75	17,25	50,10	16,70
R2T2	16,10	18,31	17,79	52,20	17,40
R3T1	14,03	12,73	12,47	39,23	13,07
R3T2	16,75	15,71	15,33	47,79	15,93
Jumlah	83,98	85,42	82,97	252,37	84,12
Rerata	13,99	14,23	13,82	42,065	14,02

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	148,05	29,61	32,047**	3,106	5,064
R	2	130,47	65,23	70,606**	3,885	6,927
T	1	1,61	1,61	1,746ns	4,747	9,330
R x T	2	15,96	7,98	8,637**	3,885	6,927
Galat	12	11,08	0,92			
Total	17	159,14			KK	6,85%

Lampiran 6b. Nilai P tanah terlarut (ppm) pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	6,36	5,10	5,32	16,78	5,59
R1T2	6,58	5,32	5,93	17,83	5,94
R2T1	16,63	16,20	15,71	84,54	16,18
R2T2	15,84	15,58	15,19	46,61	15,53
R3T1	17,40	17,79	18,13	53,50	17,83
R3T2	16,62	17,01	17,66	51,29	17,09
Jumlah	79,43	77,00	78,12	234,55	78,183
Rerata	13,23	12,83	13,02	39,09	13,03

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	484,021	96,804	351,29**	3,106	5,064
R	2	482,402	241,201	875,31**	3,885	6,927
T	1	0,530	0,530	1,924ns	4,747	9,330
R x T	2	1,088	0,544	1,974ns	3,885	6,927
Galat	12	3,306	0,275			
Total	17	487,328			KK : 4,02%	

Lampiran 6c. Nilai P tanah terlarut (ppm) pada H-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	6,73	7,30	7,41	21,44	7,14
R1T2	7,52	7,43	8,52	23,47	7,82
R2T1	18,86	19,09	19,77	57,72	19,24
R2T2	19,09	19,354	20,79	59,42	19,80
R3T1	19,64	19,98	19,09	58,71	19,57
R3T2	19,43	20,22	21,36	61,01	20,33
Jumlah	91,27	93,56	96,94	281,77	93,23
Rerata	15,21	15,59	16,15	46,96	15,65

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	603,181	120,636	273,95**	3,106	5,064
R	2	601,131	300,565	682,55**	3,885	6,927
T	1	2,020	2,020	4,587ns	4,747	9,330
R x T	2	0,030	0,015	0,034ns	3,885	6,927
Galat	12	5,284	0,440			
Total	17	608,465			KK	4,23%

Lampiran 7a. Nilai C-organik tanah pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0,90	1,12	0,89	2,91	0,97
R1T2	0,98	1,21	1,24	3,43	1,14
R2T1	0,66	0,56	0,49	1,61	0,53
R2T2	0,68	0,69	0,72	2,09	0,69
R3T1	0,54	0,62	0,54	1,70	0,56
R3T2	0,43	0,51	0,34	1,28	0,42
Jumlah	4,09	4,71	4,22	13,02	4,34
Rerata	0,63	0,78	0,70	2,17	0,72

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	1,156	0,231	28,56**	3,106	5,064
R	2	1,043	0,521	64,43**	3,885	6,927
T	1	0,018	0,018	2,30ns	4,747	9,330
R x T	2	0,094	0,047	5,81*	3,885	6,927
Galat	12	0,097	0,008			
Total	17	1,253			KK : 12,43%	

Lampiran 7b. Nilai C-organik tanah pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0,40	0,39	0,37	1,16	0,38
R1T2	0,45	0,43	0,42	1,30	0,43
R2T1	0,31	0,29	0,27	0,87	0,29
R2T2	0,36	0,33	0,33	1,02	0,34
R3T1	0,24	0,25	0,26	0,75	0,25
R3T2	0,25	0,22	0,21	0,68	0,22
Jumlah	2,01	1,91	1,86	5,78	1,92
Rerata	0,33	0,31	0,31	0,96	0,32

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,096	0,019	68,172 **	3,106	5,064
R	2	0,088	0,044	156,607 **	3,885	6,927
T	1	0,002	0,002	9,490 **	4,747	9,330
R x T	2	0,005	0,002	9,078 **	3,885	6,927
Galet	12	0,003	0,0002			
Total	17	0,0999			KK : 5,242 %	

Lampiran 7c. Nilai C-organik tanah pada H-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	0,450	0,420	0,390	1,260	0,420
R1T2	0,260	0,240	0,200	0,700	0,233
R2T1	0,190	0,180	0,150	0,520	0,173
R2T2	0,240	0,220	0,190	0,650	0,217
R3T1	0,174	0,140	0,120	0,434	0,145
R3T2	0,180	0,150	0,120	0,450	0,150
Jumlah	1,494	1,350	1,170	4,014	1,338
Rerata	0,249	0,225	0,195	0,669	0,223

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	0,158	0,031	41,888 **	3,106	5,064
R	2	0,103	0,051	68,336 **	3,885	6,927
T	1	0,009	0,009	12,569 **	4,747	9,330
R x T	2	0,045	0,022	30,099 **	3,885	6,927
Galat	12	0,009	0,0007			
Total	17	0,167			KK : 12,342%	

Lampiran 8a. Nilai Al-dd tanah pada H-10

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	3,300	3,440	3,580	10,320	3,440
R1T2	3,640	3,900	4,120	11,660	3,887
R2T1	3,520	3,680	3,900	11,100	3,700
R2T2	4,540	4,260	4,160	12,960	4,320
R3T1	1,720	1,900	2,300	5,920	1,973
R3T2	2,700	2,960	3,040	8,700	2,900
Jumlah	19,420	20,140	21,100	60,660	20,220
Rerata	3,237	3,357	3,517	10,110	3,370

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	10,364	2,072	45,680 **	3,106	5,064
R	2	8,200	4,100	90,358 **	3,885	6,927
T	1	1,986	1,986	43,781 **	4,747	9,330
R x T	2	0,177	0,088	1,252 ns	3,885	6,927
Galat	12	0,544	0,045			
Total	17	10,909			KK : 6,321%	

Lampiran 8b. Nilai AI-dd tanah pada H-20

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	2,80	2,90	3,20	8,90	2,96
R1T2	3,70	3,50	3,30	10,50	3,50
R2T1	1,08	2,80	3,40	7,28	2,42
R2T2	3,60	3,10	1,80	8,50	2,83
R3T1	1,20	1,50	3,30	6,00	2,00
R3T2	1,00	1,10	2,10	4,20	1,40
Jumlah	13,38	14,90	17,10	45,38	15,12
Rerata	2,23	2,48	2,85	7,56	2,52

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	8,374	1,674	2,477ns	3,106	5,064
R	2	7,160	3,580	5,294*	3,885	6,927
T	1	0,057	0,057	0,085ns	4,747	9,330
R x T	2	1,156	0,578	0,855ns	3,885	6,927
Galat	12	8,1136	0,676			
Total	17	16,448				

Lampiran 8c. Nilai A1-dd tanah pada H-30

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rerata
	1	2	3		
R1T1	2,10	2,30	3,15	6,55	2,18
R1T2	2,69	1,90	3,56	8,15	2,71
R2T1	0,05	0,10	0,20	0,35	0,11
R2T2	0,06	0,36	0,26	0,68	0,22
R3T1	0,12	0,06	0,05	0,23	0,07
R3T2	0,22	0,140	0,08	0,44	0,14
Jumlah	5,24	4,86	6,30	16,4	5,46
Rerata	0,873	0,81	1,05	2,73	0,91

Anova

Sk	db	JK	KT	F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	5	21,776	4,355	35,51**	3,106	5,064
R	2	21,324	10,662	86,94**	3,885	6,927
T	1	0,254	0,254	2,074ns	4,747	9,330
R x T	2	0,197	0,098	0,806ns	3,885	6,927
Galat	12	1,471	0,122			
Total	17	23,248				

Lampiran 9. Hasil Analisis Pendahuluan contoh tanah komposit lapisan atas (0 – 20 cm) dari Tanah Ultisol (Kentrong) dan Oxisol (Cigudeg).

Ciri fisik/kimia tanah	Satuan	Asal Lokasi Contoh Tanah		
		Cigudeg	Kentrong	Harkat
Tekstur tanah :				
- pasir	%	7	5	
- debu	%	9	33	
- liat	%	84	62	
PH tanah :				
- H ₂ O (1 : 5)		4,3	4,2	Asam
- KCl (1 : 5)		4,0	3,8	Asam
Bahan organik :				
- C	%	1,78	2,10	Sangat rendah
- N	%	0,20	0,22	Rendah
- C/N		9	10	
P ₂ O ₅ :				
- ekstrak HCl 25%	Mg, 100g ⁻¹	38	10	rendah
- ekstrak bray 1	ppm	5,7	1,0	Sangat rendah
K ₂ O (ekstrak HCl 5%)	Mg, 100g ⁻¹	5	16	rendah
NTK(NH ₄ -asetat 1N pH7) :				
- Ca	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	2,80	3,09	
- Mg	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	0,75	0,82	
- K	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	0,05	0,21	
- Na	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	0,17	0,13	
		3,77	4,25	
KTK :				
-NH ₄ -asetat 1N pH7	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	11,04 (R)	23,40 (S)	(R) : rendah (S) : sedang
-NH ₄ Cl	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	7,11	14,57	
Kejenuhan Basa	%	34	18	rendah
Al ³⁺ (KCl 1 N)	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	1,78	11,23	
H ⁺ (KCl 1 N)	Cmol(+) ⁻¹ kg ⁻¹	0,26	1,73	
Kejenuhan Al	%	30,1	65,3	

Sumber : I Gusti Made Subiksa, Program Pasca sarjana IPB, 2002,


Lampiran 10. Hasil Analisis Kandungan Zeolit Tasikmalaya

Depost asal	KTK	K-dd	Ca-dd	Na-dd	Mg-dd
			(me/100 gr)		
Tasikmalaya	75,27	6,259	98,773	3,386	5,939

Sumber : Winarso, 2007.

Lampiran 11. Hasil Analisis Awal Gula Reduksi dan pH Media Senyawa Humik

Hasil Analisis Gula Reduksi :

- Fruktosa : 3,215 mg / ml
- Glukosa : 0,441 mg / ml
- Sukrosa :-

Hasil Analisis pH awal senyawa humik : 8,25

Lampiran 12. Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Humik, Zeolit, dan Isolat Terhadap pH media, Populasi Bakteri, dan P larut Dalam Media Selama Inkubasi.

Hari	Sumber keragaman	PH	Populasi bakteri ¹⁾	P-larut
10	Perlakuan	400,554 **	36,45 **	20,612 **
	K	0,317ns	2,049ns	5,114*
	H	3303,72 **	292,282 **	156,76 ns
	Z	23,075 **	1,055 ns	1,073 ns
	KH	10,395 **	3,513 *	2,328 ns
	KZ	32,284 **	0,326 ns	0,287 ns
	HZ	9,258 **	0,693 ns	2,673 *
	KHZ	8,271 **	5,183**	3,320 *
20	Perlakuan	69,716 **	21,588**	76,538 **
	K	0,546 ns	0,410 ns	1,506 ns
	H	584,223 **	176,083 **	630,670 **
	Z	1,019ns	2,751 ns	3,650 *
	KH	2,757 ns	1,543ns	0,523 ns
	KZ	3,844 *	0,175ns	2,415ns
	HZ	0,118ns	0,789 ns	3,066 *
	KHZ	0,115ns	0,581 ns	3,213*
30	Perlakuan	28,323 **	32,407 **	13,183**
	K	4,383 *	0,254 ns	0,392 ns
	H	204,58 **	267,945 **	92,132**
	Z	3,596 *	0,683 ns	2,492 ns
	KH	10,677 **	0,593 ns	2,675 ns
	KZ	2,725 ns	1,839ns	1,700 ns
	HZ	4,393 **	0,93ns	3,443*
	KHZ	4,091 **	1,193ns	2,984 *

Keterangan : K : konsentrasi humik, H : isolat, Z : konsentrasi zeolit

¹⁾ : Populasi bakteri merupakan hasil transformasi $\sqrt{X + 1/2}$

Lampiran 13. Nilai varian dan pengaruh perlakuan terhadap pH tanah, P-Bray I tanah, C-organik tanah, populasi bakteri, dan Al-dd tanah selama masa inkubasi.

Hari	Smb. rasam	Pop bakteri ¹⁾	pH	C-organik	P-Bray I	Al-dd
10	Perlakuan	25,84**	0,50ns	28,55**	32,04**	45,68**
	R	62,20 **	,08ns	64,43**	70,60**	90,35**
	T	2,84ns	0,08ns	2,30ns	1,74ns	43,78**
	RxT	0,97 ns	0,13ns	5,81*	8,63 **	1,98ns
20	Perlakuan	39,03**	15,93**	68,17***	351,29**	2,47ns
	R	86,86**	38,14*	156,60**	875,31**	5,29*
	T	6,89 **	0,43ns	9,49**	1,92ns	0,08ns
	RxT	7,26 **	1,47ns	9,07 **	1,97ns	0,85 ns
30	Perlakuan	30,02**	29,23**	41,88**	273,95**	35,51*
	R	59,24**	65,07**	68,33**	682,55**	86,94**
	T	7,57**	12,05**	12,56**	4,58ns	2,07ns
	RxT	12,02**	1,97ns	30,09**	0,03ns	0,80 ns

Keterangan : R : isolat + Humik + zeolit, T : Tanah,

1) Anova untuk jumlah populasi bakteri merupakan hasil dari transformasi $\sqrt{X + 1/2}$