



.....Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.....
(Al-Mujaadilah 11)

Kepunyaan-Nya-lah semua yang di langit, semua yang di bumi semua yang diantara keduanya dan semua yang di dalam tanah.
(At-Thaha 6)

Tulisan ini saya persembahkan kepada Ayahanda (alm) dan Ibu tercinta, kakak-kakak tersayang dan Mas Jack yang dengan segala kemampuan dan cinta kasihnya turut mewujudkan sebagian dari cita-cita dan keberhasilan ini.

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang bersifat rahasia dan hanya untuk keperluan internal. Tidak diperbolehkan untuk disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan lain tanpa izin dari pihak yang bersangkutan. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian yang bersangkutan.

1975/1976	
KEMENTERIAN PERTANIAN	
NO. DAFTARAN	030
NO. SURAT	101

PENGARUH FUNGI PELARUT FOSFAT TERHADAP SERAPAN HARA P DAN PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L)



Oleh
PUJI LESTARI
A 26 0191



JURUSAN TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
1994

oHak cipta milik IPB University

Halaman ini merupakan...
1. Diizinkan untuk...
2. Tidak diperbolehkan...
3. Tidak diperbolehkan...
4. Tidak diperbolehkan...
5. Tidak diperbolehkan...
6. Tidak diperbolehkan...
7. Tidak diperbolehkan...
8. Tidak diperbolehkan...
9. Tidak diperbolehkan...
10. Tidak diperbolehkan...

RINGKASAN

Puji Lestari. Pengaruh Fungi Pelarut Fosfat terhadap Serapan Hara P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (di bawah bimbingan Dr Ir Iswandi Anas, MSc).

Tanah-tanah di Indonesia yang telah mengalami pelapukan lanjut banyak mengalami masalah pemupukan fosfat. Fiksasi yang tinggi dan ketersediaannya yang rendah menyebabkan terjadinya kekahatan fosfor. Beberapa usaha yang telah dilakukan adalah pengapuran dan pemberian bahan organik. Selain dengan usaha tersebut dicobakan dengan pemanfaatan mikroorganisme pelarut fosfat yang diharapkan dapat membantu mengatasi masalah ketersediaan fosfat.

Untuk mengatasi masalah kurang tersedianya fosfat tersebut, maka dilakukan penelitian tentang fungi pelarut fosfat. Dengan perlakuan kompos yang digabung dengan pemupukan TSP dan batuan fosfat.

Penelitian dilakukan dalam rumah kaca dengan menggunakan media tanah Latosol Baranangsiang. Perlakuan inokulasi fungi pelarut fosfat terdiri dari 4 perlakuan yaitu So (tanpa isolat), S1 (isolat 2C₈J₂), S2 (isolat 2C₁₈K₁) dan S3 (isolat 2B₆J₁). Perlakuan pemberian kompos 5 ton/ha dan 0 ton/ha, sedangkan perlakuan pupuk P adalah tanpa pupuk P, TSP 100 kg P₂O₅/ha dan batuan fosfat 100 kg P₂O₅/ha.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh fungi pelarut fosfat terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman jagung dan serapan hara P, mengetahui pengaruh



fungi pelarut fosfat terhadap kelarutan P dari sumber pupuk P dan dari tanah, dan mengetahui peranan kompos terhadap ketersediaan P bagi tanaman.

Fungi pelarut fosfat mampu meningkatkan serapan hara P dan pertumbuhan tanaman jagung. Fungi pelarut fosfat memberikan pengaruh yang berbeda terhadap jenis pupuk P dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pemberian kompos meningkatkan keefektifan fungi pelarut fosfat terhadap serapan hara P dan kelarutan TSP maupun batuan fosfat. Masing-masing isolat berbeda dalam meningkatkan ketersediaan hara P.

Pemberian pupuk TSP, meningkatkan serapan P lebih tinggi daripada batuan fosfat. Fungi pelarut fosfat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung terutama bila disertai pupuk TSP. Melihat hasil percobaan ini maka fungi pelarut fosfat mempunyai prospek yang baik sebagai biofertilizer dan perlu dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas tanah sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.



PENGARUH FUNGI PELARUT FOSFAT TERHADAP
SERAPAN HARA P DAN PERTUMBUHAN
TANAMAN JAGUNG (*Zea mays L*)

Oleh :
PUJI LESTARI

Laporan Masalah Khusus
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian pada
Fakultas Pertanian
IPB

JURUSAN TANAH, FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

1994

Hak Cipta: Pendidikan / Universitas / Lembaga
1. Dilindungi undang-undang sebagai salah satu karya intelektual dan merupakan sumber
2. Tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan, dipersebarluaskan, atau dipublikasikan
3. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan komersial
4. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan politik
5. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan agama
6. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan ras
7. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan suku bangsa
8. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan golongan
9. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan partai politik
10. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan organisasi
11. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan individu
12. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan kelompok
13. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan masyarakat
14. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan bangsa
15. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan dunia
16. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan akhirat
17. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan manusia
18. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan makhluk
19. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan alam
20. Tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai alat untuk kepentingan Tuhan



Judul : Pengaruh Fungsi Pelarut Fosfat terhadap Serapan Hara P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L*)

Nama Mahasiswa : Puji Lestari

Nomor Pokok : A 26 0191

Menyetujui

Komisi Pembimbing

Dr Ir Iswandi Anas, MSc.

Pembimbing



Mengetahui

Prof. Dr Ir Oetit Koswara

Ketua Jurusan Tanah

26 JAN 1994

Tanggal lulus : _____

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Lasem, Kabupaten Rembang pada tanggal 1 Februari 1971 dari keluarga Masrin (alm) dan Ibu Sri Mulyani. Penulis adalah anak terakhir dari tiga bersaudara.

Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar dari tahun 1977 dan lulus pada tahun 1983 di SDN Jolotundo I, Lasem. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai siswa SMPN I Lasem dan berhasil menamatkan pendidikan ini pada tahun 1986. Pendidikan SLTA ditempuh dari tahun 1986 sampai dengan tahun 1989 di SMAN I Rembang.

Pada tahun 1989 penulis diterima sebagai mahasiswa IPB melalui jalur USMI dan pada tahun 1990 penulis memilih dan diterima di Jurusan Tanah pada Fakultas Pertanian, IPB.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah swt karena atas rahmat dan hidayah - Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan dapat menyusun laporan ini dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Dr Ir Iswandi Anas, MSc selaku dosen pembimbing sangat besar perannya dalam membantu penulis baik dalam pelaksanaan penelitian maupun penyusunan laporan.
2. Dra Rahayu Widyastuti yang banyak memberi saran -saran dalam pelaksanaan penelitian.
3. Ir M Edi Premono yang banyak membantu secara teknis maupun saran-saran yang sangat berarti bagi penulis.
4. Pak Romli sebagai petugas rumah kaca atas kesediaannya membantu penulis dalam melaksanakan penelitian.



5. Semua pihak yang telah membantu penulis baik moral maupun materiil dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan laporan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Semoga tulisan ini bermanfaat kepada setiap pembaca terutama dalam menambah wawasan tentang pemanfaatan mikroorganismes pelarut fosfat.

Bogor, Januari 1994

Penulis

Hak Cipta: Pendidikan dan Kebudayaan
1. Dilindungi undang-undang
2. Pengutipan harus mencantumkan sumber
3. Dilarang memperjualbelikan dan menyalin ulang tanpa izin dari IPB University

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang.....	1
Tujuan.....	3
Hipotesis.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
Sifat-sifat Umum Latosol.....	4
Pemupukan Fosfat dan Permasalahannya.....	5
Efektifitas Pemupukan Fosfat.....	5
Masalah Fosfor.....	6
Kebutuhan Fosfor Tanaman.....	7
Fosfor dalam Tanah.....	8
Kandungan Fosfor.....	9
Bentuk dan Ketersediaan.....	9
Peranan Kompos terhadap Peningkatan Ketersediaan P...13	
Fungi Pelarut Fosfat.....	15
Potensi Fungi Melarutkan Fosfat.....	15
Mekanisme Pelarutan Fosfat.....	16
Hasil-hasil Penelitian Penggunaan Fungi Pelarut Fosfat.....	18

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Pengaruh Isolat Fungi Pelarut Fosfat terhadap P-larut dan pH Medium Pikovskaya.....	28
2.	Diameter Miselium Fungi Pelarut P dalam Inkubasi selama 5 Hari.....	29
3.	Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Tinggi, Bobot Kering Tajuk dan Bobot Kering Akar Tanaman Jagung.....	32
4.	Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Tinggi, Bobot Kering Tajuk dan Akar Tanaman Jagung.....	33
5.	Pengaruh Pemupukan P terhadap Tinggi, Bobot Kering Tajuk dan Bobot Kering Akar Tanaman Jagung.....	40
6.	Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Serapan Fosfor oleh Tanaman Jagung.....	44
7.	Pengaruh Pemupukan P terhadap Serapan Fosfor oleh Tanaman Jagung.....	45
8.	Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Serapan Fosfor oleh Tanaman Jagung.....	45
9.	Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Serapan Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.....	47
10.	Pengaruh Pemupukan P terhadap Serapan Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.....	48
11.	Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Serapan Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Analisis Pendahuluan Tanah Latosol Baranangsiang.....	56
2. Sifat-Sifat Kompos yang Digunakan.....	56
3. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Jagung 21 HST.....	57
4. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Jagung 28 HST.....	57
5. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Jagung 35 HST.....	58
6. Sidik Ragam Bobot Kering Tajuk Tanaman Jagung.....	58
7. Sidik Ragam Bobot Kering Akar Tanaman Jagung.....	59
8. Sidik Ragam Serapan Hara Fosfor oleh Tanaman Jagung.....	59
9. Sidik Ragam Serapan Hara Nitrogen oleh Tanaman Jagung.....	60
10. Sidik Ragam Serapan Hara Kalium oleh Tanaman Jagung.....	60
11. Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat, Kompos dan Pemupukan P terhadap Tinggi Tanaman, Bobot Kering Tajuk dan Akar Tanaman Jagung.....	61
12. Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat, Kompos dan Pemupukan P terhadap Serapan Fosfor, Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.....	62
13. Interaksi Isolat dan Pemupukan P Berpengaruh Sangat Nyata terhadap Bobot Kering Tajuk Tanaman Jagung.....	63
14. Interaksi Pemupukan P dan Kompos Berpengaruh Sangat Nyata terhadap Bobot Kering Akar Tanaman Jagung.....	63
15. Interaksi Pemupukan P dan Kompos Berpengaruh Nyata terhadap Bobot Kering Akar Tanaman Jagung....	64
16. Interaksi Isolat dan Pemupukan P Berpengaruh Nyata terhadap Serapan Fosfor Tanaman Jagung.....	64
17. Tabel Komposisi Medium yang Dipakai dalam Penelitian.....	65

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Tinggi Tanaman Jagung (35 HST).....	35
2.	Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Tinggi Tanaman Jagung (35 HST).....	36
3.	Pengaruh Sumber Pupuk P terhadap Tinggi Tanaman Jagung (35 HST).....	41

a Hick cipika mihk ipb University

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dibeberapa tempat di Indonesia kelangkaan bahan pangan mengakibatkan kesengsaraan, penyakit dan bahkan kematian manusia. Pengadaan pangan yang kian hari kian meningkat menuntut keterlibatan teknologi. Selain teknologi penyediaan pangan juga dipengaruhi oleh ketersediaan sumber daya alam, varietas tanaman dan hewan, dan sarana produksi seperti pupuk. Pemakaian pupuk anorganik ternyata masih sangat terbatas. Selain karena subsidi pupuk oleh pemerintah yang telah dikurangi sehingga menyebabkan kenaikan harga pupuk yang terus meningkat juga pengaruhnya terhadap pencemaran lingkungan. Termasuk pupuk TSP yang merupakan sumber pupuk P utama di Indonesia.

Pada tanah-tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut seperti kebanyakan tanah di Indonesia, sebenarnya cenderung membutuhkan jenis dan jumlah pupuk yang lebih banyak. Kebutuhan pupuk nitrogen menempati urutan pertama diikuti fosfor dan ketiga adalah pupuk kalium (Leiwakabessy, 1989).

Masalah utama pemupukan fosfor adalah fiksasinya yang tinggi dan ketersediaannya rendah sebagai akibat sifat stabil unsur fosfor di dalam tanah. Hal ini mendukung dilakukannya berbagai usaha dalam meningkatkan cara pemupukan yang lebih efisien. Unsur fosfor ini hanya sedikit

yang dimanfaatkan tanaman dan banyak tertinggal di dalam tanah dalam keadaan tak tersedia sebagai residu.

Berbagai upaya secara kimia dan fisik telah dilakukan, seperti yang telah dilakukan selama ini, misalnya pengapuran, pemberian bahan organik, cara penempatan, jenis dan takaran pupuk fosfor. Upaya secara biologi adalah pemanfaatan mikroorganisme. Mikroorganisme pelarut-P sebagai salah satu penerapan bioteknologi akan sangat berarti dalam meningkatkan produksi pertanian dan peningkatan efektifitas pemupukan P. Juga mengurangi pencemaran lingkungan yang sering ditimbulkan akibat penggunaan pupuk kimia yang berlebihan. Salah satu diantaranya adalah fungi yang kini cukup mendapat perhatian. Menurut Iswandi (1989), fungi aktif pada tahap pertama proses dekomposisi bahan organik, selain itu juga mampu melarutkan fosfat.

Banyak perhatian tercurah pada pemanfaatan jasad pelarut-P sebagai biofertilizer. Prihatini dan Iswandi (1989) mempelajari peranan jasad mikro pelarut P dan pupuk P alam terhadap ketersediaan P tanah masam, serapan hara P dan berat kering tanaman jagung. Inokulasi dengan isolat jasad mikro pelarut P yang diisolasi dari tanah Ciampea (Bogor) berhasil meningkatkan serapan hara P dan berat kering tanaman jagung dengan pemberian 440 ppm P alam (Gresik). Salih *et al.* (1989) melakukan penelitian di Irak terhadap kemampuan Penicillium sp dan Aspergillus foetidus untuk meningkatkan ketersediaan

fosfor. Hasilnya menyatakan bahwa kedua fungsi tersebut ternyata mampu meningkatkan ketersediaan P pada tanah yang diuji dengan pemberian batuan fosfat dan TSP.

Tujuan

Tujuan penelitian adalah: (1) mengetahui pengaruh fungsi pelarut fosfat terhadap peningkatan serapan hara P dan pertumbuhan tanaman jagung, (2) mengetahui pengaruh fungsi pelarut fosfat terhadap kelarutan P dari sumber pupuk P yang berbeda dan dari tanah (3) mengetahui peranan kompos terhadap peningkatan ketersediaan P bagi tanaman.

Hipotesis

Hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini adalah: (1) fungsi pelarut-P meningkatkan serapan hara P dan pertumbuhan tanaman jagung, (2) jenis pupuk P memberikan pengaruh yang berbeda terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman dan (3) efektifitas pemupukan P dan fungsi pelarut fosfat dalam meningkatkan ketersediaan P meningkat dengan pemberian kompos.

TINJAUAN PUSTAKA

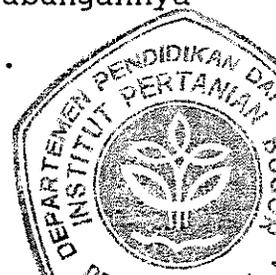
Sifat-sifat Umum Latosol

Tanah Latosol dijumpai di daerah dengan curah hujan dan suhu tinggi yaitu lebih dari 2,000 mm/tahun dengan bulan kering kurang dari 3 bulan. Dibentuk dari tufa vulkan dan terletak pada ketinggian 10-1,000 m dpl (Soepardi, 1983; Buckman dan Brady, 1956).

Pada proses pembentukan tanah Latosol, basa-basa terlarut seperti Ca, Mg, K dan Na cepat dibebaskan. Keadaan kemasaman yang rendah ini diikuti oleh cepatnya dekomposisi bahan organik. Akibat pelapukan yang intensif, akan merangsang pelarutan silika dan menghambat pelarutan Fe, Al dan Mn (Humbert, 1948 dalam Soepardi 1983).

Solum tanah Latosol dalam (>1.5 m) berwarna merah hingga coklat, semakin tua bahan induk semakin berwarna merah dan teksturnya liat. Reaksi tanah masam hingga agak masam (pH H₂O 4.5-6.5), miskin unsur hara, mempunyai permeabilitas baik dan aktivitas biologi cukup baik (Soepardi, 1983; Soeprahardjo, 1961).

Kapasitas tukar kation tanah Latosol rendah yang sebagian disebabkan oleh kadar bahan organik yang kurang dan juga oleh sifat liat hidro oksida. Perbandingan kandungan SiO₂/R₂O₃ atau SiO₂/AlO₃ berkisar 1.33-2.00. Adanya kadar seskuioksida yang tinggi ini erat hubungannya dengan efisiensi pupuk P (Wirjodihardjo, 1953).



Pemupukan Fosfat dan Permasalahannya

Menurut Soepardi (1983), penambahan P ke dalam tanah diharapkan akan dapat meningkatkan ketersediaan unsur tersebut bagi tanaman. Fosfor sebagai salah satu unsur pupuk, sering ditambahkan ke dalam tanah bersama nitrogen dan kalium (Soepardi, 1983). Menurut Fotyma (1977) pemupukan fosfor ini didasarkan pada keseimbangan hara. Sejumlah hara P yang ditambahkan ke dalam tanah akan diserap tanaman dan merupakan perbaikan status P tanah.

Efektifitas Pemupukan Fosfat

Efisiensi pemupukan fosfat pada umumnya sangat rendah dan berbeda-beda untuk tiap jenis tanah. Sebagai contoh pada tanah Andosol efisiensinya <20%, sedang pada Latosol <30% (Djokosudardjo, 1982).

Efektifitas pupuk P bukan berdasar pada kadar total unsur tersebut melainkan efektifitasnya di lapang. Yaitu tingkat kelarutan pupuk tersebut dan ketersediaannya bagi tanaman, termasuk pupuk TSP dan batuan fosfat (Leiwakabessy, 1989). Chien dan Hammond (1989) mendefinisikan efisiensi internal sebagai rasio antara bobot kering tanaman dan penyerapan fosfor. Ternyata antara batuan fosfat dengan perlakuan pengasaman dan single superfosfat sama-sama efektif meningkatkan bobot kering tanaman atau penyerapan P pada kapasitas pengikatan P 28% atau 36% .

Pemberian pupuk P dianjurkan sesuai dengan P yang diambil tanaman dan tanggap tanaman terhadap tanah yang kekurangan P (Fotyma, 1977). Hanya 10%-20% P dari pupuk yang dapat diserap tanaman karena sebagian besar tertinggal dalam tanah sebagai residu P (Barber dan Riley, 1971). Black (1968) mengatakan bahwa dengan adanya konsentrasi fosfat dalam larutan jenuh pupuk fosfat yang umumnya ribuan kali konsentrasinya di dalam larutan tanah, menyebabkan pemupukan P yang berat akan menurunkan efektifitas pupuk tersebut. Hal ini didukung oleh Buntan (1992) bahwa bila residu P tinggi maka efektifitas pupuk P mulai menurun .

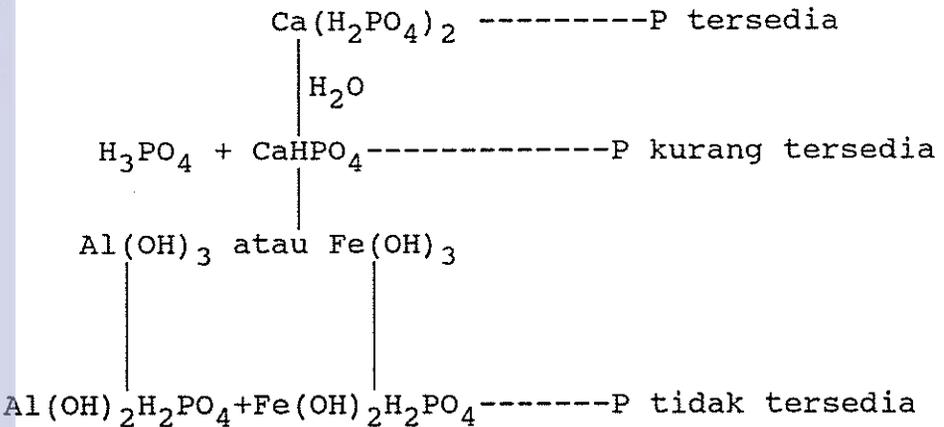
Hasil penelitian Astiana (1977) menyatakan bahwa pemberian pupuk P pada tanah organik Delta Upang dalam konsentrasi tinggi tidak efektif meningkatkan bobot kering jerami dan bobot gabah bernas padi. Hanya 10% fosfat yang dapat dimanfaatkan tanaman.

Masalah Fosfor

Masalah fosfor adalah jumlahnya dalam tanah sedikit, ketidaktersediaannya bagi tanaman dan fiksasi P tinggi. Bila P larut berupa pupuk ditambahkan ke dalam tanah sebagian akan diubah menjadi tidak tersedia bagi tanaman, sekalipun tanah dalam kondisi baik (Buckman dan Brady, 1956).

Pada tanah-tanah tua fosfat akan membentuk kompleks hidrooksida Fe-P, hidrooksida Al-P, sedang tanah alkali

membentuk kompleks Ca-P. Pada tanah Andosol akan berikatan dengan alofan membentuk alofan fosfat (Leiwakabessy, 1989) sedangkan pada kondisi masam ion Al, Fe bereaksi dengan ion fosfat membentuk garam Fe-P atau Al-P yang tidak larut. Pupuk fosfat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ diberikan ke tanah masam akan berubah sebagai berikut:



Dengan demikian efisiensi pemupukan akan menurun karena sebagian fosfat difiksasi menjadi bentuk tidak tersedia (Lukman *et al.*, 1985).

Kebutuhan Fosfor Tanaman

Fosfor tergolong sebagai unsur-unsur utama yang dibutuhkan tanaman disamping N dan K. Tanaman mengabsorpsi P dalam bentuk H_2PO_4^- dan sebagian kecil HPO_4^{2-} (Leiwakabessy, 1989).

Dalam hubungan tanah dan tanaman, Fox (1981) dalam Basyaruddin (1982) mengemukakan dua istilah kebutuhan hara tanaman yaitu kebutuhan hara eksternal

dan kebutuhan hara internal. Kebutuhan hara eksternal merupakan faktor intensitas hara, yang menyatakan jumlah hara dalam larutan tanah dan tersedia bagi tanaman. Kebutuhan hara internal diartikan sebagai faktor kuantitas hara yang menyatakan jumlah hara yang harus terdapat dalam tanaman (serapan hara minimum) untuk pertumbuhan maksimum.

Unsur P penting terhadap pertumbuhan awal tanaman dan dalam jumlah yang cukup dapat memperbesar pertumbuhan akar. Kekurangan P pada awal pertumbuhan menyebabkan daun berwarna ungu karena perakaran terbatas sedang kebutuhan P sangat tinggi (Koswara, 1989; Leiwakabessy, 1989). Dalam hubungannya dengan fosfat, dari penelitian Fotyma (1977) bahwa tanah-tanah yang mempunyai intensitas P sama ternyata serapan P oleh tanaman jagung tidak sama pada semua tanah.

Fosfor dalam Tanah

Fosfor tanah berasal dari pembebasan bentuk-bentuk terlarut di dalam tanah yang berasal dari pelapukan mineral fosfat primer, tambahan sisa-sisa tanaman dan hewan, dan pemupukan baik dengan bentuk organik ataupun anorganik (Black, 1968; Waksman dan Starkey, 1981). Fosfat di alam pada umumnya berasal dari bahan induk mineral apatit yang mengandung 96% trikalsium fosfat (Teuscher dan Alder, 1960 dalam Widjajanti, 1991).

Kadar P total dalam tanah umumnya rendah, berkisar antara 0.02%-0.3% P_2O_5 pada lapisan olah (Leiwakabessy,

1989). Dan menurut Thompson (1957) tidak lebih dari 0.5% P_2O_5 , dan secara khusus lebih kurang 0.15% atau 1500 ppm. Karena kelarutan P rendah maka tidak mudah hilang oleh pencucian baik pada tanah-tanah muda ataupun tanah-tanah tua. Jumlah P total dalam tanah mineral lebih besar dibandingkan jumlah nitrogen (Buckman dan Brady, 1956).

Kandungan Fosfor

Tanah-tanah muda dan perawan umumnya mempunyai kandungan P lebih tinggi dari pada tanah-tanah tua (Tisdale dan Nelson, 1965). Begitu pula penyebarannya dalam profil tanah dan berbeda-beda menurut satuan tanah (Djokosudardjo, 1982).

Tanah-tanah yang tidak dibajak mengandung 0.062% P_2O_5 dan lebih kecil dibanding nitrogen dan kalium. Tanah yang belum dibajak mengandung P lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang sudah dibajak (Lipman dan Conybeare, 1963 dalam Black, 1968).

Bentuk dan Ketersediaan

Unsur hara P dijumpai dalam tanah dalam bentuk kompleks dan tidak tersedia bagi tanaman yaitu apatit, Ca-P, Fe-P, Al-P dan dalam bentuk senyawa organik yang berupa fitin dan asam nukleat. Sedang sebagian bentuk sederhana dan mudah tersedia seperti K-P, Mg-P (Buckman dan Brady, 1956). Dengan demikian sumber utama P adalah dari senyawa organik dan anorganik (Leiwakabessy, 1989),

untuk itu Black (1968) membagi P dalam tanah menjadi dua kelompok yaitu P-organik dan P-anorganik.

Buckman dan Brady (1956) menyatakan bahwa ketersediaan P dalam tanah sangat dipengaruhi oleh: (1) pH tanah, (2) Fe-, Al-, Mn-larut, (3) mineral yang mengandung Ca, (4) mineral yang mengandung Al, Fe dan Mn, (5) jumlah dan dekomposisi bahan organik, (6) kegiatan mikroorganisme.

Bentuk ion P dipengaruhi oleh kemasaman tanah, pada kemasaman tinggi berbentuk H_2PO_4^- dengan kenaikan pH akan berubah menjadi HPO_4^{2-} dan selanjutnya PO_4^{3-} . Tingkat ketersediaan maksimum P pada pH 6.5-7.5 dalam bentuk H_2PO_4^- (Buckman dan Brady, 1956; Black, 1968; Thompson, 1957).

Unsur P akan berikatan dengan Al, Fe dan Mn bila reaksi tanah masam, sedang pada tanah alkali P akan membentuk kompleks dengan unsur Ca. Fiksasi tinggi terjadi pada pH < 5, dengan demikian P terlarut diikat dalam kompleks tersebut, sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Buckman dan Brady, 1956). P terlarut yang labil ke dalam tanah, tidak cepat stabil lagi tetapi kelarutannya meningkat untuk jangka waktu yang lama (Black, 1968). Menurut Soepardi (1983) ketersediaan P dalam tanah dapat dikendalikan dengan pengapuran dan pemberian bahan organik.

P-Organik

Sebagian besar P tanah terdiri dari P-organik yang merupakan sumber utama P tanah (Soepardi, 1983), oleh Alexander (1977) diperkirakan 15%-85% dari total P tanah. Terutama pada tanah-tanah yang kaya akan bahan organik akan mengandung P-organik tinggi pula, karena pada proses mineralisasi bahan organik selain dihasilkan NH_4^+ dan NO_3^- juga ion fosfat.

Senyawa P-organik dalam tanah ataupun tanaman terbagi dalam 3 kelompok yaitu: 1) fitin dan derivatnya, 2) asam nukleat, dan 3) fosfolipid (Buckman dan Brady, 1977; Subba Rao, 1981). Sedangkan menurut Waksman dan Starkey (1981) dalam sisa-sisa hewan dan tanaman P tersedia dijumpai dalam bentuk fitin, fosfolipid, lecitin dan nukleoprotein. Senyawa-senyawa tersebut tidak dapat dimanfaatkan tanaman (Buckman dan Brady, 1956).

Fitin merupakan ester asam fosfor dan inositol, yang melimpah dalam jaringan tanaman (Salle, 1948). Dalam proses mineralisasi asam fitat diubah menjadi fitin dan lecitin yang berisi fosfor dan nitrogen (Waksman dan Starkey, 1981).

Asam nukleat mengandung sejumlah P dan bersifat masam. Asam nukleat yang ditambahkan ke dalam tanah akan cepat mengalami defosforilasi, mineralisasi ini akan menurun kecepatannya dengan kenaikan kemasaman (Alexander, 1977).

Fosfolipid dipecah oleh mikroorganisme sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Dalam proses perombakannya fosfat dipecah dari senyawa organik dan kemudian diasimilasi oleh mikroorganisme yang membutuhkannya (Alexander, 1977).

P-Anorganik

P-anorganik ini jumlahnya hanya sedikit dan diikat oleh kompleks mineral sehingga lambat ketersediaannya. Hampir semua P-anorganik di dalam tanah dapat dibagi dalam dua kelompok: 1) senyawa yang mengandung Ca, 2) senyawa yang mengandung Fe dan Al (Buckman dan Brady, 1956). Ketersediaan P-anorganik menurut Thompson (1957) sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: 1) pH 6.5 - 7.5, 2) fosfor yang tinggi didalam tanah, 3) suplai bahan organik tanah, 4) kelembaban tanah tinggi dan 5) seskuioksida bebas yang rendah pada liat.

Batuan fosfat diduga berasal dari timbunan sisa-sisa hewan jaman prasejarah dan dapat juga berasal dari deposit marin. Batuan fosfat mengandung 18% - 81% trikalsium fosfat dan senyawa lain seperti sisa-sisa derivat tubuh hewan yang umum berada dalam bentuk karbonat (Teuscher dan Alder dalam Widjajanti, 1991). Seperti salah satu batuan fosfat yang ditemukan di Florida mengandung 35% P_2O_5 (Sauchelli, 1960). Trikalsium fosfat ini merupakan bentuk kalsium fosfat yang paling sukar larut

dibandingkan dengan monokalsium fosfat dan dikalsium fosfat.

Peranan Kompos terhadap Peningkatan Ketersediaan Fosfat

Millar (1959) mengemukakan bahwa bahan organik selain dapat memperbaiki sifat fisik tanah juga kimia dan biologi. Terhadap sifat fisik tanah oleh Iswandi (1988) dinyatakan bahwa bahan organik ini dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kelembaban tanah. Secara kimia bahan organik meningkatkan ketersediaan hara, menurunkan kemasaman tanah, meningkatkan KTK tanah, NPS diikat dalam bentuk organik (Iswandi, 1988; Soepardi, 1983). Pengaruh secara biologi dalam tanah terutama terhadap susunan organisme seperti fungi dan bakteri yang berperan dalam mengatur reaksi enzimatik (Buckman dan Brady, 1956).

Dengan demikian kompos sebagai bahan organik mempunyai pengaruh baik langsung ataupun tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman (Russel, 1950). Hal yang penting adalah bahwa kompos ini juga dapat meningkatkan P tersedia (Noveni, 1988). Dengan bantuan fungi P-organik tanah akan diubah menjadi P-anorganik sehingga dapat dimanfaatkan tanaman.

Keefektifan jasad pelarut P dapat ditingkatkan dengan pemberian kompos, ini dikarenakan terjadi interaksi positif. Kompos sebagai bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah sehingga dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman (Buntan, 1992).

Dekomposisi bahan organik di dalam tanah menghasilkan bermacam-macam asam, diantaranya asam karbonat (H_2CO_3). Asam ini mempunyai kemampuan untuk melarutkan mineral-mineral tanah. Bagi senyawa fosfat yang dapat larut dalam asam lemah, kehadiran asam ini sangat membantu dalam proses pelarutannya di dalam tanah sehingga fosfat dapat dilepaskan ke larutan tanah. Disamping itu hasil dekomposisi bahan organik berupa asam fulfat dan asam humat mampu menekan aktifitas oksida dan hidroksida Fe dan Al dalam menyerap fosfat dari larutan tanah. Proses ini mengurangi tingkat serapan dan mempertahankan fosfat tetap berada dalam larutan tanah dalam bentuk tersedia (Bumaya dan Naylor, 1988; Djokosudardjo, 1982).

Keuntungan penggunaan kompos pada pertumbuhan jagung sangat nyata khususnya pada panen pertama dan kedua, penambahan kompos berpengaruh langsung terhadap hasil panen. Disamping itu penambahan kompos yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik memperlihatkan hasil yang paling baik (Vanhille *et al.*, 1987), yang telah dibuktikan oleh Iswandi (1988) kombinasi kompos 5 ton/ha dan NPK nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.

Fungsi Pelarut Fosfat

Fungi banyak ditemukan dalam tanah, koloni fungi ini dapat berasal dari spora atau hifa. Bisa berada dalam bentuk dorman maupun bentuk struktur istirahat lainnya ataupun dari miselium yang aktif tumbuh (Iswandi, 1989).

Menurut Buckman dan Brady (1956) fungi penting dalam perubahan susunan tanah, kemampuannya menghancurkan senyawa-senyawa selulosa, zat pati, bahan organik mudah lapuk, pembentukan humus dan agregasi tanah, juga meningkatkan kelarutan fosfat. Waksman dan Starkey (1981) mengemukakan bahwa berbagai fungi mampu membebaskan fosfor dari kompleks organik ke bentuk anorganik.

Potensi Fungi Melarutkan Fosfat

Jumlah fungi dalam tanah berkisar antara 2×10^4 - 1×10^6 dalam tiap gram tanah, populasinya kebanyakan disekitar perakaran (Alexander, 1977). Fungi pelarut P yang hidup dekat akar lebih aktif daripada yang jauh dari akar karena asam amino yang dikeluarkan permukaan akar meningkatkan aktifitas fungi di rizosfer (Burges dan Raw, 1967). Dengan demikian akar tanaman berkaitan erat dengan metabolisme mikroorganisme aktif. Aktifitas biokimia dari fungi ini akan meningkatkan ketersediaan fosfat bagi tanaman (Bowling, 1976).

Unsur P merupakan bagian esensial sel mikroorganisme untuk itu pada tanah-tanah yang kekurangan P penambahannya akan mendukung aktifitas mikrobiologi dan secara

perlahan akan meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman (Thompson, 1957). Alexander (1977) mengemukakan bahwa ketersediaan fosfor bagi tanaman sangat dipengaruhi oleh kehidupan mikroorganisme. Peranan mikroorganisme seperti fungi, bakteri dan aktinomycetes dalam merubah fosfor tak larut ke bentuk larut diantaranya melalui: (1) pelarutan senyawa P-anorganik, (2) mineralisasi senyawa organik ke bentuk P-anorganik, (3) imobilisasi senyawa P-anorganik ke dalam komponen sel dan (4) mereduksi atau mengoksidasi senyawa P-anorganik.

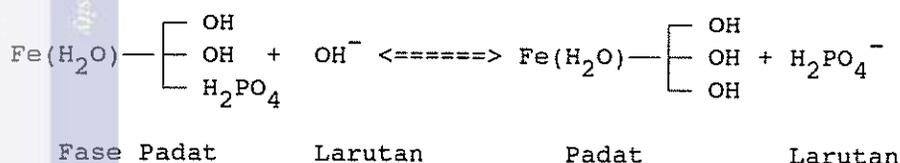
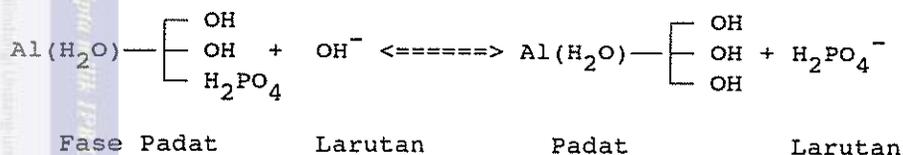
Thom dan Humfeld (1932) dalam Burges dan Raw (1967) mengemukakan bahwa dari rizosfer tanaman jagung pada tanah asam dan alkalin akan diperoleh strain fungi yang berbeda-beda. Kucey (1983) mengatakan bahwa dari isolasi beberapa strain fungi pelarut P ternyata kemampuannya akan berkurang setelah beberapa siklus inokulasi dan penyimpanan.

Selain itu dikenal juga asosiasi antara fungi dengan akar tanaman (Millar, 1959) yang disebut mikoriza. Mikoriza fungi dapat meningkatkan ketersediaan P. Keefektifan mikoriza fungi meningkat pada lingkungan yang kekurangan P dan sudah banyak dicobakan pada tanaman jagung, kedelai, sorgum dan lain-lain (Alexander, 1977).

Mekanisme Pelarutan Fosfat

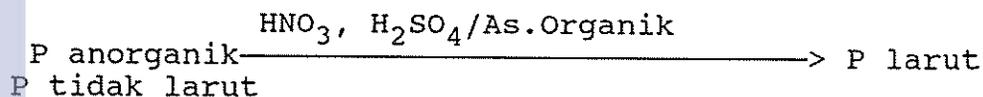
Proses utama terhadap pelarutan senyawa fosfat sukar larut adalah produksi asam organik oleh mikroorganisme dan

sebagian asam anorganik yang dapat berinteraksi dengan senyawa P sukar larut serta melarutkan fosfor dari kompleks Al-, Fe-, Mn- dan Ca-P. Seperti yang diungkapkan oleh Basyaruddin (1982) dalam suatu reaksi sederhana sebagai berikut:



Pelepasan H_2PO_4^- menyebabkan jumlah fosfat dalam larutan tanah akan bertambah.

Asam anorganik seperti asam nitrat dan asam sulfat berperan dalam meningkatkan kelarutan fosfat dalam batuan fosfat (Alexander, 1977) yang ditekankan oleh Leiwakabessy (1989) dalam mekanisme:



Kompleks $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ lebih cepat larut sedangkan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 dan AlPO_4 sangat lambat dilarutkan.

Dalam jumlah bahan organik yang banyak dan fosfor sedikit maka mikroba akan mereasimilasi bagian dari fosfor ini dalam sintesa substansi sel mereka sehingga ketersediaan fosfor untuk pertumbuhan tanaman dapat diatasi

(Waksman dan Starkey, 1981). Interaksi berbagai asam organik dan anorganik yang dibentuk oleh mikroorganisme akan merubah fosfat menjadi lebih terlarut dan siap untuk tanaman (Waksman dan Starkey, 1981).

Hasil-hasil Penelitian Penggunaan Fungi Pelarut Fosfat

Penelitian dan pemanfaatan mikroorganisme pelarut fosfat sebenarnya sudah cukup lama yaitu sejak tahun 1930-an (Cooper, 1959). Lennan dan Ducker (1952) berhasil memperoleh 45 spesies dari Penicillium sp yang diidentifikasi dari tanah Victoria pada tanah asam Podsol dan alkali Mallee. Das (1963) yang menggunakan fungi pelarut fosfat membandingkan beberapa spesies fungi yang diisolasi dari akar tanaman padi diperoleh antara lain Aspergillus niger, Trichoderma viride, Penicillium fardum, dan Sclerotium rolfsii. Kemampuan fungi yang tertinggi dalam melarutkan fosfat adalah Aspergillus niger yaitu 29%-35%.

Agnihotri (1970) memberi petunjuk bahwa Aspergillus dan Penicillium mempunyai kemampuan yang tinggi dalam melarutkan fosfat dan kebanyakan hidup aktif dengan spora. Subba Rao (1981) mengemukakan beberapa spesies fungi yang lain yang juga mempunyai kemampuan melarutkan fosfat adalah Curcularia lunata, Phoma sp, Candida sp, Clardosporium sp dan Rhodotularia sp. Beberapa percobaan lapang yang telah dilakukan di India memberikan hasil yang cukup mengembirakan. Aspergillus awamori yang dicobakan pada tanaman gandum dan padi dengan sumber P berasal dari super

fosfat atau batuan fosfat memberikan peningkatan hasil gandum pada penggunaan 100 kg P_2O_5 /ha.

Banik dan Dey (1982) mengisolasi beberapa mikroorganisme pelarut fosfat dari tanah aluvial (Fluvakuent). Diperoleh dua strain fungi yaitu ACF_2 (Aspergillus candidus) dan ACF_1 (Aspergillus fumigatus), dua strain bakteri yaitu ACB_5 dan ACB_{13} serta satu strain Actinomycetes yang efisien melarutkan P dari $Ca_3(PO_4)_2$. Mikroorganisme tersebut memproduksi asam oksalat dan asam tartat tanpa atau dengan asam sitrat menunjukkan kemampuan yang tinggi melarutkan P anorganik sukar larut. Aspergillus fumigatus mempunyai kemampuan paling tinggi melarutkan batuan fosfat (31.5 ug). Dan secara umum strain ACF_2 mempunyai kemampuan lebih baik dalam melarutkan fosfat dibanding yang lain .

Rasal et al. (1988) mengadakan penelitian terhadap fungi pelarut fosfat (Aspergillus awamori) terhadap ketersediaan fosfor dari batuan fosfat dan pertumbuhan kacang kapri. Diperoleh hasil bahwa Aspergillus awamori meningkatkan ketersediaan P dan meningkatkan kecepatan dekomposisi ampas tebu yang berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan kacang kapri.

Mikroorganisme pelarut fosfat berhasil diisolasi dari tanah Calcifluent dan ternyata Aspergillus niger dominan pada tanah tersebut. Fungi ini sangat efisien pada tanah liat merah (Haplustalf) (Yadav dan Singh, 1991).

Saikun (1992) juga mengisolasi bakteri pelarut fosfat pada beberapa jenis tanah dan rizosfer dan menyatakan bahwa terdapat korelasi yang rendah antara pH dengan P-larut. Buntan (1992) mengadakan percobaan di rumah kaca dengan menginokulasikan bakteri pelarut fosfat pada tanaman jagung dengan media tanah Latosol Darmaga. E. gergoviae dan P. putida masing-masing meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung daripada tanpa inokulasi.

Illmer dan Schinner (1992) memeriksa 600 koloni fungi dan bakteri yang diisolasi dari tanah hutan, didapatkan Penicillium sp dan Pseudomonas sp yang ternyata mempunyai kemampuan tinggi dalam melarutkan P-anorganik (hidroksil apatit dan kalsium dehidrat hidrogen fosfat).

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah dan Rumah Kaca Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Penelitian berlangsung sejak bulan Januari sampai Oktober 1993.

Bahan Dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan meliputi beberapa jenis tanah dan tanah pada perakaran tanaman kedelai, jagung dan tebu dari Boyolali dan Sragen (Jawa Tengah), Lampung, Sukabumi dan Gajruk (Jawa Barat), tanah Latosol (Baranangsiang), medium Pikovskaya, medium Martin Agar, larutan Nutrien Broth, larutan fisiologis, PC, PD, benih jagung varietas Arjuna, kompos (ampas tebu), urea 46% N, TSP 46% P_2O_5 , KCl 60% K_2O , batuan fosfat (Gresik) 29% P_2O_5 .

Alat-alat yang digunakan adalah gelas piala, tabung erlenmeyer, tabung reaksi, gelas ukur, coreborer, pinset, pembakar bunsen, neraca sartorius, autoklaf, inkubator, kertas saring, alat pengocok, spektrofotometer, pH meter, box inokulasi, kantong polybag, dan peralatan pengambilan contoh tanah.

Metode Penelitian

Pengambilan Contoh Tanah dan Akar Tanaman

Tanah di beberapa lokasi di Boyolali, Sragen, Lampung, Gajruk dan Sukabumi diambil dari lokasinya. Tanah diambil pada kedalaman kurang lebih 20 cm dari permukaan tanah. Tanah yang digunakan sebagai media tanam diambil pada kedalaman kurang lebih 20 cm dari permukaan tanah secara komposit.

Akar tanaman jagung, kedelai dan tebu diambil dengan mencabut tanaman dan seluruh akarnya dengan mengikut sertakan tanah di sekitar akar yang terdapat pada lokasi tersebut.

Persiapan Contoh Tanah

Tanah yang digunakan sebagai media tanam dikering udarakan, batuan dan bahan lain yang mengganggu dibuang. Setelah itu diayak (2 mm), kemudian dilakukan analisis pendahuluan.

Isolasi Fungi

Tiap-tiap tanah baik yang berada pada akar atau tanah pada kedalaman 0-20 cm diambil ekstraknya untuk mendapatkan isolat fungi. Sepuluh gram tanah dilarutkan dengan 90 ml larutan fisiologis. Kemudian dikocok dengan mesin pengocok selama 20 menit. Larutan tersebut diencerkan sampai diperoleh kepekatan 10^{-6} . Suspensi dari pengenceran 10^{-5} dan 10^{-6} diambil 1 ml dan dituang ke cawan petri

lalu ditambahkan medium Pikovskaya steril. Kemudian diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruang.

Koloni fungi yang menunjukkan zone jernih di sekelilingnya diseleksi, kemudian dipindahkan pada cawan agar Pikovskaya yang baru dan diinkubasi kembali.

Untuk memperoleh fungi yang benar-benar berzone jernih maka secara terus menerus dilakukan seleksi dengan memindahkan koloni fungi yang tumbuh pada cawan sebelumnya ke cawan agar yang baru. Hasil pemindahan terakhir dipindahkan pada agar miring. Biakan disimpan dalam lemari es dan merupakan isolat fungi strain tertentu.

Pengujian Kemampuan Fungi Melarutkan P

Isolat fungi yang diperoleh sebanyak 31 isolat, diuji kemampuannya dalam melarutkan P. Diambil 5 isolat fungi yang tinggi tingkat kemampuannya dalam melarutkan P.

Isolat-isolat fungi pada agar miring, dipindahkan dan ditumbuhkan pada cawan petri yang berisi Pikovskaya padat. Setelah diinkubasi selama 48 jam, dipindahkan ke Pikovskaya cair dengan sumber trikalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Kemudian diinkubasi selama 5 hari. Setelah masa inkubasi berakhir, ditetapkan P-larut dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 660 nm. Lima isolat fungi yang terpilih pada agar miring dengan medium Pikovskaya disimpan dalam lemari es selama 4 bulan.

Setelah masa penyimpanan berakhir, dilakukan kembali pengujian P-larut dan penetapan pH medium dari tiap isolat

tersebut. Pengujian P-larut ini menggunakan sumber P dari batuan fosfat. Pengujian P-larut setelah penyimpanan juga diikuti dengan penentuan kecepatan tumbuh. Yaitu dengan menumbuhkan satu bulatan fungi dengan diameter 0.6 cm pada medium Martin Agar. Penghitungan diameter miselium fungi ini dilakukan tiap hari yang berlangsung selama 5 hari bersamaan dengan waktu inkubasi fungi sebelum penetapan P-larut dengan spektrofotometer. Pengujian ini dipilih 3 isolat fungi yang baik dan siap dicobakan ke tanaman.

Pembiakan Dalam Kompos

Tiga isolat fungi yang terpilih, ditumbuhkan pada cawan petri berisi Pikovskaya padat dan diinkubasi selama 48 jam.

Potongan biakan fungi sebanyak 2 bulatan (diameter 0.6 cm) dimasukkan dalam larutan Nutrien Broth (NB) steril 50 ml. Sebagai kontrol dibuat campuran ketiga isolat fungi tersebut sehingga volumenya 35 ml tiap tabung, diautoklaf sebanyak tiga kali untuk memastikan fungi tersebut benar-benar mati. Biakan tiga isolat fungi tersebut dan kontrol diinkubasi selama 7 hari.

Setelah masa inkubasi, dituang ke pembawa dalam kantong plastik yang berupa kompos steril 250 g. Selanjutnya diinkubasi selama 10 hari.

Penghitungan CFU Fungi

Biakan fungi dalam kompos setelah diinkubasi selama 10 hari dilakukan penghitungan CFU fungi untuk menentukan

dosis fungi yang diinokulasikan ke tanaman.

Sepuluh gram biakan dalam kompos masing-masing strain fungi dan kontrol dimasukkan ke dalam 90 ml larutan fisiologis dan dikocok selama 20 menit. Kemudian dipipet 1 ml dan dimasukkan ke dalam 9 ml larutan fisiologis secara aseptik dalam serangkaian seri pengenceran sampai 10^{-9} .

Suspensi dari pengenceran 10^{-7} , 10^{-8} dan 10^{-9} diambil 1 ml, dipindahkan ke cawan petri dan ditambahkan medium MA. Selanjutnya diinkubasi selama 48 jam.

Pada akhir masa inkubasi dilakukan penghitungan CFU fungi. Maka diperoleh hasil sebagai berikut, isolat I ($2C_8J_2$) berjumlah 2×10^{11} CFU/g, isolat II ($2C_{18}K_1$) adalah 2.4×10^{11} CFU/g dan isolat III ($2B_6J_1$) adalah 8.6×10^{10} CFU/g.

Pada tiap gram tanah akan diinokulasikan 10^8 CFU. Maka tiap kilogram tanah diinokulasikan 1.16 g biakan dalam kompos. Dengan demikian perlakuan S_1 ($2C_8J_2$) adalah 0.5 g ditambah 0.66 g kontrol, dosis S_2 ($2C_{18}K_1$) adalah 0.42 g ditambah 0.74 g kontrol, dosis S_3 ($2B_6J_1$) adalah 1.16 g dan S_0 (tanpa isolat atau kontrol) adalah 1.16 g.

Percobaan Pot pada Tanaman

Tanah 3 kg (BKM) dimasukkan dalam kantong polybag sebagai media tanam. Percobaan pot ini menggunakan perlakuan dengan penambahan kompos sebanyak 5 ton/ha (K_1) atau setara dengan 9 g/pot dan tanpa kompos (K_0). Perlakuan tanpa pemupukan fosfor (Po), TSP 100 kg P_2O_5 /ha (P1)

atau setara dengan TSP 0.40 g/pot dan batuan fosfat 100 kg P_2O_5 /ha (P2) atau setara dengan 0.62 g/pot.

Perlakuan isolat fungi dengan menginokulasikan 10^8 sel/g tanah. Tiga isolat fungi (S_1 , S_2 , S_3) dan kontrol (S_0) diinokulasikan sesuai dosis yang telah ditentukan. Perlakuan dasar berupa urea 90 kg N/ha dan KCl 50 kg K_2O /ha atau masing-masing setara dengan urea 0.35 g/pot dan KCl 0.20 g/pot.

Tiap pot ditanam 4 benih dan dibiarkan 2 tanaman yang tumbuh. Benih sebelumnya disterilkan dulu dengan merendam dalam alkohol 90% selama 5 menit lalu dicuci dengan air steril. Selama pertumbuhan tanah dipertahankan pada kadar air 75% kapasitas lapang. Percobaan ini dibuat dalam tiga kelompok.

Penanaman jagung dilakukan selama 35 hari. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman tiap minggu dan dimulai pada minggu ketiga setelah tanam yaitu 21 HST, 28 HST dan 35 HST. Pada akhir masa tanam dilakukan pengukuran terhadap berat kering akar dan tajuk yaitu dengan dikering udarakan dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$ selama 48 jam. Juga dilakukan analisis kandungan N, P, K terhadap tajuk yaitu bagian batang dan daun yang ada di permukaan tanah.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial $2 \times 3 \times 4$.

Percobaan dibuat dalam tiga kelompok dan masing-masing kelompok terdiri dari 24 satuan percobaan. Hasil analisis selanjutnya diuji dengan uji BNT.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Seleksi dan Penetapan Isolat

Isolat fungi yang berhasil diisolasi dari tanah dan tanah perakaran tanaman jagung, kedelai maupun tebu sebanyak 31 isolat. Isolat-isolat fungi diuji kemampuannya dalam melarutkan P dan kecepatan tumbuhnya. Hasil pengujian ini ditetapkan 3 isolat fungi yang tinggi kemampuannya dalam melarutkan P yaitu isolat $2B_6J_1$, $2C_8J_2$ dan $2C_{18}K_1$ dan akan digunakan untuk percobaan pot di rumah kaca. Ketiga isolat tersebut bersama 2 isolat lainnya yang lebih rendah kemampuannya dalam melarutkan P yaitu isolat $2C_7T_1$ dan $2C_{14}J_1$ disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Isolat Fungi Pelarut Fosfat terhadap P-larut dan pH Medium Pikovskaya.

Kode Isolat	Sebelum Penyimpanan	Setelah Penyimpanan (4 bl)	
	P-larut (ppm)	P-larut(ppm)	pH
$2C_7T_1$	27.43	30.80	3.50
$2C_8J_2$	29.09	33.30	3.97
$2C_{14}J_1$	28.40	29.85	3.83
$2C_{18}K_1$	35.62	33.19	4.57
$2B_6J_1$	30.19	37.20	4.30
Kontrol *	2.05	1.68	5.43

* tanpa isolat dengan media Pikovskaya cair

Dari Tabel 1 diketahui bahwa kelarutan P masing-masing isolat berlainan. Waktu penyimpanan sangat mempengaruhi kemampuan fungi pelarut fosfat dalam melarutkan P. Sebelum penyimpanan isolat $2C_{18}K_1$ paling tinggi kemampuannya melarutkan P diikuti oleh $2B_6J_1$ dan $2C_8J_2$.

Setelah penyimpanan ketiga isolat tersebut tetap paling tinggi kemampuannya dibanding isolat lainnya. Diantara ketiga isolat tersebut isolat 2B₆J₁ menjadi paling tinggi kemampuannya dalam melarutkan P.

P-larut medium yang tinggi dari tiap isolat ternyata tidak diikuti dengan kemasaman yang tinggi (pH rendah). Seperti terlihat pada isolat 2C₇T₁, kemasamannya paling tinggi tetapi nilai P-larut rendah. Penurunan pH medium dibanding kontrol menunjukkan mekanisme pelarutan fosfat oleh fungi tersebut, yaitu adanya asam-asam organik yang dikeluarkan oleh mikroorganisme untuk membebaskan P dari batuan fosfat (sumber P pada medium Pikovskaya).

Berdasar hasil pengujian ternyata kemampuan yang tinggi dalam melarutkan P tidak diikuti peningkatan secara linier dari kecepatan tumbuh. Hasil penentuan diameter miselium fungi untuk menentukan kecepatan tumbuh tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Diameter Miselium Fungi Pelarut P dalam Inkubasi Selama 5 Hari.

Kode Isolat	Waktu Inkubasi (hari)				
	1	2	3	4	5
	----- mm -----				
2C ₇ T ₁	12.89	22.77	30.00	37.87	45.11
2C ₈ J ₂	12.78	22.32	35.10	43.90	53.32
2C ₁₄ J ₁	8.33	20.22	36.34	46.89	56.11
2C ₁₈ K ₁	8.34	20.50	34.78	42.22	53.34
2B ₆ J ₁	12.44	23.34	36.66	45.74	55.88

Keterangan: diameter awal 6 mm

Secara umum pertumbuhan fungi meningkat sampai hari ke-5. Sampai hari ke-3 semua isolat meningkat pesat dan kecepatannya menurun pada hari ke-4 dan ke-5. Pada hari pertama isolat $2C_{14}J_1$ tumbuhnya paling rendah namun pada hari berikutnya meningkat dengan cepat. Ini berarti isolat $2C_{14}J_1$ pada awal pertumbuhan sangat lambat pola pertumbuhannya kemudian pada hari berikutnya pertumbuhannya berubah cepat. Meskipun dari hasil penghitungan kecepatan tumbuh isolat $2C_{14}J_1$ mempunyai diameter paling besar namun mempunyai kemampuan melarutkan P paling rendah.

Perbedaan dalam kemampuan melarutkan fosfat ketiga isolat tersebut dikarenakan perbedaan aktifitas mikroorganisme tersebut. Setiap fungi mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam menghasilkan asam-asam organik baik jumlah maupun jenisnya selama pertumbuhan. Jumlah dan jenis inilah yang menentukan tingginya pelarutan fosfat disamping itu reaksi enzimatik yang terjadi juga meningkatkan P-larut. Setelah penyimpanan isolat $2B_6J_1$ mempunyai kemampuan melarutkan fosfat yang tinggi diikuti $2C_8J_2$ dan $2C_{18}K_1$ dengan nilai P-larut tidak jauh berbeda.

Dengan demikian seleksi isolat dilakukan berdasarkan jumlah P-larut sedangkan uji kecepatan tumbuh adalah sebagai penunjang pelaksanaan seleksi. Bila dalam seleksi ini ada isolat-isolat fungi yang mempunyai kelarutan P sama, maka kecepatan tumbuh fungi digunakan sebagai

pertimbangan karena antara kelarutan P dan kecepatan tumbuh tidak ada korelasi positif.

Pertumbuhan Tanaman

Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman yang akan diuraikan meliputi tinggi tanaman, bobot kering tajuk dan bobot kering akar.

Perlakuan kompos, pemupukan fosfat yaitu batuan fosfat dan Triple Super Fosfat (TSP) maupun pemberian fungi pelarut fosfat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Pengaruh masing-masing perlakuan yaitu kompos, pemupukan P dan fungi pelarut fosfat beserta interaksinya akan diuraikan lebih terperinci.

Kemampuan Fungi Pelarut Fosfat Memacu Pertumbuhan Tanaman

Inokulasi fungi pelarut fosfat mampu meningkatkan tinggi tanaman, bobot kering tajuk dan akar dibanding tanpa inokulasi walaupun secara statistik tidak nyata (Tabel 3), juga dengan perlakuan pemberian kompos (Tabel 4) maupun pemupukan P. Pengaruh inokulasi fungi pelarut fosfat terhadap tinggi tanaman terlihat pada umur 21 HST sampai akhir masa tanam (35 HST).

Pada umur 21 HST, perlakuan isolat tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman juga interaksi isolat dan jenis pupuk P, isolat dan kompos. Interaksi isolat, pupuk P dan kompos tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman (Tabel Lampiran 11).

Tabel 3. Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Tinggi, Bobot Kering Tajuk dan Bobot Kering Akar Tanaman Jagung.

Isolat	Tinggi Tanaman			Bobot Kering Tanaman	
	21	28	35 HST	Tajuk	Akar
	----- cm -----			----- mg -----	
Tanpa	64.22a	77.50a	90.26a	9703.1b	6808.0a
2C ₈ J ₂	64.91a	78.52a	96.48a	14695.6a	8298.9a
2C ₁₈ K ₁	66.31a	80.67a	97.10a	14505.0a	8354.0a
2B ₆ J ₁	64.54a	79.38a	97.36a	16603.0a	8050.8a

Keterangan: angka pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Pemberian kompos masing-masing berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman jagung pada 21 HST, 28 HST dan 35 HST (Tabel 4). Pada awal pengamatan (21 HST) tanpa inokulasi fungi pelarut fosfat maupun dengan inokulasi pengaruhnya tidak jauh berbeda terhadap pertumbuhan tanaman. Pemberian isolat 2C₈J₂, 2C₁₈K₁ dan 2B₆J₁ tanpa pemberian kompos dan pupuk P berturut-turut hanya meningkatkan tinggi tanaman sebesar 8.6%, 21.9% dan 13.8%.

Pemberian kompos 5 ton/ha ternyata berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 21 HST (Tabel 4). Pemberian kompos tanpa isolat dan tanpa pupuk P meningkatkan tinggi tanaman sebesar 19.0% sedangkan dengan isolat 2C₁₈K₁ meningkat 24.0%. Namun rata-rata tinggi tanaman dengan pemakaian kompos dari tiap isolat mengalami penurunan kecuali isolat 2C₈J₂ dibanding tanpa isolat. Penurunan tinggi tanaman dengan penggunaan kompos terlihat

pada kombinasi perlakuan isolat dan pupuk TSP. Hal ini dapat dijelaskan bahwa fungsi pelarut fosfat membutuhkan

Tabel 4. Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Tinggi Tanaman, Bobot Kering Tajuk dan Akar Tanaman Jagung.

Kompos (ton/ha)	Tinggi Tanaman			Bobot Kering Tanaman	
	21	28	35 HST	Tajuk	Akar
	----- cm -----			----- mg -----	
0	62.28b	74.09b	89.53b	11779.1b	6461.6b
5	67.71a	83.93a	101.08a	15974.2a	9294.2a

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

waktu yang cukup lama untuk beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya dibanding bakteri. Untuk itulah fungsi pelarut fosfat tersebut ditumbuhkan dulu pada kompos pembawa agar setelah ditanam pada media tanah dapat menyesuaikan diri dan mampu bersaing dengan mikroorganisme lainnya. Juga disebabkan oleh rendahnya kandungan hara tanah sedangkan kandungan hara kompos cukup tinggi, karena itulah fungsi pelarut P ini belum begitu berperan pada awal pertumbuhan. Tanaman jagung yang ditanam baik dengan inokulasi fungsi pelarut fosfat maupun tanpa inokulasi sudah cukup mendapatkan hara dari kompos.

Pada umur 28 HST dan 35 HST pertumbuhan tanaman jagung sudah bagus dimana peningkatan tinggi tanaman cukup pesat dibanding pada 21 HST (Tabel 3). Pemberian kompos nyata meningkatkan tinggi tanaman, demikian juga pupuk P

yang digunakan. Penggunaan pupuk TSP tetap lebih tinggi pengaruhnya dibanding batuan fosfat atau tanpa pupuk P.

Pada 28 HST ini inokulasi fungi pelarut fosfat terhadap tanaman, tanpa penggunaan kompos dan menggunakan pupuk TSP masih berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman kecuali isolat $2C_8J_2$. Untuk penggunaan kompos dan TSP pengaruhnya terhadap tinggi tanaman cukup bagus karena terjadi peningkatan tinggi tanaman walaupun untuk isolat $2C_{18}K_1$ mengalami penurunan. Perlakuan isolat dengan sumber batuan fosfat tetap di bawah penggunaan TSP baik dengan kompos maupun tanpa kompos.

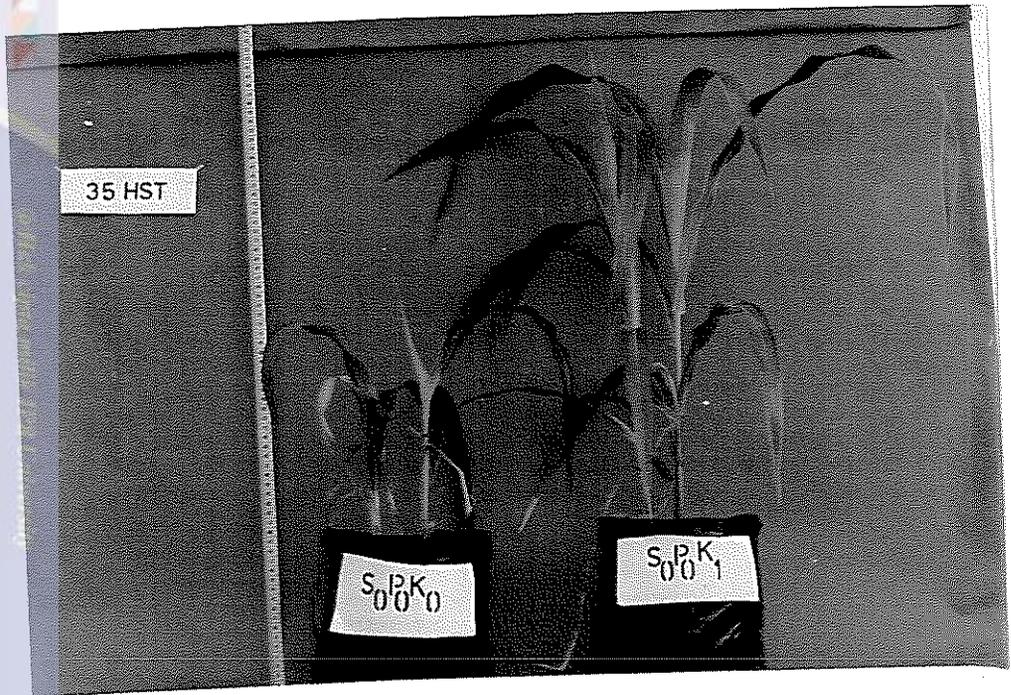
Pada umur 35 HST semua isolat baik tunggal ataupun tergabung dengan kompos dan pupuk P tetap paling tinggi daripada tanpa inokulasi. Hal ini merupakan bukti yang bagus untuk menunjukkan aktifitas fungi pelarut P tersebut mulai berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman. Sebagai contoh pada umur 21 HST, ketiga isolat tersebut dengan penggunaan kompos dan pupuk TSP lebih rendah pengaruhnya terhadap tinggi tanaman daripada tanpa isolat namun pada umur 35 HST bisa melampaui tinggi tanaman tanpa isolat. Tanpa penggunaan kompos, pengaruh isolat $2C_8J_2$ terhadap tinggi tanaman jagung (35 HST) tetap lebih rendah daripada tanpa inokulasi. Pemberian isolat $2B_6J_1$ dengan kompos dan TSP lebih berpengaruh daripada tanpa kompos, tetapi isolat $2C_{18}K_1$ lebih berpengaruh dengan menggunakan TSP dan tanpa kompos. Meskipun antara isolat tidak berbeda berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman, namun



Gambar 1. Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Tinggi Tanaman Jagung (35 HST).

dari Tabel 3 terlihat bahwa isolat $2B_6J_1$ paling bagus pengaruhnya terhadap tinggi tanaman (35 HST).

Pemberian fungi pelarut fosfat, jenis pupuk P, kompos (Tabel 3, 4 dan 5) dan interaksi pupuk P dan kompos (Tabel Lampiran 14) berpengaruh sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap bobot kering tajuk. Interaksi antara isolat dan pupuk P berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk (Tabel Lampiran 13). Interaksi isolat dan kompos maupun interaksi isolat, pupuk P dan kompos tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk tanaman jagung.



Gambar 2. Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Tinggi Tanaman Jagung (35 HST)

Kompos sebagai bahan organik nyata mempengaruhi bobot kering tajuk. Masing-masing isolat berbeda nyata dengan tanpa inokulasi, meskipun antara isolat tidak berbeda nyata dalam mempengaruhi bobot kering tajuk. Terlihat isolat $2B_6J_1$ paling bagus diantara kedua isolat lainnya. Inokulasi fungi pelarut fosfat dengan pemberian kompos lebih nyata mempengaruhi bobot kering tajuk daripada tanpa kompos. Isolat $2B_6J_1$ berpengaruh pada medium tanpa kompos dan dengan kompos dalam meningkatkan bobot kering tajuk.

Perlakuan kompos 5 ton/ha dengan penggunaan Tsp paling bagus pengaruhnya terhadap bobot kering tajuk dari pada tanpa kompos. Pemberian batuan fosfat dan tanpa

penggunaan pupuk P terhadap kompos tidak berbeda nyata pengaruhnya terhadap bobot kering tajuk.

Perlakuan pupuk P, kompos berbeda sangat nyata terhadap bobot kering akar (Tabel 4 dan 5), interaksi pupuk P dan kompos berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) (Tabel Lampiran 15), sedangkan isolat, interaksi isolat dan pupuk P maupun interaksi antara isolat dan kompos tidak berbeda nyata.

Terhadap bobot kering akar isolat $2C_{18}K_1$ paling berpengaruh dari pada kedua isolat lainnya. Perlakuan tanpa kompos, isolat $2C_8J_2$ lebih berpengaruh, untuk penggunaan kompos isolat $2B_6J_1$.

Inokulasi $2B_6J_1$ dengan penggunaan pupuk TSP dan kompos memberikan hasil lebih baik dibanding $2C_8J_2$ dan $2C_{18}K_1$. Terutama pengaruhnya terhadap tinggi tanaman, bobot kering akar dan tajuk, demikian juga terhadap serapan hara P.

Tanaman jagung yang responsif terhadap pemupukan, dengan pemberian pupuk TSP $100 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$ ternyata menunjukkan pertumbuhan yang bagus. Hal ini disebabkan tanah yang digunakan sebagai media tanam miskin hara P sehingga dengan pemberian pupuk P menyebabkan respon tanaman menjadi sangat besar (Tisdale dan Nelson, 1965).

Pengukuran bobot kering akar, dengan pemberian pupuk P juga meningkat dibanding tanpa pupuk P. Hal ini terjadi karena salah satu peranan fosfor adalah memperbanyak akar rambut yang berperan dalam penyerapan

hara (Buckman dan Brady, 1956). Selain itu karena hara N, K dan P tercukupi maka fotosintesis tanaman jagung akan meningkat yang berpengaruh terhadap bobot kering tajuk. Karena itulah hara P bersama N dan K penting pada awal pertumbuhan.

Kompos sebagai bahan organik dengan takaran 5 ton/ha mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara nyata. Secara langsung kompos menyediakan hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman dan juga mendukung tanaman untuk menyerap unsur hara lebih banyak. Selain itu kompos dapat meningkatkan aktifitas mikroorganisme pelarut P yaitu sebagai sumber energi.

Fungi pelarut fosfat meskipun tidak nyata meningkatkan tinggi tanaman dan bobot kering akar namun dengan pemberian pupuk P (TSP ataupun batuan fosfat) dan kompos mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Fungi bukan berperan dalam penyediaan hara namun dengan mekanisme yang terjadi dalam sel tubuhnya, akan mampu melarutkan P tanah. Karena itulah tanpa pemberian pupuk P, fungi pelarut fosfat tidak banyak memberikan sumbangan terhadap pertumbuhan tanaman. Tanpa pupuk P, fungi hanya meningkatkan kelarutan P yang berasal dari tanah. Sedangkan dengan pemberian pupuk P fungi meningkatkan kelarutan P dari pupuk dan tanah sehingga lebih besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman.

Antara pupuk P dan kompos yang sama peranannya dalam menyumbangkan hara, sangat berarti terhadap peningkatan

pertumbuhan tanaman jagung. Lingkungan yang baik yang diciptakan oleh kompos, mendukung penyerapan hara dari pupuk oleh tanaman jagung akan menjadi lebih baik.

Fungi yang mampu melarutkan P dalam tanah dan kompos, dengan penambahan unsur hara dari kompos serta kondisi tanah yang mendukung aktifitas fungi tersebut akan memberikan dampak positif bagi ketersediaan hara dalam pertumbuhan tanaman. Seperti telah diulas diatas bahwa fungi pelarut P ini dapat menggunakan energi dari kompos untuk mendukung perkembang biakannya. Dengan kondisi lingkungan yang mendukung aktivitas fungi, maka ketersediaan P meningkat sehingga serapan P tanaman tinggi.

Selain pemberian fungi pelarut fosfat, bahan organik dan pupuk TSP merupakan suatu cara yang harus dilakukan untuk mengendalikan dan meningkatkan produktifitas tanah-tanah masam dan kejenuhan Al tinggi (Heryadi *et al.*, 1986). Dengan penggunaan gabungan dari fungi pelarut fosfat, kompos 5 ton/ha dan TSP akan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pada tanah terutama tanah yang bereaksi masam.

Efektifitas Batuan Fosfat dan TSP

Pemberian pupuk P terhadap tanaman jagung sangat nyata mempengaruhi pertumbuhannya baik tinggi tanaman, bobot kering akar maupun tajuk juga terhadap serapan hara P (Tabel 5). Dari uji lanjut (BNT) pemberian batuan fosfat 100 kg P_2O_5 /ha dan TSP 100 kg P_2O_5 /ha berbeda nyata

pengaruhnya terhadap tinggi tanaman (35 HST), bobot kering akar dan tajuk, serapan P dan N, namun tidak untuk serapan K.

Tabel 5. Pengaruh Pemupukan P terhadap Tinggi, Bobot Kering Tajuk dan Bobot Kering Akar Tanaman Jagung.

Pupuk	Tinggi Tanaman			Bobot Kering Tanaman	
	21	28	35 HST	Tajuk	Akar
	----- cm -----			----- mg -----	
Tanpa	49.62b	54.15c	63.69c	2458.0c	1889.0b
TSP	91.96a	117.62a	139.04a	33562.8a	18388.3a
Batuan Fosfat	53.40b	65.27b	83.18b	5609.2b	3356.4b

Keterangan: angka pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Pada saat 35 HST ternyata terjadi penurunan kecepatan pertumbuhan, hal ini dikarenakan unsur P dibutuhkan sekali pada awal pertumbuhan yang berfungsi untuk pembentukan akar. Dengan penggunaan kompos, peranan pupuk P akan lebih meningkat lagi terutama TSP. Apabila dibandingkan dengan tanpa penggunaan kompos terdapat peningkatan tinggi tanaman (umur 35 HST) sebesar 7.2% dengan ketinggian rata-rata 143.90 cm baik dengan inokulasi fungi maupun tanpa inokulasi. Dengan menggunakan batuan fosfat dan tanpa kompos rata-rata meningkatkan tinggi tanaman jagung sampai 78.56 cm. Dengan penggunaan kompos, tinggi tanaman 87.79 cm. Hasil pertumbuhan tanaman dengan penggunaan TSP dan kompos didapat 1.6 kali lebih besar apabila digunakan batuan fosfat.



Gambar 3. Pengaruh Sumber Pupuk P terhadap Tinggi Tanaman Jagung (35 HST)

Perbandingan peningkatan bobot kering tajuk sangat berbeda nyata antara TSP dengan batuan fosfat, demikian juga bila berinteraksi dengan isolat dan kompos. TSP dengan isolat $2B_6J_1$ paling tinggi meningkatkan bobot kering tajuk, bila dengan batuan fosfat kalau diinokulasikan dengan isolat $2C_8J_2$. Batuan fosfat dengan

penggunaan kompos dan isolat $2C_{18}K_1$ meningkatkan bobot kering tajuk 11 kali, dengan TSP 49 kali daripada tanpa pupuk, isolat dan kompos.

Terhadap peningkatan rata-rata bobot kering akar pemberian TSP berbeda nyata dengan batuan fosfat. Demikian juga interaksi pupuk P dan kompos yaitu antara TSP dan batuan fosfat. Rata-rata peningkatan bobot kering akar bila digunakan kompos dan TSP adalah 20.807 g dan dengan batuan fosfat dan kompos hanya 4.038 g. Tanpa penggunaan kompos, batuan fosfat berpengaruh meningkatkan bobot kering akar bila diinokulasikan $2C_8J_2$ dan jika menggunakan TSP dengan isolat $2C_{18}K_1$. Apabila dengan pemberian kompos, maka batuan fosfat paling bagus dengan isolat $2B_6J_1$ demikian juga bila dengan TSP.

Menurut Leiwakabessy dan Sutandi (1992) penggunaan batuan fosfat dua kali dosis TSP hanya meningkatkan produksi tanaman 50%-nya. Hal ini menunjukkan bahwa batuan fosfat sebagai sumber fosfat sukar larut kurang berpengaruh terhadap peningkatan produksi tanaman dibanding TSP.

Pupuk TSP mempunyai kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan batuan fosfat. TSP mempunyai kelarutan yang cukup tinggi yaitu 1.00 g/l larutan (Teuscher dan Alder, 1960 dalam Widjajanti, 1991). Penelitian in vitro yang dilakukan oleh Widjajanti (1991), P-larut trikalsium fosfat tanpa inokulasi mikroorganisme pelarut fosfat sebesar 74.6 ppm sedangkan dengan batuan fosfat Tunisia

hanya 8.0 ppm. Bila diinokulasi dengan Chromobacterium violaceum maka nilai P-larut trikalsium fosfat adalah 166.0 ppm dan batuan fosfat adalah 26.8 ppm.

Dengan demikian aktifitas fungi besar pengaruhnya terhadap kelarutan fosfat dan berbeda-beda untuk tiap isolat. Kandungan P_2O_5 yang rendah dari batuan fosfat dan tingkat kelarutan yang rendah pula merupakan suatu petunjuk yang membedakan keefektifannya dengan TSP dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Penggunaan TSP dengan dosis yang sama dengan batuan fosfat meningkatkan pertumbuhan tanaman (35 HST) sebesar 1.7 kali, terhadap bobot kering tajuk dan akar juga lebih besar yaitu masing-masing 6 kali dan 5.5 kali.

Serapan Hara Tanaman

Serapan Fosfor

Pemberian fungi pelarut fosfat, jenis pupuk P dan kompos masing-masing berpengaruh sangat nyata terhadap serapan fosfor (Tabel 6, 7 dan 8). Interaksi isolat dan jenis pupuk P berpengaruh nyata (Tabel Lampiran 16). Sedangkan interaksi isolat dan kompos, jenis pupuk P dan kompos tidak berbeda nyata. Interaksi antara isolat, jenis pupuk P dan kompos tidak berpengaruh nyata terhadap serapan P (Tabel Lampiran 12).

Tabel 6. Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Serapan Fosfor oleh Tanaman Jagung.

Isolat	Fosfor (%)
Tanpa	0.094b
2C ₈ J ₂	0.114a
2C ₁₈ K ₁	0.129a
2B ₆ J ₁	0.120a

Keterangan: angka pada kolom yang sama yang diikuti dengan angka yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Dengan demikian serapan P oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh pemberian fungi pelarut fosfat, pupuk P dan kompos. Serapan P juga meningkat dengan pemberian kompos. Perbedaan antara pemberian kompos dan tanpa kompos sangat nyata terhadap serapan P oleh tanaman. Inokulasi fungi pelarut P tanpa pemberian kompos dan pupuk P untuk isolat 2C₈J₂ dan 2C₁₈K₁ mampu meningkatkan serapan P masing-masing 10.0% sedangkan 2B₆J₁ justru mengalami penurunan sebesar 14.0%. Dengan demikian inokulasi fungi pelarut fosfat tanpa kompos dan pupuk P tidak begitu berpengaruh meningkatkan serapan P. Dengan pemberian kompos 5 ton/ha dan fungi pelarut fosfat lebih berpengaruh terhadap peningkatan serapan hara P. Hal ini terlihat pada isolat 2C₁₈K₁ yang paling tinggi pengaruhnya dibanding kedua isolat lainnya dan tanpa isolat.

Tabel 7. Pengaruh Pemupukan P terhadap Serapan Fosfor oleh Tanaman Jagung.

Pupuk	Fosfor (%)
Tanpa TSP	0.088c
Batuan Fosfat	0.137a
	0.119b

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Isolat-isolat yang diuji ini pengaruhnya sangat berbeda nyata dibanding tanpa isolat, walaupun diantara ketiga isolat tersebut tidak berbeda nyata. Pemberian pupuk P dengan batuan fosfat dan TSP sebagai sumber P ternyata berbeda sangat nyata ($P < 0.01$).

Interaksi inokulasi fungi pelarut fosfat dan penggunaan jenis pupuk P nyata mempengaruhi serapan P tanaman jagung. Tanpa pemupukan P ternyata pemberian isolat tidak begitu berarti terhadap peningkatan serapan P. Hal ini dikarenakan fungi bukan sebagai penyedia hara, namun meningkatkan kelarutan fosfat sehingga bila kandungan P tanah rendah maka fungi pelarut fosfat tidak bisa melarutkan P dalam jumlah tinggi.

Tabel 8. Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Serapan Fosfor oleh Tanaman Jagung.

Kompos (ton/ha)	Fosfor (%)
0	0.103b
5	0.127a

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Inokulasi isolat $2C_{18}K_1$ dengan batuan fosfat sebagai sumber P dan penambahan kompos akan meningkatkan serapan P 2.1 kali dibanding tanpa isolat, sedangkan dengan TSP 2.2 kali lebih meningkat daripada tanpa isolat. Isolat $2B_6J_1$ dengan pemberian kompos dan TSP paling berpengaruh meningkatkan serapan P tanaman yaitu meningkat 2.5 kali dibanding tanpa isolat.

Perbedaan serapan P antara batuan fosfat dengan TSP dikarenakan adanya perbedaan kelarutan antara TSP dan batuan fosfat. Selain itu juga dikarenakan rendahnya kandungan P total dari batuan fosfat yaitu hanya 29% dibanding TSP sebesar 46%. Oleh karena itu wajar bila TSP dengan kandungan P lebih tinggi mampu membebaskan P larut lebih banyak sehingga lebih tersedia dibanding batuan fosfat. Karena itulah penggunaan batuan fosfat dan TSP sangat berbeda nyata mempengaruhi serapan P tanaman. Secara ekonomis, penggunaan TSP dengan pemberian kompos 5 ton/ha dan isolat $2B_6J_1$ lebih efisien dalam meningkatkan serapan P. Serapan P ini ternyata menunjukkan hubungan yang positif dengan pertumbuhan tanaman.

Serapan Nitrogen dan Kalium

Pemberian pupuk P dan kompos sangat nyata mempengaruhi serapan N (Tabel 10 dan 11). Penggunaan isolat (Tabel 9) interaksi isolat dan pupuk P, isolat dan kompos maupun interaksi antara isolat, pupuk P dan kompos tidak berbeda nyata.

Inokulasi isolat $2C_{18}K_1$ dengan batuan fosfat sebagai sumber P dan penambahan kompos akan meningkatkan serapan P 2.1 kali dibanding tanpa isolat, sedangkan dengan TSP 2.2 kali lebih meningkat daripada tanpa isolat. Isolat $2B_6J_1$ dengan pemberian kompos dan TSP paling berpengaruh meningkatkan serapan P tanaman yaitu meningkat 2.5 kali dibanding tanpa isolat.

Perbedaan serapan P antara batuan fosfat dengan TSP dikarenakan adanya perbedaan kelarutan antara TSP dan batuan fosfat. Selain itu juga dikarenakan rendahnya kandungan P total dari batuan fosfat yaitu hanya 29% dibanding TSP sebesar 46%. Oleh karena itu wajar bila TSP dengan kandungan P lebih tinggi mampu membebaskan P larut lebih banyak sehingga lebih tersedia dibanding batuan fosfat. Karena itulah penggunaan batuan fosfat dan TSP sangat berbeda nyata mempengaruhi serapan P tanaman. Secara ekonomis, penggunaan TSP dengan pemberian kompos 5 ton/ha dan isolat $2B_6J_1$ lebih efisien dalam meningkatkan serapan P. Serapan P ini ternyata menunjukkan hubungan yang positif dengan pertumbuhan tanaman.

Serapan Nitrogen dan Kalium

Pemberian pupuk P dan kompos sangat nyata mempengaruhi serapan N (Tabel 10 dan 11). Penggunaan isolat (Tabel 9) interaksi isolat dan pupuk P, isolat dan kompos maupun interaksi antara isolat, pupuk P dan kompos tidak berbeda nyata.

Tabel 9. Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat terhadap Serapan Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.

Isolat	Nitrogen		Kalium	
	-----%			
Tanpa	1.960a		2.596b	
2C ₈ J ₂	2.230a		2.733ab	
2C ₁₈ K ₁	2.314a		2.898a	
2B ₆ J ₁	0.309a		2.857ab	

Keterangan: angka pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Pemupukan batuan fosfat tanpa digabung dengan isolat dan kompos meningkatkan serapan N lebih rendah daripada TSP dan lebih tinggi daripada tanpa pupuk P. Dengan pemberian kompos batuan fosfat tidak begitu berpengaruh meningkatkan serapan N.

Pemberian kompos 5 ton/ha pada tanaman jagung nyata meningkatkan serapan N, bila digabung dengan TSP maka serapan N meningkat sekitar 2.3 kali. Tanpa pemupukan P dan kompos fungi pelarut fosfat meningkatkan serapan N paling optimal pada isolat c₈J₂. Apabila dengan pemberian kompos dan TSP, isolat 2B₆J₁ paling berpengaruh (seperti serapan P). Penggunaan batuan fosfat sebagai sumber P maka isolat 2C₁₈K₁ paling baik dibanding dua isolat lainnya ataupun tanpa isolat.

Terhadap serapan K menunjukkan bahwa pengaruh isolat, pemupukan P dan kompos masing-masing sangat berbeda nyata (Tabel 9, 10 dan 11). Pupuk TSP dan batuan fosfat

tidak berbeda nyata mempengaruhi serapan K. Secara terpisah dari kompos dan pupuk P, isolat $2C_{18}K_1$ paling baik meningkatkan serapan K dan dengan pemberian pupuk TSP maupun kompos berpengaruh meningkatkan serapan P. Dibanding dengan isolat $2C_{18}K_1$ maka isolat $2B_6J_1$ paling berpengaruh meningkatkan serapan P dan N dengan pemberian kompos dan TSP.

Dari analisis ragam, pemberian kompos sangat bagus meningkatkan serapan K dibanding tanpa kompos. Tanpa pemberian kompos, tanpa pupuk P dan tanpa isolat, serapan K hanya 0.958% sedangkan dengan pemberian kompos tanpa pupuk dan tanpa isolat meningkat menjadi 2.237%.

Dengan demikian pada serapan N dan K oleh tanaman jagung terdapat hubungan yang erat dengan serapan P, bobot kering tanaman dan tinggi tanaman (35 HST). Dilihat dari serapannya ternyata serapan P tanaman lebih rendah dibanding serapan N dan K. Seperti yang dijelaskan oleh Fotyma (1977) bahwa perpindahan P dari larutan tanah ke tanaman pangan adalah lebih rendah daripada N. Dalam hal ini penyerapan P sangat mempengaruhi penyerapan N dan K.

Tabel 10. Pengaruh Pemupukan P terhadap Serapan Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.

Pupuk	Nitrogen	Kalium
	-----%-----	
Tanpa	1.719c	2.108b
TSP	2.636a	3.202a
Batuan Fosfat	2.380b	2.964a

Keterangan: angka pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Tabel 11. Pengaruh Pemberian Kompos terhadap Serapan Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.

Kompos (ton/ha)	Nitrogen	Kalium
	-----%-----	
0	2.109b	2.601b
5	2.382a	2.916a

Keterangan: angka pada kolom yang sama yang diikuti dengan huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Bila dilihat dari pertumbuhan tanaman, serapan N dan K maupun P penting peranannya pada awal pertumbuhan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penyerapan P mempengaruhi penyerapan unsur-unsur lainnya. Bila P tersedia tinggi maka mendukung penyerapan N dan K yang tinggi pula demikian juga sebaliknya. Penyerapan hara tersebut besar sekali pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman.



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Fungi pelarut fosfat mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan serapan hara P yang diikuti oleh peningkatan serapan unsur N dan K. Pengaruh fungi pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman mulai terlihat pada saat tanaman berumur 28 HST.

Pemberian kompos meningkatkan aktifitas fungi pelarut fosfat yang secara perlahan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Fungi pelarut fosfat dengan pemberian kompos 5 ton/ha dan TSP 100 kg P_2O_5 /ha berpengaruh meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung.

Fungi pelarut fosfat tidak begitu berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman jagung tanpa sumber pupuk P, karena fungi pelarut fosfat hanya melarutkan P dari tanah. Pemberian fungi pelarut fosfat dengan pupuk TSP lebih berpengaruh meningkatkan pertumbuhan tanaman daripada dengan batuan fosfat. Inokulasi fungi pelarut fosfat terhadap TSP dengan kompos lebih berpengaruh dibandingkan inokulasi terhadap batuan fosfat dan kompos.

Saran

Penelitian peranan fungi pelarut fosfat terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman perlu dilanjutkan untuk menguji kemampuan fungi pelarut fosfat tersebut dengan menggunakan media tanah dan tanaman yang

berbeda. Perlakuan yang lain juga perlu dilakukan sehingga peranan fungsi pelarut fosfat nyata sekali pengaruhnya terhadap produksi tanaman.

Penelitian lanjutan dengan uji lapang perlu dilakukan. Demikian juga pemanfaatan jenis pupuk P yang lain untuk mengetahui keefektifan pupuk P dengan inokulasi fungsi pelarut fosfat perlu dilakukan.



DAFTAR PUSTAKA

- Agnihotri, V. P. 1970. Solubilization of insoluble phosphates by some soil fungi isolated from nursery seed beds. *Can. J. Microbiol.* 16: 877-880.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. John Wiley and Sons, New York.
- Astiana. 1977. Ketersediaan Fosfor pada Tanah Organik Delta Upang sebagai Dasar Saran Pemupukan P terhadap Tanaman Padi Pelita I/1. Skripsi. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Banik and B. K. Dey. 1982. Available phosphate content of on alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate solubilizing microorganisms. *Plant and Soil.* 69: 353-364.
- Barber, S. A. and D. Riley. 1971. Effect of ammonium and nitrate fertilization of phosphorus uptake as related to root induced pH changes at the root soil interface. *Soil Sci. Soc. M. J.* 35: 301-306.
- Basyaruddin. 1982. Penelaahan Erapan dan Pelepasan Fosfat dalam Hubungannya Dengan Kebutuhan Fosfat Tanaman Jagung (*Zea mays L*) pada tanah Ultisol dan Andisol. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Black, C. A. 1968. *Soil Plant Relationships*. 2th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Bowling, D. J. F. 1976. *Uptake of Ions by Plant Foots*. Chapman and Hall, John Wiley, Inc., New York.
- Buckman, H. O. and N. C. Brady. 1956. *The Nature and Properties of Soils*. 5th ed. Macmillan, New York.
- Bumaya, A. H. and D. V. Naylor. 1988. Phosphate sorption and extractibility in Andic soil incubate with plant residues of variable P content. *Plant and Soil.* 112:77-81.
- Buntan, A. 1992. Efektifitas Bakteri Pelarut Fosfat dalam Kompos Terhadap Peningkatan Serapan P dan Efisiensi Pemupukan P pada Tanaman Jagung. Tesis. Program Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Burges, A. and F. Raw. 1967. *Soil Biology*. 2th ed. Academic Press, New York.

- Chien, S. H. and L. L. Hammond. 1989. Agronomic effectiveness of partially acidulated phosphate rock as influenced by soil phosphorus-fixing capacity. *Plant and Soil*. 120:159-164.
- Cooper, R. 1959. Bacterial fertilizer in Soviet Union. *Soil and Fertilizers*. 22:327-333.
- Das, A. C. 1963. Utilization of insoluble phosphates by soil fungi. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 11:203-207.
- Djokosudardjo, S. 1982. Pengaruh Pemberian Fosfor Terhadap Keefisienan Pemupukan Beberapa Macam Tanah di Indonesia. Desertasi. Fakultas Pasca Sarjana, IPB. Bogor.
- Fotyma, M. 1977. The Principles of Phosphate Fertilization. Phosphorus In Agriculture. 32th ed. ISMA Ltd, Poland.
- Heryadi, M. K., Made, I. Prawirasumantri dan I. P. G. Widjaja-Adi. 1988. Peranan Bahan Organik dalam Penggunaan Kapur dan TSP pada Produksi Tanaman Pangan. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Cipayung 18-20 Maret 1986. Departemen Pertanian. Bogor.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 24:389-395.
- Iswandi, A. 1989. Biologi Tanah Dalam Praktek. Penuntun Praktikum. PAU Bioteknologi, IPB. Bogor.
- Iswandi, A. 1988. Effect of Humotex on Growth of Maize. Laboratory of Soil Biology, Bogor Agricultural University. Bogor.
- Koswara, J. 1989. Ilmu Tanaman Setahun. Diktat Kuliah. Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Canadian Journal of Soil Science.* 63: 671-678.
- Leiwakabessy, F. M. 1989. Kesuburan Tanah. Diktat Kuliah. Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Leiwakabessy, F. M. dan A. Sutandi. 1992. Pupuk dan Pemupukan. Diktat Kuliah. Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.

- Lennan, E. I. and Ducker, S. S. 1952. The description and distribution of the species of *Penicillium* Link in some Victorian soils. *Proc. Roy. Soc. Victoria.* 64:10-71.
- Lukman, H. S., Moersidi, S. dan Djoko Santoso. 1985. Perbandingan Pupuk-Pupuk Sumber Fosfat dan Pengamatan Residu Pemupukan. *Pertemuan Teknis Penelitian Tanah, Cipayung 7-10 Oktober 1985, Departemen Pertanian.* Bogor.
- Millar, C. E. 1959. *Soil Fertility.* John Willey and Sons, Inc., New York.
- Noveny, O. 1988. Pengaruh Kompos Jerami Padi dan Serbuk Gergaji Karet Terhadap Beberapa Sifat Kimia dan Biologi Latosol Dermaga dan Grumusol Cihea. *Skripsi.* Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Prihatini, T. dan A. Iswandi. 1989. Peran Jasad Mikro Pelarut P Terhadap Tanaman Jagung di Tanah Ultisol Rangkasbitung. *Risalah Seminar Latihan Penelitian Pertanian dan Bioteknologi Pertanian.* Sukamandi. p. 42-47.
- Rasal, P. H., H. B. Kalbhour dan P. L. Patil. 1988. Effect of cellulolytic and phosphate solubilizing fungi on chickpea growth. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 36:71-74.
- Russel, E. J. 1950. *Soil Conditions and Plant Growth.* Longmans, Green and Co., New York.
- Saikun. 1992. Isolasi dan Pengujian Potensi Bakteri Pelarut Fosfat dari Beberapa Jenis Tanah dan Beberapa Rizosfer. *Skripsi.* Fakultas Pertanian, IPB. Bogor
- Salih, H. M., A. I. Yahya, A. M. Abdulrahem and B. M. Munam. 1989. Availability of phosphorus in a Calcareous soil treated with rock phosphate or super phosphate as affected by phosphate-dissolving fungi. *Plant and Soil.* 120: 181-185.
- Salle, A. J. 1948. *Fundamental Principles of Bacterial.* 3th ed. Mc Graw-Hill Co. Inc. New York-Toronto-London.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah.* Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Soepraptohardjo. 1961. *National Soil Classification System Definition of Great Soil Group Condensed.* Lembaga Penelitian Tanah. Bogor.

Subba Rao, N. S. 1981. Biofertilizer in Agriculture. Oxford and IBH Publ. Co., New Delhi.

Thompson, L. M. 1957. Soil and Soil Fertility. 2th ed. Mc Graw-Hill Co., New York.

Tisdale, S. L. and W. L. Nelson. 1965. Soil Fertility and Fertilizer. Mc Millan Publ. Co. New York.

Vanhille, S., B. De Wilde, Gusmailina and Komarayati, S. 1987. Covertion of Agricultural Residues to Energy and Compost Through Solid State Methane Fermentation. Makalah Seminar Bioteknologi Pertanian, 21 Desember 1987. PAU Bioteknologi, IPB. Bogor.

Waksman, S. A. and R. L. Starkey. 1981. The Soil and The Microbe. John Willey and Sons, Inc., New York.

Widjajanti, E. 1991. Peningkatan Kelarutan P dari Sumber Fosfat Sukar Larut dengan Menggunakan Bakteri Pelarut P. Skripsi. Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.

Wirjodihardjo, M. W. 1953. Ilmu Tubuh Tanah. Jilid III. Noordhoff-Koeff N. V., Jakarta.

Yadav, K. M. dan T. Singh. 1991. Phosphorus solubiliation by microbial isolate from Calcifluvent. J. Indian Soc. Soil Sci. 39: 89-93.

Lampiran Tabel 1. Analisis Pendahuluan Tanah Latosol Baranangsiang.

Jenis Analisis	Hasil	Metode
pH H ₂ O (1:1)	5.30	pH meter
C-organik (%)	1.61	Walkley and Black
N-total (%)	0.14	Kjeldahl
P-tersedia (ppm)	0.16	Bray-I
Basa-basa dapat ditukar (me/100g):		NH ₄ OAc pH 7.0
K	0.21	
Ca	5.33	
Na	0.22	
Mg	1.55	
KTK (me/100 g)	20.50	NH ₄ OAc pH 7.0
KB (%)	35.66	
Al-dd (me/100 g)	tu	N KCl Titration HCl
H-dd (me/100 g)	0.49	N KCl Titration HCl
Tekstuir (%):		Tekstur (pipet)
pasir	11.71	
debu	20.34	
liat	67.95	

Lampiran Tabel 2. Sifat-Sifat Kompos yang Digunakan.

Kandungan Hara	Persen
C-organik	33.60
N-total	1.24
P-tersedia	0.24
Ca	1.43
Mg	0.47
K	0.33
Na	0.15

Lampiran Tabel 3. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Jagung 21 HST.

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	168.9984	5.16**
Isolat	3	17.1491	0.52
Pupuk	2	13326.7851	407.02**
Kompos	1	477.6625	14.59**
IsolatxPupuk	6	27.2312	0.83
IsolatxKompos	3	26.9007	0.82
PupukxKompos	2	50.9572	1.56
IsolatxPupukxKompos	6	36.5734	1.12
Galat	46	32.7421	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%

Lampiran Tabel 4. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Jagung 28 HST.

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	199.6856	4.11*
Isolat	3	36.6373	0.75
Pupuk	2	27954.0661	575.18**
Kompos	1	1645.1804	33.85**
IsolatxPupuk	6	30.8002	0.63
IsolatxKompos	3	54.5147	1.12
PupukxKompos	2	4.5766	0.09
IsolatxPupukxKompos	6	60.8162	1.25
Galat	46	48.6009	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%

* berbeda nyata pada taraf 5%

Lampiran Tabel 5. Sidik Ragam Tinggi Tanaman Jagung 35 HST.

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	176.8288	2.44
Isolat	3	201.3455	2.78
Pupuk	2	36712.8920	507.42**
Kompos	1	2423.8203	33.50**
IsolatxPupuk	6	72.9966	1.01
IsolatxKompos	3	4.4279	0.06
PupukxKompos	2	75.2241	1.04
IsolatxPupukxKompos	6	45.3264	0.63
Galat	46	72.3520	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%

Lampiran Tabel 6. Sidik Ragam Bobot Kering Tajuk Tanaman Jagung.

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	15.3451	1.28
Isolat	3	155.9154	13.05**
Pupuk	2	7039.7806	589.09**
Kompos	1	318.0898	26.62**
IsolatxPupuk	6	125.1831	10.48**
IsolatxKompos	3	17.9801	1.50
PupukxKompos	2	81.5544	6.82**
IsolatxPupukxKompos	6	18.3383	1.53
Galat	46	11.9502	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%

Lampiran Tabel 7. Sidik Ragam Bobot Kering Akar Tanaman Jagung.

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	2.7272	0.59
Isolat	3	9.4549	2.06
Pupuk	2	2001.1012	435.14**
Kompos	1	144.3895	31.40**
IsolatxPupuk	6	8.0662	1.75
IsolatxKompos	3	2.5277	0.55
PupukxKompos	2	19.4167	4.22*
IsolatxPupukxKompos	6	3.3087	0.72
Galat	46	4.5987	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%
* berbeda nyata pada taraf 5%

Lampiran Tabel 8. Sidik Ragam Serapan Fosfor Oleh Tanaman Jagung.

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	0.0004	0.93
Isolat	3	0.0044	11.26**
Pupuk	2	0.0130	33.51**
Kompos	1	0.0074	19.08**
IsolatxPupuk	6	0.0010	2.50*
IsolatxKompos	3	0.0008	2.14
PupukxKompos	2	0.0010	2.54
IsolatxPupukxKompos	6	0.0006	1.51
Galat	46	0.0004	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%
* berbeda nyata pada taraf 5%

Lampiran Tabel 9. Sidik Ragam Serapan Nitrogen Oleh Tanaman Jagung

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	0.0641	0.77
Isolat	3	0.0889	1.06
Pupuk	2	4.8502	57.98**
Kompos	1	1.2725	15.21**
IsolatxPupuk	6	0.0488	0.58
IsolatxKompos	3	0.0699	0.84
PupukxKompos	2	0.0317	0.38
IsolatxPupukxKompos	6	0.1046	1.25
Galat	46	0.0836	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%

Lampiran Tabel 10. Sidik Ragam Serapan Kalium Oleh Tanaman Jagung.

Sumber	db	KT	F-hitung
Kelompok	2	0.3605	3.41*
Isolat	3	0.4822	4.56**
Pupuk	2	5.6553	53.49**
Kompos	1	1.2317	11.65**
IsolatxPupuk	6	0.0751	0.71
IsolatxKompos	3	0.0555	0.52
PupukxKompos	2	0.1091	1.03
IsolatxPupukxKompos	6	0.0664	0.63
Galat	46	0.01057	
Total	71		

Keterangan: ** berbeda nyata pada taraf 1%

* berbeda nyata pada taraf 5%

Lampiran Tabel 11. Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat, Kompos dan Pemupukan P terhadap Tinggi Tanaman, Bobot Kering Tajuk dan Akar Tanaman Jagung.

Perlakuan	Tinggi Tanaman pada Umur			Bobot Kering Tajuk	Bobot Kering Akar
	21	28	35 (HST)		
	----- cm -----			----- mg -----	
SoPoKo	42.67	44.83	48.17	736.0	574.2
SoPoK1	50.82	57.77	64.62	2968.8	2767.2
SoP1Ko	87.17	109.58	133.75	13925.0	11981.1
SoP1K1	100.62	126.12	140.33	30882.2	19148.3
SoP2Ko	50.48	59.12	72.50	3821.8	2552.0
SoP2K1	53.55	67.55	82.22	5853.3	3825.1
S1PoKo	46.33	47.83	54.53	1497.3	755.9
S1PoK1	51.17	57.88	73.68	3232.2	2812.3
S1P1Ko	83.65	105.40	127.58	33150.2	17818.3
S1P1K1	99.28	127.07	145.22	37514.8	20337.6
S1P2Ko	54.08	63.52	87.90	5699.6	3028.7
S1P2K1	54.97	69.40	89.97	7079.9	5040.6
S2PoKo	52.00	53.83	58.13	1759.5	955.3
S2PoK1	52.80	60.78	73.03	3731.5	3045.8
S2P1Ko	90.65	116.57	138.00	32269.3	18697.5
S2P1K1	92.20	117.33	144.47	36702.5	21755.3
S2P2Ko	51.77	61.62	77.75	4529.3	2152.1
S2P2K1	58.42	73.88	91.25	8037.5	3517.8
S3PoKo	48.58	51.35	62.53	1471.1	669.1
S3PoK1	52.58	58.93	74.80	4267.7	3532.7
S3P1Ko	89.33	116.23	137.40	38024.3	15382.2
S3P1K1	92.75	122.70	145.60	46033.9	21985.9
S3P2Ko	50.63	59.25	76.10	4434.1	2973.3
S3P2K1	53.35	67.83	87.73	5386.5	3761.9

Keterangan :

So = tanpa isolat

Po = tanpa pupuk P

Ko = tanpa kompos

S1 = isolat $2C_{8J_2}$

P1 = pupuk TSP

K1 = kompos

S2 = isolat $2C_{18K_1}$

P2 = batuan fosfat

S3 = isolat $2B_{6J_1}$

Lampiran Tabel 12.

Pengaruh Inokulasi Fungi Pelarut Fosfat, Kompos dan Pemupukan P terhadap Serapan Fosfor, Nitrogen dan Kalium oleh Tanaman Jagung.

Perlakuan	Fosfor	Nitrogen	Kalium
SoPoKo	0.079	1.386	1.958
SoPoK1	0.089	1.823	2.237
SoP1Ko	0.098	2.660	2.793
SoP1K1	0.102	2.546	3.039
SoP2Ko	0.095	2.193	2.644
SoP2K1	0.101	2.355	2.908
S1PoKo	0.087	1.790	1.979
S1PoK1	0.096	1.934	2.162
S1P1Ko	0.126	2.522	3.171
S1P1K1	0.142	2.593	3.176
S1P2Ko	0.112	2.146	2.893
S1P2K1	0.118	2.394	3.018
S2PoKo	0.087	2.171	1.100
S2PoK1	0.098	1.774	2.583
S2P1Ko	0.130	2.310	3.226
S2P1K1	0.175	2.973	3.837
S2P2Ko	0.118	2.443	3.118
S2P2K1	0.166	2.669	3.171
S3PoKo	0.068	1.694	2.283
S3PoK1	0.096	1.885	2.567
S3P1Ko	0.124	2.525	3.186
S3P1K1	0.195	3.052	3.139
S3P2Ko	0.115	2.115	2.861
S3P2K1	0.125	2.583	3.102

Keterangan :

So = tanpa isolat

S1 = isolat $2C_8J_2$ S2 = isolat $2C_{18}K_1$ S3 = isolat $2B_6J_1$

Po = tanpa pupuk P

P1 = pupuk TSP

P2 = batuan fosfat

Ko = tanpa kompos

K1 = kompos

Lampiran Tabel 13. Interaksi Isolat dan Pemupukan P Berpengaruh Sangat Nyata terhadap Bobot Kering Tajuk Tanaman Jagung.

Isolat	Tanpa P	TSP	Batuan Fosfat
Tanpa	1852.4d	22403.6c	4853.3d
2C ₈ J ₂	2364.8d	35332.5ab	6389.8d
2C ₁₈ K ₁	2745.5d	34485.4b	6283.4d
2B ₆ J ₁	2869.4d	42029.1a	4910.3d

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Lampiran Tabel 14. Interaksi Pemupukan P dan Kompos Berpengaruh Sangat Nyata terhadap Bobot Kering Tajuk.

Pupuk	Tanpa Kompos	Kompos
Tanpa P	1366.0c	3550.0c
TSP	29342.2b	37783.4a
Batuan Fosfat	4629.1c	6589.3c

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 1%.

Lampiran Tabel 15. Interaksi Pemupukan P dan Kompos Berpengaruh Nyata terhadap Bobot Kering Akar.

Pupuk	Tanpa Kompos	Kompos
Tanpa P	738.6d	3039.5c
TSP	15969.8b	20806.8a
Batuan Fosfat	2676.5c	4036.4c

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Lampiran Tabel 16. Interaksi Isolat dan Pemupukan P Berpengaruh Nyata terhadap Serapan Fosfor.

Isolat	Tanpa P	TSP	Batuan Fosfat
Tanpa	0.084e	0.100cde	0.096cde
2C ₈ J ₂	0.092de	0.134ab	0.115bcd
2C ₁₈ K ₁	0.010de	0.152a	0.142ab
2B ₆ J ₁	0.085de	0.562a	0.120bc

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

a. Hasil uji t dan uji F menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P dan kompos berpengaruh nyata terhadap bobot akar tanaman kacang kedelai. b. Hasil uji t dan uji F menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P dan kompos berpengaruh nyata terhadap bobot akar tanaman kacang kedelai. c. Hasil uji t dan uji F menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P dan kompos berpengaruh nyata terhadap bobot akar tanaman kacang kedelai. d. Hasil uji t dan uji F menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P dan kompos berpengaruh nyata terhadap bobot akar tanaman kacang kedelai. e. Hasil uji t dan uji F menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan P dan kompos berpengaruh nyata terhadap bobot akar tanaman kacang kedelai.

Lampiran Tabel 17. Komposisi Medium Yang Digunakan dalam Penelitian.

Nama Media	Komposisi	Jumlah (g/l)
<u>Pikovskaya</u>	Glukosa	10.00 g
	Ca ₃ (PO ₄) ₂	5.00 g
	(NH ₄) ₂ SO ₄	0.50 g
	KCl	0.20 g
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.10 g
	MnSO ₄	traces
	FeSO ₄	traces
	Ekstraks ragi	0.50 g
	Agar	20.00 g
	Air destilata	1000.00 ml
<u>Martin Agar</u>	KH ₂ PO ₄	1.00 g
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.05 g
	Pepton	5.00 g
	Dekstrose	10.00 g
	Agar	20.00 g
	Air destilata	1000.00 ml
<u>Larutan Fisiologis</u>	NaCl	8.50 g
	Air destilata	1000.00 ml