

D/MT

2004

006

13/2

**.PENGGUNAAN KAPUR, ASAM HUMAT, CENDAWAN MIKORIZA
ARBUSKULA DAN BAKTERI *Azospirillum* sp. PADA TANAH PODSOLIK
MERAH KUNING TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN
KUALITAS RUMPUT *Setaria splendida* Stapf**

SKRIPSI

AGUS DIAN



**PROGRAM STUDI NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
DEPARTEMEN ILMU NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
FAKULTAS PETERNAKAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2003

RINGKASAN

AGUS DIAN. D02497087. 2003. Penggunaan Kapur, Asam Humat, Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Bakteri *Azospirillum* sp. pada Tanah Podsolik Merah Kuning Terhadap Pertumbuhan, Produksi dan Kualitas Rumput *Setaria splendida* Stapf. Skripsi. Program Studi Nutrisi dan Makanan Ternak. Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor.

Pembimbing Utama : Dr. Ir. Panca Dewi MHKS, MS

Pembimbing Anggota : Ir. M. Agus Setiana, MS

Tanah PMK merupakan tanah marginal yang memiliki potensi yang cukup besar karena tersebar diseluruh wilayah Indonesia dengan total luas sebesar 47,5 juta hektar atau 24,9 % dari luasan seluruh daratan di Indonesia. Tanah ini mengandung Al yang tinggi yang dapat meracuni tanaman. Tanah ini memiliki pH yang rendah dan P tersedia yang juga rendah, disebabkan oleh adanya fiksasi P oleh Al, kandungan hara makro lainnya (N, K, Ca, Mg dan S) dan mikro (Zn dan Cu) rendah.

Usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi ketersediaan hara P dan menurunkan kandungan Al dilakukan dengan penambahan bahan pembenah tanah dan inokulasi CMA, sedangkan untuk mengatasi ketersediaan hara N dengan inokulasi bakteri penambat nitrogen yaitu bakteri *Azospirillum* sp.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dengan penambahan kapur, asam humat, CMA dan *Azospirillum* sp. pada tanah podsolik merah kuning terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf. serta perlakuan yang baik yang dapat dilakukan pada tanah tersebut.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agrostologi, Jurusan Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini dilaksanakan pada pertengahan bulan Juli-November 2001. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan pola faktorial 3 X 4 dengan 4 kali ulangan. Faktor pertama merupakan perlakuan pembenah tanah (*Soil Conditioner*) yang terdiri dari tiga taraf yaitu : K = kontrol, L = kapur (1 ton x Al_{dd}) dan H = asam humat (120 L/ha). Faktor kedua merupakan perlakuan dengan penambahan mikroorganisme yang terdiri dari empat taraf yaitu : M0 = kontrol, M1 = CMA (20 gram/pot), M2 = *Azospirillum* sp. (1×10^9 cfu) dan M3 = CMA dan *Azospirillum* sp. Untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan diuji dengan analisis sidik ragam (ANOVA). Jika berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji jarak Duncan (Steel and Torrie, 1993). Peubah yang diamati meliputi laju pertumbuhan jumlah anakan, laju pertumbuhan tinggi vertikal, berat kering akar, berat kering tajuk, kadar N akar, kadar N tajuk, serapan N total, kadar P akar, kadar P tajuk, serapan P total, persentase akar yang terinfeksi, dan jumlah spora.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan pembenah tanah dan mikroorganisme tidak mempengaruhi laju pertumbuhan jumlah anakan. Penambahan bahan pembenah tanah dan pemberian mikroorganisme nyata ($P < 0,05$) mempengaruhi berat kering akar dan serapan nitrogen total. Perlakuan ini sangat nyata ($P < 0,01$) mempengaruhi peubah berat kering tajuk, kadar nitrogen akar, kadar nitrogen tajuk, kadar fosfor akar, kadar fosfor tajuk, prosentase infeksi akar dan jumlah spora.

Penggunaan kapur pada tanah PMK merupakan perlakuan yang terbaik karena dapat meningkatkan produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf., namun untuk daerah yang sulit untuk mendapatkan kapur maka dapat melakukan penambahan asam humat sebagai pembenah tanah yang disertai dengan penambahan CMA. Selain itu, dapat pula dengan menambahkan CMA bersama-sama dengan *Azospirillum* sp. tanpa menambahkan kapur ataupun asam humat sebagai pembenah tanah.

Kata Kunci : kapur, asam humat, cendawan mikoriza arbuskula, *Azospirillum* sp., podsolik merah kuning, rumput *Setaria splendida* Stapf.

ABSTRACT

AGUS DIAN. D02497087. 2003. The effect of Lime, Humic Acid, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, and *Azospirillum* sp. Bacteria on Red Yellow Podzolic Soil on the Growth, Productivity and Quality of *Setaria splendida* Stapf Grass. BAgr. Sc. Thesis. Department of Nutrition and Feed Science. Faculty of Animal Science. Bogor Agricultural University.

Advisor : Dr. Ir. Panca Dewi MHKS, MS

Co-Advisor : Ir. M. Agus Setiana, MS

Red yellow podzolic soils are great potential for marginal soil because these type of soils spread widely in Indonesian region with 47.5 million hectare or 24.9 % of whole land in Indonesia. This soil has high concentration of Al which is toxic to plant. The soil has low pH values and extremely P deficient due to low P contents and high P fixation capacity. The soil has low major substances (N, K, Ca, Mg and S) and minor substances (Zn and Cu).

To increase P availability and Al concentration, using soil conditioners and AMF inoculum, while to increase N availability with *Azospirillum* sp. bacteria inoculum.

The objectives of this experiment was to study the effects of lime, additon of humic acid, AMF (abascular mycorrhizal fungi) and *Azospirillum* sp. bacteria on red yellow podzolic soils on growth, production and quality of *Setaria splendida* Stapf grass.

This experiment was conducted in a green house experiments Agrostologi laboratory and started from June until November 2001. Completely randomized design in 3x4 factorial pattern with four replication was used in the experiment. First factors, soil conditioner consist of K = control, L = lime (1 ton x Al_{dd}) and H = humic acid (120 L/ha). Second factor, soil microorganism inoculum consist of M0 = control, M1 = AMF (20 g/pot), M2 = *Azospirillum* sp. (1x10⁹ cfu) and M3 = AMF and *Azospirillum* sp. Analyses of Variance and Duncan Multiple Range Test were used to analyze and assist in interpretation of the data. The observed parameter were tiller number, vertical height increase, root dry weight, skoot dry weight, root N contents, skoot N contents, total N absorption, root P contents, skoot P contents, total P absorption, percentage of root infection and spore number.

Result showed that the effects of soil conditioners and soil microorganism inoculum on tiller number more similar. Soil conditioners and microorganisms affected significant (P<0.05) root dry weight and total N absorption the effects were highing significant (P<0.01) on parameters as follows : skoot dry weight, root N contents, skoot N contents, root P contents, skoot P contents, total P absorption, percentage of root infection and spore number.

The use of the lime on red yellow pod zolic soils produced the best result on quality and production of *Setaria splendida* Stapf grass. However, for the area where lime is not readily available, additional humic acid as soil conditioner with AMF inoculum. The other way, additional of AMF with *Azospirillum* sp. without addition lime or humic acid as soil conditioners.

Key word : red yellow podzolic soil, lime, humic acid, arbuscular mycorrhizal fungi, *Azospirillum* sp. bacteria, *Setaria splendida* Stapf. grass.

**PENGGUNAAN KAPUR, ASAM HUMAT, CENDAWAN MIKORIZA
ARBUSKULA DAN BAKTERI *Azospirillum* sp. PADA TANAH PODSOLIK
MERAH KUNING TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN
KUALITAS RUMPUT *Setaria splendida* Stapf**

Oleh

AGUS DIAN

D02497087

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Peternakan
pada Fakultas Peternakan
Institut Pertanian Bogor

**PROGRAM STUDI NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
DEPARTEMEN ILMU NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK
FAKULTAS PETERNAKAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

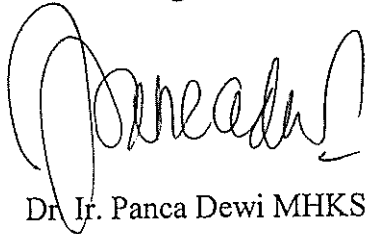
2003

**PENGGUNAAN KAPUR, ASAM HUMAT, CENDAWAN MIKORIZA
ARBUSKULA DAN BAKTERI *Azospirillum* sp. PADA TANAH PODSOLIK
MERAH KUNING TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI DAN
KUALITAS RUMPUT *Setaria splendida* Stapf**

Oleh
AGUS DIAN
D02497087

Skripsi ini telah disetujui dan telah disidangkan dihadapan
Komisi Ujian Lisan pada tanggal 18 September 2003.

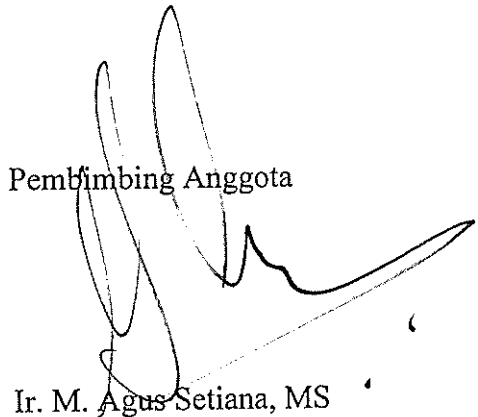
Pembimbing Utama



Dr. Ir. Panca Dewi MHKS, MS

Menyetujui :


Pembimbing Anggota



Ir. M. Agus Setiana, MS

Mengetahui :

Ketua Jurusan
Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak
Fakultas Peternakan
Institut Pertanian Bogor



Dr. Ir. Muhammad Ridla, MAgr.

Dekan
Fakultas Peternakan
Institut Pertanian Bogor



Dr. Ir. Ronny Rachman Noor, MRur.Sc.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sukabumi pada tanggal 18 Agustus 1979 dan merupakan anak kelima dari tujuh bersaudara dari pasangan Bapak H. Mustopa dan Ibu Hj. Ii Maryam.

Pada tahun 1985 penulis masuk sekolah dasar di SDN Selajambe I dan lulus pada tahun 1991. Penulis kemudian melanjutkan ke SMPN I Cisaat dan lulus pada tahun 1994. Setelah penulis lulus dari sekolah lanjutan tingkat pertama, kemudian penulis melanjutkan ke sekolah lanjutan tingkat atas di Sukabumi, yaitu SMUN 3 Sukabumi dan lulus pada tahun 1997.

Pada tahun 1997, penulis mengikuti Ujian Masuk Perguruan Tinggi Negeri (UMPTN) dan diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor pada Fakultas Peternakan Program Studi Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak (INMT).

PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahiim

Alhamdulillahirabbilaalamin, segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam penulis curahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad saw, keluarganya, shahabatnya, tabiin, tabiuttabiin serta para alim-ulama. Tidak lupa juga kepada kaum muslimin dan muslimat semoga tetap diberikan keteguhan untuk memegang dan melaksanakan Al-Islam.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan penelusuran pustaka untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana di Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan semua pihak yang telah ikut membantu penulis. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Panca Dewi MHKS, MS dan Ir. M. Agus Setiana, MS yang dengan penuh kesabaran telah membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Prof. Dr. Drh. Eddie Gurnadi dan Ir. Anita S. Tjakradidjaja, MRur.Sc. yang telah bersedia menjadi penguji penulis untuk menyelesaikan studi serta Ir. Dwi Margi Suci, MS yang telah bersedia sebagai moderator serta mengoreksi skripsi penulis. Dr. Ir. H. Suryahadi, DEA. sebagai pembimbing akademik, yang telah memberikan perhatiannya selama penulis melaksanakan studi.
2. Bapak dan ibu atas semua pengorbanan, bantuan, do'a, dorongan serta kasih sayang yang telah dicurahkan kepada penulis selama ini. Untuk kakak-kakak yang telah memberikan dorongan dan dukungannya (Kang Dadang dan Teh Tini, Kang Dasep dan Teh Euit, Kang Alan dan Teh Yusti, Kang Herman) dan juga adik-adik (Susi dan Jamil).
3. Kepada Pak Edi, Pak Iya, Pak Agus, Pak Ucup, Pak Idris, serta seluruh staf laboratorium Agrostologi.
4. Kepada Nurhayati, SPt. atas kerjasama, kebersamaan dan bantuannya selama penelitian dan penyusunan skripsi. Juga kepada teman-teman yang penelitian di Laboratorium Agrostologi Ega, Hesti, Lilis dan Istanul atas bantuan dan dorongannya.

5. Kepada sahabat KOKA (Istanul, Gofur, Urip, Wawan dan Ika) serta Agung yang telah memberikan persahabatan dan persaudaraan yang sangat erat. Juga kepada Kristal Klub (Vitis, Ita, Tami dan yang lainnya), serta seluruh teman-teman INMT'34 dan seluruh mahasiswa INMT. Tidak lupa juga kepada sahabat-sahabat di Kepal-D.

Penulis berharap dengan selesainya skripsi ini dapat menambah wawasan penulis serta dapat memberikan manfaat bagi pembaca, amin.

Bogor, 18 September 2003

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
ABSTRACT	iii
RIWAYAT HIDUP.....	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
PENDAHULUAN	1
Latar Balakang	1
Tujuan	3
Hipotesis	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
Tanah Podsolik Merah Kuning	4
Kondisi Hara Nitrogen dan Fosfor pada Tanah	4
Peranan Hara Nitrogen dan Fosfor Bagi Tanaman	5
Kandungan Alumunium pada Tanah Asam dan Dampaknya terhadap Tanaman	6
Pengapuran	6
Asam Humat	8
Pengaruh Mikroorganisme Tanah pada Pengambilan Hara	12
Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)	12 ✓
Bakteri <i>Azospirillum</i> sp.	15
Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	17
MATERI DAN METODE	19
Tempat dan Waktu	19
Materi	19
Metode	19
Peubah yang Diamati	20
Teknik Pelaksanaan	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	25
Kondisi Umum Penelitian	25
Analisis Tanah PMK	26
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah dan Mikroorganisme terhadap Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	27

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Laju Pertambahan Jumlah Anakan Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	29
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Laju Pertambahan Tinggi Vertikal Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	30
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Berat Kering Akar dan Berat Kering Tajuk Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	31
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Nitrogen Akar Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	37
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Nitrogen Tajuk Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	39
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Serapan Nitrogen Total Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	40
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Fosfor Akar Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	43
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Fosfor Tajuk Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	44
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Serapan Fosfor Total Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	46
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Derajat Infeksi Akar Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	48
Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Jumlah Spora Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	50
KESIMPULAN DAN SARAN ..	53
Kesimpulan ..	53
Saran ..	53
DAFTAR PUSTAKA ..	55
LAMPIRAN ..	58

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Suhu dan Kelembaban Rata-Rata	25
2. Analisis Kimia Tanah Podsolik Merah Kuning	26
3. Rekapitulasi Hasil Sidik Ragam Parameter yang Diukur	28
4. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Laju Pertambahan Jumlah Anakan Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	29
5. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Laju Pertambahan Tinggi Vertikal Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	31
6. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Berat Kering Akar dan Berat Kering Tajuk Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	34
7. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Nitrogen Akar Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	38
8. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Nitrogen Tajuk Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	39
9. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Serapan Nitrogen Total Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	42
10. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Fosfor Akar Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	44
11. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Kadar Fosfor Tajuk Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ...	45
12. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Serapan Fosfor Total Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ..	47
13. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Derajat Infeksi Akar Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf ...	49
14. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.) terhadap Jumlah Spora Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	51

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Analisis Sidik Ragam Laju Pertambahan Jumlah Anakan	59
2. Analisis Sidik Ragam Laju Pertambahan Tinggi Vertikal	59
3. Analisis Sidik Ragam Berat Kering Akar	59
4. Analisis Sidik Ragam Berat Kering Tajuk	60
5. Analisis Sidik Ragam Kadar Nitrogen Akar	60
6. Analisis Sidik Ragam Kadar Nitrogen Tajuk	60
7. Analisis Sidik Ragam Serapan Nitrogen Total	61
8. Analisis Sidik Ragam Kadar Fosfor Akar	61
9. Analisis Sidik Ragam Kadar Fosfor Tajuk	61
10. Analisis Sidik Ragam Serapan Fosfor Total	62
11. Analisis Sidik Ragam Derajat Infeksi Akar	62
12. Analisis Sidik Ragam Jumlah Spora	62

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Reaksi Sederhana Antara CaCO_3 dan CaO dengan Tanah Asam ...	7
2. Bagan Alur Pemisahan Senyawa Humat Menjadi Berbagai Fraksi Humat	11
3. Peranan Piruvat dan Feredoksin dalam Reaksi Nitrogenase	17
4. Akar Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	32
5. Reaksi Pengikatan Al oleh Kapur	33
6. Tajuk Rumput <i>Setaria splendida</i> Stapf	37
7. A. Akar Yang Tidak Terinfeksi CMA (Pembesaran 100 X)	
B. Akar Yang Terinfeksi CMA (Pembesaran 100X)	50

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengembangan ternak ruminansia sekarang ini harus disertai dengan pengembangan hijauan makanan ternak karena terjadi persaingan dalam penggunaan lahan sehingga ketersediaan hijauan makanan ternak lokal/alam rendah. Untuk mengembangkan budidaya hijauan makanan ternak ini hanya dapat memanfaatkan lahan-lahan marjinal yang kurang subur dan masam, karena lahan-lahan yang subur biasanya digunakan untuk pertanian.

Tanah podsolik merah kuning merupakan salah satu jenis tanah marjinal yang memiliki pH yang rendah, kandungan hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S) dan mikro (Zn dan Cu) rendah, kapasitas menahan air rendah dan peka terhadap erosi. Lahan ini mempunyai potensi yang besar karena penyebaran sangat luas di Indonesia meliputi pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya, dengan luasan total sebesar 47,5 juta hektar atau 24,9 % dari luasan seluruh daratan di Indonesia.

Pengembangan budidaya hijauan makanan ternak pada tanah podsolik merah kuning harus memilih hijauan makanan ternak yang mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap tanah podsolik ini serta iklim pada daerah tersebut. Selain itu tanah podsolik ini merupakan tanah yang kurang menguntungkan karena kondisi yang masam dan miskin unsur hara, maka dalam pemanfaatannya perlu terlebih dahulu dilakukan perlakuan agar dapat mengatasi permasalahan yang terjadi pada tanah ini.

Tanah podsolik merah kuning memiliki kandungan unsur hara yang rendah dan tidak tersedia bagi tanaman karena dijerap oleh Al, Fe dan Mn. Konsentrasi Al^{3+} yang tinggi pada tanah ini menyebabkan pemupukan yang dilakukan menjadi hal yang tidak atau kurang berguna sebab pupuk yang diberikan tersebut akan dijerap oleh Al sehingga unsur-unsur hara yang diberikan tersebut menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Karena adanya pengikatan unsur-unsur hara oleh Al ini menyebabkan pupuk yang diberikan harus dalam jumlah yang sangat besar sehingga biaya produksi akan sangat besar.

Usaha-usaha untuk meningkatkan efisiensi pemupukan perlu dilakukan sehingga kerugian dalam pemupukan yang nilainya cukup besar tersebut dapat ditekan. Oleh karena itu perlu ada suatu teknologi alternatif yang efektif, murah dan ramah lingkungan. Usaha tersebut dapat ditempuh antara lain dengan penambahan kapur,

asam humat, penambahan cendawan mikoriza arbuskula dan penambahan bakteri *Azospirillum* sp.

Kalsium merupakan unsur yang penting bagi tanaman sehingga ketersediaannya didalam tanah perlu diperhatikan juga. Kalsium juga dapat mempengaruhi semua sifat fisik tanah, karena merupakan kation tukar yang penting sehingga berperan mengatur daya absorpsi tanah, membantu daya pengikatan fosfor, mempertahankan pH pada batas-batas yang cukup netral, dalam kondisi yang biasa membantu kehidupan jasad-jasad mikro dan dapat mempercepat dekomposisi (pembusukan) bahan-bahan organik, dan apabila terlalu banyak kalsium (Ca) dapat mengganggu unsur-unsur mikro yang utama kecuali Mo dengan mengakibatkan terjadinya defisiensi unsur-unsur tertentu (AAK, 1994).

Penggunaan asam humat juga diketahui berperan di dalam penyediaan unsur P. Kemampuan asam humat untuk dapat menyediakan P tersedia bagi tanaman dikarenakan asam humat merupakan senyawa amfoter yang memiliki gugus karboksil (-COOH) dan fenolik yang dapat mengkelatisasi kation-kation (terutama Al dan Fe) pada kondisi tanah masam. Hal ini menyebabkan P yang terikat oleh kation-kation tersebut dapat lepas sebagai senyawa P yang dapat diserap oleh tanaman.

Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistis antara cendawan (mykes) dan perakaran (rhiza) tumbuhan tinggi (Imas dkk., 1989). Cendawan ini telah diketahui mempunyai kemampuan meningkatkan penyerapan unsur hara dan menjadikan unsur hara terutama fosfat yang terikat menjadi tersedia bagi tanaman (Setiadi, 1992).

Penggunaan pupuk sumber nitrogen dapat dikurangi dengan cara menambahkan bakteri penambat nitrogen. Salah satu bakteri tersebut adalah bakteri *Azospirillum* sp. yang dapat menambat nitrogen, baik sebagai organisme yang hidup bebas atau dalam kondisi berasosiasi dengan tanaman pangan penting seperti jagung dan padi (Pratiwi, 1999). Lebih lanjut Pratiwi (1999) juga menyatakan bahwa selain dapat menambat N₂ dari udara, juga dapat menghasilkan fitohormon yang dapat digunakan oleh tanaman.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dengan penambahan kapur, asam humat, CMA dan *Azospirillum* sp. pada tanah podsolik merah kuning terhadap produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf.

Hipotesa

1. Pada perlakuan campuran pembenah tanah dengan mikroorganisme akan memberikan respon yang paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan, produksi dan kualitas dari rumput *Setaria splendida* Stapf.
2. Dengan perlakuan pembenah tanah yaitu penambahan kapur dan asam humat akan dapat meningkatkan pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf.
3. Penambahan CMA dan *Azospirillum* sp. akan meningkatkan ketersediaan hara dalam tanah sehingga pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf. akan meningkat.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah Podsolik Merah Kuning

Indonesia memiliki tanah marginal yang sangat luas dan tersebar diseluruh wilayah. Salah satu jenis tanah marginal dan masam yang terdapat di Indonesia dan memiliki luasan yang sangat luas dan terdapat hampir diseluruh wilayah Indonesia adalah tanah podsolik. Luas tanah podsolik di pulau Jawa-Madura sebesar 0,325, Sumatera sebesar 14,695, Kalimantan sebesar 10,947, Sulawesi sebesar 1,308, Maluku sebesar 2,406, Irian Jaya sebesar 8,706 juta ha (Ditjen Perguruan Tinggi, 1991). Dengan adanya potensi yang sangat besar dari tanah PMK ini maka pemanfaatan tanah ini perlu ditingkatkan agar dapat meningkatkan produktivitas dari tanah tersebut.

Masalah yang terjadi pada tanah masam berupa unsur fosfor kurang tersedia, kekurangan unsur Ca, Mg dan Mo, fiksasi nitrogen oleh kacang-kacangan terhambat, kandungan Mn dan Fe sering berlebihan, serta kelarutan Al sering sangat tinggi. Kemasaman tanah berpengaruh langsung terhadap tanaman dengan daya racun ion H^+ dan OH^- (Tan, 1994). Daya pengaruh tidak langsung adalah pengendalian ketersediaan hara tanaman dan kegiatan jasad renik tanah.

Kekahatan P pada tanah ini terjadi karena tingginya kandungan aluminium (Al), sehingga P diikat sebagai senyawa kompleks Al-P yang sukar larut dan kurang tersedia bagi tanaman (Tisdale and Nelson, 1975). Selain itu pada tanah PMK yang merupakan tanah masam yang telah mengalami tingkat pelapukan lanjut, mineral liat umumnya didominasi oleh tipe 1 : 1 serta oksida dan hidroksida Al dan Fe yang mempunyai kemampuan memfiksasi P yang kuat sehingga mengakibatkan ketersediaan P rendah (Uehara and Gillman, 1981 dalam Novriansyah, 1999).

Tanah podsolik Jasinga bereaksi sangat masam (4,2 – 4,3), kejenuhan basa sangat rendah (8 – 13%), tetapi KTK agak tinggi (30 – 45 me/100g), unsur hara NPK rendah, dan kadar Al dapat ditukar sangat tinggi (10 – 30 me/100g) (Hardjowigeno, 1992).

Kondisi Hara Nitrogen dan Fosfor pada Tanah PMK

Pupuk fosfor merupakan pupuk yang paling banyak digunakan dalam jumlah yang banyak dibandingkan pupuk lainnya. Hal ini disebabkan karena pada tanah

yang bereaksi masam, didominasi oleh fosfor yang terikat dengan Al^{3+} dan Fe^{3+} atau dijerap pada permukaan oksida besi, aluminium dan mangan yang tidak larut atau dengan mineral liat. Senyawa fosfor dengan Al, yaitu $Al(OH)_2H_2PO_4$ (varisit) dan dengan Fe yaitu, $Fe(OH)_2H_2PO_4$ (stringit) merupakan senyawa yang sangat sukar larut sehingga tidak dapat digunakan tanaman (Tisdale dkk., 1985). Tanaman hanya dapat menyerap bentuk fosfor anorganik yang larut, yaitu dalam bentuk ion-ion ortofosfat ($H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-}) dari dalam larutan tanah, oleh karena itu proses pelarutan fosfor anorganik tak larut atau mineralisasi fosfor organik menjadi fosfor anorganik yang larut memegang peranan yang sangat penting. Beberapa masalah tersebut, mengakibatkan fosfor menjadi unsur yang defisien. Fiksasi fosfor menyebabkan efisiensi pemupukan fosfor sangat rendah.

Secara umum terdapat dua bentuk utama unsur fosfor (P) tanah yaitu P inorganik (Pi) dan P organik (Po), tetapi kebanyakan berada dalam bentuk yang tidak larut atau hanya sebagian kecil dalam bentuk anorganik yang larut (Tisdale dkk., 1985). Fiksasi fosfat dengan besi (Fe^{3+}) dan aluminium (Al^{3+}) pada pH rendah dan kalsium (Ca^{2+}) pada pH tinggi, serta dengan liat membentuk kompleks fosfat-liat yang tidak larut menyebabkan rendahnya ketersediaan fosfat dalam tanah, khususnya pada tanah-tanah mineral (Cui and Caldwell, 1996). Pada tanah podsolik merah kuning ini memiliki kandungan unsur hara N yang rendah.

Peranan Pupuk Nitrogen dan Fosfor Bagi Tanaman

Peranan N adalah merangsang pertumbuhan vegetatif yaitu menambah tinggi tanaman dan merangsang tumbuhnya anak-anak, membuat tanaman menjadi lebih hijau karena banyak mengandung butir-butir hijau daun yang penting dalam fotosintesis, dan merupakan bahan penyusun khlorofil daun, protein dan lemak (Setyamidjaja, 1986). Tanaman menyerap unsur ini terutama dalam bentuk NO_3^- , namun bentuk lain yang juga dapat diserap adalah NH_4^+ yang salah satu sumbernya adalah urea ($CO(NH_2)_2$) (Ditjen Perguruan Tinggi, 1991).

Peranan Fosfor yaitu memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran yang baik dari benih dan tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji dan gabah, memperbesar persentase pembentukan bunga menjadi buah dan biji, serta sebagai bahan penyusun inti sel, lemak dan protein

(Setyamidjaja, 1986). Unsur ini terutama diserap tanaman dalam bentuk ortofosfat primer, H_2PO_4^- . Menyusul kemudian dalam bentuk HPO_4^{2-} (Ditjen Perguruan Tinggi, 1991).

Kandungan Alumunium pada Tanah Asam dan Tentang Dampaknya terhadap Tanaman

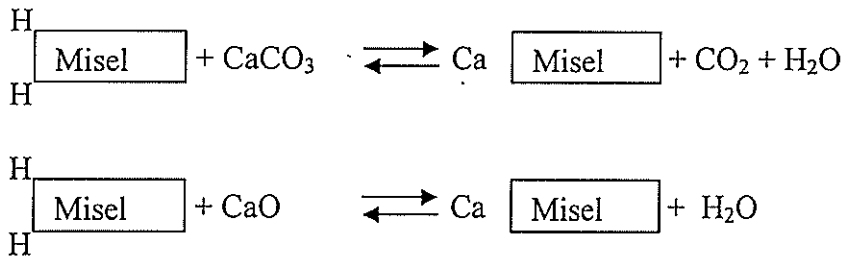
Tanah asam yang memiliki pH sekitar 4,0 dan mengandung Al, dapat meracuni tanaman. Pada pH tersebut kelarutan Al dapat meningkat secara tajam, dimana konsentrasi Al^{3+} pada kondisi tersebut dapat melebihi 500 $\mu\text{mol/L}$. Tanaman sudah mulai menunjukkan gejala keracunan Al pada pH > 4,0 dengan konsentrasi Al yang rendah (Shuman, 1995). Aktivitas Al^{3+} di bawah 1000 kali lipat pada pH antara 4,0-5,0 dengan menggunakan larutan *gibbsite*, sedangkan dengan studi larutan kultur menunjukkan bahwa saat konsentrasi Ca rendah, seperti yang ditemukan dalam tanah asam, akar akan rusak dan pertumbuhan terhambat pada konsentrasi Al sekitar 1 $\mu\text{mol/L}$ (Lund, 1970 dalam Shuman, 1995). Blamey dkk. (1983) dalam Shuman (1995) menunjukkan kerusakan akar pada kacang kedelai terjadi pada konsentrasi Al sebesar 10 $\mu\text{mol/L}$. Cameron dkk. (1986) dalam Shuman (1995) menunjukkan bahwa akar barley akan rusak pada konsentrasi Al sekitar 4 $\mu\text{mol/L}$, dan pada konsentrasi yang sama dari total Al akan merusak akar gandum (Parker dkk., 1988 dalam Shuman, 1995).

Pengapuran

Pengapuran (*liming*) merupakan pemberian bahan-bahan pengapur (*liming material*) dengan maksud untuk menaikkan pH tanah yang bereaksi masam atau menurunkan pH tanah yang bereaksi basa menjadi mendekati netral dengan harga pH sekitar 6,5 (Setyamidjaja, 1986).

Pengaruh utama pengapuran pada tanah masam dimaksudkan untuk menetralkan Al, menurunkan kadar ion hidrogen, meningkatkan kadar ion hidroksil dan persentase kejenuhan basa (Tisdale and Nelson, 1975). Ditjen Perguruan Tinggi (1991) merekomendasikan cara penentuan kebutuhan kapur untuk tanah tropik berdasarkan Al yang dapat dipertukarkan (Al-dd). Rekomendasi kebutuhan kapur berdasarkan Al-dd ini didasarkan pada kejenuhan Al yang meracuni dan sangat berkaitan dengan tingginya Al-dd pada tanah-tanah mineral masam di daerah tropik.

Buckman dan Brady (1982) menyatakan bahwa senyawa-senyawa kalsium dan magnesium biasanya sering disebut sebagai kapur pertanian dan senyawa ini memiliki keunggulan yaitu tidak meninggalkan sisa yang merugikan di dalam tanah. Reaksi langsung yang sederhana antara CaCO_3 dan CaO dengan asam tanah dapat ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 1. Reaksi Sederhana antara CaCO_3 dan CaO dengan Tanah Asam.

Pengaruh Pengapuran pada Tanah Asam

Pengaruh Pengapuran terhadap Fisik Tanah Asam. Dalam tanah asam dapat meningkatkan struktur remah walaupun pengaruhnya sebagian besar tidak secara langsung.

Pengaruh Pengapuran terhadap Sifat Kimia Tanah Asam. Efek kapur terhadap kimia tanah berupa:

1. konsentrasi ion-ion H akan menurun
2. konsentrasi ion-ion OH akan naik
3. kelarutan besi, aluminium dan mangan akan menurun
4. tersedianya fosfat dan molibdat akan bertambah besar
5. kalsium dan magnesium dapat tertukar dapat meningkat
6. persentase kejenuhan basa akan meningkat
7. tersedianya kalium dapat meningkat atau menurun tergantung keadaan (Buckman and Brady, 1982).

Pengaruh Pengapuran terhadap Sifat Biologis Tanah Asam. Kapur menstimulir organisme tanah heterotrofik, sehingga meningkatkan kegiatan bahan organik dan nitrogen dalam tanah asam. Bakteri yang mengikat nitrogen dari udara baik yang

nonsimbiotik maupun simbiotik distimulasi oleh penambahan kapur. Pertumbuhan sebagian besar mikroorganisme tanah yang berhasil, tergantung pada kapur; kegiatan biologis tidak dapat diharapkan pada tanah yang mengandung kalsium dan magnesium di bawah kadar tertentu (Buckman and Brady, 1982).

Tanaman memperoleh keuntungan dari proses penambahan kapur yaitu sebagai berikut: (1) langsung oleh kerja unsur hara atau kegiatan kalsium dan magnesium; (2) pengangkutan atau penetralan senyawa beracun, baik yang organik maupun yang anorganik; (3) penghambatan oleh penyakit tumbuhan; (4) peningkatan tersedianya unsur hara tumbuhan; (5) peningkatan kegiatan mikroorganisme yang menguntungkan persoalan unsur hara (Buckman and Brady, 1982).

Asam Humat

Stevenson (1982) dan Hesse (1984) dalam Wahjudin (1993) mengemukakan bahwa pemberian bahan organik akan mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Di sisi lain, Kusso (1971) dalam Wahjudin (1993) mengemukakan bahwa senyawa organik secara langsung berfungsi dalam reaksi oksidasi dan reduksi di dalam tanah.

Koloid humus tersusun dari senyawa lignin, poliuroida, dan protein. Ditinjau dari sifat kelarutannya, koloid humus tersusun dari tiga macam asam, yaitu asam humin, humat, dan vulfik. Asam humin, tidak larut dalam asam maupun alkali. Asam humat, larut dalam alkali, tidak larut dalam asam, sedangkan asam vulfik larut dalam asam maupun alkali (Ditjen Perguruan Tinggi, 1991).

Muatan negatifnya berasal dari gugus karboksil (-COOH) dan fenolik yang dinetralkan dan berionisasi dengan unit-unit pusat dari humus. Ia mempunyai kapasitas tukar kation sangat besar (150-300 me/100 g) dan demikian pula daya jerap air juga sampai beberapa kali lipat bobot keringnya (Ditjen Perguruan Tinggi, 1991).

Humus adalah senyawa kompleks yang agak resisten pelapukan, berwarna coklat, amorfus, bersifat koloidal, dan berasal dari jaringan tumbuhan dan binatang yang telah dimodifikasi atau disintesis oleh berbagai jasad mikro (Hakim dkk., 1986; Kononova, 1998). Selanjutnya Sarief (1985) menyatakan bahwa humus adalah bahan organik yang tidak dapat melapuk lagi dan berukuran koloid. Humus dapat mengikat kation, mengadakan pertukaran ion-ion dan menjerat molekul air. Menurut Tan

(1993) humus adalah kelompok yang tergolong dalam *humified materials* yaitu hasil akhir proses dekomposisi tanaman dan hewan yang telah memfosil jutaan tahun dalam tanah. Bahan ini disebut sebagai fraksi humat. Fraksi humat adalah polimer padat atau kompak dari senyawa aromatik rantai cincin yang dihasilkan selama dekomposisi sisa tanaman dan hewan melalui sintesis mikroorganisme.

Bahan humat terlibat dalam reaksi kompleks dan dapat mempengaruhi pertumbuhan secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, bahan humat merangsang pertumbuhan tanaman melalui pengaruhnya terhadap metabolisme, proses respirasi dengan meningkatkan permeabilitas sel atau melalui kegiatan hormon pertumbuhan sejumlah proses fisiologi. Secara tidak langsung, bahan humat diketahui memperbaiki kesuburan tanah dengan merubah kondisi fisik, kimia dan biologi tanah (Tan, 1991)

Pada tanah, fraksi lempung dan humat berperan sebagai suatu sistem penyangga. Melalui dekomposisi bahan organik, sejumlah senyawa organik dilepaskan atau dibentuk. Kebanyakan dari senyawa organik tersebut, seperti asam fulvat dan humat yang mempunyai kapasitas mengkhelat atau mengkompleks ion logam. Oleh karena itu, dapat membebaskan Al dan Fe dari mika, Felspar, dan kaolinit atau mineral tanah lainnya. Dengan cara ini dapat mempercepat proses dekomposisi, sebagai suatu khelat Al. Logam-logam lain dapat dijadikan mudah larut pada kisaran pH dimana mereka tidak larut dalam bentuk ion (Tan, 1991).

Pembentukan kompleks adalah reaksi suatu logam dan ligan melalui pemakaian bersama pasangan elektron. Produksi yang dihasilkan sebagai koordinasi logam. Ion logam adalah penerima pasangan elektron dan ligan adalah donor pasangan elektron. Sebagian dari ligan-ligan organik dapat mengikat ion logam lebih dari gugus fungsional donor. Tipe ikatan ini membentuk suatu cin-cin heterosiklik yang disebut cin-cin khelat. Proses pembentukan cin-cin khelat disebut pengkhelatan. Pembentukan kompleks dan pengkhelatan memegang peranan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah, karena pengkhelatan meningkatkan mobilitas banyak kation dan akibatnya juga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara yang penting untuk tanaman. Pelepasan unsur hara tanaman oleh pelapukan mineral tanah biasanya merupakan suatu proses yang lambat, namun pembentukan kompleks cenderung mempercepat proses dekomposisi mineral tanah dan dengan demikian

akan mempercepat pelepasan hara terlarut. Pembentukan kompleks juga dapat menyebabkan fosfat anorganik yang tidak larut menjadi lebih larut. Asam humat yang tidak larut mempunyai afinitas tinggi terhadap Al, Fe, dan Ca yang mengakibatkan terjadinya persaingan antar unsur tersebut dengan senyawa fosfat. Melalui pembentukan kompleks akan menyebabkan ion fosfat terbebas ke dalam larutan tanah (Tan, 1991).

Asam humat dapat diekstrak dari tanah yang tidak larut pada larutan asam. Substansi humat terdiri atas campuran heterogen yang terdiri atas campuran dari beberapa bahan. Asam humat terdiri atas makromolekul aromatik kompleks asam amino, gugus gula amino, peptida, alifatik termasuk juga ikatan antar kelompok aromatik yang juga terdiri atas fenolik OH bebas, struktur quinone, nitrogen, oksigen, dan gugus CaOH pada cincin aromatik. Dengan struktur kimia $C_{187}H_{186}O_{89}N_9S$ (Kononova, 2001).

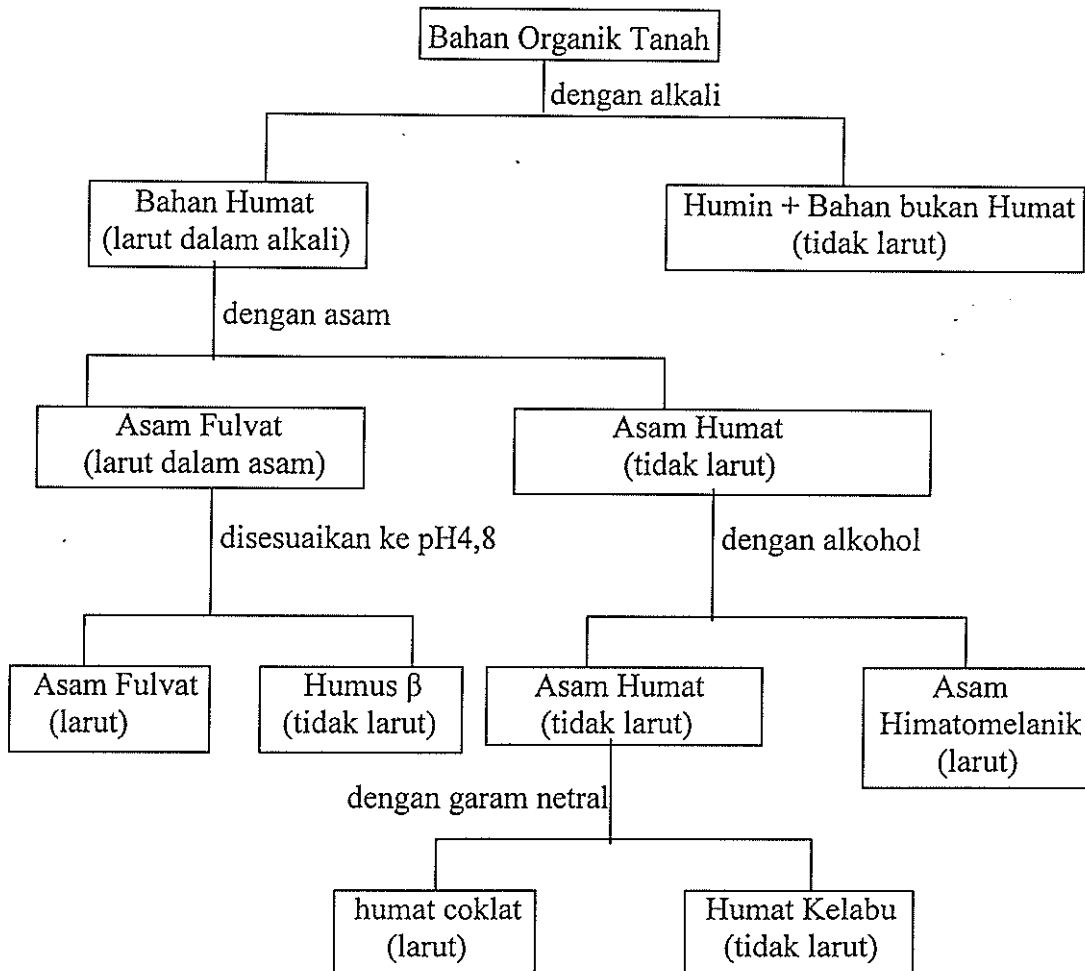
Salah satu karakteristik yang paling khusus dari bahan humat adalah kemampuannya untuk berinteraksi dengan ion logam, oksida, hidroksida, mineral dan organik, terutama pencemar beracun untuk membentuk asosiasi. Interaksi ini telah dijabarkan sebagai reaksi pertukaran ion, jerapan permukaan, pengkhelatan, peptisasi dan koagulasi (Jackson, 1977).

Sifat humus sebetulnya juga cukup kompleks sesuai dengan bahan penyusunnya, namun secara umum sifat dan ciri humus adalah sebagai berikut :

1. Bersifat koloidal seperti liat.
2. Luas permukaan dan daya jerap lebih tinggi dari liat.
3. Kapasitas tukar kation (KTK) 150 – 300 me/100g. Liatnya hanya 8 – 100 me/100g.
4. Daya jerap air 80 – 90 % dari bobotnya, liat hanya 15 – 20 %. Daya kohesi dan plastisitasnya rendah, sehingga mengurangi sifat lekat dari liat dan membantu granulasi agregat tanah.
5. Misel humus terdiri dari lignin, polisakarida dan protein liat yang didampingi oleh C, H, O, P, dan unsur lainnya.
6. Muatan negatifnya berasal dari gugus – COOH dan – OH yang berada dipinggiran dimana ion dapat digantikan oleh kation lain.
7. Punya kemampuan meningkatkan unsur hara tersedia seperti Ca, Mg dan K.

8. Merupakan sumber energi jasad mikro.
9. Memberikan warna gelap pada tanah (Hakim dkk., 1986).

Asam humat dihasilkan dari ekstraksi secara kimiawi bahan organik tanah. Asam humat yang dihasilkan berasal dari bahan organik tanah yang dilarutkan dalam larutan alkali dan asam. Asam humat larut dalam alkali tetapi tidak larut dalam asam. Prosedur yang paling umum untuk ekstraksi dan fraksionasi asam humat dengan NaOH ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Bagan Alur Pemisahan Senyawa Humat Menjadi Berbagai Fraksi Humat (Tan, 1993)

Pengaruh Mikroorganisme Tanah pada Pengambilan Hara

Populasi mikroorganisme aktif yang tidak terhitung jumlahnya, dapat mempengaruhi pengambilan hara oleh akar melalui empat jalan, yaitu:

1. Perubahan suplai pada permukaan akar-kompetisi.

2. Perubahan pertumbuhan akar atau tajuk dengan merusak akar secara langsung.
3. Mempengaruhi pengambilan hara itu sendiri, penghambatan atau rangsangan.
4. Mineralisasi organik atau pelarutan ion yang tidak mudah larut (Fitter and Hay, 1994).

Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)

Mikoriza adalah suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisma antara cendawan dan perakaran tumbuhan tingkat tinggi. Kata mikoriza berasal dari bahasa Yunani, yaitu Mykes (cendawan) dan rhiza (akar) (Imas dkk., 1989; Setiadi, 1992).

Mikoriza dapat dikelompokkan menjadi 2 tipe berdasarkan bentuk dan cara infeksi cendawannya terhadap tumbuhan inang, yaitu endomikoriza dan ektomikoriza (Smith and Read, 1997; Rao, 1994). Karakteristik endomikoriza adalah a) perakaran yang terkena infeksi tidak membesar, b) cendawan tidak membentuk struktur lapisan hifa pada permukaan akar, c) hifa menginfeksi sel korteks secara intra dan inter seluler, d) adanya struktur khusus sistem percabangan hifa yang disebut arbuskula dan pada sub-ordo tertentu juga membentuk struktur oval yang disebut vesikula, (Ervayenri, 1998); sedangkan karakteristik ektomikoriza adalah a) perakaran yang terinfeksi akan membesar dan bercabang serta rambut-rambut akar tidak ada, b) dalam suatu penampang melintang, nampak permukaan akar ditutupi secara lengkap oleh miselia yang biasa disebut dengan *fungus sheat* (mantel), (c) beberapa hifa yang menjorok ke luar yang disebut sebagai *rhizomorphs*. Hifa ini berfungsi sebagai alat yang efektif untuk penyerapan unsur hara dan air, (d) terdapat hifa yang membentuk struktur seperti net (jala) diantara dinding sel-sel jaringan korteks yang biasa disebut sebagai *Hartig net*, (e) hifa tidak menyerang (masuk) ke dalam sel, tetapi hanya berkembang diantara dinding-dinding sel jaringan korteks (Setiadi, 1989).

Secara taksonomi CMA dimasukkan ke dalam kelas Zygomycetes ordo Glomales yang terbagi ke dalam tiga famili yaitu: *Gigasporaceae*, *Glomaceae*, dan *Acaulosporaceae*. Cendawan ini diklasifikasikan ke dalam enam genus yaitu: *Glomus*, *Sclerocytis*, *Scotellospora*, *Acaulospora*, dan *Enthorospora* (Smith and Read, 1997). Cendawan ini merupakan simbiosis obligat dan tidak dapat ditumbuhkan pada medium sintetik yang tidak ada tanamannya (Imas dkk., 1989).

Mikoriza akan dapat berkembang dengan baik apabila tidak ada hambatan aerasi, oleh karena itu mikoriza akan berkembang lebih baik pada tanah berpasir dibandingkan pada tanah gambut. Ketersediaan hara terutama nitrogen dan fosfat yang rendah akan mendorong pertumbuhan mikoriza, sebaliknya kandungan hara yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menghambat pertumbuhan mikoriza (Islami dan Utomo, 1995). CMA terdapat dalam perakaran dari sebagian besar angiosperma, pteridofita, dan briofita, walaupun tidak dijumpai pada tanaman yang hanya membentuk ektomikoriza. (*Pinaceae*, *Betulaceae*) atau kedua macam tipe lain endomikoriza dari *Ericales* dan *Orchidales* (Rao, 1994; Fitter and Hay, 1991). CMA banyak menyebar terutama pada famili *Gramineae* dan *Leguminosae*. CMA terdistribusi secara luas pada semua kingdom tanaman, juga secara geografi terdapat pada tanaman yang tumbuh pada daerah artik, iklim sedang dan tropik (Fakuara, 1988). CMA juga mempunyai kisaran ekologi yang sangat luas tetapi biasanya CMA tidak dapat ditemui pada daerah yang sangat basah dan daerah payau (Fakuara, 1988). Kolonisasi spora CMA pada akar tanaman akan lebih rendah pada keadaan tanah tergenang secara terus-menerus dibandingkan dengan yang tergenang terputus-putus (Yusnaini dkk., 1999). Hasil pewarnaan contoh akar ditemukan struktur vesikel, spora dalam akar dan hifa internal yang mencirikan adanya infeksi CMA. CMA membentuk struktur karakteristik khusus yang disebut arbuskula dan vesikel. Arbuskula membantu dalam mentransfer nutrien (terutama fosfat) dari tanah ke sistem perakaran (Rao, 1994).

Lebih lanjut Fakuara (1988) mengemukakan bahwa intensitas CMA dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi pemupukan dan nutrisi tanaman, pestisida, intensitas cahaya, kelembaban tanah, pH dan kerapatan inokulum.

Hubungan CMA dengan Tanaman

Cendawan mikoriza arbuskula (CMA) umumnya hidup dan berkembang biak secara alami di daerah tropika. Kebanyakan tanaman daerah tropika berasosiasi dengan fungi ini. Hubungan tanaman dengan fungi ini adalah dalam sel (intraseluler), fungi menghasilkan *haustoria* yang melakukan invaginasi terhadap plasmalemma dan menghasilkan arbuskula (pohon-pohon kecil). Berat hifa sangat kecil, diameternya lebih kecil dari 1 μm dan kantongnya merupakan tempat penyimpanan

(Fitter and Hay, 1991). Manfaat penambahan CMA yaitu, meningkatkan pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan serapan hara P dan hara-hara yang relatif tidak mobil di dalam tanah (Yusnaini dkk., 1999). Selain itu dengan adanya peningkatan perharaan pada tanaman ini maka tanaman akan lebih tahan terhadap kekeringan (Yusnaini dkk., 1999). Kemampuan ini disebabkan karena mikoriza mempengaruhi eksudasi akar berupa asam-asam organik dan enzim fosfatase yang memacu proses mineralisasi fosfor organik. Asam-asam organik yang bermuatan negatif dapat mengkelat Al^{3+} dan Fe^{3+} sehingga fosfor yang terfiksasi oleh kation-kation tersebut dapat larut dalam tanah dan diserap oleh tanaman. Pada kondisi kahat fosfor, tanaman bermikoriza mampu memanfaatkan sumber fosfor yang tidak tersedia melalui peningkatan laju pelarutan fosfor anorganik yang tidak larut dan hidrolisis fosfor organik menjadi fosfor anorganik larut yang dapat diserap oleh tanaman dengan bantuan enzim fosfatase. Fungi CMA juga berperan penting dalam penyebaran sistem perakaran di luar zona perakaran (*rhizospher*) yang secara langsung berhubungan dengan morfologi akar, dan mikoriza adalah salah satu dari sejumlah pendekatan perkembangan sistem perakaran yang ditempuh oleh tanaman (Yusnaini dkk., 1999).

Proses Infeksi CMA

Proses infeksi CMA diawali oleh adanya propagul yang infeksiif, dapat berupa hifa, fragmen hifa dan akar, dan spora (Smith and Read, 1997). Propagul tersebut berkecambah dan menginfeksi akar inangnya dengan membentuk struktur apresoria. Selanjutnya membentuk struktur hifa internal yang berkembang membentuk hifa gelung, arbuskula, dan pada famili tertentu juga membentuk vesikula. Disamping itu juga terbentuk struktur hifa eksternal dan spora (Ervayenri, 1998).

Bakteri *Azospirillum* sp.

Pertumbuhan dan perkembangan bakteri tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu : keterbatasan dalam pelarutan tanah dan metode lempeng, tekstur, kandungan air, ketersediaan substrat organik dalam tanah, temperatur dan kelembaban, pH tanah, praktik pertanian, pemupukan dan pemakaian pestisida (Rao, 1994).

Azospirillum terdiri dari empat spesies yaitu : *A. lipoferum*, *A. brasilense*, *A. amazonense*, dan *A. serapedica* (Rao, 1994). Karena cirinya yang mikroaerofilik, *Azospirillum* dapat dipisahkan dalam medium setengah padat yang mengandung malat melalui prosedur pengayaan. Perkembangan felikel tipis yang putih, padat, dan beralun pada medium setengah padat yang mengandung malat merupakan ciri karakteristik dari *Azospirillum*. Selama pengayaan, organisme yang dominan pada medium natrium malat dicirikan oleh bentukan batang-batang yang bengkok dengan bermacam-macam ukuran dengan tetes lemak yang membiaskan cahaya dengan kuat. Organisme ini Gram negatif dan mengandung granula-granula poli- β -hidroksi butirat. Pengamatan dengan mikroskop mengungkap adanya polimorfisme dan gerakan spirilar. Untuk fiksasi nitrogen molekular, bakteri membutuhkan lingkungan mikroaerofilik (kondisi O₂ rendah) tetapi dapat tumbuh cepat pada medium yang mengandung amonium tanpa memfiksasi nitrogen. Organisme ini juga diketahui menghasilkan zat tumbuh seperti IAA, kinetin, dan giberelin (Rao, 1994). Hubungan *Azospirillum* sp. dengan tanaman berupa "Simbiosis Asosiatif" karena bakteri tersebut terdapat di dalam akar dan bagian-bagian tanaman yang langsung berhubungan dengan udara.

Selama tiga hari pertama, kolonisasi memberikan tempat yang penting dalam wilayah perpanjangan akar, pangkal rambut akar, dalam permukaan rambut akar muda. *Azospirillum* sp. dapat ditemukan dalam jaringan kortikal, bagian akar lateral, sepanjang korteks bagian dalam, *xylem vessel*, dan antara inti sel. Inokulasi beberapa kultivar dari gandum, jagung, sorgum dan setaria dengan beberapa strain *Azospirillum* menyebabkan perubahan morfologi dalam awal perkembangan akar setelah germinasi. Selama tiga minggu pertama setelah germinasi, jumlah rambut akar, cabang-cabang rambut akar, dan akar lateral akan ditingkatkan oleh inokulasi, tetapi itu semua tidak akan merubah dalam berat akar. Biomassa akar akan meningkat oleh *later stage*. Inokulasi akar memberikan peranan yang besar bagi akar muda (Okon dan Kapulnik, 1986).

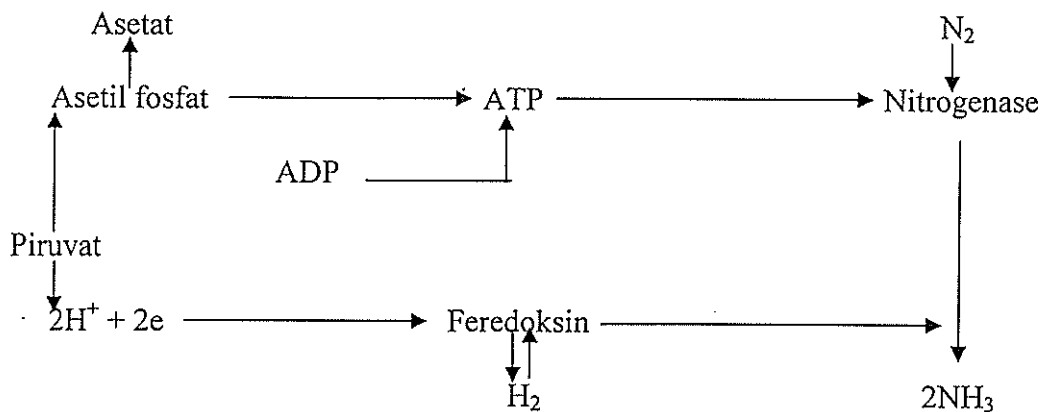
Azospirillum sp. dapat menambat nitrogen, baik sebagai organisme yang hidup bebas atau dalam kondisi berasosiasi dengan akar tanaman pangan penting, seperti jagung dan padi (Pratiwi, 1999). *Azospirillum* sp. yang berasosiasi dengan akar beberapa tanaman pangan penting, misalnya jagung dan padi, dapat meningkatkan

efisiensi penggunaan pupuk nitrogen (Pratiwi, 1999). *Azospirillum* sp. yang berasosiasi dengan akar tanaman jagung dan padi mempunyai kemampuan menambat N_2 dari udara dan menghasilkan fitohormon, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman inangnya (Pratiwi, 1999). Fallik dan Okon (1996) dalam Pratiwi (1999) menyimpulkan bahwa *Azospirillum* sp. mampu meningkatkan hasil panen tanaman pada berbagai jenis tanah maupun iklim yang berbeda. Selain itu juga dilaporkan bahwa inokulasi dengan *Azospirillum* sp. dapat menurunkan kebutuhan pupuk nitrogen sampai 35%. Penambahan *Azospirillum* dapat meningkatkan produksi gabah padi sebesar 2 kwintal/ha baik disertai dengan pemupukan N maupun tidak (Mahapatra dan Sharma, 1988). Keuntungan inokulasi bakteri *Azospirillum* sp. ini telah dirangkum oleh Pratiwi (1999) bahwa *A. lipoferum* pada tanaman jagung menyebabkan peningkatan hasil panen sekitar 10%, meningkatkan jumlah rambut akar padi, meningkatkan jumlah akar lateral *pearl millet*, meningkatkan luas permukaan akar, meningkatkan serapan hara pada tanaman (Okon dan Kapulnik, 1986), dan menambah konsentrasi fitohormon IAA dan IBA bebas diperakaran. Respon tanaman selain fiksasi nitrogen, juga dipengaruhi oleh hormon yang mengubah metabolisme dan pertumbuhan tanaman. Salah satu fitohormon yang dihasilkan oleh *Azospirillum* sp. adalah asam indola asetat (indole acetic acid = IAA) (Pratiwi, 1999).

Mekanisme Fiksasi Nitrogen

Reaksi nitrogenase mempunyai dua langkah penting: (1) aktivasi elektron oleh donor yang tepat atau adenosin di-fosfat (ADP) dan (2) reduksi substrat. Kedua langkah reaksi ini terjadi di sisi yang berbeda dari molekul nitrogenase tetapi satu sama lain saling bergantung. Sediaan murni nitrogenase sangat peka terhadap oksigen, khususnya bagian enzim yang merupakan protein Fe. Kebutuhan energi untuk reaksi nitrogenase berasal dari daur metabolik seluler dalam bentuk adenosin trifosfat (ATP) sekitar 12 sampai 20 mol ATP per mol dari satu nitrogen molekular yang direduksi (Rao, 1994).

Piruvat sangat berperan dalam donor elektron dan sebagai sumber energi dalam reaksi nitrogenase. Peranan piruvat dan feredoksin dalam reaksi nitrogenase dapat digambarkan sebagai berikut (dari Fottrell, 1968):



Gambar 3. Peranan Piruvat dan Feredoksin dalam Reaksi Nitrogenase (Rao, 1994)

Rao (1994) mengemukakan bahwa Piruvat berfungsi baik sebagai donor elektron maupun sebagai sumber energi. Dalam reaksi fosforoklastik, piruvat membentuk asetil fosfat yang dengan adanya adenosin difosfat (ADP) membentuk ATP. Pereduksinya adalah protein pembawa elektron yang ada secara alami dan memiliki daya reduksi kuat, yaitu feredoksin dan flavodoksin. Ditionit ($Na_2S_2O_4$) dan zat warna tertentu seperti metil viologen dan benzil viologen dapat juga berfungsi sebagai sumber donor elektron ekstra seluler buatan. Karena semua mikroorganisme pemfiksasi nitrogen itu mengandung hidrogenase, sistem enzim ini di dalam sel mengkatalisis transfer elektron dari piruvat atau hidrogen keferedoksin atau flavodoksin.

Rumput *Setaria splendida* Stapf

Rumput *Setaria splendida* Stapf. merupakan tanaman berumur panjang, membentuk rumpun dengan rhizoma yang pendek, dan jumlah anakannya banyak. Sesuai untuk daerah yang mempunyai curah hujan 1000 mm atau lebih. Relatif tahan terhadap genangan air. Adaptasi tanah dari yang berpasir sampai liat, namun paling baik memberikan produksi adalah pada tanah lempung berliat. Tanaman dapat diperbanyak dengan menggunakan biji dan pols. Tanaman ini mengandung oksalat yang tinggi (5 – 7 %). Hal ini akan menyebabkan hipokalsemia. Tingginya asam oksalat linier dengan dosis pemberian pupuk urea (Jayadi, 1991). Menurut Bogdan (1977) rumput *Setaria splendida* Stapf. merupakan rumput yang diperbanyak dengan biji dan pols. Rumput *Setaria splendida* Stapf. merupakan jenis rumput perenial (Bo

Gohl, 1981). Rumput ini tingginya mencapai 1,5 – 3,5 m, panjang daun mencapai 70 cm dan lebar 12 – 20 cm, malai panjang berwarna coklat tua dan bulir dikelilingi oleh bulu kasar (Bogdan, 1977). Rumput *Setaria splendida* Stapf. tumbuh baik di padang rumput dengan curah hujan tinggi, biasanya diatas 1000 mm/tahun. *Setaria splendida* Stapf. kurang tahan kering dan tidak produktif selama musim kering (Bogdan, 1977).

MATERI DAN METODE

3 9

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Laboratorium Lapangan Agrostologi Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor dan Laboratorium Agrostologi Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini dilaksanakan pada pertengahan bulan Juli sampai dengan November 2001.

Materi

Penelitian ini menggunakan bahan tanam 48 pols *Setaria splendida* Stapf. yang diperoleh dari koleksi kebun rumput Laboratorium Agrostologi, inokulum CMA, Humegatm (6 % humic + 94 % inert organik), media tanah podsolik merah kuning yang diperoleh dari Jasinga, kabupaten Bogor. Bahan-bahan kimia untuk pewarnaan akar dan pembuatan preparat spora : asam laktat 90 %, gliserol 87 %, biru trypan, HCl 2 %, KOH 10 %, glukosa 60 %, aquades, sampel akar dan sampel tanah sebanyak 100 gram. pot ukuran 10 kg tanah dan pupuk dasar yang digunakan adalah urea, TSP dan KCl.

Alat-alat yang digunakan adalah satu set saringan bertingkat (mesh 40, 50, 125, 350, 500 μ m), sentrifuse, mikroskop, cawan petri, gelas objek dan kaca penutup, pinset, gunting, saringan teh, tabung reaksi, timbangan analitik, gelas ukur, oven, Peralatan yang digunakan dalam penelitian lapangan meliputi : dandang dan kompor untuk sterilisasi tanah, plastik, karung, ember, timbangan, meteran dan gunting.

Metode

Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan pola faktorial 3 X 4 dengan 4 kali ulangan.

Faktor pertama merupakan perlakuan pembenah tanah (*Soil Conditioner*) yang terdiri dari tiga taraf yaitu :

K = kontrol

L = ditambahkan kapur (dosis 1 ton x Al_{dd})

H = ditambahkan asam humik (dosis 120 L/ha)

Faktor kedua merupakan perlakuan dengan penambahan mikroorganisme yang terdiri dari empat taraf yaitu :

M0 = tanpa CMA dan *Azospirillum* sp.

M1 = ditambahkan CMA (dosis 20 gram/pot)

M2 = ditambahkan *Azospirillum* sp. (dosis 1×10^9 cfu)

M3 = ditambahkan CMA dan *Azospirillum* sp.

Model statistiknya yaitu :

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

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh perlakuan

μ = Nilai tengah populasi

α_i = Pengaruh perlakuan pembenah tanah taraf ke-i faktor 1

β_j = Pengaruh perlakuan mikroorganisme taraf ke-j faktor 2

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi taraf ke-i faktor 1 dan taraf ke-j faktor 2

ϵ_{ijk} = pengaruh galat (error) taraf ke-i faktor 1 dan taraf ke-j faktor 2

Peubah yang Diamati

1. Pertambahan Jumlah Anakan

Penghitungan jumlah anakan dilakukan setelah tanaman berumur satu minggu setelah masa tanam (MST) sampai minggu ke- 9 MST.

2. Pertambahan Tinggi Vertikal

Mengukur daun tertinggi dari rumput *Setaria splendida* Stapf. pada setiap minggu sampai minggu ke-9 MST.

3. Berat Kering Tajuk dan Berat Kering Akar

Menimbang berat kering tajuk dan berat kering akar rumput *Setaria splendida* Stapf. yang di panen pada minggu ke-9 setelah terlebih dahulu dikeringkan dalam oven pada suhu 70° C selama 48 jam.

4. Derajat Infeksi Akar

Untuk menghitung jumlah akar yang terinfeksi oleh cendawan mikoriza arbuskula dilakukan teknik pewarnaan akar (Phyllip dan Hayman, 1970). Pewarnaan

akar dilakukan dengan cara akar dicuci kemudian dipotong-potong dan dimasukkan ke dalam tabung, lalu ditambahkan 10% KOH dan tabung ditutup. Setelah 24 jam KOH dibuang dan diganti dengan yang baru dan kemudian didiamkan kembali selama 24 jam. Akar dicuci dan disaring dengan saringan teh kemudian dipotong-potong sepanjang 5 cm, dimasukkan ke dalam tabung dan dibiarkan selama 24 jam setelah mengalami penambahan HCl 2%. Larutan HCl diganti dengan larutan *staining* dan dibiarkan selama 24 jam, kemudian dilanjutkan dengan penambahan larutan *destaining* untuk membuang pewarna *tryphan blue*. Untuk menghitung persentase infeksi akar dengan cara meletakkan 10 buah potongan akar dengan panjang 1 cm dalam gelas preparat yang ditutup dengan *cover glass*. Persentase akar yang terinfeksi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ infeksi} = \frac{\text{Jumlah akar yang terinfeksi}}{\text{Jumlah contoh akar}} \times 100\%$$

5. Jumlah Spora

Penghitungan jumlah spora dilakukan dengan mengisolasi spora terlebih dahulu melalui metode penyaringan basah dari Gadermann dan Nicholson (1963). Isolasi spora dilakukan dengan cara menimbang 100 gram tanah, kemudian ditambah air, diaduk dan didiamkan selama lima menit hingga membentuk suspensi. Setelah itu suspensi disaring dengan saringan bertingkat sebanyak tiga kali ulangan. Tanah yang terendap pada saringan 45 μm disentrifuse selama lima menit dengan kecepatan 2500 rpm. Setelah itu supernatannya dibuang dan endapannya ditambah sukrosa 50% secukupnya, kemudian disentrifuse lagi selama satu menit dengan kecepatan 2500 rpm, Supernatan hasil sentrifuse ditampung dengan saringan 50 μm (jangan sampai endapannya terbawa), kemudian dibilas dengan aquades agar sukrosanya hilang, setelah itu ditampung dalam cawan petri dan dihitung jumlah sporanya.

6. Kadar Nitrogen Tajuk dan Akar

Kadar nitrogen tajuk dan akar diukur dengan menggunakan metode Kjeldahl.

7. Serapan Nitrogen Total

Serapan nitrogen total diperoleh dari hasil perhitungan berat kering tajuk (BKT) dengan kadar nitrogen tajuk (KNT) ditambah dengan berat kering akar (BKA)

dengan kadar nitrogen akar (KNA). Kadar serapan nitrogen total dihitung dengan rumus :

$$\text{Serapan nitrogen tajuk (gram)} = \text{BKT (gram)} \times \text{KNT (\%)}$$

$$\text{Serapan nitrogen akar (gram)} = \text{BKA (gram)} \times \text{KNA (\%)}$$

$$\text{Serapan nitrogen total (gram)} = (\text{BKT} \times \text{KNT}) + (\text{BKA} \times \text{KNA})$$

8. Kadar Fosfor Tajuk dan Kadar Fosfor Akar

Pembuatan larutan standar P :

Untuk mendapatkan stock standar 0,5 mg P₂O₅/ml dibuat dengan menimbang 0,2397 gram KH₃PO₄ dan larutkan ke dalam 250 ml aquades. Dari larutan ini diambil :

- ❖ 1 ml stock P₂O₅, dijadikan 100 ml dengan aquades.
- ❖ 2 ml stock P₂O₅, dijadikan 100 ml dengan aquades.
- ❖ 3 ml stock P₂O₅, dijadikan 100 ml dengan aquades.
- ❖ 4 ml stock P₂O₅, dijadikan 100 ml dengan aquades.
- ❖ 5 ml stock P₂O₅, dijadikan 100 ml dengan aquades.
- ❖ 6 ml stock P₂O₅, dijadikan 100 ml dengan aquades.
- ❖ 7 ml stock P₂O₅, dijadikan 100 ml dengan aquades.

Dari masing-masing stock standar diambil 10 ml dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, demikian pula dibuat larutan blanko per 10 ml, sehingga diperoleh:

- Blanko H₂O/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.
- 0,05 mg P₂O₅/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.
- 0,10 mg P₂O₅/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.
- 0,15 mg P₂O₅/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.
- 0,20 mg P₂O₅/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.
- 0,25 mg P₂O₅/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.
- 0,30 mg P₂O₅/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.
- 0,35 mg P₂O₅/10 ml ditambah dengan 5 ml pereaksi molybdat.

Cara Kerja : Timbang 0,5 gram contoh, kemudian tambahkan 10 ml asam nitrat pekat dan 5 ml *perchloric acid* serta batu didih, kemudian dimasukkan ke dalam labu kjeldahl untuk didestruksi sampai bening atau hijau muda dengan *digestion*

block, kemudian diencerkan dengan aquades sampai volume 100 ml dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml. Setelah itu masukkan erlenmeyer melalui corong yang dilapisi dengan kertas saring agar endapan tidak ikut serta. Contoh siap dibaca dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

Penentuan kadar P :

$$\% P_2O_5 = \frac{100 \times 10 \times 0,001 \times (a - b) \times c}{500}$$

9. Serapan Fosfor Total

Serapan fosfor total diperoleh dari hasil perhitungan berat kering tajuk (BKT) dengan kadar fosfor tajuk (KFT) ditambah dengan berat kering akar (BKA) dengan kadar fosfor akar (KFA). Kadar serapan fosfor total dihitung dengan rumus :

Serapan fosfor tajuk (gram) = BKT (gram) x KFT (%)

Serapan fosfor akar (gram) = BKA (gram) x KFA (%)

Serapan fosfor total (gram) = (BKT x KFT) + (BKA x KFA)

Teknik Pelaksanaan

Penelitian ini terdiri dari enam tahap :

1. Tahap Sterilisasi

Tanah podsolik merah kuning dibersihkan dari kotoran-kotoran, diayak untuk memperoleh kadar kehalusan tertentu, dikeringkan pada suhu ruangan, kemudian disterilisasi dengan cara dikukus (steam) selama 9 jam. Setelah disterilisasi tanah dimasukkan ke dalam plastik untuk diinkubasi selama ± 2 minggu.

2. Tahap Penambahan Pupuk dan Kapur

Tanah yang telah diinkubasi tersebut ditimbang sebanyak 10 Kg kemudian dicampur dengan pupuk dasar (NPK) sebanyak 0.4 gram untuk seluruh perlakuan dan dicampur kapur untuk perlakuan dengan penambahan kapur. Lalu diinkubasi selama seminggu.

3. Tahap Penambahan Asam Humat dan Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula

Tanah yang telah dicampur dengan pupuk dasar, kemudian ditambahkan asam humat pada masing-masing perlakuan dengan asam humat sebanyak 120 ml/pot. Asam humat yang digunakan dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebesar 2.5 % atau 40 kali. Inokulasi dilakukan dengan cara memasukkan isolat cendawan mikoriza arbuskula sebanyak 20 gram/pot pada setiap perlakuan yang diperlukan. Dilanjutkan dengan penanaman pols rumput *Setaria splendida* Stapf pada setiap perlakuan.

4. Tahap Inokulasi Bakteri

Inokulasi bakteri dilakukan seminggu setelah tanam sebanyak 1 ml yang mengandung 10^9 CPU pada setiap perlakuan yang diperlukan.

5. Tahap Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan serta pemberantasan hama dan penyakit.

6. Tahap Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada minggu kesembilan dengan umur tanaman 60 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca dengan suhu rata-rata pada pagi hari 18,7 °C, siang-sore 36 °C dan malam hari 29,5 °C, sedangkan kelembaban pada pagi, siang-sore dan malam hari berturut-turut adalah 30 %, 70 % dan 90 %.

Tabel 1. Suhu dan Kelembaban

Waktu	Pukul	Suhu (° C)	Kelembaban (%)
Pagi	05.00 – 09.00	17 – 20,5	30
Siang/Sore	09.00 – 18.00	30 – 42	70
Malam	18.00 – 05.00	25 – 34	90

Kondisi ini merupakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme tanah. Kondisi ini sesuai dengan yang dikemukakan Sarief (1985) bahwa kisaran maksimum pertumbuhan tanaman adalah antara 15 °C dan 40 °C. Umumnya temperatur terbaik untuk pertumbuhan tanaman, juga terbaik untuk pertumbuhan organisme tanah. Lebih lanjut Ervayenri (1998) mengemukakan bahwa suhu tanah 25 °C – 30 °C merupakan suhu optimum untuk perkembangan dan keefektifan CMA. Bahkan suhu tanah kurang dari 17 °C dapat menurunkan keefektifan dan perkembangan CMA.

Penyulaman dilakukan satu minggu terhadap tanaman yang pertumbuhannya kurang baik dan hal ini banyak terjadi pada kontrol tanpa mikroorganisme. Pemeriksaan terhadap hama dan penyakit dilakukan setiap hari dan kalau ada yang terjangkit dilakukan pemotongan daun/batang tersebut apabila diperlukan, sedangkan gulma yang tumbuh akan langsung dicabut dari pot tersebut. Selama penelitian tidak dilakukan penyemprotan pestisida karena dkuatirkan akan mengganggu pertumbuhan mikroorganisme tanah yang diinokulasikan pada tanah PMK.

Pada minggu pertama pertumbuhan tanaman masih seragam, tetapi pada minggu berikutnya pertumbuhan tanaman berbeda-beda. Pemberian perlakuan mempengaruhi pertumbuhan dari rumput *Setaria splendida* Stapf. sehingga terjadi pertumbuhan rumput *Setaria splendida* Stapf. yang berbeda-beda sesuai dengan perlakuan yang diberikan.

Analisis Tanah PMK

Hasil analisis tanah PMK dari pusat penelitian tanah dan agroklimat baik kontrol (tanpa penambahan kapur dan asam humat), dengan penambahan kapur maupun penambahan asam humat yang telah diinkubasi selama 2 minggu disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Analisa Kimia Tanah Podsolik Merah Kuning

Pengukuran	PMK	Ket.	Asam humat (40L/Ha)	Ket.	Pengapuran (1 ton x Al _{dd})	Ket.
PH H ₂ O	4,3	Sangat masam	4,2	Sangat masam	4,5	Masam
C-Organik (%)	0,77	Sangat rendah	0,65	Sangat rendah	0,71	Sangat rendah
N (%)	0,08	Sangat rendah	0,08	Sangat rendah	0,08	Sangat rendah
C/N (%)	10	Rendah	8	Rendah	9	Rendah
P ₂ O ₅ (ppm)	10,4	Rendah	5,7	Rendah	13,4	Rendah
Ca (me/100 g)	3,10	Rendah	4,20	Rendah	20,49	Sangat tinggi
Mg (me/100 g)	2,91	Tinggi	3,07	Tinggi	3,07	Tinggi
K (me/100 g)	0,18	Rendah	0,26	Sedang	0,27	Sedang
Na (me/100 g)	0,07	Rendah	0,77	Sedang	0,19	Rendah
KTK (me/100 g)	30,01	Tinggi	36,53	Tinggi	35,87	Tinggi
KB (%)	21	Rendah	23	Rendah	67	Tinggi
Al ³⁺ (me/100 g)	28,19	Tinggi	23,46	Sedang	13,74	Rendah
Fe (ppm)	51179	-	6259,6	-	6582,3	-
Mn (ppm)	409	-	348,5	-	336,5	-
Al - P (me/100 g)	49,19	-	28,46	-	38,85	-

Keterangan : Tanah dianalisa di Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Tahun 2000

Dari Tabel 2. diatas dapat dilihat bahwa tanah PMK ini memiliki pH yang sangat masam sebesar 4,3. Penambahan kapur dengan dosis 1 ton x Al_{dd} pada tanah ini dapat meningkatkan pH tanah menjadi 4,5. Hal ini menunjukkan adanya penurunan konsentrasi ion-ion H dan peningkatan ion-ion OH yang merupakan unsur utama pengontrol pH tanah, sedangkan penambahan asam humat (120 L/Ha) tidak meningkatkan pH tanah. Penambahan kapur dan asam humat tidak dapat meningkatkan C-organik, N dan rasio C/N. Penambahan kapur pada tanah PMK ini dapat meningkatkan P₂O₅ sebesar 28,85 %, tetapi peningkatan ini masih menunjukkan P tanah yang rendah. Kadar P₂O₅ menurun sebesar 45,2 % dengan adanya penambahan asam humat.

Penambahan kapur ini meningkatkan kandungan Ca dalam tanah yang sangat tinggi dari 3,10 me/100g tanah menjadi 20,49 me/100g tanah, sedangkan

penambahan asam humat hanya dapat meningkatkan kandungan Ca dalam tanah menjadi 4,20 me/100g tanah. Selain itu, pengaruh penambahan kapur akan meningkatkan KTK, kejenuhan basa dan konsentrasi K masing-masing menjadi sebesar 35,87 me/100g tanah, 67 % dan 0,27 me/100g tanah serta menurunkan konsentrasi Al^{3+} sebesar 51,3 %. Penambahan asam humat meningkatkan KTK, kejenuhan basa dan konsentrasi K masing-masing menjadi sebesar 36,53 me/100g, 23 %, 0,26 me/100g tanah dan menurunkan konsentrasi Al^{3+} sebesar 1,7 %.

Penambahan bahan pembenah tanah baik kapur maupun asam humat dapat menurunkan ikatan Al – P dalam tanah, sehingga P yang terikat oleh Al akan banyak yang terlepas yang akhirnya meningkatkan P tersedia bagi tanaman. Besar penurunan Al – P akibat penambahan kapur dan penambahan asam humat berbeda. Penambahan kapur dengan dosis 1 ton x Al_{dd} hanya dapat menurunkan Al – P sebesar 21 %, sedangkan asam humat dapat menurunkan Al – P sebesar 42 %. Hal ini menunjukkan bahwa P yang terlepas dari ikatan Al – P lebih banyak pada penambahan asam humat dibandingkan dengan penambahan kapur. Hal ini juga menunjukkan bahwa asam humat lebih baik dalam melepaskan P yang terikat oleh Al.

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah dan Mikroorganisme terhadap Rumput *Setaria splendida* Stapf

Tanah PMK memiliki kandungan hara yang rendah, tingginya konsentrasi Al, Fe, dan Mn, kandungan Ca yang rendah serta pH yang rendah. Hal ini merupakan masalah yang harus dihadapi dalam pemanfaatan tanah PMK karena akan menghambat pertumbuhan tanaman sehingga pertumbuhan, produksi dan kualitas dari tanaman menjadi rendah. Untuk memperbaiki kondisi tanah ini dilakukan penambahan pembenah tanah agar mendorong pertumbuhan rumput *Setaria splendida* Stapf. sehingga akan dapat meningkatkan produksi dan kualitas dari rumput *Setaria splendida* Stapf.

Untuk meningkatkan ketersediaan dan penyerapan unsur hara terutama nitrogen dan fosfor dilakukan penambahan mikroorganisme yang berupa CMA dan *Azospirillum* sp.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa penambahan bahan pembenah tanah nyata ($P < 0,05$) mempengaruhi berat kering tajuk, berat kering akar, kadar nitrogen tajuk dan sangat nyata mempengaruhi ($P < 0,01$) kadar nitrogen akar, kadar fosfor akar rumput *Setaria*

splendida Stapf. serta jumlah spora, sedangkan pada laju pertambahan jumlah anakan, laju pertambahan tinggi vertikal, infeksi akar, serapan nitrogen total, kadar fofor tajuk dan serapan fosfor total tidak menunjukkan respon yang nyata.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Sidik Ragam Parameter yang Diukur

Parameter	Pembenah Tanah (kapur dan Asam Humat)	Mikroorganisme (CMA dan <i>Azospirillum</i> sp.)	Interaksi
Laju Pertambahan Jumlah Anakan	tn	tn	tn
Laju Pertambahan Tinggi Vertikal	tn	*	tn
Berat Kering Tajuk	*	*	*
Berat Kering Akar	*	*	tn
Kadar Nitrogen Tajuk	*	**	*
Kadar Nitrogen Akar	**	**	**
Serapan Nitrogen Total	tn	tn	**
Kadar Fosfor Tajuk	tn	**	**
Kadar Fosfor Akar	**	**	**
Serapan Fosfor Total	tn	**	**
Infeksi Akar	tn	**	*
Jumlah Spora	**	**	tn

Ket. : ** : sangat nyata ($P<0,01$); * : nyata ($P<0,05$); tn : tidak nyata

Penambahan mikroorganisme tanah (CMA dan *Azospirillum* sp.) nyata mempengaruhi ($P<0,05$) laju pertambahan tinggi vertikal, berat kering tajuk, berat kering akar dan sangat nyata mempengaruhi ($P<0,01$) jumlah spora, infeksi akar, kadar nitrogen tajuk, kadar nitrogen akar, kadar fosfor tajuk, kadar fosfor akar dan serapan fosfor total rumput *Setaria splendida* Stapf., tetapi tidak mempengaruhi laju pertambahan jumlah anakan dan serapan nitrogen total dari rumput *Setaria splendida* Stapf..

Interaksi antara bahan pembenah tanah dan mikroorganisme akan terlihat responnya pada peubah berat kering tajuk, infeksi akar, kadar nitrogen tajuk ($P<0,05$) dan sangat nyata mempengaruhi ($P<0,01$) kadar nitrogen akar, kadar fosfor tajuk, kadar fosfor akar dan serapan fosfor total rumput *Setaria splendida* Stapf. Respon interaksi antara pembenah tanah dengan mikroorganisme tidak terlihat pada peubah laju pertambahan jumlah anakan, laju pertambahan tinggi vertikal, berat kering akar dan jumlah spora.

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Laju Pertambahan Jumlah Anakan Rumput *Setaria splendida* Stapf

Menurut Salisbury (1995) jumlah anakan merupakan salah satu bagian yang menunjukkan pertumbuhan dan perkembangbiakan tanaman pada fase vegetatif, sedangkan Moose (1981) menyatakan jumlah anakan sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanaman tersebut untuk menyerap hara dari tanah. Curtis dan Clark (1950) dalam Dwinardy (1986) menyatakan adanya pembentukan anakan tergantung dari sifat kebakaan, jarak tanam, faktor-faktor lingkungan seperti cahaya, suhu dan kesuburan tanah.

Tabel 4. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Laju Pertambahan Jumlah Anakan Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
anakan/minggu.....				
K	0,315	0,535	0,348	0,377	0,395
L	0,346	0,503	0,167	0,420	0,368
H	0,283	0,345	0,583	0,533	0,426
Rataan	0,315	0,461	0,364	0,452	

Ket.: K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA ; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenh Tanah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berbeda nyata terhadap laju pertambahan jumlah anakan (Tabel 4). Hal ini mungkin dipengaruhi oleh daya toleransi yang tinggi dari rumput *Setaria splendida* Stapf. pada tanah podsolik merah kuning. Rumput *Setaria splendida* Stapf. sangat toleran terhadap tanah PMK ini karena adanya kandungan asam oksalat yang tinggi dalam rumput ini. Asam oksalat yang dihasilkan oleh rumput *Setaria splendida* Stapf., akan mengkhelat Al yang menyebabkan Al menjadi unsur yang tidak beracun bagi tanaman tersebut, sehingga perkembangan tunas dari rumput *Setaria splendida* Stapf. menjadi lebih baik.

Menurut Taylor (1988) mekanisme toleransi tanaman terhadap Al terbagi menjadi dua kelompok yaitu dengan mencegah Al masuk ke dalam simpas dan

sampai pada daerah metabolit yang peka (mekanisme exclusion) dan dengan detoksifikasi, immobilisasi atau perubahan dalam metabolisme saat Al telah masuk ke dalam simplas (mekanisme internal). Mekanisme rumput setaria terhadap toleransi Al yaitu mekanisme toleransi internal yang berhubungan dengan : (1) khelatisasi Al dalam sitosol oleh asam organik dan (2) kompartementasi Al dalam vakuola. Asam organik yang diekskresikan berupa asam oksalat, dengan rumus kimia $(\text{COOH})_2$.

Asam oksalat dapat berinteraksi dengan ion logam, oksida logam, hidroksida logam, dan mineral-mineral lebih kompleks untuk membentuk asosiasi logam-organik sebagai reaksi pertukaran ion, adsorpsi permukaan dan pengkhelatan. Asam oksalat mampu mengkhelat kation, terutama terhadap kation-kation dari logam transisi seperti Al, Fe, Cu, Zn dan Mn ke dalam bentuk ikatan yang sukar dipertukarkan. Gugus fungsional yang mengandung ikatan karboksil ($-\text{COOH}$) merupakan tapak yang paling reaktif dalam mengikat kation. Khelat logam organik yang terbentuk banyak memiliki sifat tidak larut (insoluble), dimana fenomena seperti ini penting di dalam menjaga kualitas lingkungan dengan mengurangi bahaya toksisitas logam berat terhadap tanaman, ternak dan manusia (Tan, 1993).

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Laju Pertambahan Tinggi Vertikal Rumput *Setaria splendida* Stapf

Respon dari rumput *Setaria splendida* Stapf. terhadap laju pertambahan tinggi vertikal ditampilkan pada Tabel 5. Dari hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan asam humat bersama-sama dengan CMA dan *Azospirillum* sp. (HM3) memiliki rataan tertinggi pada taraf uji ($P < 0,05$). Hal ini diduga karena dengan penambahan asam humat terjadi reaksi pengkhelatan Al menjadi organo-alumunium dan adanya penambahan ketersediaan karbon dalam tanah yang dapat dimanfaatkan oleh CMA dan *Azospirillum* sp. sebagai energi untuk perkembangan dan aktivitas CMA dan *Azospirillum* sp. Adanya asosiasi antara CMA dengan rumput *Setaria splendida* Stapf. dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur-unsur hara dan meningkatnya unsur hara yang ditranslokasikan dari CMA kepada rumput *Setaria splendida* Stapf., sehingga unsur-unsur hara yang diserap lebih banyak. Penambahan *Azospirillum* sp. meningkatkan ketersediaan unsur hara N

disekitar perakaran yang dihasilkan dari fiksasi N bebas oleh bakteri *Azospirillum* sp. menjadi N yang tersedia bagi tanaman. Selain itu, adanya *Azospirillum* sp. meningkatkan perkembangan bagian vegetatif dari rumput *Setaria splendida* Stapf. karena meningkatnya fitohormon yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Peningkatan ini terjadi karena adanya fitohormon yang dihasilkan oleh *Azospirillum* sp. Rumput *Setaria splendida* Stapf. sendiri memiliki kemampuan yang tinggi untuk hidup dan tumbuh pada tanah asam dan tidak terjadi keracunan Al yang disebabkan oleh adanya kandungan asam oksalat yang tinggi pada rumput ini.

Tabel 5. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Laju Pertambahan Tinggi Vertikal Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
	cm.....			
K	5,21 ^{ab}	4,55 ^b	5,31 ^{ab}	5,60 ^{ab}	5,17
L	4,50 ^b	5,44 ^{ab}	4,54 ^b	5,39 ^{ab}	5,00
H	4,92 ^{ab}	5,18 ^{ab}	4,49 ^b	6,06 ^a	5,10
Rataan	4,85	5,06	4,80	5,65	

Ket.:1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,05}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA ; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenh Tanah

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Berat Kering Akar dan Berat Kering Tajuk

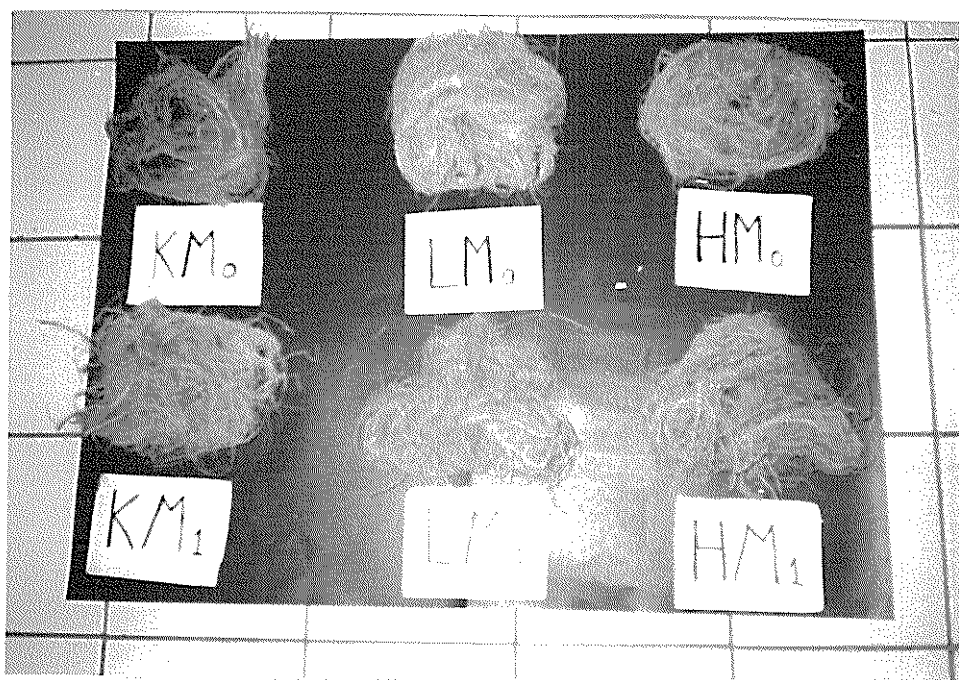
Faktor-faktor yang mungkin menyebabkan menjadi penyebab kerusakan pada tanaman, yaitu : (1) kerusakan langsung oleh ion H^+ , (2) kelebihan Al, Fe dan Mn, (3) kekurangan P dan (4) kekurangan Ca dan Mg, sehingga kendala yang dijumpai akan menyebabkan produksi tanaman rendah pada tanah PMK. adalah karena rendahnya pH, tingginya Al, Fe dan Mn, serta dicirikan oleh kepekaannya yang tinggi pula terhadap erosi (Buckman dan Brady, 1990).

Sistem perakaran dari tanaman lebih dikendalikan oleh sifat genetis dari tanaman yang bersangkutan, tetapi sistem perakaran pun dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah atau media tumbuh tanaman. Faktor yang mempengaruhi pola penyebaran akar antara lain adalah penghalang mekanis, suhu tanah, aerasi, ketersediaan air, dan ketersediaan unsur hara. Pada kondisi fisik dan kimia tanah yang optimal, sistem

perakaran tanaman sepenuhnya dipengaruhi oleh faktor genetik. Pertumbuhan sistem perakaran tanaman ini akan menyimpang dari kondisi idealnya, jika kondisi tanah tempat tumbuhnya tidak pada kondisi ideal (Lakitan, 2000).

Lebih lanjut Lakitan (2000) mengemukakan bahwa wilayah eksplorasi yang lebih luas dari akar meningkatkan kemungkinan kontak antara permukaan akar dengan air dan unsur hara, terutama pada kondisi yang relatif kering, karena pada kondisi ini pergerakan larutan tanah menuju permukaan akar akan sangat lambat.

Leiwakabessy (1997) mengemukakan bahwa kemampuan tanaman untuk menyerap hara dan air dari tanah tergantung dari sifat morfologi akar dan fisiologi akar, radius, dan panjang akar, rasio bobot akar dan bobot tanaman bagian atas, serta kerapatan akar.

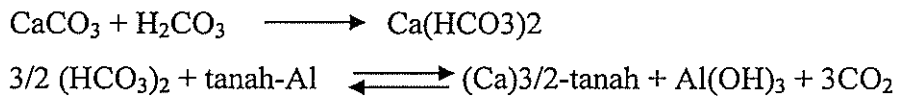


Gambar 4. Akar Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan bahan pembenah tanah dan mikroorganisme tanah memberikan pengaruh yang berbeda ($P < 0,05$) terhadap berat kering akar dan berat kering tajuk dari rumput *Setaria splendida* Stapf. Penambahan kapur (LM0) sebagai pembenah tanah dapat meningkatkan berat kering akar maupun berat kering tajuk dari rumput *Setaria splendida* Stapf (Tabel 6). Pemberian kapur (CaCO_3) mendorong pertumbuhan akar dan tajuk menjadi lebih baik, karena dengan pemberian kapur, kandungan Al berkurang yang disebabkan adanya pengikatan Al oleh OH^- dari CO_3^{2-}

yang berasal dari kapur (CaCO_3) yang ditambahkan yang bereaksi dengan H_2O yang mengandung CO_2 . Adanya pengikatan Al oleh OH^- dari CO_3^{2-} menyebabkan menurunnya konsentrasi Al^{3+} pada tanah PMK yang dapat meracuni akar tanaman sehingga pertumbuhan akar menjadi lebih baik dan penyerapan unsur-unsur hara juga meningkat.

Mekanisme pengikatan Al oleh OH^- yang berasal dari kapur, sebagai berikut:



Gambar 5. Reaksi Pengikatan Al oleh Kapur

Adanya penyerapan unsur hara yang meningkat oleh akar akan meningkatkan perkembangan tajuk tanaman. Lingga (1991) menyatakan bahwa penyerapan unsur-unsur hara sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman seperti bagian tajuk dan akar. Peranan akar dalam pertumbuhan sangat berhubungan dengan tajuk karena tajuk berfungsi untuk menyediakan karbohidrat melalui fotosintesis, maka fungsi akar menyediakan unsur hara dan air yang digunakan dalam metabolisme tanaman (Guritno dan Sitompul, 1995). Penambahan kapur juga akan meningkatkan ketersediaan P karena terjadi pertukaran ion H_2PO_4^- yang terikat pada Al dengan ion OH^- dari CO_3^{2-} yang berasal dari kapur yang bereaksi dengan H_2O yang mengandung CO_2 (H_2CO_3), sehingga P akan terlepas dan larut ke dalam larutan tanah sehingga dapat diserap oleh akar rumput *Setaria splendida* Stapf. Peranan fosfor terhadap tanaman yaitu: (1) memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran yang baik dari benih dan tanaman muda; (2) mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah; (3) sebagai bahan penyusun inti sel, lemak, dan protein (Setyamidjaja, 1986), sedangkan menurut Sutedjo (1992) fosfor berfungsi untuk mempercepat pertumbuhan akar, memacu dan memperkuat pertumbuhan tanaman sehingga dapat meningkatkan berat kering akar dan berat kering tajuk.

Pada tanah podsolik merah kuning kandungan unsur hara rendah terutama unsur hara fosfor, sedangkan fosfor sangat diperlukan untuk pertumbuhan akar. Berat kering yang tinggi dapat mencerminkan kemampuan dalam menyerap air, unsur hara dalam tanah dan kandungan karbohidrat yang tinggi sebagai sumber energi bagi pertumbuhan tanaman (Guritno dan Sitompul, 1995). Sarief (1995) mengemukakan bahwa meningkatnya kandungan fosfor dalam tanaman maka laju fotosintesis

meningkat dan merangsang pembentukan daun baru yang mengakibatkan berat kering tajuk tanaman meningkat.

Pemberian kapur (CaCO_3) (LM0) ke dalam tanah meningkatkan pH tanah mendekati netral. Peningkatan pH ini tergantung kepada dosis bahan pengapur yang bervariasi sesuai dengan sifat dan jenis tanah yang diberi pengapuran (Setyamidjaja, 1986). Penambahan kapur (LM0) juga akan meningkatkan kandungan Ca di dalam tanah. Ca merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak. Menurut Hardjowigeno (1995) fungsi Ca dalam tanaman yaitu untuk penyusunan dinding sel tanaman, pembelahan sel, dan untuk tumbuh (elongation). Penambahan kapur pada tanah PMK meningkatkan kandungan K dalam tanah sehingga penyerapan K oleh akar rumput *Setaria splendida* Stapf. juga meningkat. Peningkatan pH dalam tanah yang diberi kapur menyebabkan meningkatnya unsur hara N pada tanah tersebut. Peningkatan ini mendorong akar untuk menyerap N lebih banyak sehingga perkembangan akar dan tajuk tanaman menjadi lebih baik yang akhirnya dapat meningkatkan berat kering akar dan berat kering tajuk dari akar rumput *Setaria splendida* Stapf.

Tabel 6. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Berat Kering Akar dan Berat Kering Tajuk Rumput *Setaria splendida* Stapf

Pembenh Tanah	Mikroorganisme	Berat Kering	
		Akar*	Tajuk**
	g.....	
K	M0	4,9 ^c	10,2 ^d
	M1	6,4 ^{abc}	13,7 ^{abc}
	M2	5,6 ^{bc}	11,4 ^{bcd}
	M3	6,1 ^{abc}	14,63 ^a
L	M0	7,5 ^a	14,75 ^a
	M1	7,1 ^a	14,08 ^a
	M2	5,7 ^{abc}	12,68 ^{abc}
	M3	6,3 ^{abc}	13,9 ^{ab}
H	M0	4,9 ^c	12,83 ^{abc}
	M1	6,8 ^{ab}	13,17 ^{abc}
	M2	4,8 ^c	11,23 ^{cd}
	M3	6,2 ^{abc}	13,85 ^{ab}

Ket.:1. * = Super skrip yang berbeda pada kolom untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,05}$

** = Super skrip yang berbeda pada kolom untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenh Tanah

Penambahan asam humat (HM0) sebagai pembenah tanah pada tanah PMK akan dapat meningkatkan berat kering tajuk rumput *Setaria splendida* Stapf. Penambahan asam humat pada tanah ini akan mampu meningkatkan berat kering tajuk dan berat kering akar, karena adanya pengkhelatan Al oleh asam humat membentuk organo-alumunium (Al – Humat) sehingga kandungan Al dalam tanah PMK ini berkurang. Dengan adanya pengikatan Al oleh asam humat ini maka terjadi pula pelepasan P yang terikat oleh Al ke dalam tanah yang menyebabkan terjadinya peningkatan P tersedia dalam larutan tanah, sehingga terjadi peningkatan penyerapan P oleh akar rumput *Setaria splendida* Stapf. Peningkatan penyerapan P oleh akar dapat meningkatkan fotosintesis oleh tajuk tanaman sehingga akan meningkatkan berat kering tajuk dan berat kering akar dari rumput *Setaria splendida* Stapf. Asam humat berperan sebagai agen pengkhelat, karena berpengaruh terhadap kelarutan dan pergerakan Al dengan membentuk kompleks organo-alumunium (Bartlett and Riego, 1972; Tan and Binger, 1986). Pada tanah-tanah mineral, asam-asam organik terutama asam humat sering digunakan untuk menurunkan energi ikatan P. Tisdale *dkk.*, (1985) mengemukakan bahwa dengan adanya senyawa organik terutama asam-asam organik akan menyebabkan :

1. Pembentukan senyawa kompleks yang lebih mudah di asimilasi tanaman.
2. Adanya penggantian ion fosfat dengan ion humat.
3. Tertutupnya permukaan aktif sesquioxida oleh asam humat sehingga menurunkan fiksasi unsur P.

Penggunaan asam humat pada tanah PMK lebih baik ditambahkan bersama-sama dengan CMA (HM1) karena dengan penambahan CMA, tanaman berasosiasi dengan CMA tersebut sehingga dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dan air. Selain itu, penambahan CMA juga meningkatkan penyerapan P melalui translokasi P dari CMA ke akar tanaman dan juga CMA dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara terutama P di sekitar perakaran. Penambahan asam humat bersama-sama dengan CMA dan *Azospirillum* sp., sangat baik dilakukan pada tanah PMK karena selain terjadinya peningkatan ketersediaan dan penyerapan hara P, juga terjadi peningkatan penyerapan hara N dan ketersediaan hara N yang dihasilkan oleh bakteri *Azospirillum* sp. Peningkatan ketersediaan hara N ini terjadi karena adanya fiksasi N bebas (N_2) dari udara oleh bakteri *Azospirillum* sp. menjadi N yang tersedia

bagi tanaman (NO_3^-). *Azospirillum* sp. juga menghasilkan fitohormon yang dapat digunakan oleh rumput *Setaria splendida* Stapf.

Pada tanah PMK yang tidak mengalami penambahan bahan pembenah tanah, perlu adanya penambahan CMA (KM1) dan CMA+*Azospirillum* sp. (KM3) agar dapat meningkatkan berat kering akar dan berat kering tajuk akar rumput *Setaria splendida* Stapf. Penambahan CMA dapat meningkatkan penyediaan unsur-unsur hara dan tanaman yang berasosiasi dengan CMA memiliki kemampuan yang meningkat dalam menyerap unsur hara. Keuntungan yang dapat diperoleh tanaman akibat berasosiasi dengan fungi CMA antara lain meningkatkan kemampuan tanaman dalam penyerapan hara terutama unsur P, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan lebih tahan terhadap serangan patogen akar (Harley and Smith, 1993 dalam Ervayenri, 1998), CMA dapat memperbaiki tersedianya P bagi tanaman, selain itu juga N, K, S, Zn, Cu, Si dan anion-anion (Gunawan dkk., 1992). Penambahan CMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan serapan hara P dan hara-hara yang relatif tidak mobil di dalam tanah (Yusnaini dkk., 1999).

Penambahan bakteri *Azospirillum* sp. pada tanah PMK dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara N dalam tanah karena bakteri ini mampu memfiksasi N bebas dari udara (N_2) menjadi N yang dapat digunakan oleh tanaman (nitrat). Selain itu, bakteri ini juga menghasilkan fitohormon sehingga dapat mendorong perkembangan bagian vegetatif tanaman seperti akar dan tajuk, sehingga akan dapat meningkatkan berat kering akar dan berat kering tajuk dari rumput *Setaria splendida* Stapf. Pratiwi (1999) menyatakan bahwa *Azospirillum* sp. yang berasosiasi dengan akar tanaman jagung dan padi mempunyai kemampuan menambat N_2 dari udara dan menghasilkan fitohormon, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman inangnya.

Penambahan CMA bersama-sama dengan *Azospirillum* sp. pada tanah PMK yang tidak mengalami penambahan bahan pembenah tanah akan meningkatkan berat kering akar dan berat kering tajuk rumput *Setaria splendida* Stapf. Peningkatan terjadi karena dengan adanya CMA penyediaan dan penyerapan unsur hara terutama P menjadi lebih baik. Selain itu, adanya peningkatan N tersedia dan fitohormon yang dihasilkan oleh *Azospirillum* sp., sehingga perkembangan akar dan tajuk tanaman menjadi lebih baik.



Gambar 6. Tajuk Rumput *Setaria splendida* Stapf

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Nitrogen Akar Rumput *Setaria splendida* Stapf

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa Penambahan bahan pembenah tanah dan penambahan mikroorganisme memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kadar nitrogen akar. Penambahan pembenah tanah dan mikroorganisme menurunkan kadar N akar rumput *Setaria splendida* Stapf. (Tabel 7). Kadar N akar pada tanpa pembenah tanah (K) dan penambahan asam humat (H) tinggi karena adanya pengendapan N (NO_3^-) di akar yang disebabkan oleh terjadinya penjerapan N oleh Al^{3+} yang ikut terserap oleh akar sehingga N terakumulasi pada akar.

Pada penambahan asam humat sebagai bahan pembenah tanah Al_{ad} yang terserap oleh akar masih cukup tinggi karena asam humat yang ditambahkan lebih banyak berperan dalam pelepasan P yang terikat oleh Al, sedangkan penjerapan Al^{3+} sangat rendah, sehingga Al yang terserap oleh akar masih besar. Penurunan kadar nitrogen dalam akar pada perlakuan penambahan kapur (L) diduga karena dengan penambahan kapur konsentrasi Al^{3+} di dalam tanah berkurang akibat dari pengikatan Al oleh OH^- dari CO_3^{2-} , sehingga Al tidak banyak yang terserap oleh akar rumput *Setaria splendida* Stapf. dan tidak terjadi pengendapan N diakar sehingga kadar N

akar lebih rendah dibandingkan dengan pada tanpa bahan pembenah tanah dan dengan penambahan asam humat.

Tabel 7. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Nitrogen Akar Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
%.....				
K	1,236	1,075	1,01	0,807	1,003 ^a
L	0,795	0,700	0,879	0,923	0,824 ^b
H	1,184	0,928	1,103	0,804	1,004 ^a
Rataan	1,039 ^a	0,901 ^b	0,998 ^a	0,845 ^b	

Ket.:1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenah Tanah

Penambahan mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) tanah mempengaruhi kadar N akar karena dengan penambahan CMA (M1) maka tanaman akan berasosiasi dengan CMA untuk meningkatkan penyerapan unsur-unsur hara. *Azospirillum* sp. akan meningkatkan ketersediaan unsur hara N dari hasil fiksasi N bebas dan menghasilkan fitohormon yang dapat mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman. Adanya asosiasi antara akar tanaman dengan CMA dan *Azospirillum* sp. akan meningkatkan penyerapan N dan P yang tinggi oleh akar akan meningkatkan fotosintesis oleh tajuk sehingga metabolisme rumput *Setaria splendida* Stapf. akan ikut meningkat pula mengakibatkan meningkatnya perkembangan tanaman. Pada perlakuan tanpa pemberian CMA dan *Azospirillum* sp. serta ditambahkan *Azospirillum* sp. saja terjadi penyerapan N yang tinggi tanpa diimbangi dengan penyerapan P, sehingga laju fotosintesis tidak meningkat dan akhirnya tidak dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Nitrogen Tajuk Rumput *Setaria splendida* Stapf

Dari hasil sidik ragam (Tabel 8) terlihat bahwa penambahan bahan pembenah tanah dan mikroorganisme sangat nyata mempengaruhi kadar nitrogen tajuk rumput *Setaria splendida* Stapf. ($P < 0,01$). Penambahan kapur (LM0) sebagai bahan

pembenah tanah dapat meningkatkan pH tanah sehingga dengan adanya peningkatan pH tanah ini maka akan terjadi peningkatan kadar nitrogen di dalam tanah. Peningkatan ini terjadi karena meningkatnya fiksasi nitrogen oleh mikroorganisme penambat nitrogen di dalam tanah yang salah satunya adalah bakteri *Azospirillum* sp. Selain itu, penambahan kapur juga meningkatkan penyerapan unsur-unsur hara termasuk nitrogen karena kapur dapat mengikat Al sehingga kandungan Al dalam tanah menurun yang menyebabkan meningkatnya pertumbuhan dan perkembangan akar sehingga meningkatkan wilayah penyerapan unsur-unsur hara terutama N oleh akar rumput *Setaria splendida* Stapf. Meningkatnya penyerapan N oleh akar akan meningkatkan pengangkutan N ke tajuk tanaman sehingga kadar N tajuk akan meningkat.

Tabel 8. Pengaruh Pemberian Bahan Pembena Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Nitrogen Tajuk Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
%.....				
K	1,241 ^{de}	1,462 ^{abc}	1,561 ^a	1,533 ^{ab}	1,449
L	1,404 ^{abcd}	1,353 ^{abcd}	1,475 ^{abc}	1,291 ^{cde}	1,381
H	1,288 ^{cde}	1,336 ^{cde}	1,533 ^{ab}	1,201 ^e	1,327
Rataan	1,303	1,386	1,522	1,341	

Ket.:1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.;

M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembena Tanah

Penambahan asam humat ke dalam tanah PMK (HM0) akan menyebabkan terjadinya pengikatan Al oleh asam humat membentuk Al-organik, sehingga dengan pengikatan Al ini akan menurunkan Al dalam tanah dan meningkatkan P tersedia. Penambahan asam humat juga dapat meningkatkan C-organik dalam tanah yang dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah seperti *Azospirillum* sp, sehingga aktivitas dan perkembangan mikroba tanah akan meningkat. Peningkatan aktivitas dan perkembangan mikroba tanah ini terutama *Azospirillum* sp. sehingga meningkatkan ketersediaan unsur-unsur hara terutama nitrogen. Penambahan asam humat yang disertai dengan CMA (HM1) juga meningkatkan kadar nitrogen tajuk

dari rumput *Setaria splendida* Stapf. Pada kondisi ini terjadi peningkatan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara N.

Penambahan CMA akan mempengaruhi kemampuan akar dari rumput *Setaria splendida* Stapf. dalam menyerap unsur hara N karena akar yang berasosiasi dengan CMA akan meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur-unsur hara termasuk nitrogen. Hifa dari CMA akan menyerap unsur-unsur hara dan kemudian akan ditranslokasikan ke dalam akar sehingga penyerapan unsur-unsur hara menjadi meningkat.

Penambahan bakteri *Azospirillum* sp. akan menyebabkan adanya peningkatan nitrogen dalam tanah yang dapat diserap oleh akar karena bakteri ini mampu memfiksasi nitrogen bebas dari udara (N_2) menjadi nitrat (NO_3^-). Selain itu, bakteri ini apabila berasosiasi dengan akar tanaman akan dapat meningkatkan penyerapan unsur-unsur hara. Ketersediaan unsur N ini disuplai dari fiksasi N_2 dari udara oleh bakteri *Azospirillum* sp. *Azospirillum* sp. yang berasosiasi dengan akar tanaman jagung dan padi mempunyai kemampuan menambat N_2 dari udara (Pratiwi, 1999) dan meningkatkan serapan hara pada tanaman (Okon dan Kapulnik, 1986; Pratiwi, 1999).

Penambahan CMA bersama-sama dengan *Azospirillum* sp. (KM3) memiliki rataan kadar nitrogen tajuk yang lebih tinggi dari kontrol maupun CMA saja. Hal ini terjadi karena ketersediaan N yang meningkat dan adanya peningkatan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara N akibat dari asosiasi akar dengan CMA dan *Azospirillum* sp.

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Serapan Nitrogen Total Rumput *Setaria splendida* Stapf

Unsur hara N sangat penting bagi tanaman baik bagi pertumbuhan maupun perkembangannya. Peranan N bagi tanaman adalah: merangsang pertumbuhan vegetatif yaitu menambah tinggi tanaman dan merangsang tumbuhnya anakan, membuat tanaman menjadi lebih hijau karena banyak mengandung butir-butir hijau daun yang penting dalam fotosintesa, merupakan bahan penyusun khlorofil daun, protein dan lemak (Setyamidjaja, 1986).

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa serapan N total dari rumput *Setaria splendida* Stapf. berbeda nyata ($P < 0,05$) (Tabel 9). Serapan N total pada rumput *Setaria splendida* Stapf. meningkat dengan adanya penambahan kapur (LM0) sebagai pembenah tanah. Serapan N total meningkat pada penambahan kapur disebabkan oleh adanya peningkatan pH tanah, sehingga meningkatkan hara N dalam tanah. Peningkatan serapan N total pada perlakuan ini juga karena adanya pengikatan Al^{3+} sehingga akar tanaman tidak keracunan Al, menyebabkan meningkatnya perkembangan dan pertumbuhan akar tanaman tersebut. Perkembangan akar yang baik ini mengakibatkan penyerapan N lebih tinggi karena wilayah penyerapan oleh akar lebih luas. Penambahan kapur sebagai pembenah tanah tidak memerlukan lagi penambahan mikroorganisme baik CMA maupun *Azospirillum* sp. karena dengan penambahan kapur saja sistem perakaran di sekitar perakaran sudah cukup memenuhi kebutuhan dari rumput *Setaria splendida* Stapf.

Penambahan asam humat pada tanah PMK perlu disertai dengan penambahan mikroorganisme baik CMA, *Azospirillum* sp. maupun kedua-duanya, walaupun dengan penambahan asam humat saja sudah dapat meningkatkan penyerapan hara N oleh akar. Peningkatan serapan hara N oleh akar menjadi lebih efektif dengan adanya asosiasi dengan CMA dan *Azospirillum* sp. Peningkatan ini terjadi karena dengan adanya asosiasi dengan CMA dan *Azospirillum* sp. kemampuan akar dalam menyerap unsur-unsur hara meningkat. Penambahan asam humat juga meningkatkan C-organik dalam tanah sehingga meningkatkan perkembangan dan aktivitas dari mikroorganisme tanah terutama bakteri penambat N yang hidup bebas seperti bakteri *Azospirillum* sp. Penambahan asam humat bersama-sama dengan CMA (HM1) sudah cukup untuk meningkatkan serapan nitrogen total dari rumput *Setaria splendida* Stapf.

Untuk meningkatkan serapan hara N total dari rumput *Setaria splendida* Stapf. pada Tanah PMK dapat juga dengan hanya menambahkan mikroorganisme tanah, yaitu CMA (KM1) dan CMA bersama-sama dengan *Azospirillum* sp (KM3). CMA yang berasosiasi dengan akar tanaman dapat meningkatkan ketersediaan hara N dan meningkatkan kemampuan akar tanaman dalam menyerap unsur-unsur hara termasuk N karena adanya perubahan kimia pada tanah PMK disekitar perakaran yang disebabkan oleh eksudasi dari akar yang berasosiasi dengan CMA, serta peningkatan

serapan N oleh akar ini terjadi karena ada translokasi unsur hara N dari hifa internal dari CMA. Penambahan CMA dan *Azospirillum* sp. secara bersama-sama (KM3) ternyata lebih baik di tambahkan pada tanah PMK. Pemberian *Azospirillum* sp. pada tanah PMK ini akan meningkatkan ketersediaan dari unsur hara N karena kemampuannya mengikat N bebas menjadi N tersedia baik bagi dirinya sendiri maupun bagi tanaman. Adanya asosiasi antara akar dan kedua mikroorganisme tanah ini maka kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara N akan lebih meningkat dibandingkan apabila diberikan CMA saja karena selain dari kemampuan akar dalam menyerap unsur hara N juga adanya peningkatan ketersediaan unsur hara N itu sendiri.

Tabel 9. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Serapan Nitrogen Total Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan	
	M0	M1	M2	M3		
	g/pot.....				
K	0,193 ^d	0,268 ^{abc}	0,231 ^{bcd}	0,273 ^{ab}	0,241	
L	0,296 ^a	0,258 ^{abc}	0,242 ^{abcd}	0,224 ^{bcd}	0,252	
H	0,213 ^{cd}	0,242 ^{abcd}	0,240 ^{abcd}	0,216 ^{bcd}	0,228	
Rataan	0,228	0,256	0,238	0,238		

Ket.: 1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenah Tanah

Unsur hara akan diserap secara difusi jika konsentrasi di luar sitosol (pada dinding sel atau larutan tanah) lebih tinggi daripada konsentrasi di dalam sitosol. Proses difusi ini dapat berlangsung karena konsentrasi beberapa ion di dalam sitosol dipertahankan untuk tetap rendah, karena begitu ion-ion tersebut masuk dalam sitosol akan segera dikonversi ke bentuk lain misalnya NO_3^- segera direduksi menjadi NH_4^+ yang selanjutnya digunakan dalam sintesis asam amino dan selanjutnya protein. Ion SO_4^{2-} juga segera digunakan dalam sintesis asam amino dan protein, sedangkan H_2PO_4^- dikonversi menjadi gula fosfat, nukleotida, RNA, atau DNA. Dengan demikian konsentrasi ketiga anion ini dalam sitosol cenderung untuk tetap rendah dan menyebabkan proses difusi dapat terus berlangsung. Jika konsentrasi di dalam sitosol lebih tinggi daripada konsentrasinya di luar sitosol, maka proses serapan ion

masih berlangsung dan tergantung pada ketersediaan ATP, berarti pula tergantung pada kemampuan sel untuk melangsungkan respirasi untuk menghasilkan ATP (Lakitan, 2000).

Lebih lanjut Lakitan (2000) mengemukakan bahwa Ion (baik kation maupun anion) yang bervalensi 2 akan lebih banyak mengikat molekul air dibandingkan ion bervalensi 1, sebagai contoh Ca^{2+} dapat mengikat 12 molekul air, maka ion bervalensi 2 akan lebih sulit menembus membran dibandingkan ion bervalensi 1. Demikian pula selanjutnya ion bervalensi 3 akan lebih sulit dibandingkan ion bervalensi 2.

Nilai NO_3^- , K^+ , H_2PO_4^- , meningkat besar pada bibit yang diinokulasi dengan *Azospirillum*. Pada padang yang kering, N, P dan K rata-rata diakumulasi dengan cepat, dan kandungan air lebih tinggi dalam jagung, sorgum, gandum dan setaria yang diinokulasi (Okon dan Kapulnik, 1986).

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Fosfor Akar Rumput *Setaria splendida* Stapf

Dari hasil sidik ragam dapat terlihat bahwa penambahan pembenh tanah dan mikroorganisme sangat nyata mempengaruhi kadar fosfor akar rumput *Setaria splendida* Stapf. ($P < 0,01$) (Tabel 10). Penambahan kapur pada tanah PMK tidak meningkatkan kadar fosfor akar kecuali pada penambahan kapur dengan bakteri *Azospirillum* sp. hal ini terjadi mungkin karena penambahan kapur mendorong perkembangan dan aktivitas bakteri *Azospirillum* sp., sehingga bakteri yang berasosiasi dengan akar lebih banyak yang menyebabkan semakin meningkatnya akar dalam menyerap unsur hara P.

Asam humat yang ditambahkan akan meningkatkan kadar P akar kecuali pada penambahan dengan bakteri *Azospirillum* sp. Penambahan asam humat akan meningkatkan P tersedia karena P yang terikat oleh Al akan digantikan oleh asam humat membentuk organo-alumunium. Meningkatnya P tersedia ini maka penyerapan hara P oleh akar akan meningkat. Penambahan CMA membantu dalam penyerapan hara P oleh akar.

Tabel 10. Pengaruh Pemberian Bahan Pembena Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Fosfor Akar Rumpu *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
	%.....			
K	0,015 ^d	0,031 ^a	0,015 ^d	0,023 ^b	0,021
L	0,015 ^d	0,016 ^d	0,02 ^{bc}	0,016 ^d	0,016
H	0,02 ^{bc}	0,019 ^c	0,015 ^d	0,021 ^{bc}	0,018
Rataan	0,017	0,022	0,017	0,02	

Ket.:1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembena Tanah

Tanah PMK yang diberi CMA (KM1) dan CMA+*Azospirillum* sp. (KM3) kadar P akarnya meningkat. Hal ini diduga karena dengan penambahan CMA ketersediaan hara P meningkat dan penyerapan hara ini pun menjadi lebih efektif dengan adanya asosiasi akar dengan CMA. Bakteri *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara termasuk P.

Pengaruh Pemberian Bahan Pembena Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Fosfor Tajuk Rumpu *Setaria splendida* Stapf

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan bahan pembena tanah dan mikroorganisme sangat nyata mempengaruhi kadar fosfor tajuk dari rumput *Setaria splendida* Stapf. ($P < 0,01$) (Tabel 11). Peningkatan kadar P tajuk disebabkan oleh adanya penambahan bahan pembena tanah (kapur dan asam humat) dan penambahan mikroorganisme tanah (CMA dan *Azospirillum* sp.). Pemberian kapur pada tanah PMK (LM0) dapat meningkatkan kadar fosfor tajuk dari rumput *Setaria splendida* Stapf. karena dengan penambahan kapur maka akan terjadi pengikatan Al oleh OH^- dari CO_3^{2-} yang berasal dari kapur. Terjadinya pengikatan Al oleh OH^- ini akan menurunkan kandungan Al terlarut dalam tanah sehingga akar tidak mengalami keracunan Al. Akar yang tidak mengalami keracunan Al maka perkembangannya akan baik sehingga wilayah penyerapan unsur hara akan lebih luas yang menyebabkan penyerapan unsur hara P akan meningkat dan akumulasi P pada tajuk tanaman juga akan lebih besar. Penggunaan kapur pada tanah PMK ini juga akan

meningkatkan P tersedia karena P yang terikat oleh Al akan digantikan dengan OH⁻ yang berasal dari CO₃²⁻ dari kapur yang diberikan. Pemberian kapur akan meningkatkan pH tanah sehingga akar akan berkembang lebih baik, dengan demikian penyerapan hara P pun akan lebih baik pula.

Tabel 11. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Kadar Fosfor Tajuk Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
%.....				
K	0,021 ^f	0,0245 ^{cde}	0,0242 ^{cde}	0,0305 ^a	0,025
L	0,0242 ^{cde}	0,0235 ^{de}	0,0245 ^{cde}	0,0262 ^{bc}	0,0246
H	0,022 ^{ef}	0,0277 ^b	0,0233 ^{def}	0,0255 ^{bcd}	0,0246
Rataan	0,0224	0,0253	0,024	0,0274	

Ket.: 1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf F_{0,01}

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.;

M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenah Tanah

Penambahan asam humat pada tanah PMK dapat meningkatkan kadar fosfor tajuk dari rumput *Setaria splendida* Stapf., karena adanya pengikatan Al oleh asam humat menjadi Al-humat. Asam-asam organik seperti asam humat dapat mengkhelat Al membentuk organo-alumunium. Adanya pengkhelatan Al oleh asam humat ini akan menurunkan kandungan Al dapat dipertukarkan, meningkatkan ketersediaan hara P karena adanya penggantian P yang terikat oleh Al dengan asam humat, sehingga hara P menjadi tersedia. Penambahan asam humat pada tanah PMK perlu disertai dengan penambahan CMA (HM1), karena dengan adanya asosiasi antara akar rumput dengan CMA akan dapat meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara P, sehingga P yang tersedia akan lebih efektif diserap oleh akar. Adanya peningkatan penyerapan unsur hara P oleh akar ini akan meningkatkan akumulasi P pada tajuk rumput *Setaria splendida* Stapf. Pemberian *Azospirillum* sp. akan meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara P, karena bakteri *Azospirillum* sp. yang berasosiasi dengan akar rumput *Setaria splendida* Stapf. akan meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara akibat dari adanya asosiasi CMA dengan akar tersebut.

Rumput *Setaria splendida* Stapf. yang ditanam pada tanah PMK akan meningkat kadar P tajuknya apabila diberi CMA, *Azospirillum* sp. atau kedua-duanya. Rataan tertinggi dari kadar fosfor tajuk adalah pada perlakuan dengan pemberian CMA dan *Azospirillum* sp. (KM3). Penambahan CMA akan meningkatkan ketersediaan hara P dan meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap unsur-unsur hara terutama P, sehingga P yang diserap oleh akar akan lebih banyak. Kemudian P yang diserap oleh akar akan diangkut kebagian tajuk tanaman untuk digunakan dalam metabolisme tanaman. Akar rumput *Setaria splendida* Stapf. yang berasosiasi dengan akar akan mengalami perubahan dalam morfologinya, sehingga kemampuan akar dalam menyerap unsur-unsur hara termasuk P akan meningkat. Selain itu, *Azospirillum* sp. menghasilkan fitohormon yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk merangsang pertumbuhan tanaman terutama pada bagian vegetatif seperti akar dan tajuk tanaman. Adanya penambahan fitohormon ini akan merangsang perkembangan akar sehingga akar tumbuh lebih baik dan menyerap unsur hara P lebih banyak.

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenh Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Serapan Fosfor Total Rumput *Setaria splendida* Stapf

Peranan Fosfor yaitu memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran yang baik dari benih dan tanaman muda, mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji dan gabah, memperbesar persentase pembentukan bunga menjadi buah dan biji, serta sebagai bahan penyusun inti sel, lemak dan protein (Setyamidjaja, 1986).

Fosfat tanah pada umumnya berada dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Tanaman akan menyerap fosfor dalam bentuk orthofosfat H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-} . Jumlah masing-masing bentuk sangat tergantung kepada pH tanah. Pada tanah yang masam bentuk H_2PO_4^- yang lebih dominan dan terus kebentuk HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-} dijumpai pada tanah basa. Pada umumnya, bentuk H_2PO_4^- lebih tersedia bagi tanaman daripada bentuk lain (Hakim, *dkk.*, 1986). Lebih lanjut Hakim *dkk.* (1986) mengemukakan bahwa pada tanah-tanah masam umumnya ketersediaan unsur Al, Fe dan Mn larut lebih besar sehingga mineral-mineral ini cenderung mengikat ion fosfat. Reaksi kimia antara ion fosfat dengan Fe dan Al larut mungkin menghasilkan hidroksi fosfat.

Tabel 12. Pengaruh Pemberian Bahan Pembena Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Serapan Fosfor Total Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan ...
	M0	M1	M2	M3	
%.....				
K	2,8858 ^c	5,3465 ^{ab}	3,6153 ^{cde}	5,8738 ^a	4,5009
L	4,7278 ^{bc}	4,502 ^{bc}	4,4308 ^{bcd}	4,3433 ^{bcd}	4,4303
H	3,6323 ^{cde}	5,0728 ^{ab}	3,3268 ^{de}	4,8628 ^{ab}	4,2236
Rataan	3,7486	4,9738	3,7909	5,0266	

Ket.:1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembena Tanah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa serapan fosfor total sangat nyata ($P < 0,01$) dipengaruhi oleh penambahan bahan pembena tanah (kapur dan asam humat) dan mikroorganisme tanah (CMA dan *Azospirillum* sp.) (Tabel 12). Penambahan bahan pembena tanah dan mikroorganisme tanah akan meningkatkan serapan fosfor total oleh rumput *Setaria splendida* Stapf.

Penambahan kapur sebagai pembena tanah dapat meningkatkan serapan P total disebabkan oleh adanya pengikatan Al oleh OH^- dari CO_3^{2-} yang berasal dari kapur. Adanya pengikatan Al ini menyebabkan menurunnya konsentrasi Al dalam tanah sehingga perkembangan akar akan lebih baik karena tidak terjadi keracunan akar. Pemberian kapur (LM0) saja sudah dapat meningkatkan rata-rata serapan fosfor total sehingga penambahan mikroorganisme menjadi tidak efektif dan tidak meningkatkan rata-rata serapan fosfor total lagi.

Asam humat sebagai pembena tanah dapat meningkatkan serapan fosfor total karena adanya pengkkelatan Al oleh asam humat tersebut. Akibat pengkkelatan ini akan menurunkan konsentrasi Al dan meningkatkan ketersediaan hara P. Adanya penurunan kandungan Al akan merangsang pertumbuhan akar, sedangkan dengan meningkatnya P tersedia, maka akar dapat menyerap lebih banyak unsur hara P. Pemberian CMA bersama-sama dengan asam humat (HM1) dapat lebih meningkatkan penyerapan unsur hara P karena akar yang berasosiasi dengan CMA akan memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam menyerap unsur hara P. CMA juga dapat meningkatkan ketersediaan hara P.

Penambahan CMA pada tanah PMK yang tidak mengalami penambahan bahan pembenah tanah dapat meningkatkan serapan fosfor total. Peningkatan ini terjadi karena CMA yang berasosiasi dengan akar rumput *Setaria splendida* Stapf. dapat meningkatkan ketersediaan dan penyerapan unsur hara P. Penambahan bakteri *Azospirillum* sp. dapat meningkatkan penyerapan unsur hara P karena akar akan meningkat kemampuannya dalam menyerap unsur hara termasuk P apabila berasosiasi dengan *Azospirillum* sp. dan bakteri ini juga menghasilkan fitohormon yang dapat digunakan tanaman untuk merangsang pertumbuhan bagian vegetatif dari tanaman. Penambahan kedua mikroorganisme ini secara bersama-sama (KM3) dapat mengefektifkan penyerapan hara P oleh akar rumput *Setaria splendida* Stapf., sehingga serapan P total dari rumput *Setaria splendida* Stapf. peningkatannya akan lebih tinggi.

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Prosentase Infeksi Akar Rumput *Setaria splendida* Stapf

Mikoriza akan dapat berkembang dengan baik apabila tidak ada hambatan aerasi. Oleh karena itu mikoriza akan dapat berkembang lebih baik pada tanah berpasir dibandingkan pada tanah berliat atau gambut. Ketersediaan hara terutama nitrogen dan fosfat yang rendah akan mendorong pertumbuhan mikoriza. Sebaliknya kandungan hara yang terlalu rendah atau terlalu tinggi menghambat pertumbuhan mikoriza. Akar-akar yang panjang jarang mempunyai mikoriza karena terlalu cepat tumbuhnya. Hampir semua cabang tumbuh sangat lambat, membentuk akar-akar pendek yang mencirikan terinfeksi jamur dan berkembang menjadi mikoriza.

Mikoriza memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan tanaman-tanaman, karena mikoriza dapat menaikkan luas permukaan pengisapan sistem perakaran. Hal ini penting bagi tanah-tanah yang tidak (kurang) subur yang kandungan haranya rendah (Islami dan Utomo, 1995).

Diagnostik ciri-ciri utama CMA adalah adanya Vesikel dan Arbusculus di dalam korteks akar. Hifa inter dan intraseluler juga ada di dalam korteks akar dan infeksi di sisi akar secara langsung berhubungan dengan miselium bagian luar yang menyebar dan bercabang-cabang di dalam tanah. Vesikel mungkin berfungsi sebagai tempat

penyimpanan organ sewaktu-waktu. Ujung akar tidak bisa diinfeksi. Disamping kepadatan infeksi CMA, ada pengaruh pada morfologi akar. Pewarnaan diperlukan untuk menampakkan infeksi internal (Fakuara, 1988).

Dari hasil sidik ragam memperlihatkan pengaruh yang sangat nyata terhadap penambahan mikroorganisme ($P < 0.01$) (Tabel 13). Pengaruh mikroorganisme terhadap infeksi akar rumput *Setaria splendida* Stapf lebih utama karena adanya penambahan CMA. Penambahan CMA pada tanah PMK baik secara sendiri maupun secara bersama-sama dengan *Azospirillum* sp. atau bahan pembenah tanah akan meningkatkan intensitas infeksi akar pada rumput *Setaria splendida* Stapf. Prosentase infeksi akar ini menunjukkan bahwa penambahan CMA diperlukan karena rumput *Setaria splendida* Stapf untuk hidup dan tumbuh pada tanah ini memerlukan asosiasi dengan CMA tersebut. Hal ini disebabkan karena CMA dapat meningkatkan ketersediaan dan penyerapan hara N dan P yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhannya, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen akar dan meingkatkan pula ketahanan tanaman terhadap kekeringan.

Nilai rata-rata pada M0 dan M2 menunjukkan bahwa pada tanah PMK ini sudah terdapat CMA yang hidup dan tidak seluruhnya mati dengan sterilisasi secara steam.

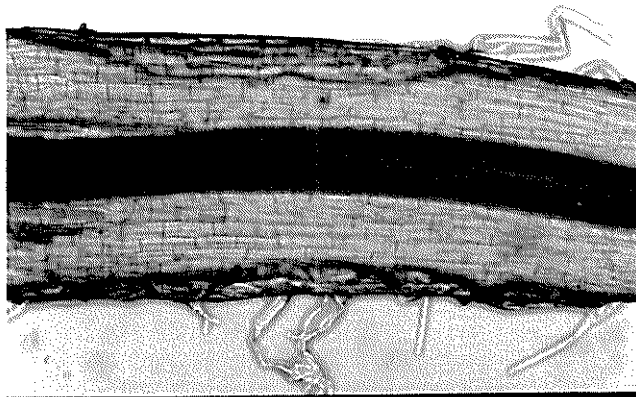
Tabel 13. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum*) terhadap Infeksi Akar Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
	%.....			
K	14,03	49,60	20,74	54,05	34,60
L	14,99	68,27	7,90	50,60	35,44
H	14,13	66,57	8,70	67,94	39,34
Rataan	14,38 ^b	61,48 ^a	12,45 ^b	57,53 ^a	

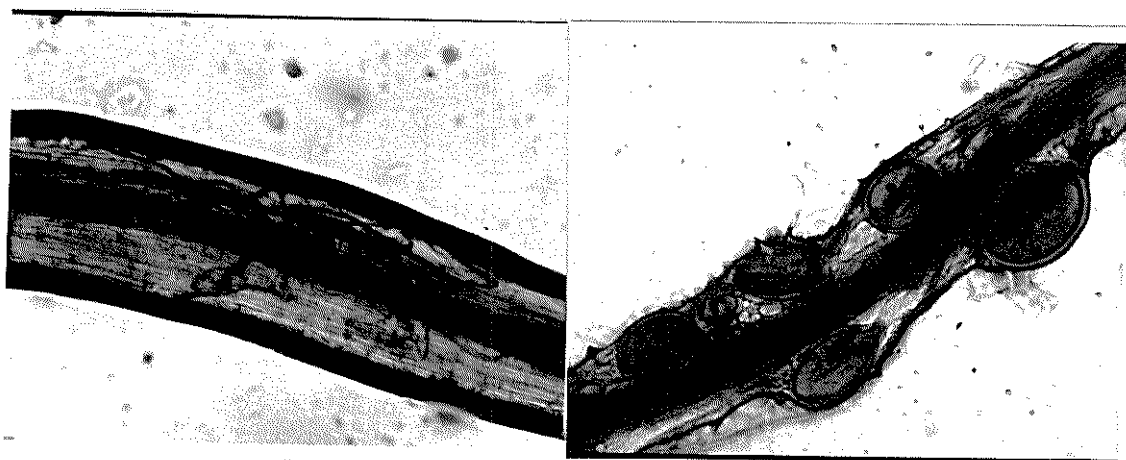
Ket.: 1. Super skrip yang berbeda pada baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$

2. K: Kontrol; L:Kapur; H:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenah Tanah

Gambar dari akar rumput *Setaria splendida* Stapf yang terinfeksi CMA ditunjukkan pada gambar 9.



(A)



(B)

Gambar 7. A. Akar yang tidak terinfeksi CMA (pembesaran 100x)
 B. Akar yang terinfeksi CMA (pembesaran 100x)

Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum* sp.) terhadap Jumlah Spora Rumput *Setaria splendida* Stapf

Jumlah spora dapat dihubungkan dengan jumlah infeksi akar, pada umumnya pada waktu spora membentuk miselium di sekeliling akar yang menghambat perkembangan miselium bagian luar atau pertumbuhan akar dihambat oleh miskinnya suplai unsur hara. Dalam tanah pasir berlempung yang digarap dengan baik infeksi dan jumlah spora dipengaruhi oleh pupuk N. Spora lebih banyak pada

tingkat fosfat sedang daripada tingkat fosfat rendah, jika kekurangan fosfat membatasi pertumbuhan, dan mempengaruhi keseluruhannya. Pertumbuhan spora umumnya berkurang dengan perlahan-lahan atau penghentian pertumbuhan akar dan pada musim ini spora dapat dihitung mencapai awal maksimumnya daripada tingkat infeksi CMA. Dalam studi pot, diketahui bahwa jumlah spora dan tingkat infeksi berhubungan erat (khusus untuk jagung) tetapi jumlah ukuran spora yang dibentuk disekeliling akar tanaman bermikoriza lebih besar dari pada prosentase infeksi akar, tetapi bukan secara total. Intensitas infeksi CMA dipengaruhi oleh berbagai faktor, meliputi pemupukan, nutrisi tanaman, pestisida, intensitas cahaya, musim kelembaban tanah, pH, kepadatan inokulum, dan tingkat keretakan tanaman (Fakuara, 1988).

Tabel 14. Pengaruh Pemberian Bahan Pembenah Tanah (Kapur dan Asam Humat) dan Mikroorganisme (CMA dan *Azospirillum*) terhadap Jumlah Spora Rumput *Setaria splendida* Stapf

Penambahan BPT	Mikroorganisme				Rataan
	M0	M1	M2	M3	
	unit.....			
K	116,0 ^{cde}	116,8 ^{cde}	185,5 ^{ab}	199,0 ^a	154,3
L	81,8 ^e	92,0 ^e	117,0 ^{cde}	98,0 ^{de}	97,3
H	102,5 ^{de}	140,0 ^{cd}	148,5 ^{bc}	159,8 ^{abc}	136,1
Rataan	100,1	116,3	150,7	152,4	

Ket.:1. Super skrip yang berbeda pada kolom dan baris untuk membedakan respon pada taraf $F_{0,01}$
 3. K0: Kontrol; K1:Kapur; K2:Asam Humat; M0:Kontrol; M1:CMA; M2:*Azospirillum* sp.; M3:CMA+*Azospirillum* sp.; BPT:Bahan Pembenah Tanah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan bahan pembenah tanah dan mikroorganisme sangat nyata memberikan pengaruh terhadap jumlah spora dalam tanah ($P < 0.01$) (Tabel 14). Penambahan dengan kapur menurunkan jumlah spora dalam tanah karena adanya penghambatan pembentukan spora dari CMA oleh kalsium dari kapur. Penambahan kapur pada tanah PMK ini meningkatkan jumlah Ca dalam tanah dengan sangat besar, sehingga menekan CMA untuk membentuk spora. Selain itu, karena kondisi tanah yang telah banyak berubah karena pengapuran seperti meningkatnya pH tanah dan menurunnya konsentrasi Al sehingga CMA tidak membentuk spora dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Hal ini menyebabkan jumlah spora yang dibentuk oleh CMA dan dilepaskan ke dalam tanah menjadi sedikit.

Penambahan *Azospirillum* sp. yang ditambahkan bersama-sama dengan CMA (KM3) memiliki rata-rata jumlah spora tertinggi. Hal ini terjadi kemungkinan disebabkan oleh kondisi tanah PMK yang memiliki pH rendah dan masih tingginya Al_{dd} sehingga CMA lebih banyak membentuk spora untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Selain itu, diduga disebabkan oleh adanya penyerapan P yang lebih tinggi baik oleh tanaman maupun oleh CMA itu sendiri dan ketersediaan N dalam tanah hasil aktivitas dari bakteri *Azospirillum* sp., sehingga kebutuhan CMA dan tanaman terhadap unsur hara N dan P dapat terpenuhi dan CMA pun aktivitas pembentukan sporanya lebih meningkat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pertumbuhan rumput *Setaria splendida* Stapf. hampir sama untuk semua perlakuan kecuali pada parameter laju pertumbuhan tinggi vertikal dengan perlakuan penambahan mikroorganisme. Penggunaan kapur pada tanah PMK merupakan perlakuan yang terbaik diberikan karena dapat meningkatkan produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf. Penambahan pada tanah PMK tidak memerlukan penambahan mikroorganisme tanah (CMA dan *Azospirillum* sp.) karena dengan penambahan kapur saja produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf. meningkat cukup tinggi. Penambahan asam humat sebagai pembenah tanah dapat meningkatkan produksi dan kualitas dari rumput *Setaria splendida* Stapf., namun penambahan asam humat ini akan lebih tinggi meningkatkan produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf. apabila ditambahkan bersama-sama dengan CMA.. Penambahan mikroorganisme tanah dapat meningkatkan produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf. Penambahan CMA dapat meningkatkan produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf., tetapi peningkatan akan lebih besar apabila ditambahkan bersama-sama dengan bakteri *Azospirillum* sp.

Saran

Untuk meningkatkan produksi dan kualitas rumput *Setaria splendida* Stapf. yang ditanam pada tanah PMK, perlu adanya pengolahan terlebih dahulu dengan penambahan kapur, asam humat dan CMA atau CMA dan bakteri *Azospirillum* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK. 1994. Dasar-dasar Bercocok Tanam. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Bartlett, D.J. and D.C. Riego. 1972. Effect of chelation on toxicity of Aluminium. Short Communication. Plant and Soil. 37 : 419 – 423.
- Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1990. The Nature and Properties of Soils. Macmillan Publishing Co Inc. New York.
- Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Terjemahan. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Bogdan, A.V. 1977. Tropical Pasture and Fodder Plants (Grasses and Legumes). Longman Ltd. London and New York.
- Clark, R.B. 1997. Arbuscular Mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low ph. Plant and Soil. 192 : 15 – 22.
- Dwinardy, D. 1986. Pengaruh penyinaran, jenis tanah dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan anakan Rotan sega (*Calamus caesius*). Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. 1991. Kimia Tanah. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 1991. Kesuburan Tanah. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Ervayenri. 1998. Studi keanekaragaman dan potensi inokulum cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di lahan gambut. Tesis. Program Pasca Sarjana Insitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fakuara, M.Y. 1988. Mikoriza, Teori dan Kegunaan dalam Praktek. Pusat Antar Universitas. Lembaga Sumberdaya Informasi-Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fitter, A.H. and Hay R.K.M., 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Terjemahan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gaspersz, V. 1994. Metode Perancangan Percobaan. CV. Armico, Bandung.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1995. Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian. Terjemahan. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press) Jakarta.
- Guritno, B. dan S. M. Sitompul. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.

- Hakim, N., Y. Nyakpa, A.M. Lubis, Sutopo, N. Nugroho, M.A. Diha, G.B. Hong dan H.H. Bailey. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Cetakan Pertama. Penerbit Universitas Lampung. Lampung.
- Handoko, 1995. Klimatologi Dasar. PT. Pustaka Jaya. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Ed. Rev., Cet. 4. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Imas, T., R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan dan Y. Setiadi. 1989. Mikrobiologi Tanah II. Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. Institut Keguruan dan Ilmu Pengetahuan Semarang Press. Semarang.
- Jackson, W.R. 1997. Dynamic growing with humic acid for master gardeners. Internet. <http://www.unifiedsystem.com/humicacids.htm>. (3 Mei 2001).
- Jayadi, S. 1991. Tanaman Makanan Ternak Tropika. Karya Ilmiah. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Komarudin, I., 1995. Evaluasi pemberian fosfat alam dari Jawa dan pengapuran pada tanah masam : I. Modifikasi ciri kimia tanah. J. II. Pert. Indon. 5(2): 57-62.
- Kononova, M.M. 1998. Properties of humic substances. <http://www.msn.com>. (3 Mei 2001).
- Lakitan, B. 2000. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. Cetakan Ketiga. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Leiwakabessy, F.M. 1997. Pupuk dan Pemupukan. Diktat Kuliah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lingga, P. 1991. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penerbit Swadaya. Jakarta.
- Mahapatra, B.S. dan G.L. Sharma. 1988. Effect of Azospirillum, Cyanobacteria and Azolla bio-fertilizers on produktivity of lowland rice. Indian J. Agron. 33 (4) : 368-371.
- McIlroy, R. J. 1977. Pengantar Budidaya Padang Rumput Tropika. Terjemahan. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Moose, B. 1981. UAM Research for Tropical Agricultur. Hawaii Institute of Agricultur an Human Resources, 82 p.
- Notohadiprawiro, T. 1999. Tanah dan Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

- Novriansyah, H. 1999. Ketersediaan P dari berbagai pupuk P akibat pemberian kapur pada tanah podsolik Jasinga dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan jagung. *J. Tanah Trop.* 9: 15-21.
- Okon, Y. and Y. Kapulnik. 1986. Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots. *J. Plant and Soil.* 90: 3-16.
- Quimet, R., C. Camire and V. Furlan. 1996. Effect of soil K, Ca and Mg saturation and endomycorrhization on growth and nutrient uptake of sugar maple seedlings. *Plant and Soil.* 179 : 207 – 216.
- Paul, E.A. and F.E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry.* Academic Press, Inc. San Diego, California.
- Pratiwi, E. 1999. Karakterisasi mutan biosintesis Asam Indole Asetat (IAA) pada *Azospirillum* spp. yang dihasilkan dari mutagenesis transposon. Tesis. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Rao, N.S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman.* Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Salisbury, F.B. and W.R. Cleon. 1992. *Fisiologi Tumbuhan.* Jilid 3. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Salisbury, F.B. dan Ross, C.W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan.* Institut Teknologi Bandung Press. Bandung.
- Salwati, W., 2001. Pengaruh pengapuran tanah podsolik merah kuning terhadap pertumbuhan rumput tropika. Skripsi. Jurusan Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor.
- Saraswati, R. 1999. Ulas balik teknologi pupuk mikrob multiguna menunjang keberlanjutan sistem produksi kedelai. *J. Mikrobiologi Indonesia* 4(1) : 1-9.
- Sarief, E.S. 1985. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian.* Pustaka Buana. Bandung.
- Setiadi, Y. 1989. *Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan.* Bahan Pengajaran. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Pusat Antar Universitas-IPB. Bogor.
- Setyamidjaja, Dj. 1986. *Pupuk dan Pemupukan.* CV. Simplex. Jakarta.
- Senn, T.L. and A.R. Kingman. 1973. *A Review of Humus and Humic Acids.* Research Series No. 145, S. C. Agricultural Experiment Station, Clemson, South California.

- Setiana, M.A. 1990. Pengaruh pemberian air, pemupukan nitrogen dan perkembangan Padihiang (*Oryza Fathia Koenig*). Tesis. Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Setiana, T. 1999. Efektivitas penggunaan pupuk fosfat dan inokulasi cendawan mikoriza arbuskula (CMA) terhadap pertumbuhan semai *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen pada tanah latosol Darmaga dan tanah podsolik merah kuning Jasinga. Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, UK.
- Sutedjo. 1992. Pupuk dan Cara Pemupukan. Penerbit Rhineka Cipta. Jakarta.
- Tan, K.H. and A. Binger. 1986. Effect of humic acid on Alumunium toxicity in corn plants. Soil. Sci. J. 141 (1) : 20 – 25.
- Tan, K.H. 1991. Dasar-dasar Kimia Tanah. Terjemahan. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tan, K.H. 1993. Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker Inc. New York and Basel.
- Taylor, G.J. 1988. The physiology of Alumunium tolerance in higher plants. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 19 : 1179 – 1194.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson dan J.D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Fourth Edition. Macmillan Publishing Company. New York.
- Wahyudin, U. M. 1993. Daya ganti pengikatan Al, Fe, dan Mn oleh sisa tanaman kacang tanah, padi dan jagung terhadap kebutuhan kapur pada tanah podsolik dari Gajrug dalam sistem pergiliran tanaman. J. II. Pert. Indon. 3(1): 1-7.
- Yusnaini, S., A. Niswati, S. G. Nugroho, K. Muludi, dan A. Irawati. 1999. Pengaruh inokulasi Mikoriza Vesikular Arbuskular terhadap produksi jagung yang mengalami kekeringan sesaat pada fase vegetatif dan generatif. J. Tanah Trop. 9: 1-6.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Sidik Ragam Laju Pertambahan Jumlah Anakan

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	0,57054205	0,05186746	1,83	0,0903 ^{tn}
K	2	0,02429710	0,01214855	0,43	0,6554 ^{tn}
M	3	0,17154621	0,05718207	2,01	0,1316 ^{tn}
KM	6	0,37469873	0,06244979	2,20	0,0687 ^{tn}
Galat	36	0,90811875	0,02837871		
Total	47	1,47866080			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 2. Analisis Sidik Ragam Laju Pertambahan Tinggi Vertikal

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	9,99986167	0,90907833	1,66	0,1277 ^{tn}
K	2	0,21652000	0,10826000	0,20	0,8217 ^{tn}
M	3	5,00305636	1,66768545	3,04	0,0425*
KM	6	4,78028530	0,79671422	1,45	0,2244 ^{tn}
Galat	36	18,08345833	0,54798359		
Total	47	28,08332000			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 3. Analisis Sidik Ragam Berat Kering Akar

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	32,66408278	2,96946207	2,73	0,0126*
K	2	10,29181802	5,14590901	4,74	0,0156*
M	3	11,51935172	3,83978391	3,53	0,0253*
KM	6	10,85291304	1,80881884	1,66	0,1610 ^{tn}
Galat	36	35,86217500	1,08673258		
Total	47	68,52625778			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 4. Analisis Sidik Ragam Berat Kering Tajuk

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	89,49577778	8,13597980	3,72	0,0016**
K	2	16,02525992	8,01262996	3,67	0,0364*
M	3	39,93426263	13,31142088	6,09	0,0020**
KM	6	33,53625523	5,58937587	2,56	0,0381*
Galat	36	72,08333333	2,18434343		
Total	47	161,5791111			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 5. Analisis Sidik Ragam Kadar Nitrogen Akar

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	1,08688487	0,09880772	11,35	0,0001**
K	2	0,33543978	0,16771989	19,26	0,0001**
M	3	0,26479905	0,08826635	10,14	0,0001**
KM	6	0,48664604	0,08110767	9,31	0,0001**
Galat	36	0,29610350	0,00870893		
Total	47	1,38298837			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 6. Analisis Sidik Ragam Kadar Nitrogen Tajuk

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	0,63931555	0,05811960	4,55	0,0003**
K	2	0,11699052	0,05849526	4,58	0,0176*
M	3	0,30397425	0,10132475	7,93	0,0004**
KM	6	0,21835078	0,03639180	2,85	0,0240*
Galat	36	0,42168125	0,01277822		
Total	47	1,06099680			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 7. Analisis Sidik Ragam Serapan Nitrogen Total

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	0,03342367	0,00303852	2,65	0,0141*
K	2	0,00467220	0,00233610	2,03	0,1459 ^{tn}
M	3	0,00463772	0,00154591	1,35	0,2751 ^{tn}
KM	6	0,02411375	0,00401896	3,50	0,0081**
Galat	36	0,04018113	0,00114803		
Total	47	0,07360481			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 8. Analisis Sidik Ragam Kadar Fosfor Akar

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	0,00103467	0,00009406	20,77	0,0001**
K	2	0,00016204	0,00008120	17,89	0,0001**
M	3	0,00023883	0,00007961	17,58	0,0001**
KM	6	0,00063379	0,00010563	23,33	0,0001**
Galat	36	0,00016300	0,00000453		
Total	47	0,00119767			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 9. Analisis Sidik Ragam Kadar Fosfor Tajuk

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	0,00028373	0,00002579	10,01	0,0001**
K	2	0,00000204	0,00000102	0,40	0,6758 ^{tn}
M	3	0,00016040	0,00005347	20,75	0,0001**
KM	6	0,00012129	0,00002022	7,85	0,0001**
Galat	36	0,00009275	0,00000258		
Total	47	0,00037648			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 10. Analisis Sidik Ragam Serapan Fosfor Total

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	34,01559142	3,09232649	6,23	0,0001**
K	2	0,66458579	0,33229290	0,67	0,5182 ^{tn}
M	3	18,1940292	6,06486794	12,22	0,0001**
KM	6	15,15640271	2,52606712	5,09	0,00071**
Galat	36	17,86475450	0,49624318		
Total	47	51,88034592			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 11. Analisis Sidik Ragam Prosentase Infeksi Akar

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	27551,03569167	2504,63960833	14,10	0,0001**
K	2	204,02701667	102,01350833	0,57	0,5681 ^{tn}
M	3	25608,49807500	8536,16602500	48,06	0,0001 ^{tn}
KM	6	1738,51060000	289,75176667	1,63	0,1669 ^{tn}
Galat	36	6394,06370000	177,61288056		
Total	47	33945,09939167			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$

Lampiran 12. Analisis Sidik Ragam Jumlah Spora

Sumber Keragaman	db	JK	KT	Fhit.	Pr > F
Perlakuan	11	60184,16304348	5471,28754941	7,50	0,0001**
K	2	27031,32375776	13515,66187888	18,52	0,0001**
M	3	23273,72971014	7757,90990338	10,63	0,0001**
KM	6	9879,10957557	1646,51826259	2,26	0,0612 ^{tn}
Galat	36	24811,75000000	729,75735294		
Total	47	84995,91304348			

Keterangan : tn : tidak berbeda nyata
 * : berbeda nyata pada taraf $F_{0,05}$
 ** : berbeda nyata pada taraf $F_{0,01}$