

**PENGARUH JENIS AMELIORAN TERHADAP EFEKTIVITAS DAN
INFEKTIVITAS MIKROBA PADA TANAH GAMBUT DENGAN
KEDELAI SEBAGAI TANAMAN INDIKATOR**

*Effect of Ameliorants on Microbial Effectiveness and Infectivity in Peat Soil with
Soybean as Plant Indicator*

Nurhayati

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian
Universitas Syiah Kuala Darussalam Banda Aceh

ABSTRACT

The objectives of this research were to study effects of some ameliorants (calcify dolomite, sea mud, and some biofertilizers) to some variables of C-organic, C/N, soil nitrogen, soil available P, N and P absorption, the infection of *Bradyrhizobium* and mycorrhiza, and soybean growth. This research was arranged in Randomized Complete Block Design with thirteen treatments and two replicates. Provision of some amelioran exerted significant effects on numbers of root nodules, degree of mycorrhiza infection, and plant height of 5 week after planting (WAP). The best amelioran was calcify dolomite on which had positive responses to the increase of numbers of root nodules, degree of mycorrhiza infection, and plant height of 5 WAP. The second best was combination of *Bradyrhizobium* +Mos+ peat soil isolate mycorrhiza, which significantly increased numbers of root nodules, degree of mycorrhiza infection, and plant height of 5 WAP. The poor and the poorest ameliorants were sea mud+calcify dolomite and sea mud without dolomite, respectively, which caused reduction of numbers of root nodules, degree of mycorrhiza infection, and plant height of 5 WAP.

Keywords: Peat soil, calcify dolomite, sea mud, *Bradyrhizobium*, Mos, mycorrhiza

PENDAHULUAN

Lahan marjinal yang potensinya cukup besar untuk dimanfaatkan adalah lahan gambut. Di Indonesia tanah gambut (Histosol) merupakan golongan kedua terluas setelah Podzolik dan menempati 10% dari daratan Indonesia. Lebih dari 38 juta ha tanah gambut di daerah tropis, sekitar 27 juta ha (87.3 %) terletak di Indonesia yang sebagian besar masih merupakan hutan dan hanya sebagian kecil yang sudah diusahakan menjadi lahan pertanian atau perkebunan. (Soekardi dan

Hidayat, 1994; Widjaya-Adhi, 1986). Tidak seluruh lahan itu bisa dikembangkan, tetapi yang masih mungkin untuk dimanfaatkan diperkirakan seluas 5.6 juta ha (Subagyo et al., 1996). Oleh karena berbagai kendala, baik teknis maupun sosial ekonomi, pemanfaatan lahan gambut sangat terbatas, sedangkan kontribusi lahan gambut untuk perluasan areal pertanian sangat penting. Kenyataan ini menyebabkan tanah gambut cukup potensial untuk perluasan areal pertanian.

Pada kondisi alami, tanaman pertanian umumnya sulit tumbuh di lahan gambut disebabkan faktor penghambat yang dimiliki lahan gambut begitu kompleks mencakup kesuburan kimia, fisik dan biologi yang kurang menguntungkan. Hal ini antara lain disebabkan pH rendah, kejenuhan basa rendah, KTK tinggi, rasio C/N tinggi, sehingga ketersediaan hara makro dan mikro bagi tanaman rendah, aktivitas mikroba rendah, adanya pengaruh intrusi garam dan lapisan sulfat masam, drainase yang buruk, dan daya dukung tanah rendah dan berbagai faktor-faktor penghambat lainnya seperti keberadaan asam organik yang bersifat toksik. Kondisi demikian tidak menunjang terciptanya laju penyediaan hara yang memadai bagi tanaman. Kandungan bahan organik yang tinggi pada lahan gambut menyebabkan hara mikro membentuk senyawa kompleks dengan asam organik dan tidak mudah tersedia (Rachim 1995).

Pada ekstensifikasi lahan-lahan marginal tersebut, peningkatan produktivitas lahan dengan bantuan pemakaian pupuk buatan sering kali kurang efektif karena memerlukan biaya tinggi, pada rentang waktu tertentu tingkat produktivitas lahan akan menurun dan sering kali menyebabkan pencemaran lingkungan yang berakibat lebih jauh terjadinya degradasi kualitas lahan dan kualitas lingkungan.

Beberapa penelitian untuk menghasilkan teknologi yang dapat meningkatkan kesuburan tanah tanpa menggunakan pupuk kimia buatan telah banyak dilakukan. Salah satu teknologi yang saat ini dikembangkan adalah pengelolaan hara terpadu yang mendukung pemupukan organik dan peman-

faatan pupuk hayati. Pemanfaatan bahan-bahan perbaikan tanah (amelioran) seperti kapur, bahan-bahan mineral lainnya dan pupuk hayati seperti *Bradyrhizobium*, mos dan mikoriza dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah dan khususnya untuk memperbaiki kesuburan fisik, kimia dan biologi lahan gambut merupakan alternatif yang tepat. Hal ini sejalan dengan kebijakan yang dipilih dalam budidaya tanaman yakni efisiensi energi dan selaras dengan lingkungan.

Sejalan dengan peningkatan kesadaran manusia akan pemanfaatan segala sesuatu yang bersahabat dengan alam, penggunaan pupuk kimia untuk peningkatan kesuburan tanah, daya tumbuh dan produktivitas tanaman semakin dikurangi dan sebagai gantinya mulai digunakan pupuk hayati (biofertilizer). Prinsip penggunaan pupuk tersebut adalah memanfaatkan kerja mikroorganismenya tertentu dalam tanah yang berperan sebagai penghancur bahan organik, membantu proses mineralisasi atau bersimbiosis dengan tanaman dalam menambat unsur-unsur hara sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman.

Upaya pengembangan gambut sebagai lahan pertanian diperlukan beberapa upaya antara lain mempercepat kematangan, meningkatkan kejenuhan basa, antara lain dengan memberikan biofertilizer dan bahan amelioran seperti kapur dolomit, tanah mineral.

Pupuk hayati adalah mikrobia dalam tanah untuk meningkatkan pengambilan hara oleh tanaman dari dalam tanah atau udara. Umumnya digunakan mikrobia yang mampu hidup bersama (simbiosis) dengan tanaman inangnya. Keuntungan diperoleh oleh kedua pihak, tanaman

inang mendapatkan tambahan unsur hara yang diperlukan, sedangkan mikrobial mendapatkan bahan organik untuk aktivitas dan pertumbuhannya. Mikrobial yang digunakan sebagai pupuk hayati (biofertilizer) dapat diberikan langsung ke dalam tanah, disertakan dalam pupuk organik atau disalutkan pada benih yang akan ditanam. Penggunaan yang menonjol dewasa ini adalah mikrobial penambat N dan mikrobial untuk meningkatkan ketersediaan P dalam tanah seperti *Bradyrhizobium* dan mikoriza.

Pupuk hayati banyak dimanfaatkan petani untuk meningkatkan hasil dan memperbaiki mutu. Namun, pemakaian pupuk tersebut harus hati-hati karena komposisi hara yang ada pada label kemasan kadang tidak sesuai dengan yang dikandungnya. Penggunaan pupuk hayati bertujuan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme dan mempercepat proses mikrobiologi untuk meningkatkan ketersediaan hara, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Pupuk mikroba bermanfaat untuk mengaktifkan serapan hara oleh tanaman, menekan soil-borne disease, mempercepat proses mineralisasi, memperbaiki struktur tanah, dan menghasilkan substansi aktif yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Tombe, 2008).

Pupuk hayati adalah pupuk yang mengandung bahan aktif mikroba yang menghasilkan senyawa yang berperan dalam proses penyediaan unsur hara dalam tanah, sehingga dapat diserap tanaman. Pupuk hayati juga membantu usaha mengurangi pencemaran lingkungan akibat penyebaran hara yang tidak diserap tanaman pada penggunaan pupuk anorganik. Selanjutnya dijelaskan juga bahwa untuk mencapai produksi yang sama

dengan teknologi konvensional, penggunaan teknologi biofertilizer menghemat penggunaan pupuk kimia hingga 50%, berkurangnya pencemaran lingkungan dan dampak lebih lanjut adalah menjamin kapasitas keberlanjutan kapasitas produksi lahan (Goenadi, dkk, 2000).

Di samping itu, bentuk hara P pada tanah gambut didominasi bentuk P organik yang disebut fosfolipida. Fosfolipida tidak dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman, oleh karena itu mikoriza sangat berperan untuk menghidrolisis fosfolipida dengan adanya enzim fosfatase yang dapat mengubah senyawa fosfor menjadi tersedia bagi tanaman. Menurut Sutanto (2002), mikoriza dapat menghemat pupuk fosfat sekitar 20% sampai 30%.

Tanah gambut mengandung bahan organik yang tinggi tetapi kandungan unsur hara tanahnya, disebabkan proses dekomposisi bahan organik belum sempurna, sehingga status hara tanah gambut sangat miskin. Diharapkan dengan pemberian mikroorganisme selulolitik dapat memecahkan masalah tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh beberapa jenis amelioran (kapur, lumpur laut, dan beberapa jenis pupuk hayati) terhadap C organik, C/N, N tanah, P tersedia tanah, serapan hara N dan P tanaman, infektivitas *Bradyrhizobium*, mikoriza pertumbuhan kedelai pada tanah gambut.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Sentral, dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Penelitian ini

dimulai dari bulan Maret sampai dengan November 2007.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah gambut jenis hemik yang diambil dari Ajamu daerah Rantau Prapat, Sumatera Utara, benih kedelai varietas Anjasmoro, koleksi inokulum *Bradyrhizobium* asal tanah gambut, koleksi mikroorganisme selulolitik asal tanah gambut, inokulum mikoriza asal tanah gambut dan tanah mineral., kapur dolomit, lumpur laut dari daerah Belawan, rock fosfat 38 % P_2O_5 , KCl (60 % K_2O), pupuk mikro fitonik, fungisida Dupon Delsene Mx-80 WP, Delouse 200 SL dan insektisida Chlormite 400 EC , aquades, dan sejumlah bahan kimia yang digunakan untuk analisis tanah dan analisis tanaman.

Alat yang digunakan antara lain: pot plastik warna hitam, baskom plastik, hand sprayer, timbangan analitik, ayakan, cangkul, pH meter, oven, dan peralatan laboratorium lainnya, analisis tanah, dan analisis tanaman.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan 13 perlakuan dan 2 ulangan.

Faktor yang diteliti adalah beberapa jenis amandemen dan pupuk hayati.

A0= kontrol

A1= kapur dolomit sebanyak 74.70 g pot^{-1} (dosis kapur ditentukan dengan metode kurva $Ca(OH)_2$ pH 6

A2= lumpur laut sebanyak 5.07 kg pot^{-1} (setara dengan Ca kapur).

A3= kapur + lumpur laut (1:1)

A4= *Bradyrhizobium* 10 cc pot^{-1}

A5= mos 10 cc pot^{-1}

A6= mikoriza isolat tanah gambut (isolat campuran Glomus) 100 g propagul pot^{-1}

A7= mikoriza isolat tanah mineral 100 g propagul pot^{-1}

A8= *Bradyrhizobium* 10 cc pot^{-1} + mos 10 cc pot^{-1}

A9= *Bradyrhizobium* 10 cc pot^{-1} + mikoriza isolat tanah gambut 100 g propagul pot^{-1} (isolat campuran Glomus).

A10= mos 10 cc pot^{-1} + mikoriza isolat tanah gambut 100 g propagul pot^{-1} (isolat campuran Glomus)

A11= *Bradyrhizobium* 10 cc pot^{-1} + mos 10 cc pot^{-1} + mikoriza isolat tanah gambut 100 g propagul pot^{-1} (isolat campuran Glomus)

A12= *Bradyrhizobium* 10 cc pot^{-1} + mos 10 cc pot^{-1} + mikoriza isolat tanah mineral 100 g propagul pot^{-1}

Model matematika rancangan percobaan yang digunakan:

$$Y_{ik} = \mu + \rho_k + \alpha_i + \sum_{ik}$$

Y_{ik} = Angka pengamatan dari pengaruh pemberian amandemen dan pupuk hayati taraf ke i, dalam ulangan ke k.

μ = nilai rata-rata umum.

α_i = pengaruh pemberian amandemen dan pupuk hayati yang ke i.

ρ_k = pengaruh ulangan (blok) yang ke k

\sum_{ik} = Pengaruh kesalahan keseluruhan percobaan pada pemberian amandemen ke I dalam ulangan ke k.

Data yang diperoleh secara statistik diuji dengan sidik ragam (uji F), dan uji lanjutan bagi perlakuan yang nyata atau sangat nyata menggunakan Uji Beda Duncan

Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 5 % dan 1%.

Pelaksanaan Penelitian

Tahap persiapan media tumbuh

Tanah gambut diambil dari Ajamu daerah Rantau Parapat, Sumatera Utara. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan metode komposit pada kedalaman 0 - 20 cm. Tanah gambut dibersihkan secara manual dilakukan analisis awal terhadap beberapa aspek kimia untuk mengetahui status hara, selanjutnya dimasukkan ke dalam polibag sebanyak 10 kg pot⁻¹. Pot-pot tersebut diletakkan di atas baskom yang berisi air kemudian disusun di rumah kaca. Pot-pot tersebut dipisahkan dalam dua kelompok. Kelompok pertama untuk tanaman yang dipanen pada fase akhir vegetatif (40 hst), sedangkan kelompok kedua untuk tanaman yang dipanen pada masa reproduktif.

Inkubasi pengapuran dan pemberian lumpur laut

Lumpur laut sebelum diaplikasikan terlebih dahulu dikeringudarkan selama 4 minggu kemudian dianalisis status haranya. Kapur dan lumpur laut dicampur dengan tanah secara homogen dan diinkubasi selama 8 minggu.

Pemupukan

Pemupukan P yang berasal dari rock fosfat diberikan sebanyak 800 kg P₂O₅ ha⁻¹ (35 g pot⁻¹) dan KCl sebanyak 150 kg K₂O ha⁻¹ (1.5 g pot⁻¹) diberikan secara tugal bersamaan dengan penanaman. Takaran rock fosfat berdasarkan penelitian Triana (2003). Pupuk mikro diberikan dalam bentuk larutan yang disemprotkan melalui daun tanam-an. Penyemprotan dilakukan mulai pada saat tanaman berumur 15 hst dengan interval satu

minggu sekali sampai tanaman berumur 40 hst. Pupuk hayati (*Bradyrhizobium*, mos) diberikan ke tanah dalam bentuk cairan dengan dosis sesuai perlakuan. Mos diberikan pada saat tanam, sedangkan *Bradyrhizobium* diberikan pada saat tanaman ber-umur 7 hst dan inokulum mikoriza diberikan dalam bentuk inokulum tanah atau propagul cendawan yang terdiri dari spora, hypha, dan akar yang terinfeksi diletakkan di sekitar perakaran tanaman dan diberikan pada saat tanam.

Penanaman dan pemeliharaan

Benih kedelai sebelum ditanam direndam dahulu dengan air selama 1 jam. Setiap pot percobaan ditanam 3 butir dengan kedalaman tanam 3 cm dari permukaan tanah. Penjarangan dilakukan 2 minggu setelah tanam dengan meninggalkan 2 tanaman pot⁻¹ yang pertumbuhannya diang-gap baik. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman untuk menjaga ketinggian air genangan di dalam baskom, penyiangan dan pemberantasan hama penyakit.

Pemanenan

Pemanenan dilakukan dua kelompok pada fase akhir vegetatif (40 hst).

Pengamatan

Peubah yang diamati pada fase vegetatif meliputi tinggi tanaman umur 5 minggu setelah tanam, diameter batang, berat kering tajuk, berat kering akar, jumlah bintil akar, kandungan C dan N tanah, C/N tanah, P tersedia tanah, serapan N, P jaringan tanaman, dan derajat infeksi akar oleh mikoriza

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari Tabel 1 dapat kita lihat bahwa pemberian beberapa jenis amelioran berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah bintil akar dan

derajat infeksi mikoriza, serta berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 5 minggu setelah tanam, sedangkan terhadap peubah lainnya amelioran berpengaruh tidak nyata.

Tabel 1. Ringkasan Pengaruh Perlakuan Terhadap Peubah yang Diamati

Peubah	Pengaruh
C organik tanah	tn
C/N tanah	tn
N total tanah	tn
P tersedia tanah	tn
Serapan N tanaman	tn
Serapan P tanaman	tn
Tinggi tanaman umur 5 minggu setelah tanam	*
Diameter batang umur 5 minggu setelah tanam	tn
Berat kering tajuk tanaman	tn
Berat kering akar tanaman	tn
Jumlah bintil akar pot ⁻¹	**
Derajat infeksi mikoriza	**

Keterangan : tn = tidak nyata * = nyata **= sangat nyata

Uji beda rata-rata untuk peubah jumlah bintil akar dan derajat infeksi mikoriza menggunakan UJGD (Uji jarak ganda Duncan) pada taraf 1%. Hasil UJGD untuk setiap peubah dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 2. Pengaruh Beberapa Jenis Amelioran Terhadap C-Organik Tanah dan C/N Tanah

Perlakuan	C-Organik Tanah (%)	C/N Tanah
A0 = kontrol	6.48	19.12
A1 = kapur	5.00	16.83
A2 = lumpur laut	5.69	31.67
A3 = kapur+lumpur laut	5.00	21.54
A4 = <i>Bradyrhizobium</i>	5.14	19.35
A5 = mos	4.63	19.62
A6 = mikoriza isolat tanah gambut	6.95	22.24
A7 = mikoriza isolat tanah mineral	6.13	26.49
A8 = <i>Bradyrhizobium</i> +mos	5.22	17.88
A9 = <i>Bradyrhizobium</i> +mikoriza isolat tanah gambut	6.55	18.28
A10 = mos+mikoriza isolat tanah gambut	3.76	19.59
A11 = <i>Bradyrhizobium</i> +mos+mikoriza isolat tanah gambut	5.18	13.99
A12 = <i>Bradyrhizobium</i> +mos+mikoriza isolat tanah mineral	6.05	16.76

Tabel 3. Pengaruh Jenis Bahan Perbaikan Tanah Terhadap N Tanah, P Tersedia Tanah, Serapan N Tanaman dan Serapan P Tanaman

Perlakuan	N Tanah	P Tersedia	Serapan N	Serapan P
A0=kontrol	6.47	19.12	492.75	45.45
A1=kapur	5.00	16.83	773.20	54.25
A2=lumpur laut	6.48	31.67	199.85	13.55
A3=kapur+lumpur Laut	5.69	21.54	323.55	28.95
A4= <i>Bradyrhizobium</i>	6.05	19.35	578.25	48.45
A5=mos	5.14	19.62	496.50	48.65
A6=mikoriza isolat tanah gambut	6.13	22.24	584.90	54.20
A7=mikoriza isolat tanah mineral	6.95	26.49	557.05	65.15
A8= <i>Bradyrhizobium</i> +Mos	5.22	17.88	700.10	51.10
A9= <i>Bradyrhizobium</i> +mikoriza isolat tanah gambut	5.18	18.28	584.10	63.10
A10=mos+mikoriza isolat tanah gambut	6.55	15.59	545.30	57.40
A11= <i>Bradyrhizobium</i> +mos mikoriza isolat tanah gambut	3.76	13.99	908.15	86.85
A12= <i>Bradyrhizobium</i> +mos mikoriza isolat tanah mineral	4.63	16.76	727.35	74.30

Tabel 4. Pengaruh Beberapa Amelioran Tanah Terhadap Tinggi Tanaman dan Diameter Batang Umur 5 Minggu Setelah Tanam

Perlakuan	Tinggi Tanaman Umur 5 MST (cm)	Diameter Batang Umur 5 MST (mm)
A0= kontrol	81.25 ab	0.23
A1= kapur	128.25 e	0.36
A2= lumpur laut	71.50 a	0.19
A3= kapur+lumpur laut	86.00 abc	0.21
A4= <i>Bradyrhizobium</i>	107.25 bcde	0.24
A5= mos	111.50 cde	0.26
A6= mikoriza isolat tanah gambut	119.00 de	0.24
A7= mikoriza isolat tanah mineral	118.75 de	0.26
A8= <i>Bradyrhizobium</i> + mos	113.50 cde	0.27
A9= <i>Bradyrhizobium</i> + mikoriza isolat tanah gambut	116.25 de	0.28
A10= mos+mikoriza isolat tanah gambut	93.50 abcd	0.24
A11= <i>Bradyrhizobium</i> +mos+mikoriza isolat tanah gambut	119.00 de	0.32
A12= <i>Bradyrhizobium</i> +mos+mikoriza isolat tanah mineral	118.75 de	0.31

Tabel 5. Pengaruh Beberapa Jenis Bahan Tanah Terhadap Diameter Batang Umur 5 MGST, Berat Tajuk Kering, Berat Akar Kering,

Perlakuan	Berat Kering Tajuk	Berat Kering Akar
A0=kontrol	10.85	0.95
A1=kapur	17.15	2.85
A2=lumpur laut	4.45	0.30
A3=kapur+lumpur Laut	8.55	0.70
A4= <i>Bradyrhizobium</i>	15.00	1.35
A5=mos	12.80	1.40
A6=mikoriza isolat tanah gambut	14.30	1.70
A7=mikoriza isolat tanah mineral	12.60	1.65
A8= <i>Bradyrhizobium</i> +Mos	15.75	1.40
A9= <i>Bradyrhizobium</i> +mikoriza isolat tanah gambut	11.30	1.55
A10=mos+mikoriza isolat tanah gambut	12.50	1.45
A11= <i>Bradyrhizobium</i> +mos mikoriza isolat tanah gambut	15.55	2.00

Tabel 6. Pengaruh Beberapa Jenis Bahan Tanah Terhadap Jumlah Bintil Akar dan Derajat Infeksi Mikoriza

Perlakuan	Jumlah Bintil Akar (buah/pot)	Derajat Infeksi Mikoriza (%)
A0= kontrol	43.00 AB	30.00 A
A1= kapur	131.00 BC	96.00 B
A2= lumpur laut	1.50 A	10.00 A
A3= kapur+lumpur laut	2.00 A	17.00 A
A4= <i>Bradyrhizobium</i>	98.50 BC	20.00 A
A5= mos	55.00 AB	27.00 A
A6= mikoriza isolat tanah gambut	64.50 ABC	80.00 B
A7= mikoriza isolat tanah mineral	59.50 ABC	85.00 B
A8= <i>Bradyrhizobium</i> +mos	106.00 BC	25.00 A
A9= <i>Bradyrhizobium</i> +mikoriza isolat tanah gambut	80.00 ABC	86.00 B
A10= mos mikoriza isolat tanah gambut	43.00 AB	85.00 B
A11= <i>Bradyrhizobium</i> +mos+ mikoriza isolat tanah gambut	154.50 C	99.00 B
A12= <i>Bradyrhizobium</i> + mos+ mikoriza isolat tanah mineral	112.00 BC	97.00 B

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Beda Rataan Duncan pada $P < .01$

Pengaruh Kapur

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan kapur dolomit (A1) memberikan pengaruh yang paling baik terhadap parameter pengamatan, tinggi tanaman umur 5 minggu setelah tanam, diameter batang umur 5 minggu setelah tanam, jumlah polong pot⁻¹, jumlah bintil akar pot⁻¹, derajat infeksi mikoriza. Hal ini disebabkan dengan pemberian kapur dolomit dapat meningkatkan pH tanah, sehingga dapat memacu aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam dekomposisi bahan organik tanah, sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman.

Kapur dolomit mengandung unsur Ca dan Mg, dimana kedua jenis unsur ini melalui reaksi hidrolisis dapat melepaskan ion OH⁻ yang berpengaruh terhadap peningkatan pH tanah (Nyakpa 1988). Sejalan dengan pendapat van Leierop *et al.* (1980 dalam Sagiman, 2001) penggunaan kapur menyebabkan dekomposisi meningkat, karena meningkatnya kegiatan mikroorganisme tanah.

Perlakuan kapur dolomit dapat meningkatkan secara nyata pertumbuhan vegetatif disebabkan karena kapur dolomit mengandung Ca dan Mg, dan seiring dengan peningkatan pH akibat pemberian kapur dolomit akan meningkatkan ketersediaan unsur-unsur hara lainnya yang penting untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain itu adanya penurunan KTK dari 151.70 me 100 g⁻¹ (hasil analisis awal tanah gambut) menjadi 40.43 me 100 g⁻¹ (hasil analisis tanah gambut setelah diinkubasi 8 minggu) dan peningkatan KB tanah gambut dari 18,56 (hasil analisis awal tanah gambut) menjadi 110.59 (hasil

analisis tanah gambut setelah diinkubasi selama 8 minggu). Pada kondisi alami tanah gambut memiliki KB yang rendah, sehingga menghambat penyediaan hara bagi tanaman (Hardjowigeno, 1997). Hasil penelitian Institute Pertanian Bogor (1986 dalam Saeri Sagiman, 2001), tanaman dapat menghasilkan setelah KB gambut ditingkatkan melalui penambahan kapur. Pemberian kapur dolomit pada tanah gambut selain dapat menaikkan pH tanah, juga meningkatkan ketersediaan P, K dan Mg tukar sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai. Sedangkan menurut Hasibuan (1999), peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman yang diberi kapur karena adanya perbaikan penyediaan hara bagi tanaman.

Di samping itu, dengan pengapuran laju mineralisasi bahan organik dapat meningkat sehingga tanah memiliki aerasi yang baik dengan pemberian kapur, diduga hal ini menyebabkan meningkatnya N-NO₃⁻. Selain itu dari hasil penelitian Sagiman (2001) pengapuran pada tanah gambut dapat meningkatkan kadar N-NH₄⁺. Fenomena-fenomena ini merupakan faktor yang menyebabkan serapan N tanaman dapat meningkat dengan pemberian kapur dolomit. Kemungkinan lainnya terhadap peningkatan serapan N tanaman karena adanya rhizobium native dan aktivitasnya dapat meningkat dengan pengapuran.

Pemberian kapur dolomit dapat meningkatkan pH tanah yang akan memacu proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan senyawa fosfat organik, yang dapat terkonversi menjadi fosfat anorganik melalui proses dekomposisi yang lebih sempurna. Peranan P antara lain penting untuk pertumbuhan sel,

pembentukan akar tanaman (Nyakpa dkk 1988)

Pemberian kapur dolomit sangat nyata meningkatkan pembentukan bintil akar karena pengaruh kapur akan meningkatkan pH tanah dan pembentukan bintil akar dan memperkecil pengaruh H^+ terhadap tanaman. Selain itu pengapuran dapat meningkatkan ketersediaan Ca, Mg, P dan Mo. Ca diperlukan untuk mempermudah infeksi bakteri pada akar tanaman dan pembentukan bintil akar (Sagiman 2001). Meningkatnya derajat infeksi mikoriza dengan pemberian kapur dolomit, diprediksikan adanya mikoriza native dalam tanah. Menurut Setiadi (1996), bahwa penyebaran MVA dapat terjadi melalui aliran air dan angin dan bahan organik tanah berhubungan erat dengan jumlah spora mikoriza. Menurut Nurlaeny dkk (1996) bahwa pengapuran dapat meningkatkan derajat infeksi akar oleh MVA pada tanaman jagung dan kedelai

Pengaruh Pupuk Hayati

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan inokulasi gabungan *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah gambut (A11) adalah perlakuan unggulan kedua terhadap parameter pengamatan tinggi tanaman umur 5 minggu setelah tanam, sedangkan untuk parameter jumlah bintil akar pot^{-1} , derajat infeksi mikoriza, perlakuan inokulasi gabungan *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah gambut adalah perlakuan unggulan pertama.

Perlakuan inokulasi gabungan *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah gambut (A11) cenderung lebih baik dari perlakuan *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah mineral (A12). Dengan demikian dapat disimpulkan mikoriza isolat tanah gambut

memberikan respons lebih baik dibandingkan mikoriza isolat tanah mineral terhadap parameter beberapa sifat fisik, kimia tanah gambut, infektivitas *Bradyrhizobium* dan mikoriza, pertumbuhan tanaman kedelai. Fenomena ini dapat dipahami bahwa terdapat perbedaan tingkat kompatibilitas antara mikoriza isolat tanah gambut dan mikoriza isolat tanah mineral pada tanah gambut. Menurut Bianciotto *et al.* (1989), kompatibilitas mikoriza dengan tanaman inang sangat bervariasi bergantung pada spesies mikoriza, spesies tanaman inang dan kondisi lingkungannya.

Hasil penelitian ini mikoriza isolat tanah gambut lebih kompatibel daripada mikoriza isolat tanah mineral yang ditunjukkan oleh efektivitasnya dan infektivitas yang lebih tinggi pada MVA isolat tanah gambut.

Perlakuan *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah gambut (A11) dapat meningkatkan pH tanah, disebabkan peranan dari masing-masing mikroorganisme tersebut sangat mendukung terhadap peningkatan pH tanah gambut. *Bradyrhizobium*, mos dan mikoriza dalam aktivitas dan proses metabolismenya melepaskan senyawa-senyawa organik. Senyawa-senyawa organik ini berpeluang untuk mengikat kation-kation logam penyebab kemasaman dalam tanah. Menurut Tan (1997), senyawa-senyawa organik mampu mengikat kation-kation di dalam kompleks jerapan, sehingga konsentrasi basa tanah menjadi tinggi, dan pH tanah menjadi naik.

Perlakuan *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah gambut dapat meningkatkan secara nyata pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman umur 5 minggu setelah tanam). Hal ini dapat dipahami

bahwa pada kondisi ini terjadi hubungan yang sinergis antara ketiga jenis mikroba tersebut. Mikoriza secara spesifik berperan dalam penyediaan hara P dan prekondisi untuk terjadi nodulasi yang efektif pada banyak legum (Rao, 1994). Dengan demikian keberadaan mos dan mikoriza dapat meningkatkan aktivitas *Bradyrhizobium*, yang sangat relevan dengan status N tanaman. Aktivitas mos dapat meningkat dengan adanya *Bradyrhizobium* dan mikoriza, dimana peranan *Bradyrhizobium* sebagai penyumbang hara N, sedangkan mikoriza dapat meningkatkan ketersediaan hara P dan unsur mineral lainnya yang merupakan sumber energi bagi mikroorganisme selulolitik. memacu aktivitas mos dalam degradasi bahan organik tanah. Kondisi lainnya yang mendukung adalah suhu rata-rata di rumah kaca berkisar 36°C sehingga mikro-organisme aerob seperti mos terpacu untuk melakukan mineralisasi bahan organik, karena suhu optimum bagi aktivitas mikroba aerob adalah $30\text{-}36^{\circ}\text{C}$ (Handayani *et al.* 2001). Kondisi-kondisi ini tentu akan memacu mineralisasi bahan organik oleh mos dengan membebaskan berbagai hara untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hasil Penelitian Komariah *et al.* (1994) menunjukkan penggunaan mikroorganisme perombak selulosa dapat meningkatkan ketersediaan hara dan perombakan gambut, tetapi belum mampu menurunkan nisbah C/N tanah. Lambatnya perombakan pada tanah gambut karena aktivitas mikroorganisme yang rendah. Hal ini dipengaruhi antara lain oleh potensial redoks, nisbah C/N, pH, suhu dan kelembaban. Kemudahan dekomposisi bahan organik berkaitan

erat dengan nisbah C/N bahan organik.

Mos dalam proses mineralisasi bahan organik tentu menyumbangkan berbagai hara ke dalam tanah seperti, N, P, K, Ca, Mg, Mo dan lain-lain yang dapat meningkatkan aktivitas *Bradyrhizobium* dan mikoriza, selanjutnya dapat meningkatkan pertumbuhan Dekomposisi bahan organik tanah yang dipacu oleh mos menghasilkan berbagai bentuk P organik seperti inositol, fosfolipid, asam nukleat, nukleotida, dan gula fosfat. Bentuk-bentuk P organik ini bila dipacu dengan dekomposisi yang lebih sempurna lagi maka akan menghasilkan bentuk P anorganik yang sangat berpotensi dalam peningkatan kadar P tersedia tanah, maupun suplai hara P ke dalam jaringan tanaman. Selain itu aktivitas *Bradyrhizobium*, mos, dan mikoriza juga menghasilkan asam-asam organik yang sangat berperan untuk menonaktifkan agen-agen yang aktif mengikat P seperti Al, Fe, Ca, sehingga ketersediaan P tanah dan serapan P tanaman meningkat yang akan meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.

Peranan *Bradyrhizobium* menyuplai N kepada tanaman, yang berperan terhadap pertumbuhan vegetatif. *Bradyrhizobium* meningkatkan serapan N tanaman secara langsung melalui aktivitas bakteroid di dalam bintil akar (Rao 1994) dan Hanum (1997) menjelaskan bahwa di dalam bintil akar terdapat suatu zona bakteroid yang di dalamnya terdapat aktivitas nitrogenase dan pigmen merah (leghaemoglobin) yang berfungsi sebagai tempat absorpsi dan reduksi nitrat yang selanjutnya bentuk N reduksi ini akan ditransportasi ke dalam jaringan tanaman kedelai.

Di sisi lain, mikoriza memacu pertumbuhan tanaman melalui peningkatan absorpsi hara terutama P dan unsur-unsur hara lainnya.. Mikoriza yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga akar tanaman yang bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air. Di sisi lain keberadaan mikoriza dapat memacu sintesis fitohormon yang berperan dalam proses fotosintesis, merangsang nodulasi, dan penambatan nitrogen pada legum dan memberi perlindungan akar dari infeksi patogen. Fungsi mikoriza dapat memberikan hormon seperti auksin, sitokinin, dan gibberelin, selain itu zat pengatur tumbuh seperti vitamin kepada inangnya (Setiadi, 1996). Kondisi inilah yang mendukung pertumbuhan tanaman yang bermikoriza lebih baik dari tanpa mikoriza.

Perlakuan *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah gambut (A11) sangat nyata meningkatkan jumlah bintil akar dan derajat infeksi mikoriza. Ini menunjukkan telah terjadinya hubungan sinergistik antara *Bra-dyrhizobium*, mos, dan miko-riza dalam pembentukan bintil akar, dan kolonisasi mikoriza. Aktivitas mos memacu mineralisasi bahan organik dan membebaskan berbagai nutrisi yang sangat mendukung perkembangan *Bradyrhizobium* dan mikoriza. Pembentukan bintil akar terjadi sejak terbentuknya akar tanaman yang menurut literatur pada umur satu minggu setelah tanam. Hal ini menunjukkan asosiasi yang erat antara *Bradyrhizobium* dan mikoriza, dimana mikoriza berperan terhadap perkembangan akar. Konsekuensinya semakin banyak volume akar yang terbentuk semakin banyak pula

jumlah bintil akar. Hal ini ditunjukkan oleh koefisien korelasi yang sangat erat antara derajat infeksi mikoriza dengan jumlah bintil akar ($r=0.75$). Diketahui pula bahwa mikoriza adalah prekondisi untuk terjadi nodulasi yang efektif pada banyak legum. Kolonisasi oleh mikoriza meningkat bila tanaman kedelai juga diinokulasi dengan bakteri penambat N, *B. japonicum* (Rao, 1994). Kondisi ini berhubungan dengan eksudat-eksudat hasil sekresi di perakaran yang akan mempengaruhi pula asosiasi mikoriza dengan perakaran tanaman inang (Hanum 1997).

Pada penelitian ini tidak menggunakan pupuk N, tetapi hanya diberikan pupuk rock fosfat sebagai pupuk dasar. Kondisi ini turut mendukung pembentukan bintil akar dan derajat infeksi mikoriza. Menurut Asmah (1995) pemberian 100 % pupuk rock fosfat pada tanaman kedelai tidak mengganggu proses derajat infeksi akar, disebabkan pupuk rock fosfat memiliki daya kelarutan yang rendah sehingga pelepasan P terjadi sangat lambat sehingga tidak akan mengganggu proses infeksi MVA ke akar. Dengan demikian Pemberian batuan fosfat dapat meningkatkan derajat infeksi akar oleh MVA, meningkatkan bobot kering tanaman dan memperbaiki kesuburan tanah.

Pengaruh Lumpur Laut

Perlakuan yang buruk dan yang paling buruk adalah masing-masing perlakuan lumpur laut + kapur (A3) dan perlakuan lumpur laut tanpa kapur (A2), dimana akibat perlakuan-perlakuan itu dengan nyata yang mengakibatkan respons negatif dengan sangat nyata terhadap penurunan parameter jumlah bintil akar, derajat infeksi mikoriza dan nyata terhadap tinggi tanaman umur

5 MGST. Hal ini disebabkan oleh pengaruh toksik senyawa pirit, senyawa fenol dan pengaruh tingkat salinitas yang tinggi pada lumpur laut.

Hal ini diprediksikan tindakan pengelolaan terhadap lumpur laut belum tepat, dalam pengendalian senyawa pirit pada lumpur laut, sehingga memberikan efek buruk terhadap semua parameter pengamatan. Hasil analisis lumpur laut kering udara 4 minggu kadar Fe^{3+} dan SO_4^{2-} , kriteria tinggi, ini menunjukkan adanya pirit yang teroksidasi dan membebaskan H^+ dan SO_4^{2-} . Fenomena ini yang menyebabkan rendahnya pH tanah (4.06) akibat perlakuan lumpur laut (A2), sehingga terhambatnya aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik tanah baik yang berasal dari tanah gambut maupun kandungan bahan organik pada lumpur laut.

Menurut Adhi *et al.* (1997) ciri-ciri adanya pirit adalah tanah berbau busuk menandakan zat asam belerangnya banyak, dan bongkah tanah becak-becak kuning. Sedangkan gejala keracunan Fe, daun tanaman menguning jingga, pucuk daun mengering, tanaman kerdil dan hasil tanaman rendah. Untuk keracunan belerang tanaman mudah terserang penyakit, tanaman lebih mudah kena keracunan besi dan hasil yang rendah. Fenomena-fenomena ini terlihat secara visual pada penelitian ini yaitu tanaman dengan diperlakukan lumpur laut menunjukkan gejala seperti yang dikemukakan di atas.

Hasil penelitian Bastoni (1999) aplikasi lumpur laut pada tanah gambut mengakibatkan pH menurun drastis akibat oksidasi pirit hingga mencapai 2 - 3.5, yang selanjutnya akan berdampak buruk

terhadap pertumbuhan tanaman dan perkembangan akar.

Dengan tidak adanya tindakan pencucian dalam penelitian ini diprediksikan pengaruh racun asam fenol sangat dominan memberikan efek buruk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. Hal ini dapat dimengerti karena peranan Fe^{3+} untuk menonaktifkan asam-asam organik seperti asam fenol mengacu terhadap pembentukan pirit dengan adanya sulfur. Vaughan *et al.* (1985) menam-bahkan bahwa asam-asam fenolat yang bersifat fitotoksik terhadap pertumbuhan tanaman melalui mekanisme gangguan pada metabolisme seperti respirasi atau sintesis asam nukleat atau protein. Di samping itu, senyawa fitotoksik ini dapat menghambat pertumbuhan akar, mengakibatkan tanaman menjadi kerdil dan mengganggu serapan hara N, P tanaman sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Selain itu, pengaruh buruk dari lumpur laut ini disebabkan pengaruh tingginya salinitas pada lumpur laut. Kadar garam yang tinggi di daerah perakaran tanaman, akan menghambat pembentukan akar dan akar tanaman mengalami kesukaran dalam menyerap air dan unsur hara karena tingginya tekanan osmotik larutan tanah. Keadaan ini selanjutnya akan menyebabkan terjadinya kekeringan pada tanaman dan tanaman tumbuh kerdil akibat perlakuan lumpur laut (A2) maupun lumpur laut+kapur (A3). Menurut (Doorenbos, 1979) kemampuan tanaman menyerap air pada lingkungan bergaram akan berkurang sehingga gejala yang ditimbulkan mirip dengan gejala kekeringan. Gejala-gejala yang tampak seperti daun cepat menjadi layu, terbakar, berwarna biru kehijau-hijauan, pertumbuhan daun yang kecil,

penurunan jumlah daun dan stomata persatuan luas daun dan pada akhirnya tanaman akan mati kekeringan. Gejala-gejala ini terjadi pada tanaman yang diperlakukan dengan lumpur laut (A2) dan lumpur laut+kapur (A3).

Tanaman yang tumbuh di tanah bergaram akan mengalami dua tekanan fisiologis. Pertama pengaruh racun dari beberapa ion seperti sodium dan klorida yang lazim terdapat pada tanah bergaram, yang akan menghancurkan struktur enzim dan makro-molekul lainnya, merusak organel sel, mengganggu fotosintesis dan respirasi, dan memacu kekurangan ion. Poljakoff-Mayber dan Gale (1975 dalam Delfian 2004) menyatakan salinitas tanah dapat menekan laju fotosintesis pada beberapa jenis tanaman seperti kacang-kacangan, barley, gandum, tomat, onion, kapas dan karena menutupnya stomata sebagai akibat tidak seimbangnya air. Fenomena inilah yang menyebabkan rendahnya hasil tanaman dengan pemberian lumpur laut baik tanpa atau dengan kapur. Kedua, tanaman akan dihadapkan potensial osmotik yang rendah dari larutan tanah bergaram akan terkena risiko "physiological drought" karena tanaman harus mempertahankan potensial internal osmotik yang lebih rendah dalam rangka untuk mencegah pergerakan air akibat osmosis dari akar ke tanah. Tanaman mungkin akan menyerap ion untuk mempertahankan potensial osmotik internal yang rendah, namun hal ini akan menyebabkan kelebihan ion yang mengakibatkan terjadinya penurunan pertumbuhan pada beberapa tanaman. Dalam keadaan ini tanaman akan berusaha menyesuaikan tekanan osmotik selnya untuk mencegah dehidrasi dan kematian. Proses ini disebut penyesuaian osmotik.

Selain itu tingginya salinitas tanah secara langsung mempengaruhi organisme tanah melalui pengaruh toksisitas spesifik dari ion-ion dalam konsentrasi yang tinggi seperti sodium atau klorida, atau oleh efek non spesifik yaitu potensial osmotik atau potensial air. Semakin rendah (lebih negatif) potensial air tanah, maka semakin sulit organisme untuk menyerap air dari dalam tanah. Fenomena ini merupakan petunjuk bahwa rendahnya aktivitas mikroorganismepengurai, infektivitas *Brady-rhizobium* dan mikoriza native yang ditunjukkan oleh tingginya C/N tanah dan terhambatnya pembentukan bintil akar dan derajat infeksi mikoriza.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian beberapa jenis amelioran (kapur, lumpur laut, dan pupuk hayati) berpengaruh sangat nyata terhadap peubah jumlah bintil akar, derajat infeksi mikoriza, dan berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman umur 5 minggu setelah tanam. Pengaruh perlakuan amelioran berdasarkan peubah tertentu, dari pengaruh yang terbaik ke yang baik, hingga yang paling buruk diurutkan sebagai berikut.: (1) Perlakuan unggulan pertama adalah perlakuan kapur (A1), dimana telah terjadi respons positif terhadap perlakuan pengapuran dengan dolomit (A1) pada tanah gambut percobaan pot dengan sangat nyata terhadap peningkatan-peningkatan pH tanah, jumlah bintil akar, derajat infeksi mikoriza, sedangkan pengaruh pengapuran dolomit itu nyata terhadap tinggi tanaman umur 5 MGST. (2) Perlakuan unggulan kedua adalah inokulasi gabungan

Bradyrhizobium + mos + mikoriza isolat tanah gambut (A11), dengan sangat nyata meningkatkan jumlah bintil akar, derajat infeksi mikoriza¹, serta dengan nyata meningkatkan tinggi tanaman umur 5 MGST,.3) Perlakuan yang buruk dan yang paling buruk adalah masing-masing perlakuan lumpur laut+kapur (A3), dan perlakuan lumpur laut tanpa kapur (A2), dimana akibat perlakuan-perlakuan itu terjadi respons negatif terhadap penurunan yang sangat nyata pada parameter jumlah bintil akar, derajat infeksi mikoriza dan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 5 MGST, jumlah *Bradyrhizobium*, mos, mikoriza isolat tanah gambut

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat direkomendasikan bahwa perlakuan unggulan pertama adalah kapur dolomit dan unggulan kedua *Bradyrhizobium* + mos + mikoriza isolat tanah gambut dapat diterapkan secara bersama untuk meningkatkan infektivitas dan efektivitas mikro-ba, serta pertumbuhan kedelai di tanah gambut

Saran

Dari hasil penelitian ini pengaruh pemberian lumpur laut tanpa atau dengan kapur cenderung kurang efektif terhadap infektivitas dan efektivitas mikro-ba, serta pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai. Fenomena ini kemungkinan disebabkan dosis pemberian lumpur atau perbandingan lumpur laut + kapur atau pengelolaan terhadap penurunan kadar pirit dan penurunan tingkat salinitas pada lumpur yang belum tepat. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mencoba berbagai dosis atau dengan berbagai perbandingan lumpur + kapur, dan berbagai teknik pengelolaan untuk menurunkan

kadar pirit dan penurunan tingkat salinitas lumpur laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, W. 1976. Chemical Characteristics of the Upper 30 cms of Peat Soil From Riau. In:Final Report ATA 106. Soil Res. Inst. Bogor.
- Asmah, A. E. 1995. Effect of Phosphorus Source and Rate of Application on VAM Fungal, Infection and Growth of Maize. Mycorrhiza..
- Bianciotto V. Palazzo D, Bonfante-Fasolo P. 1989. Germination process and hyphal growth of vesicular - arbuscular mycorrhizal fungus. Alionia.
- Bastoni. 1999. Studi Aspek Kimia dan Kesuburan Campuran Tanah Organik (Gambut) dan Mineral (Lumpur) yang digunakan untuk Media Tumbuh. Bulletin Reboisasi.
- Dorrenbos J dan Kassam AH. 1979. Yiel Response to Water. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome.
- Delfian, 2004. Respon Pertumbuhan dan Hasil Perkembangan Cendawan Mikoriza Arbuskular dan Tanaman Terhadap Salinitas Tanah. Karya Tulis. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hasibuan, E. B., Adiwiganda, T. Y., Ritonga, D. M., Rotinga, M. 1989. Pengaruh Pemu-pukan N, P, dan K Serta Pengapuran Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung pada Tanah Gambut. Kumpulah Makalah Seminar Tanah Gambut untuk Perluasana Pertanian. Fakultas Pertanian Islam Sumatera Utara. Medan.

- Hanum., H. 1997. Inokulasi Ganda Rhizobium dan Mikoriza-VA untuk Meningkatkan Ketersediaan Hara N dan P Berkaitan dengan Produksi Kedelai pada Tanah Tambunan – A Langkat. Tesis Program Pascasarjana USU, Medan.
- Hardjowigeno, S. 1997. Pemanfaatan Gambut Berwawasan Lingkungan. *dalam* : Alami 2 (!) : 3-6. BPP. Tehnologi Jakarta.
- Handayani, P. I. 2001. Studi Pemanfaatan Gambut Asal Sumatera: Tinjauan Fungsi Gambut sebagai Bahan Ekstraktif, Media Budidaya dan Peranannya dalam Retensi Carbon. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Bengkulu, Sumatera.
- Goenadi, D.H., Siswanto and Sugiarto, Y. 2000. Bio-activation of Poorly Soluble
- Komariah, S. Prihatini, T. dan Suryadi, M.E. 1994. “Aktivitas Mikroorganisme dalam Reklamasi Tanah Gambut” Dalam: Pros. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat: Bidang Kesuburan dan Produktivitas Tanah. Puslit Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Nyakpa. M. Y. dkk. 1988. Kesuburan Tanah. Universitas Lampung.
- Nurlaeny, N. H. H. Marschener and E. George. 1996. Effect of Liming and Mychorrhizal Colonization on Soil Phosphate Depletion on Phosphate by Maize and Soybean Grown and Nutrient Uptake of Sugar Maple Seedlings. Plant and Soil.
- Rachim, A. 1995. Penggunaan Kation-Kation Polivalen dalam Kaitannya dengan Ketersediaan Fosfat untuk Meningkatkan Produksi Jagung pada Tanah Gambut. Disertasi Doktor Program Pascasarjana IPB.
- Setiadi, Y.1996. Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan. PAU Bioteknologi IPB. Bogor.
- Sagiman, S. 2001. Peningkatan Produksi Kedelai di Tanah Gambut Melalui Inokulasi Bradyrhizobium Japonicum Asal Gambut dan Pemanfaatan Bahan Amelioran (Lumpur dan Kapur). Disertasi Program Pasca Sarjana Institute Pertanian Bogor.
- Subagyo, H., DS. Marsoedi, dan A.S. Karama.1996. Prospek pengembangan lahan gambut untuk pertanian; Seminar Pengembangan Tehnologi Berwawasan Lingkungan Untuk Pertanian Pada Lahan Gambut. Dalam rangka peringatan Dies Natalis ke 33 IPB. Bogor, 26 Sept. 1996.
- Suyadi, 1995. Influence of Coastal Sedimen and Lime on Peat Chemical Properties in Relation to Soybean Cultivation. Thesis for Master of Science in Agriculture. Institute of Agronomy in the Tropics Faculty of Agriculture Georg-August-University-Gotingen, Germany
- Sutanto, R. 2002. Pertanian Organik. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Tan, K.H.1997. Principle of Soil Chemistry. Marcel Dekker. Inc, New York.
- Tombe, M. 2008. Sekilas Pupuk Hayati. [Direktorat Perbenihan dan Sarana Produksi](#)
- Vaughan, D., R. E. Malcolm, and B.G. Ord.1985. Influence of Humic Substances on Biochemichal Processes in Plants. In Organic Matter and Rice. IRRI. Los Banos, Philippine