



TEHNIK PENGEMBANGAN TANAMAN PENUTUP TANAH PADA LAHAN REKLAMASI TAMBANG BATUBARA SEBAGAI PASTURA

TAUFAN PURWOKUSUMANING DARU



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2009**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi Tehnik Pengembangan Tanaman Penutup Tanah pada Lahan Reklamasi Tambang Batubara sebagai Pastura adalah karya saya sendiri dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau yang dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Bogor, 28 Mei 2009

Taufan Purwokusumaning Daru
NIM D061030151

ABSTRACT

TAUFAN PURWOKUSUMANING DARU. *Technique of Cover Crop Development on Coal Mining Reclamation as Pasture. Under direction of SOEDARMADI HARDJOSOEWIGNJO, YADI SETIADI, LUKI ABDULLAH, and RIYANTO.*

Land reclamation usually characterized by low of soil fertility. If it will be utilized as a pasture, it required soil amendment such as arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), liquid compost, and appropriate grazing management. Seed coating technology with mycorrhizal root and liquid compost have expectation on soil amendment application in coal mining reclamation. Utilization of this pasture should be considered the stocking rate or the number of cattle grazed in the pasture.

*The objectives of the research were to find out the proper of inoculation techniques of AMF on signal grass (*Brachiaria decumbens*) and puero legume (*Pueraria phaseoloides*), concentration and frequency of liquid compost applied, herbage production on mix culture between signal grass and puero, and stocking rate of signal grass and puero mix pature on coal mining reclamation.*

*Four experiments were applied in this research, and was conducted in PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, Kalimantan Timur. The first experiment was inoculation techniques of arbuscular-mycorrhizal fungi on *Brachiaria decumbens* and *Pueraria phaseoloides*, the second experiment was concentration and frequency of liquid compost applied to mycorrhizal *Brachiaria decumbens* and *Pueraria phaseoloides*, the third experiment was mix culture production of mycorrhizal *Brachiaria decumbens* and *Pueraria phaseoloides* amended by liquid compost, and fourth experiment was Animal Production in Mix Pasture of *Brachiaria decumbens* and *Pueraria phaseoloides* at Coal Mining Reclamation Land. The first and second experiment was done in greenhouse, whereas third and fourth experiment was done in mine reclamation field.*

*Result of this research showed that seed coating technology of signal grass and puero with mycorrhizal *Sorghum sp.* root suspension gave high infectivity with mycorrhizal inoculation effect (MIE) 62.30% for signal grass and 54.90% for puero. Thus, it could be used as mycorrhizal seed sources. Generally, planting of mycorrhizal signal grass and puero seeds that applied with liquid compost on concentration 0.50% gave high AMF colonization and may affect on quantity and quality of plant shoot. The highest herbage production was obtained from mix culture of 40% signal grass and 60% puero. Combination of AMF inoculated and liquid compost gave better herbage production than non-AMF inoculated, non-liquid compost applied, or both. Optimum stocking rate on mix pasture between signal grass and puero was $38.69 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$. On this optimum stocking rate gave daily weight gain of Brahman cross cattle as $562.75 \text{ g}.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$.*

Key words : *B. decumbens, P. phaseoloides, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), liquid compost, stocking rate*

RINGKASAN

Lahan reklamasi umumnya dicirikan oleh kandungan hara yang rendah. Untuk dimanfaatkan sebagai pastura perlu diberikan pembenah tanah seperti fungi mikoriza arbuskula (FMA), kompos cair, serta pengelolaan penggembalaan yang tepat. Tehnologi penyelubungan (coating) benih dengan akar bermikoriza dan penggunaan kompos dalam bentuk cair memiliki harapan dalam aplikasi pembenah tanah di lahan reklamasi tambang batubara. Dalam pemanfaatannya, tekanan penggembalaan merupakan komponen yang perlu mendapat perhatian.

Tujuan penelitian adalah untuk menentukan tehnik inokulasi FMA, konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair, produksi hijauan rumput signal (*Brachiaria decumbens*) dan legum puero (*Pueraria phaseoloides*), serta pengaruh tekanan injakan ternak sapi pada pastura campuran rumput signal dan puero yang memperoleh perlakuan terbaik terhadap komposisi botani serta berat badan sapi yang digembalakan di lahan reklamasi tambang batubara.

Penelitian ini dilakukan pada lahan reklamasi tambang batubara PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, Kalimantan Timur. Penelitian dilakukan dalam empat tahap percobaan. Percobaan pertama dilaksanakan di rumah kaca dan disusun dalam rancangan acak lengkap yang terdiri atas empat perlakuan, yaitu tanpa inokulasi FMA (M0), inokulasi FMA dalam bentuk granular (M1), inokulasi FMA dalam bentuk potongan akar segar (M2), dan inokulasi FMA dalam bentuk penyelubungan (coating) benih. Hasil terbaik dari percobaan pertama ini digunakan sebagai acuan dalam percobaan kedua. Percobaan kedua dilaksanakan di rumah kaca dan disusun dalam rancangan acak lengkap dengan pola faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi kompos cair 0.00% (K0), 0.25% (K1), 0.50% (K2), 0.75% (K3), dan 1.00% (K4), sedangkan faktor kedua adalah frekuensi pemberian 1 kali (F1), 2 kali (F2), dan 3 kali (F3). Hasil terbaik dari percobaan kedua ini digunakan sebagai acuan dalam percobaan ketiga. Percobaan ketiga dilaksanakan dalam petak kayu ukuran 1.5 m x 1.5 m di lahan reklamasi tambang batubara. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan pola faktorial. Faktor pertama adalah campuran antara rumput signal dengan puero dengan imbang 40% + 60% (C1), 50% + 50% (C2), dan 60% + 40% (C3). Faktor kedua adalah kombinasi antara FMA dan kompos cair, yaitu tanpa FMA + tanpa kompos cair (D1), FMA + tanpa kompos cair (D2), tanpa FMA + kompos cair (D3), dan FMA + kompos cair (D4). Hasil terbaik dari percobaan ketiga digunakan sebagai acuan untuk percobaan keempat. Percobaan keempat disusun dalam rancangan acak kelompok yang terdiri atas lima perlakuan tekanan injakan, yaitu 12.56, 19.63, 28.26, 38.47, dan 50.24 m².ekor⁻¹.hari⁻¹ selama 30 hari rotasi. Percobaan ini dilakukan dalam tiga rotasi.

Hasil percobaan pertama, ditinjau dari berat kering tajuk, berat kering akar, persentase kolonisasi FMA, serta persentase MIE, pada rumput signal dan legum puero umur 35 hari setelah tanam, dapat disimpulkan bahwa inokulasi FMA dalam bentuk penyelubungan benih memiliki efektifitas yang tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Dengan demikian untuk percobaan tahap berikutnya akan digunakan inokulasi FMA dalam bentuk penyelubungan (coating) benih. Hasil percobaan kedua menunjukkan bahwa berat kering tajuk, berat kering akar, kandungan P tajuk, dan kolonisasi FMA signal dan puero meningkat secara linier dengan meningkatnya konsentrasi kompos cair. Kandungan nitrogen tajuk signal

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dan puero meningkat secara kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum masing-masing pada 0.88 % dan 0.85 %. Serapan N dan P tajuk meningkat secara kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum pada 0.95 % untuk signal dan 0.91 % untuk puero. Jumlah spora tertinggi pada rizosfer puero pada konsentrasi kompos cair 0.74 %, sedangkan pada signal tidak nyata ($P > 0.05$). Tidak terjadi perbedaan yang nyata terhadap frekuensi pemberian kompos cair, begitu pula pada interaksinya dengan konsentrasi kompos cair. Secara umum konsentrasi kompos cair 0.50 % memberikan nilai terbaik, sehingga dapat diterapkan pada lahan reklamasi pasca penambangan batubara. Hasil percobaan ketiga menunjukkan bahwa perlakuan campuran signal-puero berpengaruh sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap produksi bahan kering hijauan, produksi P hijauan, jumlah spora signal, sedangkan produksi protein kasar hijauan dan jumlah spora puero berbeda nyata ($P < 0.05$), namun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0.05$) terhadap kandungan PK signal dan puero, kandungan serat kasar signal dan puero, kandungan fosfor (P) signal dan puero, produksi SK hijauan, kolonisasi FMA signal, dan kolonisasi FMA puero. Sementara perlakuan kombinasi FMA-kompos cair memberikan pengaruh terhadap produksi BK hijauan, kandungan PK signal, kandungan SK puero, kandungan P puero, produksi PK hijauan ($P < 0.05$), kolonisasi FMA signal, dan kolonisasi FMA puero ($P < 0.01$). Tidak terjadi interaksi antara perlakuan campuran signal-puero dengan kombinasi FMA-kompos cair. Secara keseluruhan kuantitas dan kualitas produksi hijauan tertinggi diperoleh pada campuran 40 % signal + 60 % puero. Sedangkan pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair tertinggi diperoleh pada perlakuan FMA + kompos cair. Imbangan 40% signal dan 60% puero dapat digunakan untuk membangun pastura sebagai padang penggembalaan. Hasil percobaan keempat menunjukkan adanya pergeseran komposisi botanis sebelum dan setelah penggembalaan, dimana komposisi botanis signal menurun 5.29 % sampai 32.35 % sesuai dengan menurunnya perlakuan tekanan injakan, puero meningkat dari 5.04 % sampai 30.41 %, sedangkan gulma meningkat dari 10.48 % hingga 186.88 % seiring dengan menurunnya tekanan injakan. Bahan kering yang dihasilkan pada percobaan ini berkisar antara 193.32 g.m⁻² sampai dengan 310.53 g.m⁻² dengan rata-rata 235.39 g.m⁻² atau 2.35 ton.ha⁻¹.bulan⁻¹. Konsumsi bahan kering maksimum dicapai pada panjang tali 3.32 m atau pada luas areal penggembalaan 34.61 m².ekor⁻¹.hari⁻¹, sedangkan pertambahan berat badan maksimum diperoleh pada panjang tali optimum 3.51 m (luas areal penggembalaan 38.69 m².ekor⁻¹.hari⁻¹) dengan pertambahan berat badan rata-rata 562.75 g.ekor⁻¹.hari⁻¹.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

©Hak cipta milik Institut Pertanian Bogor tahun 2009
Hak Cipta dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan sumber
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis dalam bentuk apapun tanpa izin IPB



TEHNIK PENGEMBANGAN TANAMAN PENUTUP TANAH PADA LAHAN REKLAMASI TAMBANG BATUBARA SEBAGAI PASTURA

TAUFAN PURWOKUSUMANING DARU

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Ternak

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2009**

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penguji di luar komisi pembimbing :

1. Penguji pada ujian tertutup : Dr.Ir. Nahrowi, M.Sc.
2. Penguji pada ujian terbuka : Dr.Ir. Suseno Kramadibrata, M.Sc.

Dr.Ir. Panca Dewi MHK, MS.



Judul Disertasi : Teknik Pengembangan Tanaman Penutup Tanah pada Lahan
Reklamasi Tambang Batubara sebagai Pastura
Nama : Taufan Purwokusumaning Daru
NIM : D061030151

Disetujui
Komisi Pembimbing

Prof.Dr.Ir. Soedarmadi Hardjosoewignjo, M.Sc.
Ketua

Dr.Ir.Yadi Setiadi, M.Sc.
Anggota

Prof.Dr.Ir. Riyanto, M.Sc.
Anggota

Dr.Ir. Luki Abdullah, M.Sc.
Anggota

Mengetahui

Ketua Departemen
Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan

Dekan Sekolah Pascasarjana

Dr.Ir. Idat Galih Permana, M.Sc.Agr

Prof .Dr.Ir. Khairil Anwar Notodiputro, MS.

Tanggal Ujian : 28 Mei 2009

Tanggal Lulus :



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke Hadirat Tuhan yang Maha Kuasa atas segala Karunia dan Kasih Nya yang tak berkesudahan sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang berjudul Teknik Pengembangan Tanaman Penutup Tanah pada Lahan Reklamasi Tambang Batubara sebagai Pastura telah dilaksanakan sejak bulan Juli 2006 di perusahaan tambang batubara PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, Kalimantan Timur. Disertasi ini memuat dua bab yang merupakan pengembangan dari naskah artikel yang diajukan ke jurnal ilmiah. Percobaan 1 berjudul Teknik Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides*, dengan judul artikel Teknik Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Legum Pueraria sudah diterbitkan dalam *Jurnal Budidaya Pertanian Vol. 13 No. 2* pada bulan Agustus 2007. Percobaan 3 dan 4 dengan judul artikel Pemanfaatan Tanaman Penutup Tanah pada Lahan Reklamasi Tambang Batubara sebagai Pastura diterbitkan di *Jurnal Budidaya Pertanian Vol. 15 No. 1* pada bulan April 2009.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Soedarmadi Hardjosoewignjo, M.Sc. selaku Ketua Komisi Pembimbing, Bapak Dr. Ir. Yadi Setiadi, M.Sc., Bapak Dr. Ir. Luki Abdullah, M.Sc. dan Bapak Prof. Dr. Ir. Riyanto, M.Sc. selaku Anggota Komisi Pembimbing atas segala perhatian dan bimbingannya selama penulis mempersiapkan dan melaksanakan penelitian hingga penulisan disertasi ini.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Nahrowi, M.Sc. dari Fakultas Peternakan IPB yang telah memberikan saran dan perbaikan dalam ujian tertutup serta Bapak Dr. Ir. Suseno Kramadibrata, M.Sc. dari Fakultas Pertambangan dan Perminyakan ITB dan Ibu Dr. Ir. Panca Dewi Manu Hara Karti, M.S. dari Fakultas Peternakan IPB yang juga telah memberikan perbaikan dari disertasi ini dalam ujian terbuka.

Penghargaan yang tinggi juga disampaikan kepada Bapak Suseno Kramadibrata dan Bapak Khudori, General Manager Health, Safety and Environment, Bapak Imanuel Manege, Manager Environment Department, PT

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kaltim Prima Coal (KPC) yang telah membiayai dan memfasilitasi seluruh rangkaian percobaan ini. Penghargaan yang besar juga penulis sampaikan kepada Bapak Candra Nugraha, Bapak Aminullah, Bapak Kris Pranoto, Superintendent Land Reclamation, Bapak Eko Buwono, Supervisor Land Reclamation, dan Bapak Yohanes Katindo, Supervisor Land Monitoring dari Environment Department PT Kaltim Prima Coal (KPC) yang telah membantu terlaksananya kegiatan ini.

Dalam kesempatan ini juga diungkapkan terima kasih kepada Ibu WAM Toehatoe Daroejono, Bapak dan Ibu mertua Julie Pagoray dan Helena Pagoray yang tak henti-hentinya dalam doa dan kasih. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada isteri tercinta Henny Pagoray, yang pada saat bersamaan juga sedang berjuang untuk menyelesaikan studinya, serta anak-anakku terkasih Yudhistira dan Anastasia, semoga pengorbanan yang dialami selama kedua orang tuanya menyelesaikan studi dapat memberikan buah kebahagiaan.

Ucapan terima kasih juga disampaikan untuk adik-adik di Bogor dan Jakarta, Badai, Rita dan Eri serta seluruh keluarga, Vera dan Aji serta seluruh keluarga, dan Jeki dan Leli serta seluruh keluarga; untuk adik-adik di Balikpapan Kilat dan Nani serta seluruh keluarga dan Lintar dan Nia serta seluruh keluarga; untuk adik-adik di Makassar Herlan dan Lusi serta seluruh keluarga, Herna dan Makin serta seluruh keluarga; untuk adik-adik di Palopo Alfian dan Reni serta seluruh keluarga yang telah mendukung dalam semangat dan doa pada penyelesaian studi ini.

Akhirnya, semoga karya ilmiah ini memberikan manfaat bagi pengkayaan informasi ilmu pengetahuan dan teknologi serta masyarakat pengguna informasi ilmiah ini.

Bogor, 28 Mei 2009

Taufan Purwokusumaning Daru



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Makassar pada tanggal 1 September 1959 sebagai anak sulung dari pasangan R. Daroejono dan WAM Toehatoe. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, lulus pada tahun 1985. Pada tahun 1995 penulis diterima di Program Studi Ilmu Nutrisi Ternak pada Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran dan menamatkannya pada tahun 1998. Kesempatan untuk melanjutkan studi ke program Doktor pada Program Studi Ilmu Ternak di Sekolah Pascasarjana IPB diperoleh pada tahun 2003.

Penulis bekerja sebagai staf pengajar pada Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman di Samarinda sejak tahun 1987. Bidang studi yang menjadi tanggung jawab dalam pengajaran maupun penelitian adalah Tanaman Makanan Ternak.



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| PENDAHULUAN | |
| Latar Belakang | 1 |
| Tujuan Penelitian | 6 |
| Manfaat Penelitian | 7 |
| Hipotesis | 7 |
| TINJAUAN PUSTAKA | |
| Reklamasi Lahan Pasca Penambangan | 8 |
| Revegetasi Lahan Pasca Penambangan | 9 |
| Tanaman Makanan Ternak di Lahan Pasca Penambangan | 12 |
| Deskripsi <i>Brachiaria decumbens</i> dan <i>Pueraria phaseoloides</i> | 13 |
| Bahan Organik sebagai Pembenah Tanah | 16 |
| Fungi Mikoriza Arbuskula | 17 |
| Penggembalaan di Lahan Reklamasi Pasca Tambang | 20 |
| TEHNIK INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA PADA <i>Brachiaria decumbens</i> dan <i>Pueraria phaseoloides</i> | |
| Abstrak | 23 |
| Abstract | 24 |
| Pendahuluan | 24 |
| Bahan dan Metode | 25 |
| Hasil | 29 |
| Pembahasan | 34 |
| Kesimpulan | 36 |
| KONSENTRASI DAN FREKUENSI PEMBERIAN KOMPOS CAIR DAN <i>Brachiaria decumbens</i> DAN <i>Pueraria phaseoloides</i> BERMIKORIZA | |
| Abstrak | 37 |
| Abstract | 37 |



| | |
|--|-----|
| Pendahuluan | 38 |
| Bahan dan Metode | 39 |
| Hasil | 44 |
| Pembahasan | 56 |
| Kesimpulan | 60 |
| PRODUKSI PERTANAMAN CAMPURAN ANTARA <i>Brachiaria decumbens</i> DAN <i>Pueraria phaseoloides</i> BERMIKORIZA DENGAN PEMBERIAN KOMPOS CAIR | |
| Abstrak | 61 |
| <i>Abstract</i> | 61 |
| Pendahuluan | 62 |
| Bahan dan Metode | 64 |
| Hasil | 69 |
| Pembahasan | 75 |
| Kesimpulan | 79 |
| PRODUKSI TERNAK DI PASTURA CAMPURAN <i>Brachiaria decumbens</i> DAN <i>Pueraria phaseoloides</i> PADA LAHAN REKLAMASI TAMBANG BATUBARA | |
| Abstrak | 80 |
| <i>Abstract</i> | 80 |
| Pendahuluan | 81 |
| Bahan dan Metode | 83 |
| Hasil | 87 |
| Pembahasan | 94 |
| Kesimpulan | 99 |
| PEMBAHASAN UMUM | 101 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 111 |
| DAFTAR PUSTAKA | 112 |

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|----------------|
| 1 Berat kering tajuk, berat kering akar, dan persentase kolonisasi FMA pada signal dan puero umur 35 hari setelah tanam dengan sumber inokulasi FMA yang berbeda | 30 |
| 2 Jumlah kompos cair yang diberikan sesuai perlakuan | 44 |
| 3 Rataan berat kering tajuk dan berat kering akar rumput signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair | 45 |
| 4 Rataan kandungan nitrogen dan fosfor tajuk rumput signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair | 48 |
| 5 Rataan serapan nitrogen tajuk dan serapan fosfor tajuk rumput signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair | 51 |
| 6 Rataan kolonisasi FMA dan jumlah spora di rizosfer signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair | 54 |
| 7 Rataan bahan kering hijauan pada perlakuan campuran rumput signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair | 69 |
| 8 Rataan komposisi botanis rumput signal dan puero pada perlakuan campuran rumput signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair | 70 |
| 9 Rataan kandungan protein kasar, serat kasar, dan fosfor signal dan puero pada perlakuan campuran signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair | 72 |
| 10 Rataan produksi protein kasar, serat kasar, dan fosfor hijauan pada perlakuan campuran signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair | 73 |
| 11 Rataan kolonisasi FMA dan jumlah spora signal dan puero pada perlakuan campuran signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair | 75 |
| 12 Rancangan percobaan tekanan injakan berdasarkan luas penggembalaan | 84 |
| 13 Jenis-jenis gulma dan frekuensi relatifnya yang terdapat di pastura percobaan | 88 |
| 14 Rataan komposisi botanis signal, puero, dan gulma sebelum dan sesudah digembalakan pada perlakuan tekanan injakan | 89 |



| | |
|--|----|
| 15 Rataan produksi bahan kering hijauan dan konsumsi bahan kering hijauan pada perlakuan tekanan injakan | 91 |
| 16 Rataan produksi bahan kering hijauan, konsumsi bahan kering hijauan dan pertambahan berat badan harian pada perlakuan tekanan injakan | 93 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Penutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|----------------|
| 1 Diagram alir langkah-langkah penelitian tehnik pengembangan tanaman penutup tanah pada lahan reklamasi tambang batubara sebagai pastura | 6 |
| 2 Strategi pengendalian air asam tambang di PT Kaltim Prima Coal | 10 |
| 3 Perkembangan reklamasi lahan pasca penambangan batubara di PT Kaltim Prima Coal (KPC) pada tahun 2002-2003 (berurutan dari a-d) ... | 10 |
| 4 Rumput signal (<i>Brachiaria decumbens</i>) | 14 |
| 5 Pueru (<i>Pueraria phaseoloides</i>) | 15 |
| 6 Suspensi potongan akar <i>sorghum sp.</i> (pembesaran 100 x) | 31 |
| 7 Keragaan tanaman percobaan berdasarkan jenis inokulan | 32 |
| 8 Akar rumput signal (<i>Brachiaria decumbens</i>) umur 35 hari pada pembesaran 100 x | 33 |
| 9 Akar legume pueru (<i>Pueraria phaseoloides</i>) umur 35 hari pada pembesaran 100 x | 33 |
| 10 Berat kering tajuk signal dan pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 46 |
| 11 Berat kering akar signal dan pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 47 |
| 12 Kandungan nitrogen tajuk signal pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 49 |
| 13 Kandungan nitrogen tajuk pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 49 |
| 14 Kandungan fosfor tajuk signal dan pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 50 |
| 15 Serapan nitrogen tajuk signal pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 52 |
| 16 Serapan nitrogen tajuk pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 52 |
| 17 Serapan fosfor tajuk signal dan pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 53 |
| 18 Kolonisasi FMA pada akar signal dan pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 55 |
| 19 Jumlah spora pada rizosfer akar pueru pada konsentrasi kompos cair yang berbeda | 55 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



| | | |
|----|--|-----|
| 20 | Rataan curah hujan pada tahun 2007 dan bulan Januari 2008 | 86 |
| 21 | Frekuensi relatif antara signal, puero dan gulma pada pastura percobaan sebelum dan sesudah digembalakan | 88 |
| 22 | Sprouting rate signal pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda | 90 |
| 23 | Konsumsi bahan kering hijauan pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda | 92 |
| 24 | Persentase konsumsi bahan kering hijauan terhadap produksi bahan kering tersedia pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda | 92 |
| 25 | Pertambahan berat badan harian pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda | 94 |
| 26 | Diagram alir keterkaitan rangkaian percobaan dalam penelitian | 103 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Prosedur clearing dan staining akar sebelum pengukuran kolonisasi akar | 127 |
| 2. Perhitungan kolonisasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada akar tanaman percobaan | 128 |
| 3. Ringkasan sidik ragam berat kering tajuk, berat kering akar, dan kolonisasi FMA dengan sumber inokulasi yang berbeda pada signal dan puero | 129 |
| 4. Ringkasan sidik ragam konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair pada rumput signal dan legum puero | 130 |
| 5. Ringkasan sidik ragam peubah yang diukur pada perlakuan komposisi signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair | 131 |
| 6. Denah lokasi percobaan penggembalaan di Sangatta South East (SSE), PT Kaltim Prima Coal | 133 |
| 7. Tehnik penggembalaan diikat dengan sistem rotasi 30 hari | 134 |
| 8. Ringkasan sidik ragam peubah yang diukur pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda | 135 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan daging sapi secara nasional terus meningkat. Peningkatan ini seiring dengan laju pertumbuhan penduduk dan kesadaran masyarakat akan pentingnya pangan sumber hewani. Direktorat Jenderal Peternakan (2008) mencatat bahwa konsumsi daging sapi per kapita rata-rata pada tahun 2006 adalah 0.31 kg dan pada tahun 2007 meningkat menjadi 0.53 kg. Untuk memenuhi kebutuhan akan daging sapi pemerintah mengimpor daging sapi maupun ternak bakalan. Pada tahun 2006 impor daging sapi sebanyak 25 949 ton meningkat 51.84% menjadi 39 400 ton pada tahun 2007. Sedangkan ternak bakalan meningkat 44.98% dari 265 700 ekor pada tahun 2006 menjadi 414 200 ekor pada tahun 2007. Memperhatikan peningkatan kebutuhan akan daging sapi mengindikasikan adanya peluang bagi pengembangan sapi potong di Indonesia.

Secara regional, Kalimantan Timur juga memiliki persoalan yang sama. Hingga saat ini Kalimantan Timur belum mampu mengimbangi laju permintaan daging sapi sehingga harus mendatangkan dari luar provinsi. Pada tahun 2006 Kalimantan Timur memasukkan sapi sebanyak 37 823 ekor dan pada tahun 2007 menjadi 40 181 ekor atau meningkat 6.23% (Direktorat Jenderal Peternakan 2008). Keadaan ini menuntut perhatian dari seluruh kabupaten dan kota yang berada di wilayah pemerintahan provinsi Kalimantan Timur untuk meningkatkan populasi ternak sapi potong.

Secara umum, rendahnya produktivitas sapi potong disebabkan oleh terbatasnya pembibitan ternak sapi potong, terbatasnya lahan sebagai sumber pakan utama, tatalaksana pemeliharaan, terbatasnya sumberdaya manusia yang memadai, serta terbatasnya pendanaan. Dari kelima aspek tersebut, lahan sebagai daya dukung pakan utama memegang peranan yang penting dalam mengembangkan sapi potong. Karena hingga saat ini belum ada alokasi lahan khusus yang diperuntukkan bagi pengembangan ternak sebagaimana halnya pada lahan perkebunan, tanaman pangan, atau kehutanan. Sehingga perlu adanya suatu upaya untuk mengalokasikan lahan yang khusus bagi pengembangan ternak.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PT Kaltim Prima Coal (KPC), suatu perusahaan pertambangan batubara yang terletak di Kutai Timur, memiliki potensi yang besar dalam mendukung pengembangan sapi potong di Kalimantan Timur. Tersedianya lahan reklamasi bekas penambangan batubara yang telah direvegetasi dengan berbagai jenis tanaman penutup tanah seperti rumput signal (*Brachiaria decumbens*), rumput bahia (*Paspalum notatum*), puero (*Pueraria phaseoloides*), dan sentro (*Centrosema pubescens*) merupakan peluang yang besar dalam mengembangkan sapi potong di areal ini. Jenis tanaman penutup tanah tersebut sangat disukai ternak, memiliki nilai nutrisi yang baik, serta tahan terhadap penggembalaan. Hasil penelitian Riyanto *et al.* (2001) pada media *overburden* di lahan reklamasi PT KPC menunjukkan bahwa campuran tiga jenis tanaman yang terdiri atas *B. decumbens*, *P. notatum*, dan *P. phaseoloides* menghasilkan produksi bahan kering rata-rata 235.86 g m⁻² atau sekitar 2 358.6 kg ha⁻¹ pada umur tanaman 72 hari. Dengan demikian, lahan reklamasi tersebut dapat dijadikan opsi dalam mengembangkan ternak di wilayah kabupaten Kutai Timur.

Mengingat revegetasi di lahan reklamasi PT KPC diutamakan kepada stabilisasi tanah dan menurunkan tingkat erosi akibat penambangan, maka untuk dimanfaatkan sebagai padang penggembalaan perlu dilakukan pengkajian khusus.

Pada umumnya, kasus yang sering terjadi akibat tereksposnya lahan akibat galian penambangan batubara, terutama dengan cara *open pit mining*, adalah rendahnya hara tanah, rendahnya bahan organik tanah, toksisitas mineral, buruknya tekstur tanah, dan rendahnya aktivitas mikroorganisme tanah (Setiadi 2003). Selain itu, akibat tanah buangan yang belum stabil akan mengakibatkan erosi, kelongsoran, degradasi, dan sedimentasi (Kustiawan 2001). Pada kondisi pH tanah yang rendah memungkinkan terbentuknya kandungan Fe, Al, Mn, dan Cu yang tinggi dan dapat mengganggu kebutuhan Mg, Ca, dan P bagi tanaman (Jha & Singh 1995). Pada kondisi ini, mikroorganisme tanah yang sangat membantu dalam stabilisasi struktur tanah dan sumbangannya terhadap mineral-mineral inorganik, ataupun sumbangannya dalam zat pengatur pertumbuhan juga sangat rendah (Hetrick *et al.* 1994). Dengan demikian, produktivitas tanaman yang dihasilkan juga menjadi rendah yang selanjutnya mempengaruhi ternak yang akan digembalakan.

Upaya dalam memperbaiki kondisi tanah ini dapat dilakukan melalui amendasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan bahan organik. Fungi mikoriza arbuskula (FMA) merupakan agen biologis yang penting dalam memperbaiki pertumbuhan tanaman melalui penyediaan hara maupun air yang lebih baik (Mansur *et al.* 2002), terutama P, Cu, dan Zn (Mukerji *et al.* 1991). Sehingga pada tanah-tanah yang miskin akan bahan organik, fungi mikoriza ini dapat menyediakan hara sekaligus menstabilkan agregat tanah (Smith & Read 1997). Pada lahan-lahan pasca penambangan, FMA mampu menstimulasi revegetasi melalui penambahan kapasitas penyerapan hara pada sistem perakaran sehingga dapat memperbaiki daya hidup dan pertumbuhan tanaman (Shetty *et al.* 1994). Hasil penelitian Karti (2003) pada rumput *Chloris gayana* yang diamendasi dengan FMA menunjukkan berat kering tajuk yang jauh lebih tinggi dibandingkan yang tidak diamendasi dengan FMA. Begitupula hasil penelitian Lukiwati (1996) yang melakukan percobaan pada tanaman sentro (*Centrosema pubescens*) dan puero (*Pueraria phaseoloides*) bermikoriza menunjukkan produksi bahan kering hijauan yang jauh lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak bermikoriza.

Penelitian-penelitian di rumah kaca telah memberikan hasil yang cukup signifikan pada produksi hijauan pakan antara yang tidak diberi FMA dan yang diberi FMA. Namun, dalam pelaksanaan di lapangan, khususnya di daerah reklamasi, teknik aplikasi FMA ini perlu dikaji lebih mendalam terutama bentuk inokulum yang dapat diaplikasikan pada lahan seluas puluhan hektar bahkan ratusan hektar. Biasanya dalam menggunakan sumber inokulum jadi (misalnya Mycofer), dianjurkan 20 g per lubang tanam. Berarti memerlukan sumber inokulum yang cukup besar. Pada kondisi yang demikian perlu adanya inovasi teknologi yang mengarah kepada efisiensi dan efektivitas penggunaan FMA di lapangan.

Diketahui bahwa kolonisasi akar oleh FMA dapat berasal dari tiga sumber inokulum, yaitu spora, potongan akar yang terinfeksi, dan hifa; secara keseluruhan disebut propagul (Smith & Read 1997). Di dalam tanah populasi spora terdapat dalam berbagai ukuran, umur, serta persistensinya. Potongan akar yang tersinfeksi oleh FMA, baik yang masih aktif maupun yang sudah mati juga terdapat dalam populasi rhizosfer tersebut. Sementara itu, akar tanaman yang nyata terkolonisasi

oleh FMA setelah dilakukan staining, memiliki kemampuan yang besar dalam mengkolonisasi akar tanaman. Berarti, akar tanaman yang terinfeksi oleh FMA dapat digunakan sebagai sumber inokulum. Kecepatan infeksiya juga diduga lebih cepat bila dibandingkan yang berasal dari spora, karena hifa akan berkembang menjadi hifa baru dan membentuk vesikel atau arbuskula. Sedangkan yang berasal dari spora, akan berkembang menjadi individu baru, kemudian membentuk miselium, dan berkembang membentuk vesikel atau arbuskula. Dengan demikian prosesnya lebih panjang.

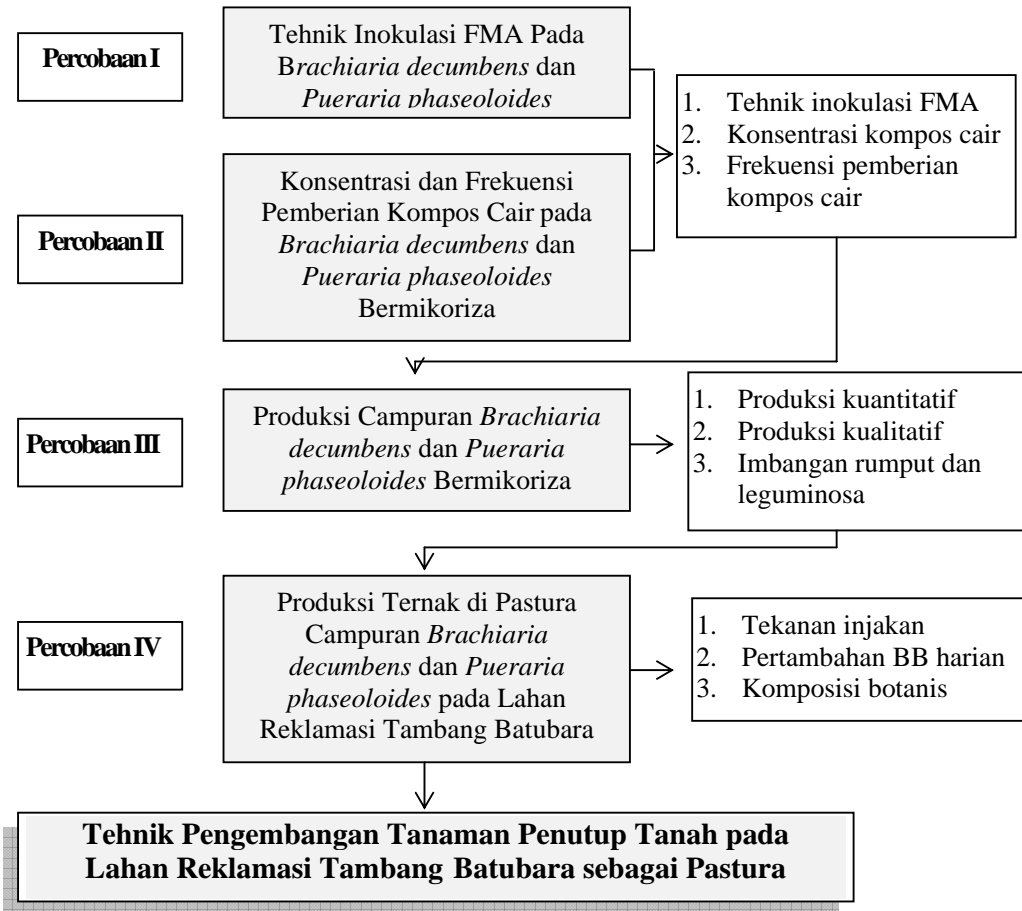
Akar tanaman yang telah terinfeksi oleh hifa bila dipotong halus membentuk suspensi, diduga memiliki potensi yang lebih baik bila dibandingkan dengan menggunakan sumber inokulum yang berasal dari propagul atau spora. Dalam aplikasinya juga relatif lebih mudah dan tidak diperlukan dalam jumlah yang besar, sehingga bisa lebih efisien. Namun demikian, teknologi ini belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, dalam rangka meningkatkan kecepatan penutupan lahan oleh tanaman penutup atau meningkatkan produksi hijauan yang terdapat dilahan reklamasi pasca penambangan perlu dilakukan pengujian melalui teknologi ini.

Dalam memperbaiki struktur tanah di lahan pasca penambangan sering digunakan bahan organik. Bahan organik yang diaplikasikan secara tradisional umumnya dalam bentuk berbagai campuran seperti limbah pertanian dan kotoran ternak (McFarland *et al.* 1998). Bahan organik bentuk padat tersebut berperan penting dalam memperbaiki kapasitas pengikatan air, kompaksi tanah, serta pembentukan agregat tanah (Duynstee 2001). Karena bentuknya padat sampai semi padat, maka dalam aplikasinya sering dihadapkan pada kendala jumlah yang di berikan. Penelitian yang dilakukan Duynstee (2001) pada lahan reklamasi pertambangan tembaga di British Columbia, aplikasi biosolid yang diberikan berkisar antara 314 – 490 ton per hektar per tahun. Sehingga dalam aplikasinya membutuhkan jumlah yang sangat besar.

Bentuk lain dari bahan organik yang akhir-akhir ini mulai dikembangkan adalah dalam bentuk cair atau disebut juga kompos cair. Kompos cair merupakan proses pengomposan dari berbagai residu bahan organik dan kotoran ternak yang ditambah dengan berbagai bahan inorganik seperti batuan fosfat atau batu kapur.

Dalam program reklamasi lahan pasca penambangan kompos cair dapat menstimulasi mikroorganisme tanah, memperbaiki sifat-sifat fisik tanah (meningkatkan struktur dan menurunkan kompaksi tanah), meningkatkan penyerapan nutrisi tanah, memperbaiki toksisitas tanah, dan meningkatkan hasil tanaman (McFarland *et al.* 1998). Karena kualitas produk kompos cair yang beragam, maka belum dilaporkan mengenai dosis anjuran bagi tanaman tertentu serta frekuensi pemberiannya. Sehingga perlu adanya suatu uji coba mengenai jumlah yang diberikan serta frekuensi pemberiannya dalam suatu siklus produksi. Diharapkan kompos cair dapat mengganti bahan organik padat dalam suatu program reklamasi lahan agar lebih praktis dan ekonomis.

Untuk mengetahui penutupan lahan pasca penambangan yang lebih cepat dengan produksi hijauan yang tinggi serta tidak mengganggu kesehatan ternak yang mengkonsumsinya diperlukan beberapa langkah penelitian. Langkah-langkah penelitian tersebut melibatkan tehnik pengembangan tanaman makanan ternak melalui penggunaan pembenah tanah, seperti FMA dan kompos cair, yang diarahkan kepada pemanfaatannya sebagai penutup tanah sekaligus sebagai pakan ternak pada lahan reklamasi penambangan batubara. Langkah-langkah penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir langkah-langkah penelitian teknik pengembangan tanaman penutup tanah pada lahan reklamasi tambang batubara sebagai pastura

Tujuan Penelitian

1. Menentukan teknik inokulasi FMA secara efisien pada *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides*.
2. Menentukan konsentrasi dan frekuensi pemberian substansi organik (kompos cair) pada *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* bermikoriza.
3. Menentukan produksi hijauan dalam pertanaman campuran antara *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* bermikoriza yang diberi kompos cair.
4. Menentukan tekanan injakan optimum di pastura campuran *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* pada lahan reklamasi tambang batubara.

Manfaat Penelitian

Sebagai acuan strategis dalam mengembangkan tanaman penutup tanah pada lahan reklamasi tambang batubara sebagai padang penggembalaan melalui pengkayaan pembenah tanah fungi mikoriza arbuskula dan kompos cair yang akan bermanfaat bagi pengembangan sapi potong di sekitar pertambangan.

Hipotesis

1. Inokulasi FMA pada benih *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* melalui teknologi penyelubungan (coating) dapat memberikan pengaruh positif terhadap kolonisasi FMA pada akar tanaman maupun berat keringnya.
2. Benih *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* yang diselubungi oleh FMA akan memberikan produksi yang lebih baik bila di beri kompos cair pada konsentrasi dan frekuensi pemberian yang tepat, daripada tidak diberi kompos cair.
3. *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* bermikoriza yang ditanam dalam suatu pertanaman campuran dengan imbang 40% *B. decumbens* dan 60% *P. phaseoloides* serta diberi kompos cair akan memberikan produksi yang tinggi.
4. *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* yang ditanam pada pastura dengan tekanan injakan 3.67 satuan ternak per hektar selama 30 hari akan menghasilkan pertambahan berat badan ternak yang tinggi serta dapat menjamin keberlanjutan produksi padang rumput tersebut di lahan reklamasi tambang batubara



TINJAUAN PUSTAKA

Reklamasi Lahan Pasca Penambangan

Reklamasi menggambarkan suatu proses dimana permukaan lahan dikembalikan kepada beberapa bentuk yang menguntungkan dan mengikuti kaidah-kaidah ekologis yang memacu terjadinya *recovery* (SER, 1996). Tujuan utama reklamasi adalah menstabilkan permukaan lahan, menjamin keamanan publik, perbaikan estetika, dan biasanya mengembalikan lahan, dalam konteks regional, kepada tujuan-tujuan yang bermanfaat (SER 2002). Selanjutnya disebutkan pula bahwa reklamasi merupakan bagian dari restorasi. Apabila dalam reklamasi dipandu dengan prinsip-prinsip ekologis dan mengembangkan pengembalian (*recovery*) integritas ekologi maka disebut restorasi (Cooke & Johnson 2002). Apabila penekanannya lebih ditujukan kepada perbaikan proses ekosistem, produktivitas, dan pelayanan, meskipun panduannya sama dengan restorasi, disebut dengan rehabilitasi (SER 2002). Dengan demikian reklamasi lahan tambang dapat dikategorikan sebagai penyiapan lahan pasca penambangan untuk tujuan restorasi, dimana kegiatan utamanya adalah memperkuat dan memperbaiki hilangnya tanah pucuk (top soil) akibat kegiatan penambangan.

Menurut Kleinman (1996) kegiatan reklamasi lahan pasca tambang yang paling penting adalah 1) penanaman tanaman makanan ternak, yang ditujukan untuk habitat ternak atau hewan liar yang sebelumnya telah ada; dan 2) pengendalian erosi tanah. Penanaman tanaman makanan ternak, seperti rumput-rumputan dan leguminosa, dapat berfungsi sebagai pengendali erosi maupun stabilisasi tanah buangan (mine spoil). Pada lahan yang terbuka dapat meningkatkan aliran permukaan (runoff) yang dapat menurunkan kualitas permukaan air tanah, dan nilai estetika. Pada kondisi semacam ini biasanya diikuti oleh menurunnya kesuburan tanah, rendahnya kelembaban tanah, serta tingginya suhu permukaan tanah. Oleh karena itu, langkah awal yang harus dilakukan pada reklamasi lahan tambang adalah dengan menanam tanaman penutup (cover crop) oleh tanaman makanan ternak (Rasmussen, 1998).

Sebelum lahan pasca penambangan siap ditanami, terdapat suatu proses penutupan lubang bekas penambangan agar tidak terbentuk air asam tambang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

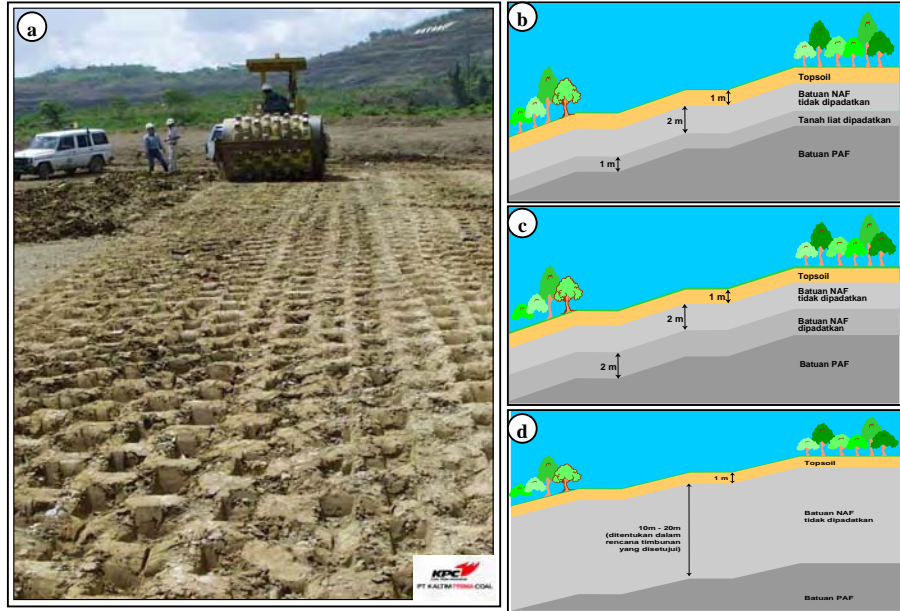
(acid mine drainage = AMD). Dalam mengendalikan AMD ini, PT Kaltim Prima Coal (KPC) melakukan strategi melalui penempatan material-material pembentuk asam secara selektif dan pembebasan sulfida overburden dari oksigen, sehingga menghambat oksidasi pirit. Secara teknis strategi ini dilakukan melalui tiga cara. Cara pertama, penutup tanah liat satu meter dipadatkan (DC01), yaitu dengan menempatkan lapisan tanah liat dipadatkan setebal 1 m diatas timbunan yang berpotensi membentuk asam (PAF). Pemadatan dilakukan pada masing-masing *lift* dengan menggunakan *vibrating pad foot roller*. Cara kedua, penutup batuan NAF dua meter dipadatkan (DC02), yaitu dengan menempatkan lapisan batuan penutup (overburden) yang tidak membentuk asam (NAF) setebal 2 m kemudian dilapisi dengan tanah pucuk (top soil) setebal 1 m. Cara ketiga, penutup batuan NAF tidak dipadatkan (DC03), yaitu menempatkan batuan penutup (overburden) setebal 20 m di atas batuan yang berpotensi membentuk asam (PAF) (Gambar 2) (KPC 2000; DEH 2002). Efektifnya pengendalian AMD pada lahan pasca penambangan ini merupakan dasar bagi program-program reklamasi selanjutnya, baik untuk tujuan pertanian, peternakan, kehutanan, maupun rekreasi (Gambar 3).

Revegetasi Lahan Pasca Penambangan

Secara ekologis revegetasi merupakan bagian dari program reklamasi lahan tambang. Dalam pelaksanaannya revegetasi lahan tambang seringkali mengalami kesulitan akibat sifat-sifat fisik dan kimia tanahnya. Tidak adanya tanah pucuk merupakan gambaran yang umum pada lahan tambang. Walaupun ada, kandungan nitrogennya sangat rendah sehingga tidak memenuhi kebutuhan untuk pertumbuhan tanaman. Keadaan ini akibat tidak adanya bahan organik tanah yang disediakan oleh pelapukan material tanaman yang telah mati. Selain itu kurangnya mikroflora tanah membatasi pembusukan material tanaman. Kondisi ini juga diperburuk oleh lapisan permukaan lahan yang berbatu sehingga mempersulit perkembangan vegetasi akibat rendahnya laju infiltrasi dan retensi air (Singh 2004).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

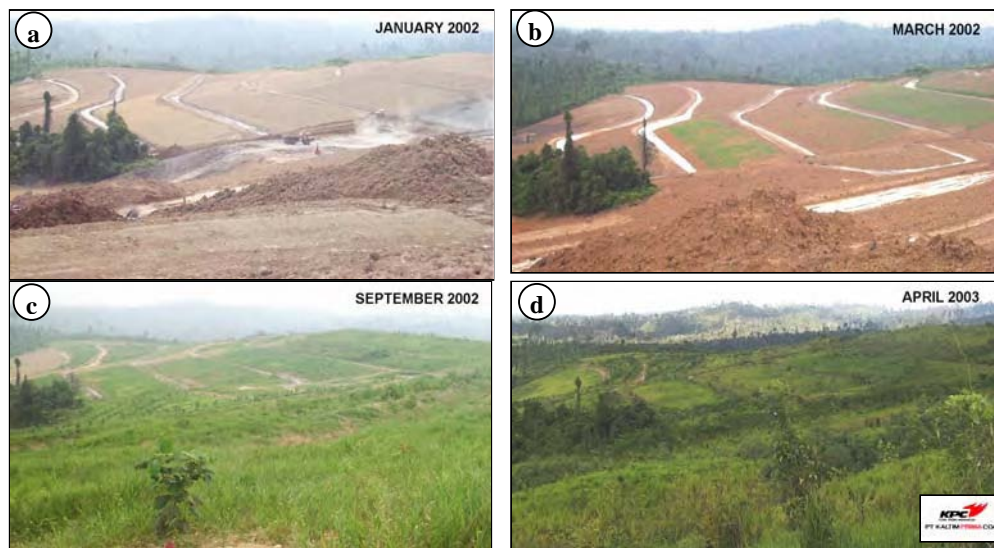
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Penguutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Penguutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Keterangan :

- a) Pemadatan dengan menggunakan *vibrating pad foot roller*, b) penutup tanah liat satu meter dipadatkan (DC01), c) penutup batuan NAF dua meter dipadatkan (DC02), d) penutup batuan NAF tidak dipadatkan (DC03)

Gambar 2. Strategi pengendalian air asam tambang di PT Kaltim Prima Coal



Gambar 3. Perkembangan reklamasi lahan pasca penambangan batubara di PT Kaltim Prima Coal (KPC) pada tahun 2002-2003 (berurutan dari a - d)

Laporan yang disampaikan oleh Cooke & Johnson (2002), serta Dodd & Louis (2003), menunjukkan bahwa lahan pasca penambangan batubara secara umum dicirikan oleh tekstur fisik yang sangat kasar dan beragam, mulai lempung sampai lempung berpasir. Pada beberapa lokasi penambangan nampak berbatu, dan pada tekstur yang sangat halus tidak memiliki kandungan bahan organik, sangat kompak, dan laju infiltrasi airnya sangat rendah. Pada umumnya lahan-lahan bekas penambangan memiliki kandungan hara makro yang sangat rendah, terutama kandungan N, P, K, Na, dan Ca, serta tingkat kemasaman tanah (pH) dan kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah. Selain itu mikroorganisme tanah yang sangat membantu dalam stabilisasi struktur tanah, sumbangan mineral-mineral inorganik, ataupun sumbangannya dalam zat pengatur pertumbuhan, juga sangat rendah (Hetrick *et al.* 1994).

Dalam program revegetasi di lahan pasca penambangan harus memilih jenis tanaman yang sesuai dan didukung oleh beberapa variabel ekologis, seperti kapasitasnya dalam menstabilkan tanah, meningkatkan bahan organik tanah, dan penyediaan hara tanah. Pada tahap awal revegetasi, tanaman makanan ternak merupakan jenis tanaman yang disarankan untuk ditanam, hal ini akan memperbaiki hara dan kandungan bahan organik tanah (Singh 2004).

Rumput-rumputan tergolong dalam famili *Graminae*. Jenis tanaman ini dapat menghasilkan biomasa tanaman dalam jumlah yang besar, adaptif terhadap pertumbuhan awal maupun pertumbuhan kembali (regrowth) setelah mengalami pemotongan atau penggembalaan. Melalui sistem perakaran serabut yang dapat mengikat tanah pada tempatnya, rumput-rumputan mampu mengendalikan erosi, sementara yang tergolong dalam famili *leguminosae* dapat memberikan kontribusi nitrogen melalui fiksasi nitrogen dari udara (Skousen & Zipper 1996; Vance 2001).

Tehnik yang dapat dilakukan dalam mempercepat proses penutupan lahan tambang oleh tanaman makanan ternak yaitu melalui 1) *drill seeding*, metode menanam benih tanaman makanan ternak dengan kedalaman tanam sesuai dengan anjuran; 2) *hydroseeding*, suatu metode penanaman benih tanamanan makanan ternak di atas permukaan tanah dalam suatu campuran air dan slurry; metode ini paling banyak digunakan pada lahan pertambangan; dan 3) *broadcast seeding*,

suatu metode penebaran benih dengan sistem siklon seeder, bisa dengan tangan, dengan alat *seed dribblers*, atau dengan pesawat terbang (Hager 2001).

Cara yang efektif untuk memadukan antara kondisi tanah, spesies, dan pemanfaatan lahan pasca penambangan adalah memilih dan menempatkan lapisan permukaan tanah yang dapat membangun tanah yang cocok dengan vegetasi sesuai peruntukannya (Daniels 1998). Pada kondisi yang demikian akan tercipta suatu lahan pasca penambangan dengan kualitas tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan dan produktivitas spesies tanaman yang pada gilirannya akan memperbaiki sifat-sifat tanah lahan pasca penambangan (Bendfeldt *et al.* 2001; Gilewska *et al.* 2001).

Tanaman Makanan Ternak di Lahan Pasca Penambangan

Terdapat tiga aspek penting yang harus diperhatikan dalam keberhasilan program reklamasi lahan pasca penambangan batubara sebagai sumber hijauan untuk ternak, yaitu (1) penggunaan spesies tanaman yang tepat, (2) produktivitasnya tidak boleh kurang dari kondisi sebelum ditambang, dan (3) dapat merevegetasi diri secara berkesinambungan (Errington 2002).

Gizikoff (2004) menyarankan bahwa spesies tanaman makanan ternak yang tepat untuk reklamasi adalah secara agronomis toleran terhadap hara yang rendah dan kondisi kering, memberikan produksi yang tinggi, dapat membangun bahan organik dan sekaligus mempercepat pemulihan tanah. Spesies tanaman makanan ternak tersebut dapat beradaptasi terhadap tekanan penggembalaan yang berat serta tidak menyerang tanaman lokal (*native*).

Produktivitas secara umum adalah suatu nilai biomasa yang berada di atas permukaan tanah, namun masih dalam batas stabilisasi permukaan tanah, dan bagian tanaman yang berada di bawah permukaan tanah mungkin lebih penting (Munshower 2000). Setiap spesies tanaman makanan ternak memiliki kemampuan produksi yang berbeda, dan sangat dipengaruhi oleh genotipenya, sehingga pemilihan jenis merupakan penentu terhadap tingkat produksi padang rumput tersebut. Pada daerah temperate, misalnya rumput Kentucky bluegrass (*Poa pratense*) dan intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) yang tumbuh pada elevasi yang sama memiliki potensi menghasilkan hijauan yang berbeda

dimana intermediate wheatgrass memiliki produksi yang lebih tinggi. Untuk meningkatkan mutu genetik dari jenis hijauan makanan ternak, telah banyak dilakukan penelitian-penelitian melalui persilangan dan banyak varietas-varietas unggul yang diperoleh (Lindstrom 1998).

Belum banyak penelitian-penelitian yang mengarah kepada pemanfaatan tanaman makanan ternak di lahan pasca penambangan, terutama yang menyangkut intensitas, frekuensi, dan waktu defoliasi, serta bagaimana pengaruhnya terhadap ketahanan tanaman makanan ternak. Apabila padang rumput digembalakan terlalu berat, maka produksi hijauan maupun ternak akan menurun, namun bila penggembalaannya terlalu ringan, maka kualitas rumput akan menurun dan produksi ternak per luasan lahan juga akan menurun. Oleh karena itu Rayburn (1992) menyarankan agar diperoleh produksi ternak yang maksimum pada suatu padang rumput perlu diperhatikan 1) waktu penggembalaan dan 2) intensitas penggembalaan.

Pada beberapa jenis rumput-rumputan dimana cadangan energinya tersimpan pada bagian daun paling bawah, maka defoliasi berat akan mengganggu pertumbuhan kembali tanaman tersebut (Rayburn 1992). Agar diperoleh kesinambungan produksi maka perlu mengikuti panduan ekologis seperti yang disarankan oleh Jones (2000), yaitu (1) pemahaman penggembalaan dalam memacu pertumbuhan tanaman dan mengembangkan sistem perakaran yang sehat; (2) menggunakan proses penggembalaan sebagai penyedia pakan bagi ternak dan biota tanah; (3) mempertahankan 100% penutupan tanah (tanaman, seresah); (4) pemahaman terhadap proses-proses pembentukan tanah secara alami; dan (5) penyediaan periode istirahat yang cukup dan tidak terlalu lama.

Deskripsi *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides*

Brachiaria decumbens

Nama lain dari *Brachiaria decumbens* Stapf. adalah *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (Tropical forages 2000), *Brachiaria bequaertii* Robyns (Schultze-Kraft & Teitzel 1992), dan *Brachiaria emini* (Legel 1990). Tergolong dalam famili Graminae, subfamili Panicoideae, tribus Paniceae. Di Indonesia dikenal dengan nama rumput signal. Rumput ini tumbuh tegak atau miring

(decumbent) yang berkembang melalui stolon dan rizoma. Daun berwarna hijau terang dengan bulu halus. Daun tumbuh dari stolon dan pangkal akar. Biji tumbuh pada 2 – 7 racemes. Biji berbentuk elip dengan panjang 4-5 mm (Tropical forages 1990) (Gambar 4).



Sumber : Tropical Forages (1990).

Gambar 4. Rumput signal (*Brachiaria decumbens*)

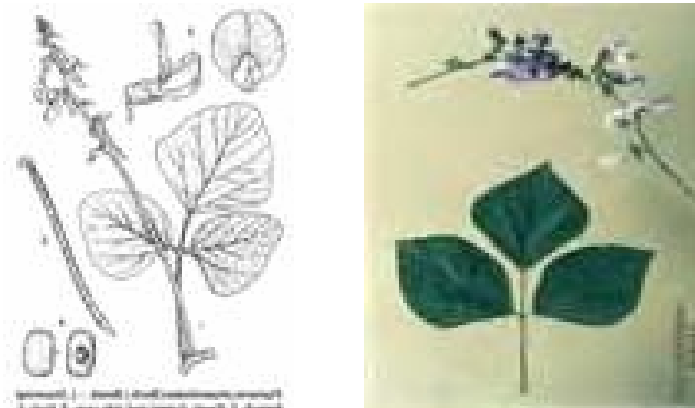
Rumput signal sering digunakan sebagai padang penggembalaan permanen, tanaman penutup tanah (cover crop) pada lahan perkebunan, atau sebagai pencegah erosi pada daerah perbukitan. Tumbuh baik pada tanah yang kurang subur dan dapat beradaptasi dengan baik pada tanah asam (pH 3.5) dengan kejenuhan Al yang tinggi (Kretschmer & Pitman 1995).

Rumput signal dapat menekan pertumbuhan gulma, namun juga dapat tumbuh baik bersama beberapa jenis leguminosa seperti *Arachis pintoi*, *Desmodium heterophyllum*, *D. heterocarpon*, *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *Stylosanthes guianensis*, dan *Leucaena leucocephala*. Pada tekanan penggembalaan yang tinggi baik dengan metode rotasi maupun kontinyu, rumput signal tetap memproduksi dengan baik. Pada tekanan penggembalaan berat (5 satuan ternak per hektar), masih toleran dan tetap menghasilkan bahan kering yang tinggi. Produksi bahan kering dapat mencapai 6 – 36 ton per hektar dengan penambahan berat badan harian pada sapi jantan muda (steer) berkisar antara 250 – 800 g per hari per ekor (Whiteman *et al.* 1985; Schultze-Kraft & Teitzel 1992).

Pueraria phaseoloides

Nama lain dari *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. adalah *Dolichos phaseoloides* Roxb., *Neustanthus phaseoloides* (Roxb.) Benth., *Neustanthus javanicus* Benth., *Pueraria javanica* (Benth.), *Pueraria phaseoloides* Roxb. var *javanica* (Benth) Hook. (Legel 1990; Halim 1992; Kretschmer & Pitman 1995; Tropical Forages 2000). Tergolong dalam famili Leguminosae, subfamili Faboideae, tribus Papilionaceae. Di Indonesia dikenal dengan nama puero, kudzu tropis, atau krandang (LBN 1983; FAO 2003).

Tanaman ini tumbuh menjalar dan memanjat, perakarannya dalam dan agak lembut. Merupakan leguminosa perennial yang panjangnya dapat mencapai 5 – 6 m. Daunnya lebar berbentuk trifoliolate yang dilapisi dengan bulu halus. Leaflet berbentuk segitiga. Bunga berwarna ungu tumbuh pada pasangan receme. Polong berbentuk bulat lurus atau agak melengkung panjang 4 - 11 cm dan lebar 3-5 mm. Setiap polong berisi 10 – 20 biji. Berat biji 80 000 – 88 000 per kg (FAO 2003; Tropical Forages 2000) (Gambar 5).



Sumber : Tropical Forages (1990).

Gambar 5. Puero (*Pueraria phaseoloides*)

Legum puero merupakan tanaman utama dalam komponen penyusun padang penggembalaan campuran, selain itu seringkali digunakan sebagai hay atau silase dalam sistem *cut and carry*. Di lahan perkebunan karet atau kelapa sawit legume puero digunakan sebagai tanaman penutup tanah. Kemampuannya dalam menekan pertumbuhan gulma, tanaman ini menjadi legum pionir di dalam

padang penggembalaan permanen. Dilaporkan bahwa puero dapat menekan pertumbuhan *Mikania micranta*, *Cyperus rotundus* dan *Asystasia intrusa* namun dapat tumbuh baik bersama *Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum* dan *Pennisetum purpureum*. Bersama tanaman penutup lainnya, puero dapat mencegah erosi di tanah terjal. Legum puero juga sering digunakan sebagai pupuk hijau (Halim 1992; Devendra 1995; FAO 2003; Tropical Forages 2000).

Puero toleran pada daerah genangan dan beradaptasi baik pada tanah asam, namun tanaman ini rentan terhadap kekurangan Mg dan S. Pada kandungan Ca dan P yang rendah tanaman ini masih bisa beradaptasi.

Produksi bahan kering puero dapat mencapai 5 – 10 ton per hektar per tahun. Legum puero yang ditanam bersama rumput signal yang digembalakan oleh sapi jantan muda (steer) dengan berat badan 180 kg dapat menghasilkan penambahan berat badan harian rata-rata pada musim kemarau sebesar 268 g per hari dan pada musim hujan 602 g per hari selama setahun penggembalaan. Bila hanya rumput signal saja hanya diperoleh 36 g per hari pada musim kemarau dan 547 g pada musim hujan (Humphreys 1995).

Bahan Organik sebagai Pembenh Tanah

Keberhasilan program reklamasi lahan pasca penambangan, khususnya untuk kepentingan pertanian, adalah dengan penggunaan bahan organik pada lapisan permukaan tanah. Percobaan yang dilakukan oleh Renault *et al.* (2004) menunjukkan bahwa penggunaan bahan organik sebagai pembenh tanah pada lahan pasca tambang dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman, menstimulasi pertumbuhan akar tanaman, dan meningkatkan berat segar beberapa jenis tanaman. Namun, penggunaan bahan organik sebagai pembenh tanah di lahan pasca penambangan sifatnya sementara dan dalam jangka pendek, karena dalam jangka panjang vegetasi yang ada di lahan pasca penambangan tersebut dapat menyediakan bahan organik sendiri (Bendfeldt *et al.* 2001).

Bahan organik tanah adalah produk dari proses dekomposisi bahan-bahan organik yang berasal dari tumbuhan, hewan ataupun bahan organik lainnya (Stevenson 1994). Proses dekomposisi ini akan menghasilkan molekul-molekul

organik dan inorganik yang lebih sederhana (Tipping 2000). Pada umumnya bakteri memecah bahan organik menjadi N, P, dan S, yang semula tidak tersedia menjadi tersedia bagi bagi tanaman. Proses ini disebut sebagai mineralisasi. Proses dekomposisi bahan organik selanjutnya menghasilkan formasi bahan organik yang lebih kompleks lagi, yang disebut humus (Juma 1998). Proses ini disebut humifikasi. Humus bersifat sebagai spon yang dapat mengikat nutrisi tanah kemudian dilepaskan secara perlahan oleh partikel humus sehingga dapat diabsorpsi oleh tanaman (MDNR 2003).

Pada reklamasi lahan tambang, terutama lahan yang akan direvegetasi, perlu dilakukan penambahan bahan organik pembenah tanah. Hal ini sangat penting, mengingat besarnya manfaat yang disumbangkan oleh pembenah tersebut pada lahan tambang, yang umumnya miskin akan unsur hara. Bahkan pada kondisi permukaan lahan yang berbatu pada tambang emas bila ditambahkan pembenah tanah kompos jamur dan biosolid, pemupukan, dan penggunaan kapur, dapat dilakukan revegetasi (Sydnor & Redente 2002).

Fungi Mikoriza Arbuskula

Mikoriza adalah suatu asosiasi atau simbiosis antara tanaman dengan fungi dengan cara kolonisasi akar tanaman selama tanaman tersebut hidup. Hubungan simbiosis secara *bidirectional* ini dicirikan oleh aliran karbon yang dihasilkan tanaman kepada fungi, dan sebaliknya fungi memberikan hara yang diperlukan bagi tanaman.

Berdasarkan asosiasinya dengan tanaman inang serta pembentukan *septate* dan *aseptate* pada fungi, maka fungi dikelompokkan menjadi enam tipe, yaitu (1) *vesicular arbuscular mycorrhiza* (VAM) atau fungi mikoriza arbuskula (FMA), dikenal juga sebagai endomikoriza yang dicirikan oleh terbentuknya arbuskula dan vesikel yang dapat menembus jaringan korteks akar tanaman; (2) ektomikroriza, dicirikan oleh terbentuknya struktur *mantle* yang menyelimuti akar tanaman, dan membentuk jalinan hipa yang disebut *hartig net*; (3) ektendomikoriza, dicirikan oleh tidak adanya mantle, namun *hartignet*-nya berkembang cukup baik dan dapat mempenetrasi ke dalam sel tanaman; (4) arbutoid mikoriza, suatu jenis fungi yang memiliki mantle, *hartig net* dan hifa

eksternal yang berkembang secara ekstensif membentuk koil di dalam sel tanaman; (5) erikoid, tidak memiliki mantle tetapi terbentuk hifa yang secara ekstensif dapat menembus sel tanaman; dan (6) orchidaceae, suatu jenis fungi yang hanya bersimbiosis pada inang aklorofil dengan membentuk hifa berbentuk koil di dalam sel tanaman (Smith & Read 1997).

FMA dapat berasosiasi dengan jenis tanaman pada kisaran yang cukup luas, termasuk Bryophyta, Pteridophyta, Gymnospermae, dan Angiospermae, sementara fungi lainnya terbatas hanya pada taksa tertentu saja. Misalnya ektomikoriza hanya bisa berasosiasi dengan Gymno- dan Angiospermae saja, arbutoid hanya dengan Ericales saja. Oleh karena itu, banyak penelitian-penelitian yang mengarah kepada eksplorasi dan pemanfaatan FMA.

FMA memiliki kemampuan dalam memacu pertumbuhan tanaman inang serta kesehatannya. Hifa FMA dapat menerobos masuk ke dalam partikel-partikel tanah yang tidak dapat ditembus oleh sistem perakaran tanaman dan menghubungkannya ke dalam sel-sel korteks akar tanaman. Hifa-hifa tersebut secara efektif meyerap elemen-elemen yang kurang bergerak, seperti P, Cu, dan Zn, kemudian mentransportasikannya ke dalam sel-sel akar tanaman. Melalui cara demikian, FMA dapat memperluas sistem perakaran tanaman inang (Mukerji *et al.* 1991).

Keberadaan simbiosis mikoriza sering dikaitkan dengan ketersediaan fosfor (Pi) bagi tanaman (Smith & Read 1997). Tambahan fosfor bagi tanaman merupakan hasil dari kolonisasi FMA yang berasal dari (1) pembesaran eksplorasi volume tanah; (2) pembesaran pergerakan Pi ke dalam hifa FMA yang disebabkan oleh tingginya efisiensi penyerapan Pi di dalam sistem hifa, lebih efektif daripada mikroba tanah, serta terbentuknya polifosfat di dalam hifa; dan (3) pelarutan fosfat tidak tersedia melalui modifikasi rhizosphere (Bolan 1991). Kondisi ini dapat dipenuhi selama kandungan Pi tanah rendah. Namun pada kondisi Pi tersedia bagi tanaman, maka FMA tidak efektif (Mukerji *et al.* 1991).

Dalam kaitannya dengan pengkayaan mikroorganisme tanah, terdapat hubungan yang sinergis antara keberadaan FMA dan mikroba tanah dalam rhizosphere. Andrade *et al.* (1997) melaporkan bahwa akar tanaman sorgum yang ditanam pada tanah yang mengandung FMA lebih banyak mengandung

berbagai jenis bakteri tanah dibandingkan yang ditanam pada tanah yang tidak mengandung FMA. Interaksi antara FMA dan bakteri rhizosphere dapat dimediasi oleh faktor-faktor kelarutan atau oleh adanya kontak fisik. Peran FMA dalam hal ini adalah sebagai kendaraan untuk terjadinya kolonisasi akar tanaman oleh rhizobakteri tanah (Bianciotto *et al.* 1996). Ames *et al.* (1984) melaporkan bahwa jumlah CFU (colony-forming unit) per gram rhizosphere tanah dari suatu spesies bakteri meningkat sangat tajam oleh hadirnya FMA. Keadaan ini memberikan dampak positif bagi ketahanan tanaman terhadap penyakit akar, misalnya fluorescent *Pseudomonas spp.* yang dapat mengendalikan *Rhizoctonia* dan *Phyitium* pada tanaman kapas atau *Fusarium* pada pembusukan tanaman ketimun. Hal ini karena *Pseudomonas spp.* dapat menghasilkan antibiotik (Paulitz & Linderman 1989).

Meskipun telah diketahui bahwa FMA dapat berasosiasi dengan berbagai jenis tanaman pada kisaran yang luas, namun setiap spesies FMA memiliki kompatibilitas yang berbeda bagi setiap jenis tanaman inang. Hal ini karena FMA memiliki kisaran dari simbiosis fakultatif hingga obligat. Troeh & Loynachan (2003) menunjukkan bahwa *Glomus albidum* dan *G. etunicatum* dominan pada jagung, sementara *G. constrictum* dominan pada kedelai. Perbedaan respon ini menurut Burleigh *et al.* (2002) tidak hanya pada aras kolonisasi, pengambilan hara, dan pertumbuhan, namun juga pada aras ekspresi gen-nya.

Di sebagian besar lahan pasca penambangan, pada umumnya terdapat vegetasi yang dominan. Kemampuan adaptasi spesies dominan ini dapat dikaitkan dengan keberadaan FMA yang mengkolonisasi spesies tersebut. Sebagai contoh, rumput bromsedge (*Andropogon virginicus* L) adalah rumput yang dominan di lahan pasca penambangan batubara West Virginia, USA. Padahal kondisi lahan ini dicirikan oleh rendahnya pH dan hara tanah serta tingginya kandungan Al. Keberadaan kolonisasi FMA, terutama *Glomus clarum* dan *Gigaspora gigantea*, dapat menjelaskan dominasi bromsedge di lahan pasca penambangan tersebut. Karakteristik tanah yang demikian, memberikan efektifitas yang tinggi terhadap hubungan simbiosis akar bromsedge dengan FMA melalui pemeliharaan homeostasis, yaitu dengan cara mengubah sifat-sifat fisiologisnya, termasuk pengambilan hara, alokasi, dan penggunaannya. Melalui hubungan inilah

bromsedge berkembang dan menjadi dominan di lahan pasca penambangan batubara (Ning & Cumming 2001). Kemungkinan besar di lahan pasca penambangan lainnya memiliki hubungan yang demikian.

Penggembalaan di Lahan Reklamasi Pasca Tambang

Produksi ternak di lahan reklamasi tambang merupakan hal yang menarik, baik ditinjau dari ekologis maupun ekonominya. Tanaman penutup tanah seperti rumput dan leguminosa yang umumnya disebar dalam program reklamasi, ditujukan untuk pengkayaan bahan organik tanah dan stabilisasi tanah, disamping dapat dimanfaatkan sebagai padang penggembalaan (Skousen & Zipper 1996; Gerken & Baker 1997; Holl *et al.* 2001). Di lahan reklamasi tambang, ternak juga dapat membantu dalam percepatan proses revegetasi dan perkembangan tanah melalui pengelolaan yang tepat. Injakan ternak dapat menstimulasi pertumbuhan vegetasi dengan menekan gulma. Selain itu, feses dan urin ternak merupakan aspek yang menguntungkan dalam program reklamasi (Gizikoff 2004).

Dalam beberapa aspek, hadirnya ternak di lahan reklamasi pasca tambang, apabila tidak dikelola dengan baik, ternak juga dapat mengganggu proses reklamasi. Pada lahan reklamasi umumnya terdapat daerah-daerah riparian. Tanaman yang tumbuh disekitar riparian umumnya palatable bagi ternak, sehingga ternak lebih menyukai daerah tersebut. Selain lingkungannya lebih dingin dibandingkan lingkungan sekitarnya, ternak lebih mudah mengakses air minum (Powell *et al.* 2000). Akibatnya, daerah di sekitar riparian menjadi rusak akibat tekanan injakan yang terlalu berat, terjadi sedimentasi, dan hilangnya vegetasi penstabil tanah. Dengan demikian, untuk memanfaatkan lahan reklamasi pasca tambang sebagai penggembalaan ternak perlu dilakukan perencanaan dan operasional yang matang dalam program revegetasi. Hal ini merupakan faktor penting yang patut dipertimbangkan sejak tahap awal perencanaan (Gizikoff 2004).

Untuk merencanakan suatu lahan sebagai padang penggembalaan, perlu adanya suatu sistem pengelolaan penggembalaan. Sistem pengelolaan penggembalaan dirancang untuk mengoptimalkan efisiensi produksi atau total produksi ternak yang dihasilkan dari suatu padang penggembalaan (Pearson &

Ison 1987). Efektifnya seluruh pengelolaan penggembalaan harus didasarkan kepada kebutuhan dan pola pertumbuhan tanaman. Pengetahuan tentang kebutuhan dan pola pertumbuhan tanaman ini sangat penting untuk pemeliharaan sumber hijauan yang berada di padang penggembalaan yang selanjutnya dapat memperbaiki penampilan ternak. Penggembalaan akan memberikan dampak terhadap tanaman dalam tiga hal, yaitu intensitas, frekuensi dan kesempatan tanaman untuk tumbuh kembali (CGLCI 2003). Berarti, perlu adanya pengaturan penggembalaan.

Terdapat beberapa metode penggembalaan yang merupakan dasar dari sistem penggembalaan ternak, yaitu (1) *continuous set stocking* (penggembalaan kontinyu): penggembalaan yang dilakukan tanpa diselingi waktu kosong dengan tekanan injakan yang tetap, (2) *continuous variable stocking* (penggembalaan kontinyu yang bervariasi): seperti yang pertama tetapi terdapat variasi dalam tekanan injakan, (3) *rotational set stocking* (penggembalaan rotasi): padang rumput dibagi menjadi sejumlah kecil paddock dengan sejumlah ternak yang tetap untuk setiap paddock-nya, (4) *rotational variable stocking* (penggembalaan rotasi yang bervariasi): seperti nomor 3 tetapi bervariasi dalam jumlah ternaknya, (5) *strip grazing* (penggembalaan berpagar): sejumlah ternak yang tetap atau bervariasi yang diberikan akses hanya kepada bagian paddock dengan pagar yang dapat dipindahkan; selain itu pagar belakang dapat digunakan untuk mencegah masuknya ternak ke bagian yang telah digembalakan, dan (6) *deferred grazing* (penggembalaan berselang): beberapa paddock tidak digembalakan dalam kurun waktu tertentu, dimaksudkan untuk memberikan kesempatan benih dalam menyimpan makanan secara *in situ* yang akan digunakan berikutnya (Mannetje *et al.* 1976).

Tekanan injakan yang dimaksud adalah sejumlah ternak yang digembalakan pada suatu luasan areal penggembalaan dalam kurun waktu tertentu atau suatu areal yang dialokasikan untuk digembalakan oleh satu ekor ternak (Ohlenbusch & Watson 1994; Rayburn & Barao 2002). Untuk menentukan tekanan injakan perlu juga memahami produksi hijauan dan tekanan penggembalaan. Tekanan penggembalaan adalah perbandingan antara hijauan yang diperlukan (forage demand) terhadap hijauan yang tersedia (forage availability). Biasanya diukur

dalam jumlah satuan ternak bulan (animal Unit month = AUM) per luasan lahan, namun bisa juga diukur dengan AUM per berat hijauan yang tersedia. Satu satuan ternak setara dengan berat badan 400 kg. Ternak dengan berat badan 200 kg adalah 0.5 satuan ternak. Perubahan tipe ternak yang digembalakan, status fisiologi ternak, dan ketersediaan hijauan dapat merubah tekanan penggembalaan (Ohlenbusch & Watson 1994).

Selain AUM, metode lain yang dapat digunakan untuk mengukur tekanan injakan adalah rata-rata berat badan ternak (average animal weight = AAW). Metode ini dinilai lebih akurat dalam mengukur tekanan injakan. Metode AAW menggunakan satu faktor konversi, 0.02667. Angka ini berasal dari kebutuhan metabolik induk sapi dan anaknya, yaitu mengkonsumsi 2.667 % dari berat badannya per hari. Angka ini dapat bervariasi tergantung pada ternak dan ketersediaan hijauan. Tahapan dari metode AAW adalah : (1) menentukan jumlah produksi dari suatu area, (2) menghitung jumlah ketersediaan hijauan, (3) menghitung kebutuhan ternak dengan menggunakan faktor konversi 2.667 %, (4) menghitung ketersediaan hijauan dalam satu bulan, dan (5) menentukan jumlah ternak yang akan digembalakan dalam satu bulan atau periode tertentu (Pratt & Rasmussen 2001).

Untuk menentukan tekanan injakan ini Hacker & Smith (2007) mengusulkan untuk mengukur tekanan injakan berdasarkan 100 mm curah hujan (dry sheep equivalent days per ha per 100 mm of annual rainfall). Percobaan ini menggunakan domba sebagai hewan uji. Interpretasi indeks berasal dari data penggembalaan yang melibatkan perbandingan nilai perputaran bulanan dengan ketentuan kapasitas tampung atau hasil observasi terhadap pola pada indeks setiap periode dua bulan.

TEHNIK INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA PADA *Brachiaria decumbens* DAN *Pueraria phaseoloides*

Inoculation Techniques of Arbuscular-Mycorrhizal Fungi on Brachiaria decumbens and Pueraria phaseoloides

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan teknik inokulasi FMA secara efisien pada *Brachiaria decumbens* Stapf dan *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., ditinjau dari berat kering tajuk, berat kering akar, dan kolonisasi FMA.

Tanah pucuk yang berasal dari lahan reklamasi tambang batubara PT KPC ditempatkan dalam 20 polycone untuk rumput signal dan 20 polycone untuk legum puero sebagai medium pertumbuhan di rumah kaca. Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap dan diulang sebanyak 5 kali. Perlakuan M0 adalah benih rumput signal atau puero tanpa inokulasi FMA, M1 adalah benih signal atau puero yang diinokulasi dengan FMA dalam bentuk granular (mycofer), M2 adalah benih signal atau puero yang diinokulasi dengan potongan akar segar *Sorghum* sp. yang telah terkolonisasi FMA, dan M3 adalah benih signal atau puero yang diselubungi oleh suspensi potongan akar *Sorghum* sp. yang telah terkolonisasi FMA (coating). Setiap polycone ditanam 20 benih dan pada umur 10 hari dipelihara hanya 4 tanaman.

Hasil percobaan, yaitu setelah tanaman berumur 35 hari, menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$) dalam hal kolonisasi FMA pada akar signal maupun puero yang diinokulasi FMA terhadap kontrol (tanpa inokulasi FMA), begitupula terhadap berat kering tajuk dan berat kering akar. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan benih rumput yang diselubungi potongan akar (coating) dengan mycorrhizal inoculation effect (MIE) untuk signal 62.30% dan puero 54.90%. Pada perlakuan tersebut kolonisasi FMA untuk signal adalah 77.14% dan untuk puero 63.52%. Dengan demikian, teknologi penyelubungan benih (coating) oleh akar *Sorghum* bermikoriza dapat diterapkan pada penanaman rumput signal dan puero sebagai tanaman penutup tanah sekaligus sebagai pakan ternak di lahan reklamasi pasca penambangan.

Kata kunci: *B. decumbens*, *P. phaseoloides*, FMA granular, FMA potongan akar, FMA coating benih.

Abstract

The objective of the experiment was to find out the effectiveness inoculation techniques of some arbuscular –mycorrhizal fungi on signal grass (Brachiaria documbens Stapf) and puero (Pueraria phaseoloides (Roxb) Benth) with respect to shoot and root dry weighs and AMF root colonization.

Soil taken from top soil dumping area of PT. Kaltim Prima Coal as growth medium and filled to the twenty polycones, and placed at green house. The experiment was factorial and arranged in completely randomized design (CRD),

and replicated five times. M0 was signal grass or puero seed without AMF inoculation, M1 was signal grass or puero seed inoculated with granular AMF, M2 was signal grass or puero seed inoculated with of slice root's sorghum containing AMF colonization, M3 was signal grass or puero seed coated by suspension of slice root's sorghum containing AMF colonization. Twenty of signal's or puero seeds were planted on each of the ploycone, and 10 days after germination, seedling was thinning to four only.

The result of the experiment showed that inoculation of AMF was highly significant different to control on shoot and root dry weighs, and colonization 35 days after germination. High values were found in AMF seed coated treatment (M3), both for signal grass and puero legume with mycorrhizal inoculation effect (MIE) was 62.30% for signal and 54.90% for puero. For those treatments the AMF colonization was 77.14% for signal and 63.52% for puero. It was indicated that by using coating technology of AMF on signal and puero seeds, higher biomass (shoot and root) production can be applied on coal mining land reclamation programs.

Keywords: *B. decumbens*, *P. phaseoloides*, *AMF granular*, *AMF sliced roots*, *AMF seed root coated*.

Pendahuluan

Manfaat fungi mikoriza arbuskula (FMA) bagi tanaman pertanian sudah banyak diteliti dan memberikan hasil yang cukup menggembirakan baik terhadap peningkatan produksi maupun potensinya dalam mengembangkan pertanian secara berkelanjutan (Smith & Read 1997; Turk *et al.* 2006). FMA yang berasosiasi dengan tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi bahan kering tajuk yang disebabkan oleh efektifnya penyerapan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium dan seng (Osonubi *et al.* 1991; Barea *et al.* 1992; Wetterauer & Killorn 1996).

Penerapan FMA pada tanaman pertanian, termasuk tanaman pakan ternak, dalam skala yang luas masih dihadapkan pada kendala produksi inokulum, penyimpanan dan aplikasinya. Sediaan FMA dalam bentuk jadi dengan media tanah liat, zeolit, atau pasir memerlukan ruang yang luas dan transportasi ekstra. Selain itu, apabila dalam aplikasinya dilakukan dengan cara disebar, maka besar kemungkinan akan terpapar dengan sinar matahari secara langsung yang mengakibatkan turunnya mutu inokulum sehingga tidak efektif.

Kolonisasi akar oleh FMA dapat berasal dari tiga sumber inokulum, yaitu

spora, potongan akar yang terinfeksi, dan hifa; secara keseluruhan disebut propagul (Smith & Read 1997; Dalpé & Monreal 2004). Setiap potongan akar tanaman yang telah terkolonisasi oleh hifa FMA dapat dikembangkan sebagai sumber inokulum. Infektifitas sumber inokulum yang berasal dari akar yang terkolonisasi juga lebih tinggi dibandingkan yang berasal dari spora. Infeksi dapat terjadi pada 1 – 2 hari setelah inokulasi (Sieverding 1991). Apabila potongan akar yang mengandung hifa dirajang halus dengan menggunakan blender sehingga membentuk suspensi kemudian dicampur dengan benih tanaman melalui teknologi *coating*, maka ketika benih berkecambah dan mulai meretas akar mudanya akan kontak langsung dengan suspensi potongan akar yang menyelimuti benih, sehingga hifa secara cepat akan menginfeksi akar tanaman. Berarti, dengan menggunakan teknologi *coating* ini dapat mengembangkan tanaman bermikoriza dengan lebih cepat dan mudah.

Rumput signal (*Brachiaria decumbens*) dan legum puero (*Pueraria phaseoloides*) merupakan tanaman pakan ternak yang sering digunakan sebagai tanaman penutup tanah (cover crop) pada lahan reklamasi pasca tambang (Petro 2000). Kedua jenis tanaman ini memiliki adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang buruk, terutama pada kondisi keasaman tanah yang tinggi (pH rendah). Agar kedua jenis tanaman ini memberikan kecepatan penutupan lahan yang cepat dengan produksi hijauan yang maksimal, maka perlu diinokulasi dengan FMA.

Penelitian ini merupakan percobaan tahap pertama bagi percobaan-percobaan berikutnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji beberapa tehnik inokulasi FMA pada benih rumput signal dan legum puero agar dapat diaplikasikan di lapangan. Tehnik inokulasi FMA yang baik akan digunakan untuk pengembangan tanaman penutup tanah pada lahan reklamasi tambang batubara sebagai pastura.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di rumah kaca, Departemen Lingkungan, Tango Delta, PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, Kalimantan Timur. Percobaan

berlangsung selama 35 hari, yaitu pada pertengahan September sampai dengan akhir Oktober 2006.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini meliputi benih *sorghum* sp., benih rumput signal (*Brachiaria decumbens*), benih leguminosa puero (*Pueraria phaseoloides*), Mycofer (merupakan campuran dari *Glomus manihotis*, *Glomus etinucatum*, *Gigaspora margarita* dan *Acaulospora tuberculatus*) yang berasal dari Laboratorium Bioteknologi Hutan dan Lingkungan, Pusat Penelitian Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor, tanah pucuk (top soil) dari lahan tambang, dan pasir. Bahan kimia meliputi KOH 10 %, HCl 2 %, gliserin, asam laktat, dan Trypan Blue 0.05 %.

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah kotak kayu ukuran 70 cm x 45 cm x 10 cm, Polycone ukuran 7.5 cm x 17 cm, termometer/higrometer (*thermo-hygro*), lighmeter (*extech 407026*), compound light microscope (*Meiji*), timbangan digital (*chyo MP 3000G – 3100 g, d=0.01 g*), blender (*National MX-TIGN*), film tube (tabung bekas film), scalpel, pinset, gelas piala kapasitas 500 mL, cawan petri, desk glass, cover glass, pipet tetes, pipet ukur kapasitas 10 mL, saringan teh, dan sarung tangan karet (medical latek examination glove)

Metode

Percobaan dilaksanakan di dalam polycone yang berisi 100 g tanah pucuk per polycone dan ditempatkan dalam rumah kaca. Setiap Polycone terdiri atas 4 tanaman. Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL), yang terdiri atas 4 perlakuan jenis inokulan FMA untuk rumput signal maupun legum puero, yaitu:

M0 = Tanpa inokulasi FMA (kontrol)

M1 = Inokulasi FMA dalam bentuk granular (mycofer) (20 g.polycone⁻¹)

M2 = Inokulasi FMA dalam bentuk potongan akar segar (0.50 g.polycone⁻¹)

M3 = Inokulasi FMA dalam bentuk *coating* benih

Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali, sehingga setiap jenis tanaman masing-masing terdiri atas 20 satuan percobaan.

Model linier aditif dari rancangan acak lengkap adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dimana:

Y_{ij} = nilai pengamatan perlakuan jenis inokulan ke- i dan pada ulangan ke $-j$

μ = nilai rata-rata

τ_i = pengaruh perlakuan jenis inokulan ke- i

ϵ_{ij} = pengaruh acak pada perlakuan ke- i dan pada ulangan ke- j

i = 1, 2, 3, 4,

j = 1, 2, 3, 4, 5

(Mattjik & Sumertajaya, 2006).

Peubah yang diukur meliputi:

1. **Berat kering tajuk (shoot)**, yaitu berat bagian tanaman berumur 35 hari setelah tanam yang berada di atas permukaan tanah setelah dikeringkan dalam oven pada suhu 65 °C selama 48 jam.
2. **Berat kering akar (root)**, yaitu berat bagian tanaman berumur 35 hari setelah tanam yang berada di bawah permukaan tanah setelah dikeringkan dalam oven pada suhu 65 °C selama 48 jam.
3. **Kolonisasi FMA pada akar**, yaitu persentase propagul (hifa, vesikel, arbuskula, atau spora) yang terdapat dalam jaringan akar tanaman setelah berumur 35 hari setelah tanam. Sebelumnya, akar melalui tahap pewarnaan yang dikembangkan oleh Phillips & Hayman (1970) yang dimodifikasi oleh Setiadi *dkk.* (1992) (Lampiran 1 dan 2). Untuk memperoleh persen kolonisasi FMA pada akar digunakan persamaan:

$$\% \text{ Kolonisasi} = \frac{\text{Jumlah bidang pandang akar bermikoriza}}{\text{Jumlah bidang pandang akar yang diamati}} \times 100\%$$

4. **Mycorrhizal inoculation effect (MIE)**, yaitu besarnya pengaruh inokulasi FMA terhadap produksi berat kering tanaman yang dinilai dalam persen (Bagyaraj *et al.* 1992). Persamaan MIE adalah:

$$\text{MIE} = \frac{(\text{Berat kering tanaman yang diinokulasi} - \text{berat kering tanaman yang tidak diinokulasi})}{\text{Berat kering tanaman yang diinokulasi}} \times 100\%$$

Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam, dan untuk menjelaskan perbedaan yang terjadi diantara perlakuan, digunakan uji DMRT (Duncan multiple range test).

Pelaksanaan kegiatan

1. **Analisis tanah.** Tanah dari areal penumpukan tanah pucuk (stock pile) Murung Dump dianalisis sifat-sifat kimianya. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa tanah yang digunakan dalam percobaan ini bersifat masam (pH H₂O = 5.20, pH KCl = 4.40), C-org 1.98 %, N-total 0.25 %, P (Bray I) 33.70 ppm, P (HCl 25%) 267.60 ppm, Ca 2.05 me/100 g, Mg 1.64 me/100 g, K 0.21 me/100 g, KTK 12,01 me/100 g, kejenuhan basa 34.64 %, Al 1.88 me/100 g, H 0.26 me/100 g, Fe 28.24 me/100 g, Cu 2.00 me/100 g, Zn 1.92 me/100 g, dan Mn 26.36 me/100 g. Tekstur tanah tersusun atas pasir 24.32 %, debu 28.11 % dan liat 47.57 %.
2. **Membuat semaian tanaman bermikoriza.** Tanah pucuk dicampur dengan pasir padaimbangan 3 : 1 (W/W), kemudian dimasukkan ke dalam 3 (tiga) kotak kayu ukuran 70 cm x 45 cm x 10 cm. Mycofer seberat 1 kg per kotak kayu dihamparkan dipermukaan tanah pucuk dan disiram dengan air hingga merata. Selanjutnya 200 g benih *Sorghum* sp. per kotak kayu disebar dipermukaan mycofer dan ditutup tipis dengan tanah pucuk. Penyiraman dilakukan setiap 3 hari. Setelah tanaman berumur 4 minggu, dilakukan pemeriksaan terhadap persentase kolonisasi akar oleh FMA. Hasil kolonisasi akar diperoleh 93.18%, sehingga dapat digunakan sebagai sumber inokulan dalam bentuk suspensi.
3. **Membuat suspensi akar bermikoriza.** Akar tanaman yang telah diuji persentase kolonisasi FMA, dipotong bagian tajuknya hingga leher akar, kemudian akar tanaman dikumpulkan dan dibersihkan dengan cara membasahinya dengan air mengalir di atas saringan hingga benar-benar bersih dari kotoran. Akar tanaman dirajang dengan ukuran sekitar 2 cm. Sebagian rajangan akar digunakan untuk pembuatan suspensi akar, dan

sebagian lagi digunakan untuk perlakuan potongan akar. Potongan akar yang akan dibuat suspensi ditimbang dan dimasukkan ke dalam tabung blender. Selanjutnya ditambahkan air sebanyak 5 kali berat potongan akar dan diblender selama 30 detik. Setelah selesai suspensi dipindahkan ke dalam beaker glass dan tambahkan *soil fix* sebanyak 1% dari berat suspensi kemudian aduk hingga merata. Suspensi dibagi menjadi dua bagian, sebagian untuk benih rumput signal, dan sebagian sisanya untuk benih legum puero.

4. **Membuat benih bermikoriza (*coating*).** Benih rumput dan legum yang akan digunakan dalam percobaan ini direndam dalam larutan desinfektan (bayclin) 3% (V/V) selama 3 menit. Cuci dengan air mengalir hingga benar-benar bersih, dan bau bayclin tidak tercium lagi. Benih dimasukkan ke dalam suspensi bermikoriza dan diaduk selama beberapa saat hingga suspensi benar-benar menempel pada benih. Benih dikeringkan pada suhu ruang selama 2 hari. Setelah kering, dimana benih telah terselimuti (*coating*) oleh suspensi FMA, benih siap untuk diuji coba.
5. **Menyiapkan media tanam.** Polycone ukuran 7.5 cm x 17 cm sebanyak 40 unit, masing-masing diisi dengan tanah pucuk, selanjutnya disusun dalam rak-rak yang terdapat dalam rumah kaca. Penyusunan unit percobaan disesuaikan dengan rancangan percobaan sebagai persiapan untuk tahap inokulasi benih.
6. **Pemeliharaan.** Setiap hari tanaman diperiksa dan disiram. Pada hari ke tujuh setelah penanaman, dipelihara hanya 4 tanaman per polycone.
7. **Pengambilan data iklim mikro.** Data iklim mikro di rumah kaca, yang meliputi kelembaban udara (relative humidity – RH), suhu udara (temperature – T), dan intensitas cahaya (light intensity – LI) dilakukan setiap tiga kali sehari, yaitu pada jam 07.00, 12.00, dan 18.00 selama 5 minggu pengamatan. Rata-rata kelembaban relatif antara 68.39–75.09%, suhu udara 27.33–31.25 °C, dan intensitas penyinaran 742.77 – 5 816.81 lux.

Hasil

Setiap tetes suspensi akar *Shorghum* sp. yang telah dikolonisasi oleh FMA relatif tersebar merata (Gambar 6). Kondisi ini menggambarkan potensi yang besar untuk digunakan sebagai inokulan yang melekat pada benih tanaman.

Pada perlakuan jenis inokulum (Tabel 1) berat kering tajuk, berat kering akar, dan kolonisasi akar signal dan puero berumur 35 hari (Lampiran 3) menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$).

Tabel 1. Berat kering tajuk, berat kering akar, dan persentase kolonisasi FMA pada signal dan puero umur 35 hari setelah tanam dengan sumber inokulasi FMA yang berbeda.

| Komponen yang diukur | Perlakuan | | | |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | M0 | M1 | M2 | M3 |
| Rumput signal | | | | |
| Berat kering tajuk (g) | 0.07 ^c | 0.14 ^b | 0.15 ^b | 0.18 ^a |
| Berat kering akar (g) | 0.04 ^c | 0.07 ^b | 0.08 ^b | 0.09 ^a |
| Kolonisasi FMA (%) | 29.38 ^b | 72.08 ^a | 76.41 ^a | 77.14 ^a |
| MIE (%) | 0 | 52.94 | 55.06 | 62.30 |
| Legum puero | | | | |
| Berat kering tajuk (g) | 0.29 ^c | 0.45 ^b | 0.45 ^b | 0.64 ^a |
| Berat kering akar (g) | 0.11 ^c | 0.16 ^b | 0.18 ^b | 0.24 ^a |
| Kolonisasi FMA (%) | 23.96 ^b | 58.30 ^a | 59.92 ^a | 63.52 ^a |
| MIE (%) | 0 | 35.88 | 35.85 | 54.90 |

Keterangan:

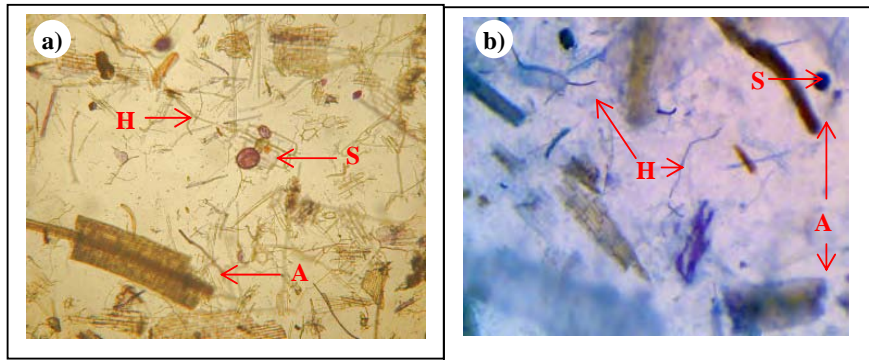
M0 = Tanpa inokulasi FMA (kontrol) ; M1 = Inokulasi FMA dalam bentuk granular (mycofer)

M2 = Inokulasi FMA dalam bentuk potongan akar segar; M3 = Inokulasi FMA dalam bentuk *coating* benih.

Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama dalam baris menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) (DMRT).

Rata-rata berat kering tajuk rumput signal tertinggi diperoleh pada perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk *coating* (M3) dan terendah pada perlakuan kontrol (M0). Besarnya peningkatan berat kering tajuk ini mencapai 2.5 kali dibandingkan kontrol. Bila dibandingkan dengan perlakuan inokulum FMA dalam bentuk granular (mycofer) maupun potongan akar segar, perlakuan FMA dalam bentuk *coating* benih masih lebih tinggi sangat nyata ($P < 0.01$). Pola ini nampaknya diikuti juga oleh berat kering akar. Sedangkan dibandingkan kontrol, semua pemberian FMA berpengaruh sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap persentase kolonisasi, namun tidak nyata diantara perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk granular, potongan akar, dan *coating* benih. Meskipun demikian, berbagai

perlakuan inokulasi FMA memberikan nilai MIE yang berbeda, dimana inokulasi dalam bentuk coating benih memberikan nilai MIE yang tinggi. Dengan demikian, FMA dalam bentuk coating benih pada rumput signal memberikan respon positif dan merupakan tehnik inokulasi FMA terbaik.



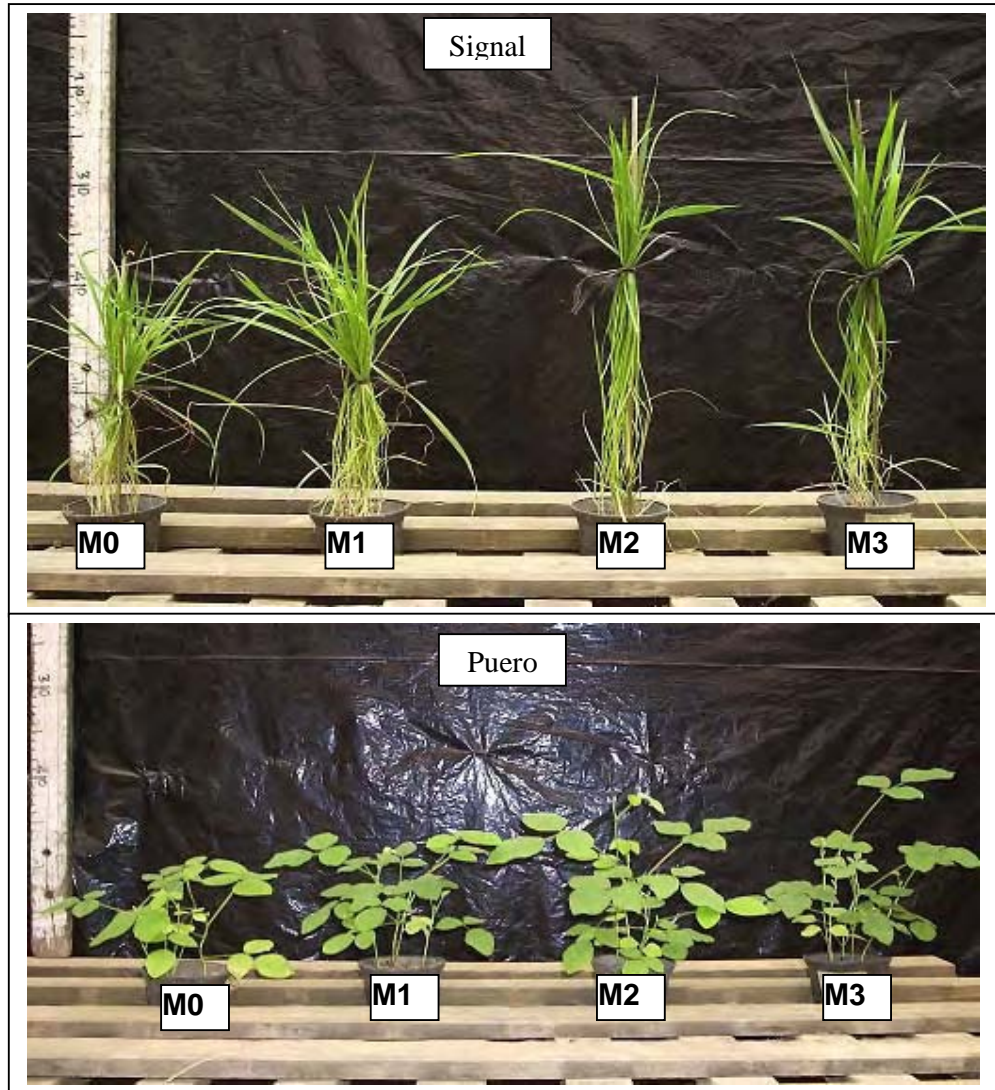
Keterangan : a) tidak diberi pewarna dan b) diberi pewarna trypan blue (H, hifa; S, spora; A, potongan akar).

Gambar 6. Suspensi potongan akar *sorghum sp.* (pembesaran 100 x)

Sama seperti halnya rumput signal, respon legum puero terhadap berbagai bentuk inokulum yang dicobakan memberikan hasil berat kering tajuk, berat kering akar, dan persen kolonisasi FMA yang sangat nyata ($P < 0.01$). Rata-rata berat kering tajuk tertinggi diperoleh pada perlakuan FMA bentuk coating benih (M3), dan terendah pada perlakuan kontrol (M0). Besarnya peningkatan berat kering tajuk ini mencapai 2.24 kali dibandingkan kontrol. Dalam percobaan ini juga terlihat bahwa pengaruh perlakuan inokulasi dalam bentuk granular tidak berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan potongan akar segar. Pola yang sama terjadi pada berat kering akar. Sedangkan persentase kolonisasi pada perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk granular, potongan akar segar, maupun coating benih tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, namun nyata lebih tinggi ($P < 0.01$) dibandingkan dengan kontrol. Meskipun demikian, apabila memperhatikan nilai MIE, maka perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk coating benih memberikan pengaruh yang paling tinggi terhadap berat kering tajuk.

Keragaan tanaman dan kolonisasi FMA pada akar tanaman dalam percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 7, 8, dan 9.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Keterangan: M0 = tanpa FMA (kontrol), M1 = FMA dalam bentuk granular (mycofer), M2 = FMA dalam bentuk potongan akar segar, M3 = FMA dalam bentuk *coating* potongan akar.

Gambar 7. Keragaan tanaman percobaan berdasarkan jenis inokulan

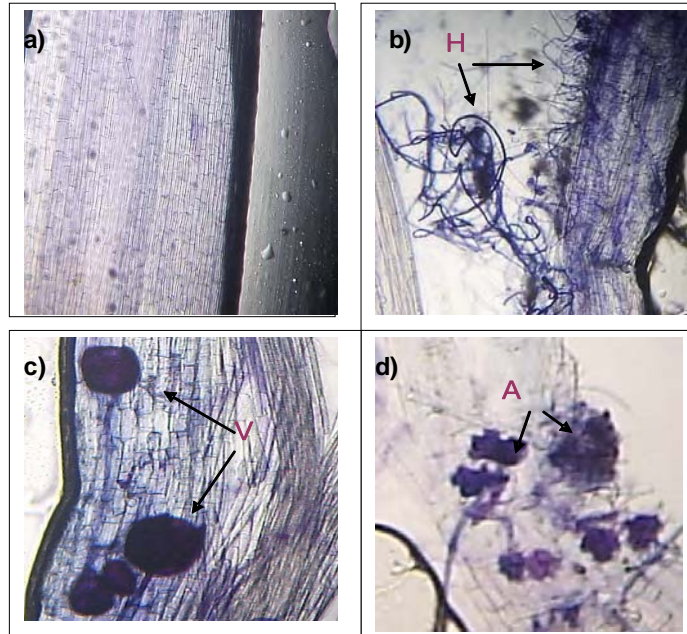
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

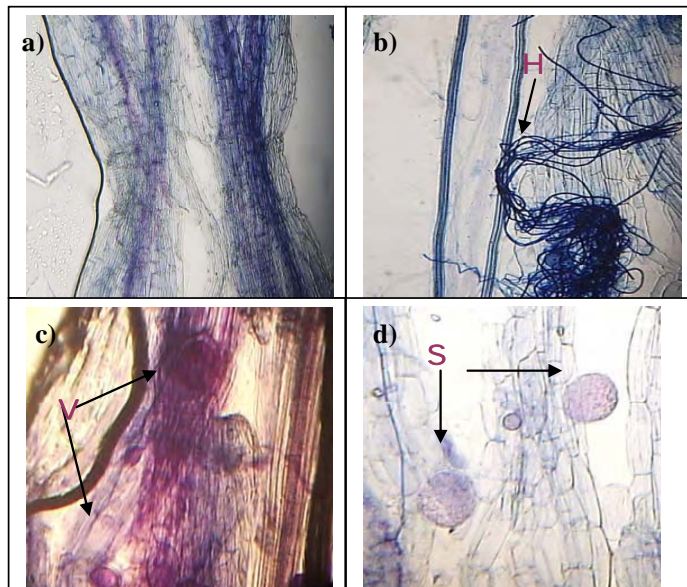
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Keterangan: a) tidak terkolonisasi oleh FMA, b) kolonisasi oleh hifa (H), c) kolonisasi oleh vesikel (V), dan d) kolonisasi oleh auxiliary cell (A).

Gambar 8. Akar rumput signal (*Brachiaria decumbens*) umur 35 hari pada pembesaran 100 x



Keterangan: a) tidak terkolonisasi oleh FMA, b) kolonisasi oleh hifa (H), c) kolonisasi oleh vesikel (V), dan d) kolonisasi oleh spora (S).

Gambar 9. Akar legume puero (*Pueraria phaseoloides*) umur 35 hari pada pembesaran 100 x

Pembahasan

Berdasarkan hasil percobaan (Tabel 1) menunjukkan bahwa kolonisasi FMA tertinggi pada rumput signal maupun legum puero diperoleh pada perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk coating, meskipun tidak berbeda terhadap perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk granular maupun potongan akar segar. Tingginya kolonisasi FMA ini selaras dengan tingginya berat kering tajuk maupun berat kering akar. Namun demikian, hal ini perlu juga ditinjau dari efektifitas inokulasi FMA terhadap produksi yang dihasilkan.

Efektifitas dalam hal ini menyangkut kemampuan FMA dalam memberikan keuntungan bagi tanaman inang (Abbot *et al.* 1992). Efektifitas dikelompokkan menjadi 4 kategori, yaitu tidak efektif, efektifitas rendah, efektifitas sedang (moderat), dan efektifitas tinggi. Pengelompokan ini didasarkan kepada hasil tanaman yang dibandingkan terhadap tanaman yang tidak diinokulasi dan terhadap rata-rata hasil tanaman (Sieverding 1991).

Dalam percobaan ini, tingginya kolonisasi akar tanaman oleh FMA tidak selalu menjamin efektifitas yang tinggi. Hal ini terjadi pada rumput signal, dimana inokulasi dalam bentuk granular, potongan akar segar, dan coating benih tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, namun memiliki efektifitas dan MIE yang beragam. Pada perlakuan inokulasi dalam bentuk granular memiliki efektifitas dengan MIE 52.94%, inokulasi dalam bentuk potongan akar segar memiliki efektifitas dengan MIE 55.06%, dan inokulasi dalam bentuk coating benih memiliki efektifitas dengan MIE 62.30%. Sedangkan pada legum puero, inokulasi FMA dalam bentuk granular dan potongan akar segar memiliki efektifitas masing-masing 35.88 % dan 35.85%, dan pada inokulasi FMA dalam bentuk coating benih memiliki efektifitas 54.90%.

Tinggi atau rendahnya efektifitas FMA dalam memberikan keuntungan bagi tanaman, dalam hal ini berat kering tajuk, nampaknya dipengaruhi oleh kecepatan FMA dalam kolonisasi akar tanaman inang. Kolonisasi akar oleh FMA diawali saat hifa memfiksasi akar melalui apresoria. Tahapan ini diikuti oleh kolonisasi hifa secara internal, baik interseluler maupun intraseluler, yang dalam perkembangan berikutnya akan membentuk vesikel dan arbuskula (Sieverding

1991; Barker *et al.* 1998). Sebelum terjadinya fiksasi hifa ke dalam akar tanaman, perlu adanya *signaling* yang membantu pengenalan hifa terhadap akar yang akan diinfeksi. Sinyal ini berasal dari eksudat akar, berupa metabolit yang diperlukan untuk menggertak pertumbuhan dan perkembangan FMA. Tahapan ini merupakan prasyarat agar terjadi kolonisasi pada akar tanaman inang. Menurut Buee *et al.* (2000) eksudat akar tanaman inang mengandung beberapa senyawa lipolitik yang disebut *branching factor*, yang memiliki aktivitas dalam proliferasi sel FMA. Branching faktor inilah yang kemudian menjadi sinyal yang diperlukan dalam menggertak perkembangan FMA sebelum terjadinya kolonisasi. Selain itu, fitohormon juga berperan penting selaku molekul sinyal selama pembentukan simbiosis FMA dengan tanaman inang (Barker & Tagu 2000). Hasil percobaan Fitze *et al.* (2005) menunjukkan bahwa auxin bebas maupun yang berkonyugasi, secara lokal dan sistematis menginduksi tahap awal pembentukan simbiosis FMA dengan tanaman. Fitohormon ini dapat berasal dari eksudat akar tanaman atau dari bakteri *Paenibacillus validus* (Hildebrandt *et al.* 2002).

Perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk coating benih nampaknya memiliki kemampuan yang lebih baik dalam kolonisasi akar maupun efektifitasnya. Selanjutnya kolonisasi terjadi seiring dengan kecepatan pertumbuhan akar (Sylvia 1992), yang dalam perkembangan berikutnya membentuk vesikel. Selain itu juga terbentuk sel-sel auxilliary (Gambar 8). Dengan ditemukannya vesikel dan sel-sel auxilliary pada hari ke-35, menunjukkan adanya perluasan kontak antara tanaman dan FMA sekaligus menggambarkan adanya perkembangan FMA untuk membentuk spora (Smith & Read 1997; INVAM 2003).

Pada perlakuan inokulasi dalam bentuk potongan akar segar, prinsipnya sama dengan coating benih. Hanya saja pada perlakuan ini potongan akar sangat terbuka, sehingga dalam perkembangannya miselium yang terbangun diantara potongan akar, juga bersaing dengan mikroorganisme pembusuk. Ketika benih mulai memunculkan akarnya, fiksasi FMA tidak maksimal, yang juga menghambat waktu infeksi FMA pada akar tanaman. Pada kondisi yang demikian, efektifitasnya tidak terlalu tinggi.

Berbeda dengan perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk coating benih maupun potongan akar segar, pada perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk

granular, yang merupakan campuran dari 4 jenis spora dan potongan akar yang sudah mati, dihadapkan pada persaingan terhadap spora endogenus maupun mikroorganisme tanah lainnya. FMA dalam bentuk spora umumnya dalam keadaan tidak aktif (resting spores). Untuk menjadi aktif, perlu digertak oleh senyawa kimia yang berasal dari akar tanaman hidup, hifa eksternal yang berasal dari spora lain atau kolonisasi akar yang sudah terbentuk sebelumnya (Barker *et al.* 1998). Apabila belum ada senyawa kimia yang dapat menstimulasi germinasi spora, maka spora-spora tersebut tetap tidak aktif. Ketika sistem perakaran dari benih mulai muncul, maka spora-spora tersebut mulai terstimulasi untuk membangun jaringan hifa, selanjutnya melalui proses signaling untuk menginisiasi akar untuk membentuk apresoria dan membangun hifa internal. Dengan demikian, ketika perlakuan coating benih sudah mengembangkan tahapan kolonisasi berikutnya, pada perlakuan inokulasi FMA dalam bentuk granular baru memulai memfiksasi akar. Oleh karena itu, pada umur tanaman yang sama efektifitasnya menjadi rendah.

Kesimpulan

Dengan memperhatikan berat kering tajuk, berat kering akar, persentase kolonisasi FMA, serta persentase MIE, pada rumput signal dan legum puero umur 35 hari setelah tanam; baik yang tidak diinokulasi dengan FMA maupun yang diinokulasi dengan FMA dalam bentuk granular, pada potongan akar segar, dan pada coating benih, dapat disimpulkan bahwa inokulasi FMA dalam bentuk coating benih memiliki efektifitas yang tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Selain itu, ditunjang dengan kemudahan dalam aplikasinya, maka untuk percobaan tahap berikutnya akan digunakan inokulasi FMA dalam bentuk coating benih.



KONSENTRASI DAN FREKUENSI PEMBERIAN KOMPOS CAIR PADA *Brachiaria decumbens* DAN *Pueraria phaseoloides* BERMIKORIZA

Concentration and Frequency of Liquid Compost Applied to Mycorrhizal Brachiaria decumbens and Pueraria phaseoloides

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair pada rumput signal (*Brachiaria decumbens* Stapf) dan legum puero (*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.) bermikoriza.

Tanah pucuk yang berasal dari lahan reklamasi tambang batubara PT KPC ditempatkan dalam polybag kapasitas 10 kg sebanyak 45 polybag untuk signal dan 45 polybag untuk puero sebagai medium pertumbuhan di rumah kaca. Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap dengan pola faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi kompos cair dengan konsentrasi 0.00 % (K0), 0.25 % (K1), 0.50 % (K2), 0.75 % (K3), dan 1.00 % (K4), sedangkan faktor kedua adalah frekuensi pemberian kompos cair dengan pemberian 1 kali (F1), 2 kali (F2), dan 3 kali (F3). Setiap polybag dipelihara 4 tanaman selama 56 hari pengamatan.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa berat kering tajuk, berat kering akar, kandungan P tajuk, dan kolonisasi FMA signal dan puero meningkat secara linier dengan bertambahnya konsentrasi kompos cair, sementara kandungan nitrogen tajuk signal dan puero meningkat secara kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum masing-masing pada 0.88 % dan 0.85 %. Serapan N dan P tajuk meningkat secara kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum pada 0.95 % untuk signal dan 0.91 % untuk puero. Jumlah spora tertinggi pada rizosfer puero pada konsentrasi kompos cair 0.74 %, sedangkan pada signal tidak nyata ($P > 0.05$). Tidak terjadi perbedaan yang nyata pada frekuensi pemberian kompos cair, begitu pula pada interaksinya dengan konsentrasi kompos cair. Secara umum konsentrasi kompos cair 0.50 % memberikan nilai terbaik, sehingga dapat diterapkan pada lahan reklamasi pasca penambangan batubara.

Kata kunci : *Brachiaria decumbens*, *Pueraria phaseoloides*, kompos cair, FMA.

Abstract

The objective of the experiment was to find out the concentration and frequency of liquid compost applied to mycorrhizal signal grass (Brachiaria decumbens Stapf) and legume puero (Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth.).

Top soil came from KPC coalmine land placed on polybag with capacity 10 kg each and allocated for signal grass 45 polybags dan puero 45 polybags as growth medium in green house. The experiment was arranged by completely randomized design with factorial. First factor was liquid compost concentration, there were 0.00 % (K0), 0.25 % (K1), 0.50 % (K2), 0.75 % (K3), and 1.00 % (K4), while second factor was frequency of application, there were 1 time (F1), 2 times

(F2), and 3 times (F3). Each polybag was maintained only four plants for 56 days observation.

The result of the experiment showed that shoot dry weight, root dry weight, shoot P content, and AMF colonization of signal and puero increased linearly with additional of concentration of liquid compost, whereas shoot N content of signal and puero increase quadratically with optimum concentration 0.95 % for signal and 0.91 % for puero. The highest spore density for puero rhizosphere was on liquid compost concentration 0.74 %. For signal rhizosphere, showed not significantly different on spore density ($P > 0.05$). Frequency of liquid compost application and its interaction with concentration showed not significantly different for all variable measured. Generally, liquid compost at cocentration 0.50 % gave high value. Thus, it may be applicated on coal post-mining reclamation land.

Keyword : *Brachiaria decumbens*, *Pueraria phaseoloides*, liquid compost, AMF.

Pendahuluan

Persoalan yang paling penting dalam proses reklamasi lahan pasca tambang adalah pembentukan bahan organik baru di atas permukaan tanah. Bahan organik pada tanah ini memegang peranan penting yang secara positif memperbaiki sifat-sifat fisik dan aktivitas biologi tanah (Gilewska & Otremba 2000). Dalam proses reklamasi lahan pasca tambang, biasanya tanah buangan ditutupi oleh lapisan tanah pucuk (top soil). Namun pada beberapa kasus seringkali tidak efektif (Haigh 1998).

Kompos telah lama digunakan dalam program reklamasi lahan-lahan marginal dengan kualitas tanah yang rendah. Kompos memiliki kemampuan dalam memperbaiki sifat-sifat tanah dan media pertumbuhan tanaman. Material yang terdapat dalam kompos dapat meningkatkan agregat makro dan stabilitas agregat rizosfer. Hasil penelitian Wahba (2007) menunjukkan bahwa pemberian kompos sebesar 20 ton per hektar per tahun pada tanah pasir dapat memperbaiki struktur tanah dan kapasitas tukar kation. Selain itu juga dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah serta menurunkan kalsium karbonat dan meningkatkan kandungan asam humat.

Pada kondisi dimana tanah mengandung bahan organik yang cukup, mikroorganisme tanah, termasuk fungi mikoriza arbuskula (FMA) dapat memainkan peranannya dalam mentransfer zat-zat makanan yang diperlukan oleh tanaman. Sementara tanaman juga secara aktif mentransfer asam-asam organik

yang diperlukan oleh FMA melalui eksudat akarnya. Sehingga terjalin hubungan mutualisme antara tanaman dan FMA (Smith & Read 1997; Smith *et al.* 2003; Brundrett 2004). Oleh karena itu pemberian kompos pada tanah-tanah reklamasi tambang dapat membangun ekosistem tanah melalui peningkatan mikroorganisme tanah, siklus nutrisi, dan bahan organik tanah yang lebih sehat (McNeary 2000).

Penggunaan kompos pada lahan reklamasi pasca tambang pada umumnya diberikan dalam jumlah besar. Bendfelt *et al.* (2001) misalnya memberikannya dalam jumlah 22 ton per hektar dan Martinez *et al.* (2003) 12 ton per hektar, serta Bow *et al.* (2008) memberikannya dalam jumlah 30 ton per hektar. Jumlah yang besar ini menjadi tidak efisien, karena akan memerlukan tempat yang luas dan transportasi. Sehingga perlu adanya kompos dalam bentuk lain yang lebih praktis dan efisien, namun tidak mengurangi manfaat kompos itu sendiri.

Kompos cair, salah satu bentuk kompos dalam bentuk larutan, atau disebut juga ekstrak kompos. Ekstrak kompos ini dibuat dari campuran kotoran ternak, air, dan aditif (Diver 2002). Belum banyak informasi mengenai pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman. Namun NSOB (2004) mempostulasikan jenis kompos ini dapat memberikan mekanisme langsung respon tanaman terhadap nutrisi atau fitohormon, dan memberikan mekanisme tidak langsung yang menyangkut perubahan komposisi atau populasi mikroorganisme yang berhubungan dengan tanaman, sehingga dapat merubah sifat-sifat kimia, fisik, dan biologi rizosfer.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi kompos cair dan frekuensi pemberiannya terhadap produksi tanaman *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides* bermikoriza, serta pengaruhnya terhadap kolonisasi FMA.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di rumah kaca, Departemen Lingkungan, Tango Delta, PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, Kalimantan Timur.

Waktu yang diperlukan dalam percobaan ini adalah 56 hari, yaitu mulai awal Pebruari sampai dengan pertengahan April 2007.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tanah pucuk (top soil) yang berasal dari lahan pasca penambangan batubara PT Kaltim Prima Coal, Sengata, yang telah diketahui karakteristik fisik dan kimianya; benih rumput signal (*Brachiaria decumbens*) dan leguminosa puero (*Pueraria phaseoloides*), suspensi akar tanaman *sorghum sp.* yang terinfeksi oleh fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan kompos cair yang dibuat di lokasi percobaan.

Peralatan yang digunakan meliputi polybag (diameter 35 cm, tinggi 40 cm, kapasitas 10 kg), drum plastik kapasitas 200 L, timbangan mekanik (ohaus), timbangan digital (chyo MP 3000G – 3100 g, d=0.01 g), termometer/higrometer (thermo-hygro), lighmeter (extech 407026), compound light microscope (Meiji), blender (National MX-T1GN), film tube (bekas pembungkus film), scalpel, pinset, gelas piala kapasitas 500 mL, cawan petri, desk glass, cover glass, pipet tetes, pipet ukur kapasitas 10 mL, saringan teh, dan sarung tangan karet (medical latex examination glove), gunting rumput, sekop kecil, hand sprayer, leaf area meter (Li-Cor, model Li-3000A), dan oven.

Metode

Percobaan dilaksanakan di rumah kaca dengan menggunakan polybag kapasitas 10 kg yang dirancang secara acak lengkap dengan pola faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi kompos cair (K) untuk signal atau puero, yaitu:

K0 = konsentrasi kompos cair 0.00 %

K1 = konsentrasi kompos cair 0.25 %

K2 = konsentrasi kompos cair 0.50 %

K3 = konsentrasi kompos cair 0.75 %

K4 = konsentrasi kompos cair 1.00 %

Sedangkan faktor kedua adalah frekuensi pemberian kompos cair (F) untuk signal atau puero, yaitu:

F1 = pemberian 1 kali

F2 = pemberian 2 kali

F3 = pemberian 3 kali.

Seluruh perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga masing-masing percobaan terdapat $5 \times 3 \times 3 = 45$ unit percobaan.

Model matematis dari rancangan yang digunakan adalah:

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

dimana:

Y_{ijk} = nilai pengamatan konsentrasi kompos cair pada taraf ke- i dengan frekuensi pemberian kompos cair pada taraf ke- j dan ulangan ke- k

μ = nilai rata-rata

α_i = pengaruh perlakuan konsentrasi kompos cair ke- i

β_j = pengaruh perlakuan frekuensi pemberian kompos cair ke- j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi antara konsentrasi kompos cair ke- i pada frekuensi pemberian kompos cair ke- j

ε_{ijk} = pengaruh acak percobaan dari perlakuan konsentrasi kompos cair ke- i pada frekuensi pemberian kompos cair ke- j pada ulangan ke- k

i = 0, 1, 2, 3, 4

j = 1, 2, 3

k = 1, 2, 3

(Mattjik & Sumertajaya, 2006).

Peubah yang diukur meliputi:

1. **Berat kering tajuk (shoot)**, yaitu berat biomasa rumput signal ataupun puero yang berada di atas permukaan tanah setelah dioven pada suhu 65°C selama 48 jam. Diukur pada akhir percobaan.
2. **Berat kering akar (root)**, yaitu seluruh bagian rumput signal atau puero yang berada di bawah permukaan tanah setelah dioven pada suhu 65°C selama 48 jam. Diukur pada akhir percobaan.
3. **Kandungan nitrogen tajuk**, yaitu kadar nitrogen yang terdapat dalam tajuk tanaman.
4. **Kandungan fosfor tajuk**, yaitu kadar fosfor yang terdapat dalam tajuk tanaman.

5. **Serapan nitrogen tajuk**, yaitu banyaknya nitrogen yang terdapat dalam tajuk untuk setiap unit percobaan dengan cara mengalikan kandungan nitrogen tajuk dengan berat kering tajuk.
6. **Serapan fosfor tajuk**, yaitu banyaknya fosfor yang terdapat dalam tajuk untuk setiap unit percobaan dengan cara mengalikan kandungan fosfor tajuk dengan berat kering tajuk.
7. **Kolonisasi FMA pada akar tanaman**, yaitu persentase infeksi akar oleh FMA yang diukur dengan melihat akar yang terinfeksi melalui tehnik pewarnaan yang dikembangkan oleh Phillips & Hayman (1970) yang telah dimodifikasi (Lampiran 1 dan 2).
8. **Jumlah spora**, yaitu banyaknya spora yang berasal dari rizosfir signal dan puero yang diisolasi dengan tehnik penyaringan basah (wet sieving), dikembangkan oleh Gardemann & Nicolson (1963) yang telah dimodifikasi. Tanah yang berasal dari rizosfer akar tanaman percobaan ditimbang sebanyak 50 g, kemudian dilarutkan dalam air hingga benar-benar merata. Endapkan beberapa saat. Bagian yang tidak mengendap disaring secara bertingkat dengan menggunakan saringan 200 μm dan 38 μm . Fraksi yang tidak lolos saringan ukuran 38 μm dipindahkan ke dalam tabung sentrifus yang dicampur dengan air dan larutan gula 60 %. Selanjutnya disentrifus pada kecepatan 2400 rpm selama 30 detik. Fraksi yang tidak mengendap disaring dengan saringan ukuran 38 μm . Pada saat penyaringan dilakukan dibawah air mengalir agar bersih dari larutan gula. Kemudian dipindahkan ke dalam cawan petri dan dilihat di bawah dissecting microscope pada pembesaran 35x. Spora terlihat dihitung dengan tally counter.

Data yang telah terkumpul dianalisis dengan sidik ragam, dan untuk menjelaskan perbedaan yang terjadi diantara perlakuan, digunakan uji DMRT (Duncan multiple range test).

Pelaksanaan kegiatan

1. **Persiapan benih rumput signal dan legum puero bermikoriza.** Benih rumput signal dan legum puero yang akan digunakan dalam percobaan ini

- dilakukan penyelimutan (coating) dengan suspensi akar *sorghum sp.* bermikoriza. Teknik coating yang digunakan seperti halnya pada percobaan I.
2. **Pembuatan kompos cair.** Pembuatan kompos cair dilakukan dengan cara mencampur 10 kg kotoran sapi, 1 L bioaktivator dan air hingga volume 200 L. Bioaktivator merupakan cairan organik yang terdiri atas campuran enzim, asam amino, hormon, asam humat serta beberapa unsur mikro esensial yang dapat mengaktifkan mikroba tanah. Hasil analisis kompos cair terdiri atas unsur-unsur C 0.18 %, N 297.99 ppm, P 100.70 ppm, K 200.70 ppm, Ca 54.20 ppm, Mg 100.50 ppm, Fe 2.11 ppm, Cu tidak terdeteksi, Zn 0.53 ppm, Mn 3.75 ppm, B 80.70 ppm, S 80.70 ppm, Mo 0.02 ppm, dan pH 6.50.
 3. **Persiapan rumah kaca.** Rumah kaca dibersihkan dari kotoran, kemudian ditempatkan rak untuk penempatan polybag percobaan. Rak-rak tersebut dicuci menggunakan detergen.
 4. **Persiapan Tanah.** Tanah yang berasal dari tempat penumpukan tanah pucuk (top soil stock), Murung Dump, PT Kaltim Prima Coal diangkut ke lokasi percobaan, kemudian dikering anginkan. Selanjutnya tanah tersebut ditimbang seberat 10 kg dan dimasukkan ke dalam setiap polybag yang sudah disiapkan. Rataan kejenuhan tanah diketahui sebesar 2.52 kg. Hal ini digunakan sebagai patokan dalam aplikasi kompos cair. Hasil analisis tanah terdiri atas kemasaman tanah (pH H₂O = 5.20, pH KCl = 4.40), C-org 1.98 %, N-total 0.25 %, P (Bray I) 33.70 ppm, P (HCl 25%) 267.60 ppm, Ca 2.05 me/100 g, Mg 1.64 me/100 g, K 0.21 me/100 g, KTK 12,01 me/100 g, kejenuhan basa 34.64 %, Al 1.88 me/100 g, H 0.26 me/100 g, Fe 28.24 me/100 g, Cu 2.00 me/100 g, Zn 1.92 me/100 g, dan Mn 26.36 me/100 g. Tekstur tanah tersusun atas pasir 24.32 %, debu 28.11 % dan liat 47.57 %.
 5. **Pemberian kompos cair.** Kompos cair diberikan sebelum penanaman benih rumput signal dan legum puero. Jumlah kompos cair yang diaplikasikan sesuai perlakuan sebagaimana dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah kompos cair yang diberikan sesuai perlakuan

| Konsentrasi kompos cair | Frekuensi pemberian kompos cair*) | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-------|------|
| | F1 | F2 | F3 |
| | ----- mL ----- | | |
| K0 (0.00 %) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| K1 (0.25 %) | 3.75 | 1.875 | 1.25 |
| K2 (0.50 %) | 7.50 | 3.750 | 2.50 |
| K3 (0.75 %) | 11.25 | 5.625 | 3.75 |
| K4 (1.00 %) | 15.00 | 7.500 | 5.00 |

*) F1 = frekuensi pemberian 1 kali, diberikan pada hari ke-1; F2 = frekuensi pemberian 2 kali, diberikan pada hari ke-1 dan ke-28; F3 = frekuensi pemberian 3 kali, diberikan pada hari ke-1, ke-21, dan ke-42

Kompos cair dilarutkan dalam air hingga volume 1 500 mL, atau 60 % dari kapasitas lapang.

6. **Penanaman benih.** Benih rumput signal maupun legum puero bermikoriza disebar sebanyak 10 benih per polybag. Pada saat tanaman berumur 10 hari, dikurangi hingga berjumlah 4 tanaman per polybag.
7. **Penyiraman.** Penyiraman dilakukan setiap minggu sebanyak 1 500 mL per polybag.
8. **Pengumpulan data.** Data dari setiap peubah yang diukur dikumpulkan pada hari ke-56 setelah penanaman benih.

Hasil

Berat kering tajuk dan akar

Hasil sidik ragam pada Lampiran 4, menunjukkan bahwa pemberian kompos cair dengan konsentrasi 0.00 % hingga 1.00 % pada rumput signal menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap berat kering tajuk, namun hanya menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$) pada berat kering akar. Pada legum puero, dengan konsentrasi yang sama dengan signal, berat kering akarnya menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$), sedangkan pada berat kering tajuknya menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$).

Perlakuan frekuensi pemberian kompos cair baik pada rumput signal maupun puero menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) pada berat kering tajuk maupun berat kering akar.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa berat kering tajuk dan berat kering akar rumput signal maupun puero menggambarkan pola yang sama. Penambahan kompos cair pada konsentrasi yang semakin tinggi, dari 0.00 % sampai 1.00 % meningkatkan berat kering tajuk dan berat kering akar.

Tabel 3. Rataan berat kering tajuk dan berat kering akar rumput signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair

| Perlakuan ¹⁾ | Berat kering tajuk ²⁾ | | Berat kering akar ²⁾ | |
|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| | Signal | Puero | Signal | Puero |
| ----- g.polybag ⁻¹ ----- | | | | |
| Konsentrasi kompos cair (K) (%) | | | | |
| K0 (kontrol) | 0.77 ^b | 3.47 ^b | 0.64 ^b | 0.33 ^c |
| K1 (0.25) | 0.83 ^b | 3.50 ^b | 0.70 ^{ab} | 0.38 ^b |
| K2 (0.50) | 0.97 ^a | 4.27 ^a | 0.80 ^a | 0.42 ^{ab} |
| K3 (0.75) | 0.98 ^a | 4.35 ^a | 0.82 ^a | 0.44 ^a |
| K4 (1.00) | 0.99 ^a | 4.41 ^a | 0.80 ^a | 0.45 ^a |
| Frekuensi Pemberian (F) | | | | |
| F1 (satu kali) | 0.94 | 4.04 | 0.78 | 0.38 |
| F2 (dua kali) | 0.93 | 4.06 | 0.76 | 0.42 |
| F3 (tiga kali) | 0.86 | 3.90 | 0.72 | 0.42 |

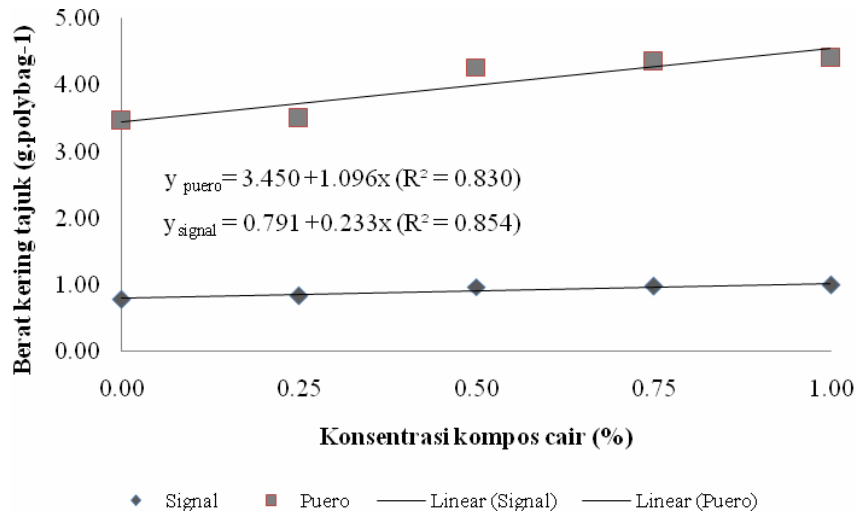
1) K0 = 0.00%, K1 0.25%, K2 = 0.50%, K3 = 0.75%, K4 = 1.00%

F1 = 1 kali pemberian. F2 = 2 kali pemberian, F3 = 3 kali pemberian

2) Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

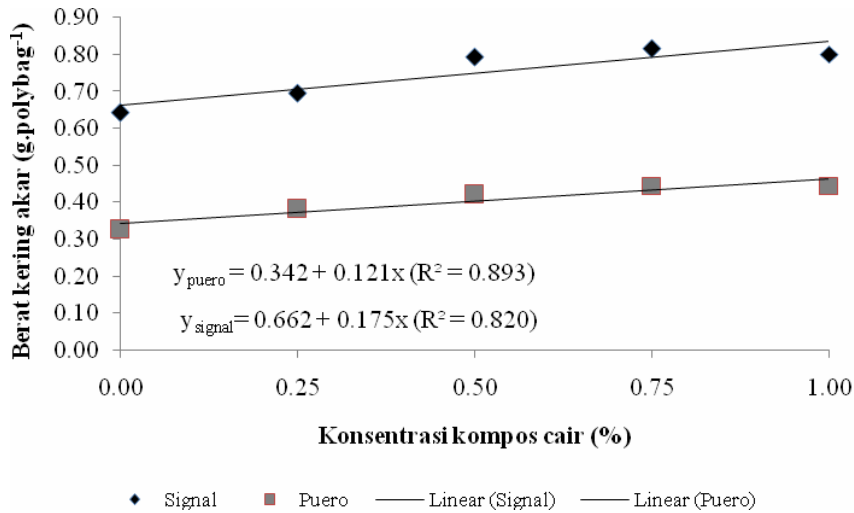
Berat kering tajuk signal maupun puero mulai nampak berbeda pada pemberian kompos cair dengan konsentrasi 0.50 % (K2). Selanjutnya dengan peningkatan konsentrasi kompos cair hingga 1.00 % tidak menunjukkan perbedaan. Peningkatan berat kering tajuk mengikuti pola linier, dimana untuk

signal adalah $\hat{y} = 0.79 + 0.23x$ ($R^2 = 0.85$) dan untuk puero adalah $\hat{y} = 3.45 + 1.10x$ ($R^2 = 0.83$) (Gambar 10).



Gambar 10. Berat kering tajuk signal dan puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda

Sama halnya dengan berat kering tajuk, berat kering akar signal dan puero meningkat nyata dengan bertambahnya konsentrasi kompos cair dari 0.00 % hingga 1.00 %. Pada signal perbedaan ini mulai nampak setelah pemberian kompos cair pada konsentrasi 0.50 %, selanjutnya meningkat tidak nyata hingga konsentrasi 1.00 %. Sedangkan pada puero perbedaan ini mulai terjadi ketika diberi kompos cair pada konsentrasi 0.25 %, selanjutnya meningkat tidak nyata hingga konsentrasi 0.50 %. Perbedaan mulai tampak lagi ketika konsentrasinya ditingkatkan menjadi 0.75 %. Apabila konsentrasinya ditingkatkan lagi menjadi 1.00 % tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Peningkatan berat kering akar mengikuti persamaan linier. Untuk signal adalah $\hat{y} = 0.66 + 0.18x$ ($R^2 = 0.82$) dan untuk puero adalah $\hat{y} = 0.34 + 0.12x$ ($R^2 = 0.89$) (Gambar 11).



Gambar 11. Berat kering akar signal dan puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda

Kandungan nitrogen dan fosfor

Perlakuan pemberian kompos cair dengan konsentrasi 0.00 % hingga 1.00 % pada rumput signal memberikan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap kandungan nitrogen dan kandungan fosfor tajuk, sedangkan pada puero hanya menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$). Perlakuan frekuensi pemberian kompos cair baik pada rumput signal maupun legum puero menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) pada kandungan nitrogen maupun fosfor tajuk (Lampiran 4).

Dalam hal kandungan nitrogen tajuk signal perbedaan yang sangat nyata mulai nampak pada saat diberikan kompos cair pada konsentrasi 0.25 %. Namun ketika ditingkatkan hingga konsentrasi 1.00 % tidak memberikan perbedaan yang nyata.

Pada puero, pemberian kompos cair dari konsentrasi 0.00 % hingga 1.00 % memberikan respon yang berbeda terhadap kandungan nitrogen tajuknya. Perbedaan kandungan nitrogen tajuk ini mulai tampak ketika diberikan kompos cair pada konsentrasi 0.50 %. Selanjutnya, dengan ditingkatkannya konsentrasi kompos cair menjadi 0.75 % tidak menunjukkan adanya perbedaan terhadap pemberian 0.50 %. Rataan kandungan nitrogen tajuk signal dan puero dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rataan kandungan nitrogen dan fosfor tajuk rumput signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair

| Perlakuan ¹⁾ | Kandungan N tajuk ²⁾ | | Kandungan P tajuk ²⁾ | |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|
| | Signal | Puero | Signal | Puero |
| ----- % ----- | | | | |
| Konsentrasi kompos cair (K) | | | | |
| K0 (kontrol) | 0.97 ^b | 2.92 ^d | 0.12 ^c | 0.15 ^c |
| K1 (0.25) | 1.04 ^a | 2.96 ^{cd} | 0.13 ^b | 0.16 ^{bc} |
| K2 (0.50) | 1.05 ^a | 3.06 ^{bc} | 0.14 ^a | 0.17 ^{ab} |
| K3 (0.75) | 1.07 ^a | 3.13 ^{ab} | 0.14 ^a | 0.18 ^a |
| K4 (1.00) | 1.08 ^a | 3.07 ^a | 0.14 ^a | 0.18 ^a |
| Frekuensi Pemberian (F) | | | | |
| F1 (satu kali) | 1.03 | 3.02 | 0.13 | 0.16 |
| F2 (dua kali) | 1.04 | 3.07 | 0.13 | 0.17 |
| F3 (tiga kali) | 1.05 | 3.00 | 0.13 | 0.18 |

1) K0 = 0.00%, K1 0.25%, K2 = 0.50%, K3 = 0.75%, K4 = 1.00%

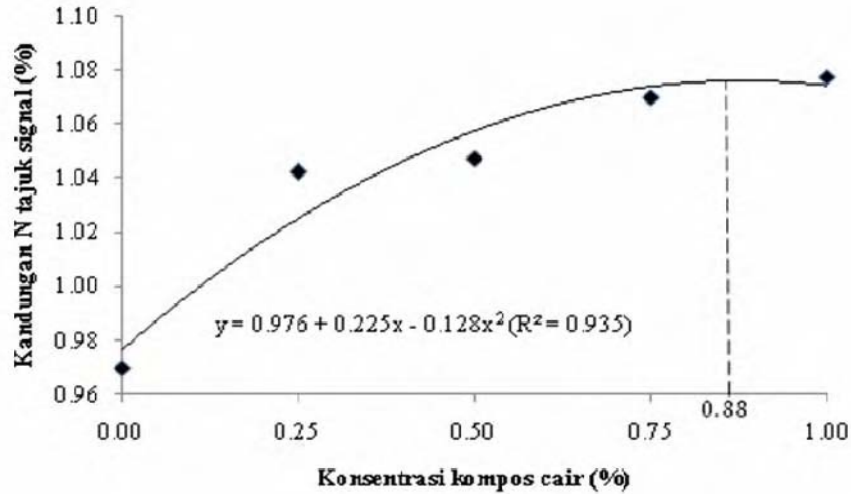
F1 = 1 kali pemberian, F2 = 2 kali pemberian, F3 = 3 kali pemberian

2) Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata (P > 0.05).

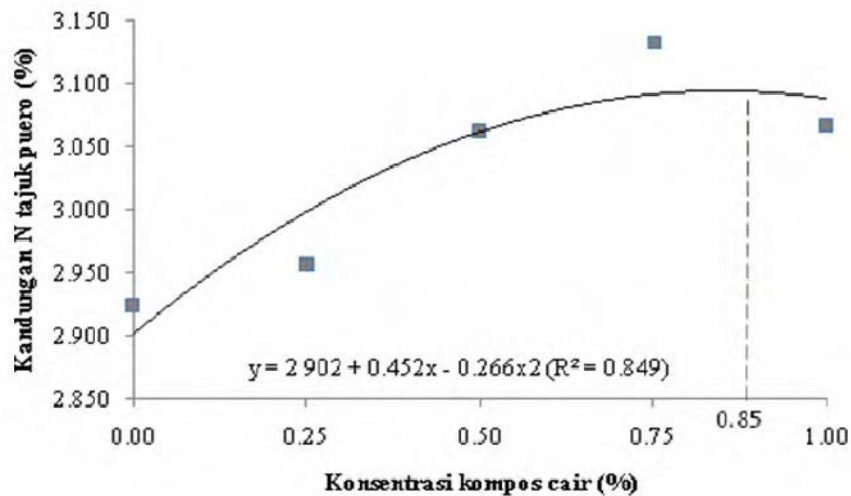
Pada signal dan puero, hubungan antara konsentrasi kompos cair dengan kandungan nitrogen tajuk membentuk pola kuadrat. Persamaan garis untuk signal adalah $\hat{y} = 0.98 + 0.23x - 0.13x^2$ ($R^2 = 0.94$). Konsentrasi kompos cair optimum diperoleh pada 0.88% (Gambar 12). Untuk puero persamaan garisnya adalah $\hat{y} = 2.90 + 0.45x - 0.27x^2$ ($R^2 = 0.85$) dengan konsentrasi kompos cair optimum adalah 0.85 % (Gambar 13).

Konsentrasi kompos cair juga berpengaruh terhadap kandungan fosfor tajuk signal. Pengaruh ini sudah terlihat pada saat diberi kompos cair pada konsentrasi 0.25 %. Selanjutnya, dengan penambahan konsentrasi kompos cair hingga 0.75 % tidak terjadi perbedaan. Perbedaan ini mulai terlihat lagi pada pemberian kompos cair dengan konsentrasi 1.00 %. Pada puero, sama seperti halnya signal, sudah mulai nampak adanya perbedaan kandungan fosfor tajuk ketika diberi kompos

cair pada konsentrasi 0.25 %. Pada peningkatan konsentrasi kompos cair 0.50 % terjadi perbedaan yang nyata dalam hal kandungan fosfor tajuk. Namun pada saat ditingkatkan lagi konsentrasinya menjadi 0.75 % sampai 1.00 % tidak nampak adanya perbedaan yang nyata (Tabel 4).

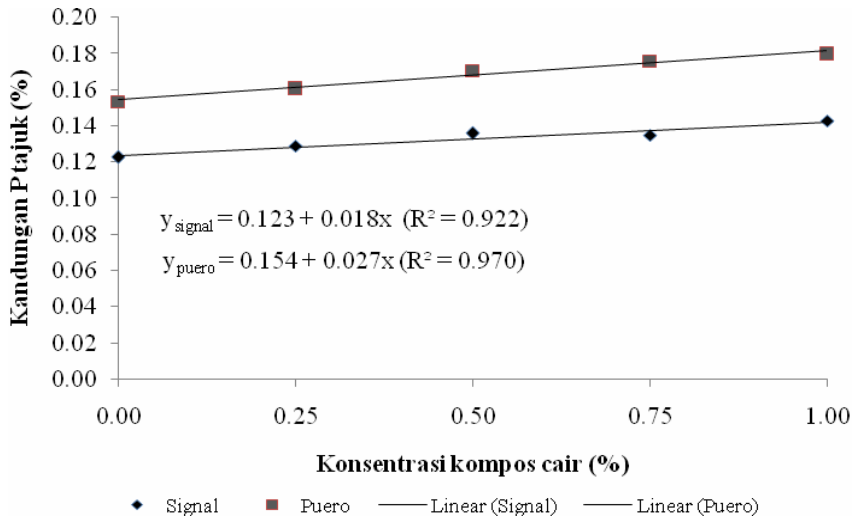


Gambar 12. Kandungan nitrogen tajuk signal pada konsentrasi kompos cair yang berbeda



Gambar 13. Kandungan nitrogen tajuk puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda

Hubungan antara konsentrasi kompos cair dengan kandungan fosfor rumput signal dan puero membentuk pola linier dengan persamaan untuk signal $\hat{y} = 0.12 + 0.02 x$ ($R^2 = 0.92$) dan untuk puero $\hat{y} = 0.15 + 0.03 x$ ($R^2 = 0.97$) (Gambar 14).



Gambar 14. Kandungan fosfor tajuk signal dan puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda

Serapan nitrogen dan fosfor

Perlakuan pemberian kompos cair dengan konsentrasi 0.00% hingga 1.00% pada rumput signal dan puero menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap serapan nitrogen tajuk dan serapan fosfor tajuk, sedangkan perlakuan frekuensi pemberian kompos cair baik pada rumput signal maupun legum puero menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) pada serapan nitrogen maupun fosfor tajuk (Lampiran 4).

Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa serapan nitrogen tajuk rumput signal dan puero memiliki pola yang sama, dimana pada pemberian kompos cair dengan konsentrasi 0.25% belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap serapan nitrogen tajuk. Namun setelah ditingkatkan konsentrasinya menjadi 0.50 %, mulai terlihat pengaruhnya. Apabila ditingkatkan lagi sampai 1.00 %, tidak terjadi perbedaan yang nyata. Dengan demikian, pemberian kompos cair pada

konsentrasi 0.50 % sudah cukup untuk meningkatkan serapan nitrogen yang tinggi.

Tabel 5. Rataan serapan nitrogen tajuk dan serapan fosfor tajuk rumput signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair

| Perlakuan ¹⁾ | Serapan N tajuk ²⁾ | | Serapan P tajuk ²⁾ | |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|
| | Signal | Puero | Signal | Puero |
| | ----- mg.polybag ⁻¹ ----- | | | |
| Konsentrasi kompos cair (K) | | | | |
| K0 (kontrol) | 7.46 ^b | 101.31 ^b | 0.95 ^b | 5.29 ^b |
| K1 (0.25) | 8.64 ^b | 104.24 ^b | 1.08 ^b | 5.58 ^b |
| K2 (0.50) | 10.17 ^a | 130.92 ^a | 1.32 ^a | 7.31 ^a |
| K3 (0.75) | 10.45 ^a | 135.78 ^a | 1.32 ^a | 7.60 ^a |
| K4 (1.00) | 10.67 ^a | 130.36 ^a | 1.42 ^a | 7.68 ^a |
| Frekuensi Pemberian (F) | | | | |
| F1 (satu kali) | 9.70 | 121.55 | 1.25 | 6.59 |
| F2 (dua kali) | 9.64 | 124.18 | 1.24 | 6.72 |
| F3 (tiga kali) | 9.09 | 115.83 | 1.15 | 6.77 |

1) K0 = 0.00%, K1 0.25%, K2 = 0.50%, K3 = 0.75%, K4 = 1.00%

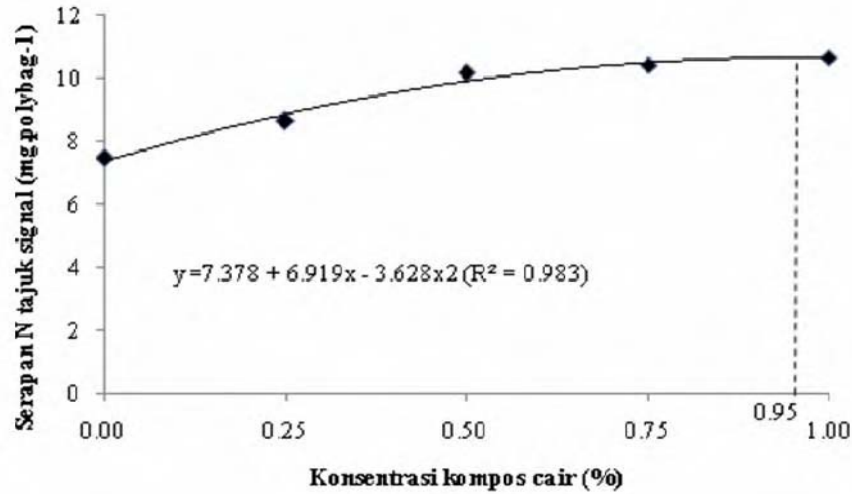
F1 = 1 kali pemberian, F2 = 2 kali pemberian, F3 = 3 kali pemberian

2) Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

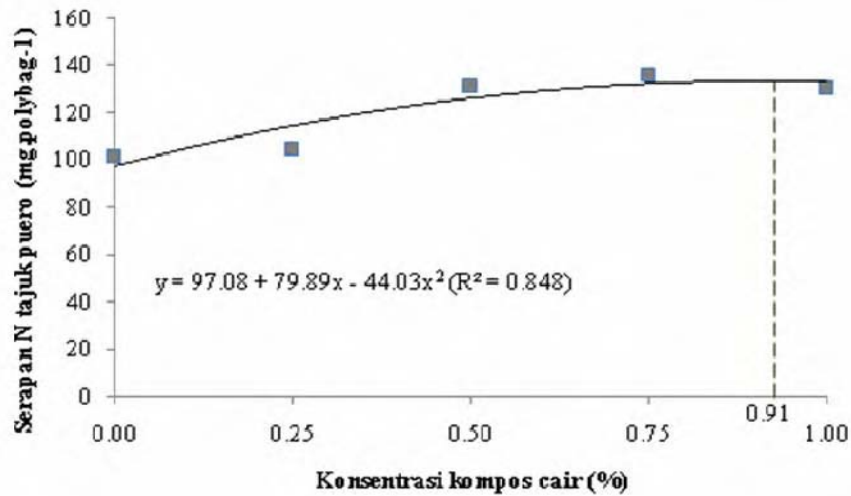
Hubungan antara konsentrasi kompos cair terhadap serapan nitrogen membentuk pola kuadrat dengan persamaan untuk signal $\hat{y} = 7.38 + 6.92x - 3.63x^2$ ($R^2 = 0.98$), dimana konsentrasi kompos cair optimum terletak pada 0.95 %. Sedangkan untuk puero $\hat{y} = 97.08 + 79.89x - 44.03x^2$ ($R^2 = 0.85$) dengan konsentrasi kompos cair optimum pada 0.91 % (Gambar 15 dan 16).

Serapan fosfor tajuk rumput signal dan puero menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$) akibat pemberian kompos cair pada konsentrasi 0.50 %. Pada konsentrasi 0.50 % hingga 1.00 % menunjukkan perbedaan yang tidak nyata.

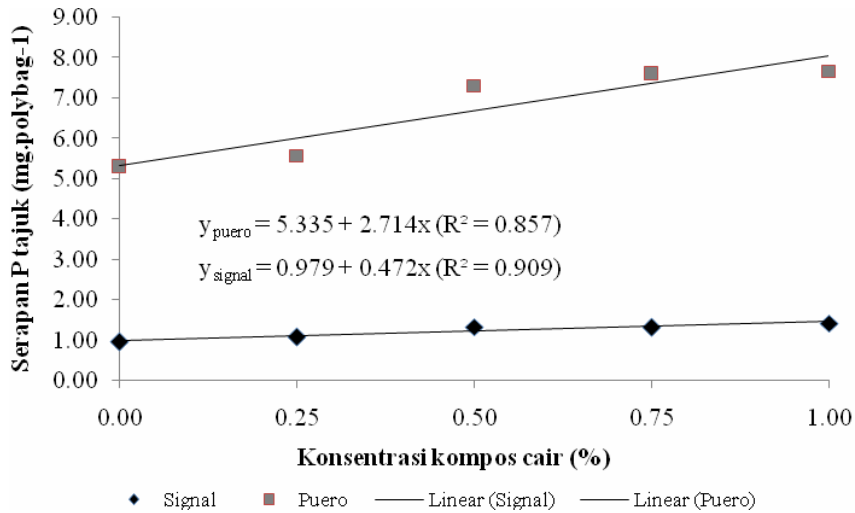
Pola yang terbentuk, baik signal maupun puero, adalah linier dengan persamaan $\hat{y} = 0.98 + 0.47x$ ($R^2 = 0.91$) untuk signal dan $\hat{y} = 5.34 + 2.71x$ ($R^2 = 0.86$) untuk puero (Gambar 17). Sehingga, dengan meningkatnya konsentrasi kompos cair maka serapan fosfor tajuk juga meningkat.



Gambar 15. Serapan nitrogen tajuk signal pada konsentrasi kompos cair yang berbeda



Gambar 16. Serapan nitrogen tajuk puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda



Gambar 17. Serapan fosfor tajuk signal dan puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda

Kolonisasi dan jumlah spora FMA

Hasil sidik ragam (Lampiran 4), menunjukkan bahwa pemberian kompos cair dengan konsentrasi 0.00 % hingga 1.00 % pada rumput signal dan puero menunjukkan perbedaan yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap kolonisasi FMA, sedangkan jumlah spora pada puero menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$) dan pada rumput signal menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$). Perlakuan frekuensi pemberian kompos cair baik pada rumput signal maupun legum puero menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) pada kolonisasi maupun jumlah spora FMA.

Dalam hal kolonisasi FMA pada rumput signal mulai menunjukkan perbedaannya setelah diberi kompos cair dengan konsentrasi 0.50 %. Kolonisasi FMA ini meningkat terus seiring ditingkatkannya konsentrasi kompos cair hingga 1.00 %. Pada puero, kolonisasi FMA mulai nampak setelah diberi kompos cair pada konsentrasi 0.25 %. Selanjutnya meningkat terus seiring ditingkatkannya konsentrasi kompos cair (Tabel 6).

Tabel 6. Rataan kolonisasi FMA dan jumlah spora di rizosfer signal dan puero (umur 56 hari setelah tanam) pada perlakuan konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair

| Perlakuan ¹⁾ | Kolonisasi FMA ²⁾ | | Jumlah spora ²⁾ | |
|-----------------------------|------------------------------|---------------------|--|--------------------|
| | Signal | Puero | Signal | Puero |
| | ----- % ----- | | ----- spora.50 g tanah ⁻¹ ----- | |
| Konsentrasi kompos cair (K) | | | | |
| K0 (kontrol) | 53.80 ^c | 63.74 ^c | 48.33 | 46.56 ^b |
| K1 (0.25) | 62.18 ^{bc} | 70.13 ^b | 53.67 | 53.78 ^a |
| K2 (0.50) | 70.50 ^{ab} | 75.04 ^{ab} | 54.33 | 57.44 ^a |
| K3 (0.75) | 73.34 ^a | 76.47 ^{ab} | 56.89 | 55.22 ^a |
| K4 (1.00) | 76.06 ^a | 80.40 ^a | 53.00 | 57.22 ^a |
| Frekuensi Pemberian (F) | | | | |
| F1 (satu kali) | 67.70 | 73.62 | 52.26 | 55.73 |
| F2 (dua kali) | 68.26 | 70.67 | 51.56 | 55.67 |
| F3 (tiga kali) | 65.58 | 75.18 | 55.91 | 50.73 |

1) K0 = 0.00%, K1 0.25%, K2 = 0.50%, K3 = 0.75%, K4 = 1.00%

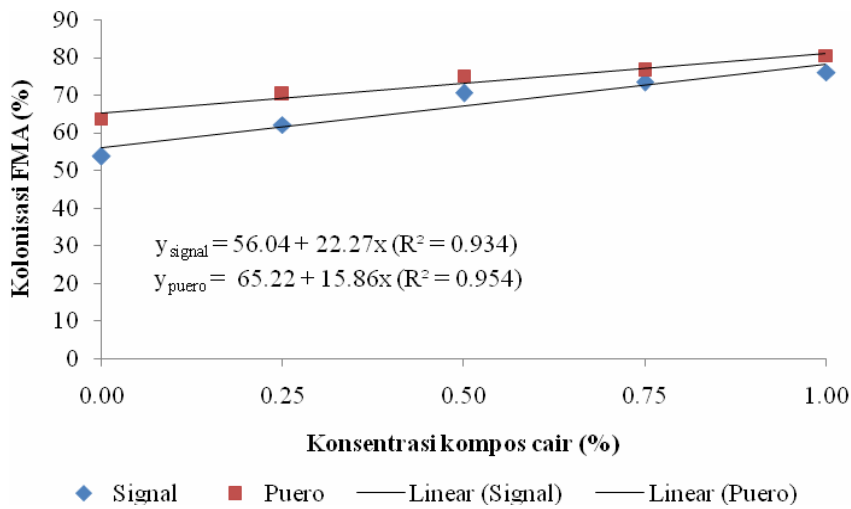
F1 = 1 kali pemberian, F2 = 2 kali pemberian, F3 = 3 kali pemberian

2) Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

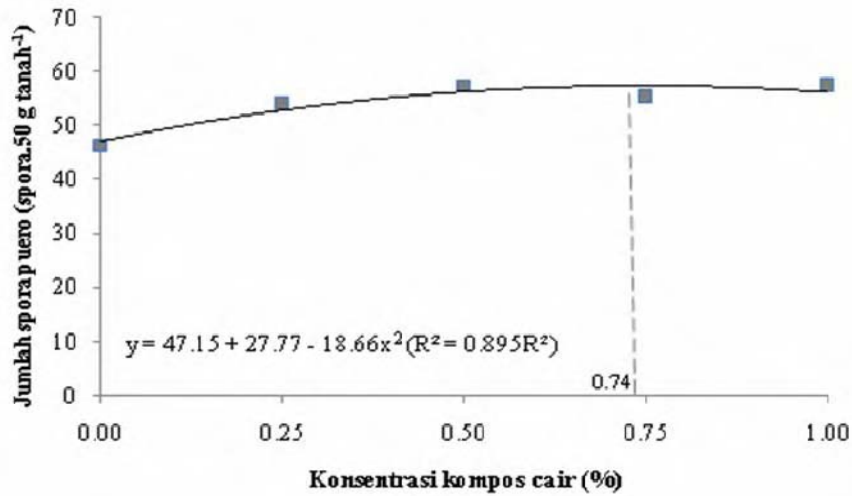
Peningkatan kolonisasi FMA pada akar signal maupun puero mengikuti pola linier. Untuk signal persamaan garisnya adalah $\hat{y} = 64.04 + 22.27x$ ($R^2 = 0.93$) dan untuk puero persamaan garisnya adalah $\hat{y} = 65.23 + 15.86x$ ($R^2 = 0.95$) (Gambar 18). Dengan demikian, pemberian kompos cair dengan konsentrasi yang semakin tinggi secara positif meningkatkan kolonisasi FMA pada signal dan puero.

Jumlah spora pada rizosfer akar signal menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) sementara puero cenderung meningkat dengan bertambahnya konsentrasi kompos cair. Pada puero pola yang terbentuk mengikuti persamaan kuadrat, yaitu $\hat{y} = 47.15 + 27.77x - 18.66x^2$ ($R^2 = 0.90$) dengan kompos cair optimum pada konsentrasi 0.74 % (Gambar 19).

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 18. Kolonisasi FMA pada akar signal dan puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda



Gambar 19. Jumlah spora pada rizosfer akar puero pada konsentrasi kompos cair yang berbeda

Pembahasan

Respon positif rumput signal maupun legum puero terhadap pemberian kompos cair menggambarkan bermanfaatnya pemberian kompos cair terhadap produksi signal dan puero. Apabila ditinjau dari hasil analisis tanah dimana tanah ini bersifat masam (pH 5.20), dengan kandungan C-organik tanah yang rendah (1.98 %), kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah (12.01) serta Ca dan Na yang rendah, besar kemungkinan belum dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang maksimal, sehingga pemberian kompos cair dapat meningkatkan produksi tanaman.

Kompos cair yang digunakan dalam percobaan ini memiliki kandungan N total 297.99 ppm, P 100.70 ppm, K 200.70 ppm. Kandungan unsur makro N dan P ini lebih tinggi bila dibandingkan standar untuk hidroponik, yaitu N total 175 ppm, P 65 dan K 400 ppm (Price & Duddles 1998). Namun setelah mengalami pengenceran dengan konsentrasi 0.25 % hingga 1.00 %, kandungannya menjadi lebih rendah, yaitu N total 0.75 ppm, P 0.25 ppm, dan K 0.50 ppm hingga N total 2.98 ppm, P 1.00 ppm, dan K 4.00 ppm. Rendahnya konsentrasi kompos cair yang digunakan dalam penelitian ini lebih ditekankan kepada pembangkitan aktivitas mikroorganisme tanah termasuk FMA.

Rosario *et al.* (2007) mengemukakan bahwa pemberian kompos pada tanah, tidak diutamakan secara langsung untuk kepentingan tanaman, namun lebih diutamakan untuk kepentingan peningkatan aktivitas bakteri dan komposisi komunitas mikroorganisme tanah. Nampaknya pemberian kompos cair pada penelitian ini juga mengikuti postulasi yang disampaikan oleh NSOB (2004) yaitu memberikan mekanisme tidak langsung yang dapat merubah komposisi dan/atau populasi mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanaman yang pada suatu ketika akan berpengaruh langsung pada tanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kolonisasi FMA pada akar tanaman signal maupun puero meningkat secara linier seiring meningkatnya konsentrasi kompos cair yang diberikan. Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan nutrisi yang tersedia di dalam tanah belum mencukupi untuk membangkitkan aktivitas FMA yang maksimum, sehingga dengan meningkatnya konsentrasi kompos cair menunjukkan respon yang positif. Meskipun demikian, tanpa pemberian kompos

cair pun, kolonisasi FMA pada akar tanaman sudah mulai aktif, namun tidak setinggi bila diberi kompos cair. Pada kondisi tanaman tidak diberi kompos cair, FMA yang diinokulasikan dalam bentuk penyelubungan benih (seed coating), terlihat aktif dan langsung mempenetrasi akar tanaman yang masih muda. Kolonisasi pada signal dan puero yang tidak diberi kompos masing-masing 53.802% dan 63.742%, sedangkan yang diberi kompos pada konsentrasi 1.00 % masing-masing 76.061 % dan 80.399 %. Celik *et al.* (2004) mengemukakan bahwa inokulasi FMA + kompos lebih efektif dalam memperbaiki sifat-sifat fisik tanah. Selain itu dapat memperbaiki status hara tanah (Caravaca *et al* 2002; Nguluve *et al.* 2004).

Pengaruh pemberian kompos cair terhadap jumlah spora berbeda antara signal dan puero. Pada signal menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) sementara pada puero menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$). Morfologi perakaran leguminosa, termasuk puero, umumnya memiliki bulu-bulu akar yang lebih sedikit dibandingkan gramineae. Pada kondisi semacam ini tanaman sangat tergantung oleh hadirnya FMA (Mosse 1981). Hadirnya FMA dalam perakaran leguminosa diharapkan dapat membantu dalam mencukupi kebutuhan fosfor eksternal. Oleh sebab itu, ketika diberi kompos cair responnya sangat positif untuk membangkitkan populasi spora di rizosfer puero. Germinasi spora dapat dipengaruhi oleh zat-zat kimia yang berasal dari perakaran tanaman dan hifa eksternal. Hifa tersebut dapat berasal dari spora indigenous ataupun dari kolonisasi akar sebelumnya yang terdapat pada tanaman yang didukung oleh adanya akar tanaman inang, eksudat akar, ataupun zat-zat volatil (Barker *et al.* 1998).

Tingginya kolonisasi FMA pada akar signal maupun puero memberikan peluang untuk meningkatkan berat kering tanaman. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa berat kering tajuk signal dan puero meningkat. Untuk signal meningkat dari $0.77 \text{ g.polybag}^{-1}$ menjadi $0.99 \text{ g.polybag}^{-1}$ ($r = 0.99$) dan untuk puero dari $3.47 \text{ g.polybag}^{-1}$ menjadi $4.41 \text{ g.polybag}^{-1}$ ($r = 0.92$). Kolonisasi FMA tidak saja merubah kuantitas mikroorganisme di rizosfer namun juga komposisinya. Hal ini akan mempengaruhi morfologi akar dan aktivitasnya, sehingga memberikan implikasi terhadap penambahan mineral dan pertumbuhan

akar maupun tajuk (Marschner 1995). Dalam penelitian ini, berat kering akar juga dipengaruhi oleh tingginya kolonisasi FMA.

Berat kering tanaman merupakan produk dari hasil fotosintesis. Tingginya berat kering pada tanaman yang terkolonisasi oleh FMA akibat efektifnya penyerapan nutrisi oleh akar tanaman yang ditranlokasikan ke seluruh bagian tanaman. Unsur hara makro seperti nitrogen dan fosfor merupakan unsur hara yang esensial dalam pertumbuhan tanaman (Terry & Ulrich 1993), karena mereka terlibat dalam proses fotosintesis, metabolisme karbohidrat, dan proses transfer energi di dalam tubuh tanaman (Buchanan *et al.* 2000), yang diimplementasikan dalam berat kering tanaman.

Dalam penelitian ini kandungan nitrogen tajuk signal maupun puero meningkat secara kuadratik dengan bertambahnya konsentrasi kompos cair yang diberikan. Untuk mendapatkan kandungan nitrogen tajuk signal yang maksimum diperoleh pada konsentrasi kompos cair 0.88 % dan untuk puero pada 0.85 %. Ditingkatkannya konsentrasi kompos cair di atas konsentrasi optimum akan diperoleh kandungan nitrogen yang lebih rendah. Pada situasi ini, meskipun kolonisasi FMA meningkat, tidak memberikan nilai manfaat bagi penambahan kandungan nitrogen tajuk (Brundrett 2004). Pada tanaman yang bermikoriza memiliki akses yang lebih besar dalam memanfaatkan sumber nitrogen organik. FMA dapat menstimulasi bakteri dekomposer untuk memperoleh nitrogen dari material organik kompleks (Hodge *et al.* 2001), yang tidak bisa diakses oleh tanaman yang tidak bermikoriza (Hawkes 2003). Pada kondisi ini infeksi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan kandungan nutrisi tanaman (Pendleton & Warren 1996).

Meningkatnya kandungan nitrogen tajuk dan berat kering tanaman akibat meningkatnya konsentrasi kompos cair memiliki konsekuensi terhadap meningkatnya serapan nitrogen tajuk. Dalam hal ini, serapan nitrogen tajuk signal maupun puero mengikuti pola kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum untuk signal adalah 0.91 % dan untuk puero adalah 0.95 %.

Fosfor merupakan komponen utama dalam membangun senyawa glukofosfat dalam respirasi dan fotosintesis serta fosfolipid yang menyusun membran sel tanaman. Sebagai sumber energi, fosfor juga berperan dalam

pembentukan nukleotida yang merupakan tulang punggung pembangun ADP (adenosin difosfat) dan ATP (adenosin trifosfat) serta komponen penyusun sel-sel baru dalam DNA (asam deoksiribonukleotida) dan RNA (asam ribonukleotida) dan koenzim seperti NADP (nikotinamid dinukleotida difosfat) (Taiz & Zeiger 2002).

Kandungan fosfor tajuk signal maupun puero pada penelitian ini meningkat secara linier seiring dengan meningkatnya konsentrasi kompos cair. Berbeda dengan nitrogen, yang sudah mulai menurun dengan ditingkatkannya konsentrasi kompos cair hingga 1.00%, pada kandungan fosfor tajuk nampaknya belum menunjukkan hal tersebut. Untuk memenuhi kandungan fosfor yang maksimum masih diperlukan peningkatan kompos cair di atas 1.00 %.

Mekanisme peningkatan konsentrasi kompos cair terhadap peningkatan kandungan fosfor pada tajuk tanaman percobaan, belum sepenuhnya dipahami. Terdapat kemungkinan adanya kerjasama antara mikroorganisme (terutama bakteri) rizosfer dengan FMA. Banyak laporan yang menyatakan bahwa aktivitas FMA sangat tergantung dengan keberadaan bakteri (Ames *et al.* 1983; Secilia & Bagyaraj 1987; Bianciotto *et al.* 1996; Walley & Germida 1996). Mikroorganisme rizosfer memperoleh sumber karbon organik berasal dari eksudat akar, namun selain tanaman leguminosa, sumber nitrogen menjadi pembatas sehingga pertumbuhan mikroorganisme menjadi tertekan (Marschner 1995). Berkurangnya populasi mikroorganisme rizosfer akan menurunkan aktivitas FMA dalam mentransfer fosfor ke dalam jaringan tanaman. Setelah mendapat kompos cair, maka terjadi penambahan nitrogen yang diperlukan oleh mikroorganisme tanah maupun FMA. Dengan demikian, transfer fosfor serta nutrisi lainnya ke dalam jaringan tanaman dapat berjalan.

Meningkatnya kandungan fosfor dalam jaringan tajuk signal dan puero mempengaruhi besarnya serapan fosfor. Hal ini ditunjukkan oleh hasil penelitian ini dimana serapan fosfor signal maupun puero meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi kompos cair.

Kesimpulan

Konsentrasi kompos cair memberikan respon positif terhadap komponen produksi seperti berat kering tajuk, kandungan nitrogen tajuk, kandungan fosfor tajuk, serapan nitrogen tajuk, serapan fosfor tajuk, serta kolonisasi FMA pada signal maupun puero. Jumlah spora hanya berpengaruh pada rizosfer puero. Kompos cair pada konsentrasi 0.50% memberikan hasil berat kering tajuk, berat kering akar, kandungan fosfor, serapan fosfor, serta kolonisasi FMA yang lebih baik pada signal maupun puero dibandingkan konsentrasi lainnya. Sedangkan kandungan nitrogen tertinggi diperoleh pada konsentrasi 0.85 – 0.88% dan serapan nitrogen tertinggi pada konsentrasi 0.91 – 0.95%. Jumlah spora puero tertinggi diperoleh pada konsentrasi 0.74%.

Frekuensi pemberian kompos cair tidak berpengaruh terhadap seluruh komponen yang diukur, begitupula interaksinya dengan konsentrasi kompos cair.

Pada percobaan berikutnya akan dilakukan pengujian dengan pola pertanaman campuran antara signal dan puero pada imbalanced yang berbeda, dimana kompos cair pada konsentrasi 0.50 % menjadi salah satu komponennya.



PRODUKSI PERTANAMAN CAMPURAN ANTARA *Brachiaria decumbens* DAN *Pueraria phaseoloides* BERMIKORIZA DENGAN PEMBERIAN KOMPOS CAIR

Mix Culture Production of Mycorrhizal Brachiaria decumbens and Pueraria phaseoloides Amended with Liquid Compost

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan produksi hijauan dalam pertanaman campuran antara rumput signal (*B. Decumbens*) dan puero (*P. Phaseoloides*) bermikoriza yang diberi kompos cair.

Percobaan dilakukan pada petak kayu berukuran 1.5 m x 1.5 m x 30 cm yang diisi tanah setempat di lahan reklamasi Sangata South East (SSE) PT Kaltim Prima Coal (KPC). Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan pola faktorial. Faktor pertama adalah campuran signal-puero padaimbangan 40 % signal + 60 % puero (C1), 50 % signal + 50 % puero (C2), dan 60 % signal + 40 % puero (C3), dan faktor kedua adalah kombinasi FMA-kompos cair pada perlakuan tanpa FMA + tanpa kompos cair (D1), FMA + tanpa kompos cair (D2), tanpa FMA + kompos cair (D3), dan FMA + kompos cair (D4). FMA diinokulasi dalam bentuk penyelubungan benih.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan campuran signal-puero berpengaruh terhadap produksi bahan kering (BK) hijauan, produksi P hijauan, jumlah spora signal ($P < 0.01$), produksi protein kasar (PK) hijauan dan jumlah spora puero ($P < 0.05$), namun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0.05$) terhadap kandungan PK signal, kandungan PK puero, kandungan serat kasar (SK) signal, kandungan (SK) puero, kandungan fosfor (P) signal, kandungan P puero, produksi SK hijauan, kolonisasi FMA signal, dan kolonisasi FMA puero. Sementara perlakuan kombinasi FMA-kompos cair memberikan pengaruh terhadap produksi BK hijauan, kandungan PK signal, kandungan SK puero, kandungan P puero, produksi PK hijauan ($P < 0.05$), kolonisasi FMA signal, dan kolonisasi FMA puero ($P < 0.01$). Tidak terjadi interaksi antara perlakuan campuran signal-puero dengan kombinasi FMA-kompos cair. Secara keseluruhan kuantitas dan kualitas produksi hijauan tertinggi diperoleh pada campuran 40 % signal + 60 % puero. Sedangkan pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair tertinggi diperoleh pada perlakuan FMA + kompos cair. Imbangan 40 % signal dan 60 % puero dapat digunakan untuk membangun pastura sebagai padang penggembalaan.

Kata kunci : *B. decumbens*, *P. phaseoloides*, pertanaman campuran, FMA, kompos cair

Abstract

The objective of the experiment was to find out the forage production from mix culture of mycorrhizal signal grass (*B. decumbens*) and puero (*P. phaseoloides*) which amended with liquid compost.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Experiment was done in wood box 1.5 m x 1.5 m x 30 cm that filled with soil from location of experiment that was at Sangatta South East PT Kaltim Prima Coal (KPC). Experiment was arranged by randomized block design with factorial. First factor was mix culture of signal-puero with ratio 40 % signal + 60 % puero (C1), 50 % signal + 50 % puero (C2), and 60 % signal + 40% puero, and second factor was combination of AMF-liquid compost, those were non AMF + non liquid compost (D1), AMF + non liquid compost (D2), non AMF + liquid compost (D3), and AMF + liquid compost (D4). AMF was inoculated by seed coating technique.

Result of this experiment showed that mix culture of signal-puero significantly different on forage dry matter production, forage P production, spore density of signal rhizosphere ($P < 0.01$), CP of forage production, and spore density of puero rhizosphere ($P < 0.05$), but not significantly different ($P > 0.05$) on signal and puero CP content, signal and puero CF content, signal and puero P content, forage CF production, signal and puero AMF colonization. Whereas, combination of AMF-liquid compost gave affect to forage dry matter production, signal CP content, puero CF content, puero P content, forage CP production ($P < 0.05$), and signal and puero AMF colonization ($P < 0.01$). There was not interaction between mix culture of signal-puero and combination of AMF-liquid compost. Generally, highest quantity and quality of forage production was achieved on mix culture of 40 % signal and 60 % puero, meanwhile combination of AMF-liquid compost was obtained on treatment AMF+liquid compost. Mix culture of 40 % signal and 60 % puero may be accepted as pasture on grazing land.

Key words : B. decumbens, P. phaseoloides, mix culture, AMF, liquid compost

Pendahuluan

Pada lahan reklamasi pasca penambangan, penanaman campuran antara rumput dan leguminosa merupakan hal yang penting. Rumput seringkali digunakan sebagai tanaman penutup tanah karena umumnya mudah beradaptasi pada areal yang sudah terganggu, toleran terhadap variasi lingkungan dan tanah, serta adanya jaminan terhadap ketersediaan benih. Sedangkan leguminosa selain dapat mempertahankan stabilitas tanah, juga dapat bersimbiosis dengan rizobia yang mampu memfiksasi nitrogen dari udara dan kemudian ditransfer ke dalam tanah. Kedua jenis tanaman ini juga dapat membangun bahan organik tanah. Dengan demikian tercipta ekosistem tanah – tanaman - ternak (Humphreys 1995; Skousen & Zipper 1996; Bundy 1998; Bellows 2001; Shrestha & Lal 2007). Perbedaan sifat tumbuh dan kualitas tipe hijauan memungkinkan untuk ditanam bersama-sama antara rumput dan legum.

Ditinjau dari sudut kepentingan pakan ternak, hadirnya legum di dalam pastura campuran memiliki pengaruh positif terhadap *output* pastura. Ternak yang merenggut legum, dibandingkan rumput, umumnya menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat (Posler *et al.* 1986; Mourinõ *et al.* 2003). Humphreys (1995) melaporkan bahwa sapi jantan muda (steer) dengan berat badan awal rata-rata 180 kg yang digembalakan selama satu tahun pada pastura campuran *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides* menghasilkan rata-rata pertambahan berat badan harian 268 g.ekor⁻¹.hari⁻¹ pada musim kemarau dan 602 g.ekor⁻¹.hari⁻¹ pada musim hujan, sementara bila digembalakan pada pastura *Brachiaria decumbens* saja menghasilkan rata-rata pertambahan berat badan harian 36 g.ekor⁻¹.hari⁻¹ pada musim kemarau dan 547 g.ekor⁻¹.hari⁻¹ pada musim hujan. Apabila ternak hanya digembalakan pada pastura legum saja terdapat kecenderungan menurunnya berat badan (Whiteman 1974).

Dalam budidaya tanaman pakan, rumput akan tumbuh lebih baik bila ditanam bersama legum dibandingkan bila ditanam secara monokultur, sementara legum yang ditanam secara monokultur pertumbuhan bagian tanaman di atas tanah lebih baik, namun perakarannya jauh lebih rendah bila dibandingkan yang ditanam bersama rumput (Wurst & Beersum 2008). Kendala yang dihadapi dalam pengelolaan leguminosa di dalam pastura adalah lambatnya pertumbuhan leguminosa dibandingkan rumput serta lebih sulitnya dalam pengelolaan maupun pemeliharaannya. Selain itu, persistensinya juga menjadi pembatas dalam perkembangannya (Burns & Standaert 1985).

Konsep pertanaman campuran antara rumput dan legum yang ideal adalah berdasarkan *output* yang berasal dari rumput dan dari leguminosa agar diperoleh keseimbangan hijauan pakan, terutama energi dari rumput serta nitrogen dan mineral dari legum (Skerman 1977; Wedin & Klopfenstein 1995). Belum ada ketentuan yang jelas mengenai proporsi legum yang tepat dalam suatu pastura, namun Whiteman (1974) menyarankan ketersediaan leguminosa sebesar 30 % – 50 % dapat memberikan pertambahan berat badan yang baik.

Percobaan ini merupakan rangkaian dari percobaan-percobaan sebelumnya, yaitu penggunaan benih bermikoriza dan kompos cair. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kombinasi perlakuan yang dapat memberikan produksi

tertinggi pada pertanaman campuran antara *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides* bermikoriza yang diberi kompos cair.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di lahan pasca penambangan batubara, Sangatta South East (SSE), PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, Kalimantan Timur.

Waktu yang diperlukan dalam penelitian ini adalah 56 hari, yaitu pada pertengahan Mei sampai dengan pertengahan Juli 2007.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kotak kayu berukuran 1,5 m x 1,5 m x 30 cm, benih rumput signal (*Brachiaria decumbens*) dan benih legum puero (*Pueraria phaseoloides*) yang telah diselimuti (coated) oleh suspensi akar *sorghum sp.* yang terinfeksi oleh fungi mikoriza arbuskula (FMA).

Peralatan yang digunakan adalah kerangka titik (kuadran) ukuran 1m x 1m, gunting rumput, kantong plastik, timbangan mekanik (ohaus), timbangan digital (chyo MP 3000G – 3100 g, d=0.01 g), compound light microscope (Meiji), dissecting microscope (Meiji-EMZ), sentrifus (Clements-2000), blender (National MX-T1GN), film tube (bekas pembungkus film), scalpel, pinset, gelas piala kapasitas 500 mL, cawan petri, desk glass, cover glass, pipet tetes, pipet ukur kapasitas 10 mL, saringan uji (test sieve : ukuran 38 μ m dan 400 μ m), saringan teh, tally counter, dan sarung tangan karet (medical latek examination glove), dan oven.

Metode

Percobaan ini merupakan lanjutan dari hasil percobaan tahap II yang diterapkan di lapangan dengan penanaman campuran antara rumput signal dan legum puero.

Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan pola faktorial. Faktor pertama adalah campuran signal dan puero (C) berdasarkan berat benih, yaitu:

$$C1 = 40 \% \text{ rumput signal} + 60 \% \text{ puero}$$

$$C2 = 50 \% \text{ rumput signal} + 50 \% \text{ puero}$$

$$C3 = 60 \% \text{ rumput signal} + 40 \% \text{ puero}$$

Faktor kedua adalah kombinasi antara FMA dan penggunaan kompos cair (D), yaitu:

$$D1 = \text{tanpa FMA dan tanpa kompos cair}$$

$$D2 = \text{FMA dan tanpa kompos cair}$$

$$D3 = \text{tanpa FMA dan kompos cair}$$

$$D4 = \text{FMA dan kompos cair}$$

Seluruh perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga masing-masing percobaan terdapat $3 \times 4 \times 3 = 36$ unit percobaan.

Model matematis dari rancangan yang digunakan adalah:

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

dimana:

Y_{ijk} = nilai pengamatan campuran signal-puero pada taraf ke-i dengan kombinasi FMA-kompos cair pada taraf ke-j dan ulangan ke-k

μ = nilai rata-rata

α_i = pengaruh perlakuan campuran signal-puero ke-i

β_j = pengaruh perlakuan kombinasi FMA-kompos cair ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi antara komposisi signal-puero ke-i pada kombinasi FMA-kompos cair ke-j

ρ_k = pengaruh kelompok (ulangan) ke-k

ε_{ijk} = pengaruh acak percobaan dari perlakuan campuran signal-puero ke-i pada kombinasi FMA-kompos cair ke-j pada ulangan ke-k

i = 0, 1, 2, 3

j = 1, 2, 3, 4

k = 1, 2, 3

(Mattjik & Sumertajaya, 2006).

Peubah yang diukur meliputi:

1. **Bahan kering hijauan**, yaitu campuran bahan kering signal dan puero yang berada dalam suatu perlakuan yang diambil dalam kuadran ukuran 1 m x 1 m.

2. **Komposisi botanis signal**, yaitu berat kering signal dalam suatu perlakuan yang diambil dalam kuadran ukuran 1 m x 1 m dibandingkan terhadap berat kering seluruh tanaman yang terdapat dalam kuadran tersebut.
3. **Komposisi botanis puero**, yaitu berat kering puero dalam suatu perlakuan yang diambil dalam kuadran ukuran 1 m x 1 m dibandingkan terhadap berat kering seluruh tanaman yang terdapat dalam kuadran tersebut.
4. **Kandungan protein kasar signal**, yaitu nilai kandungan nitrogen signal yang dianalisis dengan metode kjeldahl dikalikan dengan 6.25.
5. **Kandungan protein kasar puero**, yaitu nilai kandungan nitrogen puero yang dianalisis dengan metode kjeldahl dikalikan dengan 6.25.
6. **Kandungan serat kasar signal**, yaitu nilai kandungan serat signal setelah mengalami perlakuan asam dan basa.
7. **Kandungan serat kasar puero**, yaitu nilai kandungan serat puero setelah mengalami perlakuan asam dan basa.
8. **Kandungan fosfor signal**, yaitu kandungan fosfor signal yang dianalisis dengan AAS.
9. **Kandungan fosfor puero**, yaitu kandungan fosfor puero yang dianalisis dengan AAS
10. **Produksi protein kasar hijauan**, yaitu nilai kandungan protein kasar (%) signal dan puero dari suatu petak percobaan dikalikan dengan berat kering signal dan puero pada petak percobaan tersebut, kemudian keduanya dijumlahkan.
11. **Produksi serat kasar hijauan**, yaitu nilai kandungan serat kasar (%) signal dan puero dari suatu petak percobaan dikalikan dengan berat kering signal dan puero pada petak percobaan tersebut, kemudian keduanya dijumlahkan.
12. **Produksi fosfor hijauan**, yaitu nilai kandungan fosfor (%) signal dan puero dari suatu petak percobaan dikalikan dengan berat kering signal dan puero pada petak percobaan tersebut, kemudian keduanya dijumlahkan.
13. **Kolonisasi FMA pada akar tanaman**, yaitu persentase infeksi akar oleh FMA pada signal dan puero yang diukur dengan melihat akar yang terinfeksi melalui tehnik pewarnaan yang dikembangkan oleh Phillips & Hayman (1970) (Lampiran 1 dan 2).

14. **Jumlah spora**, yaitu banyaknya spora yang berasal dari rizosfir signal dan puero yang diisolasi dengan tehnik penyaringan basah (wet sieving), dikembangkan oleh Gardemann & Nicholson (1963) yang telah dimodifikasi. Tanah yang berasal dari rizosfer akar tanaman percobaan ditimbang sebanyak 50 g, kemudian dilarutkan dalam air hingga benar-benar merata. Endapkan beberapa saat. Bagian yang tidak mengendap disaring secara bertingkat dengan menggunakan saringan 200 μm dan 38 μm . Fraksi yang tidak lolos saringan ukuran 38 μm dipindahkan ke dalam tabung sentrifus yang dicampur dengan air dan larutan gula 60 %. Selanjutnya disentrifus pada kecepatan 2400 rpm selama 30 detik. Fraksi yang tidak mengendap disaring dengan saringan ukuran 38 μm . Pada saat penyaringan dilakukan dibawah air mengalir agar bersih dari larutan gula. Kemudian dipindahkan ke dalam cawan petri dan dilihat di bawah dissecting microscope pada pembesaran 35x. Spora terlihat dihitung dengan tally counter.

Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam, dan untuk menjelaskan perbedaan diantara perlakuan digunakan uji DMRT (Duncan multiple range test).

Pelaksanaan kegiatan

1. **Persiapan petak percobaan.** Lahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah lahan hasil reklamasi tahun 2001. Lahan tersebut kemudian diukur dengan panjang 30 m dan lebar 10 m, kemudian dibersihkan hingga permukaan tanah. Selanjutnya ditempatkan petak-petak percobaan, setiap petak berukuran 1.5 m x 1.5 m x 30 cm sebanyak 36 petak. Setiap petak diberi kode, sebagai penanda dari perlakuan dan ulangnya. Jarak antar petak berukuran 1 m. Petak- petak tersebut disusun dalam 3 blok (ulangan), setiap blok terdiri atas 12 petak sesuai dengan perlakuan.
2. **Pengisian tanah pada petak percobaan.** Tanah yang digunakan berasal dari lokasi tempat penyusunan petak-petak percobaan, yang diisi pada setiap petak dengan tinggi 20 cm. Kondisi tanah pada lokasi percobaan memiliki sifat masam dengan pH (H_2O) 5.20, C-organik 1.40 %, N-total 0.10 %, P Bray I 1.70 ppm., P HCl 25% 28.60 ppm., Ca 1.73 me/100 g, Mg 1.96 me/100 g, K

0.25 me/100 g, Na 0.63 me/100 g, 22.80 me/100 g, kejenuhan basa 20.00 %, Al 3.60 me/100 g, H 0.34 me/100 g, Fe 10.48 me/100 g, Cu 47.32 me/100 g, Zn 53.96 me/100 g, Mn 1.88 me/100 g. Tekstur tanah tersusun atas pasir 31.34 %, debu 12.74 %, dan 55.92 %.

3. **Persiapan benih.** Benih rumput signal dan legum puero ditimbang sesuai dengan perlakuan campuran komposisi rumput-legum. Untuk perlakuan C1 = 18 g.petak⁻¹, C2 = 18.75 g.petak⁻¹, dan C3 = 19.50 g.petak⁻¹. Masing-masing perlakuan berjumlah 12 unit yang terbagi atas 6 unit diperlakukan dengan penyelubungan (coating) dengan suspensi akar bermikoriza dan 6 unit lainnya siap disebar di petak percobaan.
4. **Pemberian kompos cair.** Kompos cair diencerkan dengan air sesuai dengan konsentrasi yang diperoleh dari hasil percobaan tahap II, yaitu 0.50 % dengan frekuensi pemberian 1 kali, yaitu 100 mL dalam 20 L air per petak. Diberikan sebelum penebaran benih.
5. **Pemeliharaan.** Pemeliharaan dalam hal ini meliputi penyiraman dan penyiangan tanaman pengganggu. Penyiraman dilakukan setiap 3 hari, pada pagi hari, dengan volume 20 L per petak. Penyiangan dilakukan setiap minggu.
6. **Produksi hijauan.** Setelah umur 56 hari, tajuk tanaman dipotong di atas permukaan tanah. Tanaman yang dipotong adalah tanaman yang terdapat dalam kuadran ukuran 1 m x 1m. Kemudian dipisahkan antara signal dan puero. Masing-masing jenis tanaman ditimbang berat segarnya, untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam oven pada suhu 65 °C selama 48 jam. Hasilnya adalah berat kering signal dan puero pada setiap perlakuan dan ulangan. Untuk keperluan analisis protein kasar, serat kasar dan fosfor, berat kering tanaman tersebut diblender hingga halus, dan di analisis di Laboratorium Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, IPB.
7. **Pengumpulan data.** Setelah tanaman berumur 56 hari dilakukan pengumpulan data sesuai dengan peubah yang diukur.

Hasil

Bahan kering hijauan

Hasil sidik ragam berdasarkan perlakuan campuran rumput signal-puero dan perlakuan kombinasi FMA-kompos cair menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap bahan kering hijauan, sedangkan interaksi keduanya menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$) (Lampiran 5).

Pada Tabel 7 dijelaskan bahwa campuran rumput signal-puero denganimbangan 60% rumput signal + 40 % puero (C1) menghasilkan rata-rata bahan kering hijauan tertinggi, yaitu 139.85 g.m^{-2} . Perlakuan tersebut berbeda sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap perlakuan lainnya (C2 dan C3). Pada kombinasi FMA-kompos cair, rata-rata bahan kering tertinggi diperoleh pada perlakuan FMA-kompos cair (D4) yang berbeda terhadap ketiga perlakuan lainnya. Produksi bahan kering terendah diperoleh pada perlakuan tanpa FMA-tanpa kompos cair (D1).

Tabel 7. Rataan bahan kering hijauan pada perlakuan campuran rumput signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair

| Perlakuan | Bahan kering hijauan (g.m^{-2}) ³⁾ |
|---|--|
| Campuran signal-puero ¹⁾ | |
| C1 | 139.85 ^a |
| C2 | 125.02 ^b |
| C3 | 117.91 ^b |
| Kombinasi FMA-kompos cair ²⁾ | |
| D1 | 117.25 ^c |
| D2 | 134.86 ^{ab} |
| D3 | 121.10 ^{bc} |
| D4 | 137.16 ^a |

¹⁾ C1= 40 % rumput signal + 60 % puero, C2= 50 % rumput signal + 50 % puero, C3= 60 % rumput signal + 40 % puero.

²⁾ D1= tanpa FMA dan tanpa kompos cair, D2= FMA dan tanpa kompos cair, D3= tanpa FMA dan kompos cair, D4= FMA dan kompos cair.

³⁾ Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama ke arah kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

Komposisi botanis

Dalam hal komposisi botanis rumput signal maupun legum puero, perlakuan campuran rumput signal-puero menunjukkan pengaruh yang sangat nyata, sedangkan perlakuan kombinasi FMA-kompos cair memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0.05$) terhadap komposisi botanis, namun tidak menunjukkan pengaruh interaksi kedua faktor perlakuan yang dicobakan ($P > 0.05$) (Lampiran 5).

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa komposisi botanis rumput signal tertinggi diperoleh pada campuran 60 % rumput signal + 40 % puero (C3), yaitu 55.08 %, dan menurun seiring dengan menurunnya persentase rumput signal dalam campuran. Sedangkan pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair, komposisi botanis rumput signal tertinggi diperoleh pada perlakuan FMA + kompos cair (D4), yaitu 53.97%, selanjutnya menurun dengan perbedaan perlakuan yang tidak diberi FMA atau tidak diberi kompos cair serta kombinasinya.

Tabel 8. Rataan komposisi botanis rumput signal dan puero pada perlakuan campuran rumput signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair

| Perlakuan | Komposisi botanis (%) ³⁾ | |
|---|-------------------------------------|---------------------|
| | Signal | Puero |
| Campuran signal-puero ¹⁾ | | |
| C1 | 35.66 ^b | 64.34 ^a |
| C2 | 45.13 ^{ab} | 54.88 ^b |
| C3 | 55.08 ^a | 44.92 ^c |
| Kombinasi FMA-kompos cair ²⁾ | | |
| D1 | 35.29 ^c | 64.71 ^a |
| D2 | 48.53 ^{ab} | 51.47 ^{bc} |
| D3 | 43.35 ^{bc} | 56.65 ^{ab} |
| D4 | 53.97 ^a | 46.03 ^c |

¹⁾ C1= 40 % rumput signal + 60 % puero, C2= 50 % rumput signal + 50 % puero, C3= 60 % rumput signal + 40 % puero.

²⁾ D1= tanpa FMA dan tanpa kompos cair, D2= FMA dan tanpa kompos cair, D3= tanpa FMA dan kompos cair, D4= FMA dan kompos cair.

³⁾ Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama ke arah kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

Berbeda dengan rumput signal, pada puero nilai komposisi botanisnya menurun sangat nyata ($P < 0.05$) dengan menurunnya persentase puero dalam campuran. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan 40 % signal + 60 % puero (C1), yaitu 64.34 %. Pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair nampak adanya penurunan secara nyata dengan diberikannya kompos cair.

Kandungan protein kasar, serat kasar, dan fosfor

Sidik ragam pada Lampiran 5 menjelaskan bahwa perlakuan campuran rumput signal-puero menunjukkan pengaruh yang tidak nyata ($P > 0.05$) terhadap kandungan protein kasar, serat kasar, dan fosfor pada rumput signal maupun puero. Pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair menunjukkan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0.01$) terhadap kandungan protein kasar puero dan memberikan pengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap kandungan protein kasar signal, serat kasar dan fosfor puero, namun tidak memberikan pengaruh yang nyata ($P > 0.05$) terhadap kandungan serat kasar dan fosfor signal. Antara perlakuan campuran rumput signal dan perlakuan kombinasi FMA kompos cair tidak terlihat adanya pengaruh interaksi antara perlakuan campuran signal-puero dengan kombinasi FMA-kompos cair.

Rataan kandungan protein kasar, serat kasar, serta fosfor pada rumput signal dan puero sebagaimana tertera pada Tabel 9 menjelaskan bahwa pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair, kandungan protein kasar rumput signal maupun puero tertinggi diperoleh pada perlakuan pemberian FMA dan kompos cair (D4) dan terendah diperoleh pada perlakuan tanpa FMA dan tanpa kompos cair (D1). Dalam hal kandungan serat kasar, pengaruh perlakuan kombinasi FMA-kompos cair hanya terjadi pada legum puero, dimana kandungan serat kasar tertinggi diperoleh pada perlakuan tanpa FMA dan tanpa kompos cair (D1) dan terendah terjadi pada perlakuan pemberian FMA dan kompos cair (D4). Begitu juga dalam hal kandungan fosfor, perlakuan kombinasi FMA-kompos cair hanya berpengaruh pada legum puero, dimana kandungan fosfor tertinggi diperoleh pada perlakuan FMA dan kompos cair (D4) dan terendah diperoleh pada perlakuan tanpa FMA dan tanpa kompos cair.

Tabel 9. Rataan kandungan protein kasar, serat kasar, dan fosfor signal dan puero pada perlakuan campuran signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair

| Perlakuan | Protein kasar ³⁾ | | Serat kasar ³⁾ | | Fosfor ³⁾ | |
|---|-----------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| | signal | puero | signal | puero | signal | puero |
| | ----- % ----- | | | | | |
| Campuran signal-puero ¹⁾ | | | | | | |
| C1 | 6.54 | 16.26 | 36.24 | 32.22 | 0.13 | 0.21 |
| C2 | 6.40 | 16.29 | 37.75 | 32.45 | 0.13 | 0.22 |
| C3 | 6.14 | 16.70 | 37.59 | 31.64 | 0.12 | 0.22 |
| Kombinasi FMA-kompos cair ²⁾ | | | | | | |
| D1 | 5.69 ^b | 14.83 ^c | 37.77 | 33.30 ^a | 0.12 | 0.20 ^b |
| D2 | 6.41 ^{ab} | 16.44 ^b | 37.25 | 32.37 ^{ab} | 0.13 | 0.22 ^{ab} |
| D3 | 6.07 ^b | 15.68 ^{bc} | 36.89 | 32.18 ^{ab} | 0.13 | 0.22 ^{ab} |
| D4 | 7.27 ^a | 18.72 ^a | 36.87 | 30.56 ^b | 0.13 | 0.23 ^a |

¹⁾ C1= 40 % signal + 60 % puero, C2= 50 % signal + 50 % puero, C3= 60 % signal + 40 % puero.

²⁾ D1= tanpa FMA dan tanpa kompos cair, D2= FMA dan tanpa kompos cair, D3= tanpa FMA dan kompos cair, D4= FMA dan kompos cair.

³⁾ Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama ke arah kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

Produksi protein kasar, serat kasar, dan fosfor

Produksi protein kasar, serat kasar, dan fosfor hijauan campuran, merupakan implementasi dari kandungan protein kasar, serat kasar, dan fosfor signal dan puero yang didasarkan kepada produksi bahan keringnya. Sidik ragam yang tertera pada Lampiran 5, menjelaskan bahwa produksi protein kasar dan fosfor hijauan sangat nyata ($P < 0.01$) dipengaruhi oleh perlakuan campuran signal-puero, sedangkan kombinasi FMA-kompos cair hanya berpengaruh nyata ($P < 0.05$), terhadap produksi protein kasar. Campuran signal-puero tidak memberikan pengaruh terhadap produksi serat kasar hijauan. Begitupula kombinasi FMA-kompos cair tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($P > 0.05$) terhadap

produksi serat kasar dan fosfor hijauan. Tidak terjadi interaksi antara perlakuan campuran signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair.

Pada Tabel 10 dijelaskan bahwa produksi protein kasar hijauan tertinggi diperoleh pada perlakuan 40 % signal + 60 % puero (C1), yaitu 17.53 g.m⁻², selanjutnya menurun sangat nyata dengan meningkatnya komposisi signal dalam campuran tersebut. Sementara itu, pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair, protein kasar hijauan tertinggi diperoleh pada perlakuan FMA dan kompos cair (D4), yaitu 17.12 g.m⁻², yang berbeda nyata terhadap perlakuan D1 dan D3.

Produksi fosfor hijauan tertinggi diperoleh pada perlakuan 40 % signal + 60 % puero (C1), yaitu 254.06 mg.m⁻², yang menurun seiring menurunnya komposisi puero dalam campuran. Namun demikian, antara perlakuan C1 dan C2 menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$), begitupula perlakuan C2 terhadap C3.

Tabel 10. Rataan produksi protein kasar, serat kasar, dan fosfor hijauan pada perlakuan campuran signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair

| Perlakuan | Protein kasar (g.m ⁻²) | Serat kasar (g.m ⁻²) | Fosfor (mg.m ⁻²) |
|---|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| Campuran signal-puero ¹⁾ | | | |
| C1 | 17.53 ^a | 46.34 | 254.07 ^a |
| C2 | 14.71 ^b | 43.63 | 224.04 ^{ab} |
| C3 | 12.85 ^b | 41.22 | 193.74 ^b |
| Kombinasi FMA-kompos cair ²⁾ | | | |
| D1 | 13.72 ^b | 40.92 | 207.63 |
| D2 | 15.28 ^{ab} | 45.92 | 228.39 |
| D3 | 14.00 ^b | 41.47 | 217.47 |
| D4 | 17.12 ^a | 46.60 | 242.29 |

¹⁾ C1= 40 % signal + 60 % puero, C2= 50 % signal + 50 % puero, C3= 60 % signal + 40 % puero.

²⁾ D1= tanpa FMA dan tanpa kompos cair, D2= FMA dan tanpa kompos cair, D3= tanpa FMA dan kompos cair, D4= FMA dan kompos cair.

³⁾ Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama ke arah kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

Kolonisasi dan jumlah spora FMA

Persentase kolonisasi FMA pada rumput signal dan legum puero sangat dipengaruhi oleh perlakuan kombinasi FMA-kompos cair ($P < 0.01$), namun tidak dipengaruhi oleh perlakuan campuran signal-puero maupun interaksinya (Lampiran 5).

Rataan persentase kolonisasi FMA signal dan puero tertinggi dicapai pada perlakuan kombinasi FMA dan kompos cair (D4), masing-masing 66.79 % dan 69.16 %. Antara perlakuan D2 dan D3 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, namun berbeda nyata terhadap perlakuan D1 (Tabel 11).

Jumlah spora pada signal maupun puero sangat dipengaruhi oleh campuran signal-puero maupun kombinasi FMA-kompos cair, namun keduanya tidak saling mempengaruhi (lampiran 5).

Pada rizosfer signal, jumlah spora pada campuran 40 % signal + 60 % puero (C1) berbeda sangat nyata dibandingkan kedua perlakuannya (C2 dan C3). Pada perlakuan tersebut dihasilkan jumlah spora tertinggi, yaitu 70.42 spora.50g tanah⁻¹.

Pada rizosfer puero, perlakuan campuran 40 % signal + 60 % puero (C1) menghasilkan rata-rata jumlah spora tertinggi, yaitu 97.00 spora.50 g tanah⁻¹, dibandingkan kedua campuran lainnya. Meskipun demikian, antara perlakuan C2 dan C3 tidak berbeda.

Terdapat perbedaan yang sangat nyata pada perlakuan FMA-kompos cair terhadap kolonisasi FMA pada signal maupun puero dan terhadap jumlah spora pada rizosfer signal maupun puero. Terdapat dinamika yang berbeda diantara perlakuan yang dicobakan. Untuk kolonisasi akar signal dan puero, polanya hampir sama, dimana perlakuan D1 (tanpa FMA dan tanpa kompos cair) memberikan kolonisasi FMA yang terendah, sementara perlakuan D4 (FMA dan kompos cair) memberikan kolonisasi FMA tertinggi. Perlakuan D2 dan D3 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Dalam hal jumlah spora, perlakuan FMA-kompos cair memberikan respon yang berbeda antara signal dan puero dalam suatu pertanaman campuran. Namun demikian, jumlah spora terendah, baik signal maupun puero terdapat pada perlakuan tanpa FMA dan tanpa kompos cair (D1) dan tertinggi diperoleh pada perlakuan pemberian FMA dan kompos cair.

Tabel 11. Rataan kolonisasi FMA dan jumlah spora signal dan puero pada perlakuan campuran signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair

| Perlakuan | Kolonisasi FMA (%) ³⁾ | | Jumlah spora (spora.50 g tanah ⁻¹) ³⁾ | |
|---|----------------------------------|--------------------|--|---------------------|
| | Signal | Puero | Signal | Puero |
| Campuran signal-puero ¹⁾ | | | | |
| C1 | 53.17 | 56.88 | 70.42 ^a | 97.00 ^a |
| C2 | 54.65 | 53.23 | 59.50 ^b | 82.17 ^b |
| C3 | 54.74 | 55.81 | 53.25 ^b | 83.33 ^b |
| Kombinasi FMA-kompos cair ²⁾ | | | | |
| D1 | 37.91 ^c | 41.65 ^c | 41.67 ^c | 65.67 ^c |
| D2 | 51.72 ^b | 52.39 ^b | 53.56 ^c | 81.11 ^b |
| D3 | 60.31 ^{ab} | 58.03 ^b | 68.33 ^b | 95.22 ^a |
| D4 | 66.79 ^a | 69.16 ^a | 80.67 ^a | 108.00 ^a |

¹⁾ C1= 40 % signal + 60 % puero, C2= 50 % signal + 50 % puero, C3= 60 % signal + 40 % puero.

²⁾ D1= tanpa FMA dan tanpa kompos cair, D2= FMA dan tanpa kompos cair, D3= tanpa FMA dan kompos cair, D4= FMA dan kompos cair.

³⁾ Angka rata-rata yang didampingi superskrip yang sama ke arah kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

Pembahasan

Campuran signal-puero

Perlakuan campuran signal-puero memberikan pengaruh terhadap produksi bahan kering hijauan, komposisi botanis signal, komposisi botanis puero, produksi protein kasar hijauan, produksi fosfor hijauan, jumlah spora signal, dan jumlah spora puero, namun tidak memberikan pengaruh terhadap kandungan protein kasar, serat kasar, fosfor, produksi serat kasar hijauan, dan kolonisasi FMA pada akar signal maupun puero.

Semakin tinggi proporsi puero dalam pertanaman campuran yang dicerminkan oleh tingginya komposisi botanis puero, cenderung memberikan hasil bahan kering yang lebih tinggi. Pada kondisi ini nampaknya puero memberikan sumbangan bahan kering yang relatif lebih tinggi dibandingkan

signal. Diketahui kandungan bahan kering legum lebih tinggi daripada rumput, dimana kandungan bahan kering puero pada pertumbuhan vegetatif dapat mencapai 26.0 % sementara rumput signal pada awal pembungaan 21.0 % (Hartadi *et al.* 1980; FAO 2002).

Dalam hal produksi protein kasar, tingginya proporsi puero di dalam pertanaman campuran mempengaruhi produksi protein kasar hijauan yang dihasilkan. Perbedaan kandungan protein kasar pada kedua jenis tanaman tersebut cukup tinggi. Pada umumnya, kandungan protein kasar legum lebih tinggi dibandingkan rumput (Nelson & Moser 1994). Kandungan protein kasar signal pada penelitian ini adalah 6.36 % (6.14 % - 6.54 %) dan puero adalah 16.41% (16.26 % - 16.70%). Nilai ini lebih rendah dibandingkan laporan Hartadi *et al.* (1980) dimana kandungan protein kasar signal adalah 7.00 % dan puero adalah 17.40 %. Oleh sebab itu, tingginya proporsi legum dalam suatu pertanaman campuran akan menghasilkan protein kasar hijauan yang lebih tinggi dibandingkan proporsi legum yang rendah.

Produksi fosfor hijauan pada pertanaman campuran sangat dipengaruhi oleh proporsi signal dan puero. Pada komposisi puero yang lebih tinggi (60 %) menghasilkan fosfor yang tinggi, yaitu 254.07 mg.m⁻². Produksi fosfor hijauan ini menurun seiring dengan menurunnya komposisi puero (40 %), yaitu 193.74 mg.m⁻². Tanaman legum memiliki kandungan fosfor yang lebih tinggi dibandingkan rumput (Norton & Poppi 1995) sehingga pada tanaman campuran dimana proporsi legum lebih tinggi akan menghasilkan fosfor hijauan yang tinggi. Pada penelitian ini kandungan fosfor puero 0.22 % (0.21 % - 0.22 %) lebih rendah dari laporan Hartadi *et al.* (1980) yaitu 0.23 %, namun lebih tinggi dibandingkan laporan Lukiwati (1996) yang diberi FMA yaitu 0.17 %. Sedangkan pada signal 0.13 % (0.12 % - 0.13 %) lebih rendah dari laporan Hartadi *et al.* (1980) yaitu 0.17 %.

Perlakuan campuran signal-puero juga mempengaruhi jumlah spora FMA. Dari percobaan ini diketahui bahwa jumlah spora pada rizosfer akar puero lebih tinggi dibandingkan signal. Namun, meningkatnya proporsi puero dalam campuran, jumlah spora pada rizosfer akar signal juga meningkat secara nyata. Dengan demikian, semakin tinggi komposisi puero, semakin tinggi pula jumlah

spora FMA yang terdapat dalam rizosfer akar kedua jenis tanaman tersebut. Pada penelitian ini nampak adanya hubungan antar tanaman, dimana puero memegang peranan penting dalam jumlah spora FMA yang terdapat pada signal. Hal ini karena puero mampu menyediakan nitrogen hasil fiksasi nodul akar ke lingkungannya sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman disekitarnya maupun FMA untuk membangun dinding selnya (Bethlenfalvay 1992). Oleh sebab itu, keberadaan puero pada pertanaman campuran ini memegang peranan penting dalam stimulasi pengkayaan populasi spora, walaupun tidak memberikan pengaruh terhadap kolonisasi FMA pada akar kedua jenis tanaman dalam pertanaman campuran.

Kombinasi FMA-kompos cair

Pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair menunjukkan adanya pengaruh terhadap berat kering hijauan, komposisi botanis signal dan puero, kandungan protein kasar signal dan puero, kandungan serat kasar puero, kandungan fosfor puero, produksi protein kasar hijauan, kolonisasi FMA akar signal dan puero, dan jumlah spora signal dan puero, namun tidak berpengaruh terhadap kandungan serat kasar signal, kandungan fosfor signal, produksi serat kasar dan produksi fosfor hijauan.

Inokulasi FMA nampak lebih berperan dalam produksi bahan kering hijauan. Tanaman bermikoriza, apakah diberi kompos cair atau tidak, menghasilkan bahan kering yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak diinokulasi dengan FMA, baik yang diberi kompos cair ataupun tidak. Namun demikian, tanaman yang tidak bermikoriza bila diberi kompos cair menunjukkan produksi bahan kering yang lebih tinggi dibandingkan yang tidak diberi kompos cair.

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa kandungan beberapa unsur makro seperti C, N, dan P adalah rendah. Pada kondisi ini tanaman ataupun FMA kurang memberikan respon. Namun bila diberi kompos cair, terjadi peningkatan produksi bahan kering yang lebih baik. Pada kondisi ini terlihat bahwa kompos cair dapat memacu pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi sehingga dihasilkan bahan kering tanaman yang tinggi. Kandungan nutrisi yang terdapat dalam kompos cair

nampaknya ikut memacu pertumbuhan mikroorganisme tanah. Diketahui bahwa mikroorganisme tanah dapat menstimulasi aktivitas FMA, sehingga FMA yang diinokulasi melalui benih maupun indigenous dapat terpacu aktivitasnya untuk mentransfer beberapa nutrisi penting bagi tanaman dengan harapan mendapat C-organik yang berasal dari eksudat akar tanaman.

Untuk aktivitasnya, selain C yang berasal dari tanaman, FMA juga memerlukan unsur N dan P (Smith & Read 1997; Ning Cumming 2001; Turk *et al.* 2006). Unsur P yang diperlukan oleh FMA tidak boleh terlalu tinggi karena akan menurunkan kemampuan FMA dalam mentransfer nutrisi untuk tanaman (Olsson *et al.* 2006). Menurut Swift (2003) kandungan P terbaik untuk FMA adalah 50 ppm, lebih dari itu akan mengganggu perkembangan FMA. Apabila kebutuhan nutrisinya telah terpenuhi, FMA akan melakukan aktivitasnya untuk berasosiasi dengan tanaman inang sehingga diperoleh hubungan mutualistik (Brundrett 2004).

Asosiasi antara FMA dengan tanaman inang seringkali dikaitkan dengan hubungannya dalam transfer P dan N oleh FMA ke tanaman inang (Lekberg & Koide 2005; Oimet *et al.* 1996). Pada rumput signal dalam percobaan ini tidak nampak adanya pengaruh kolonisasi FMA terhadap penambahan kandungan fosfor tajuk tanaman. Namun terlihat nyata terhadap penambahan N yang diimplementasikan dalam bentuk protein kasar.

Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa kompos cair berpengaruh terhadap kolonisasi FMA maupun jumlah spora. Pada tanaman yang tidak diinokulasi dengan FMA (D1) kolonisasi maupun jumlah sporanya lebih rendah bila dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi FMA (D2). Namun bila dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinokulasi dengan FMA tetapi diberi kompos cair (D3), kolonisasi FMA dan jumlah sporanya pada perlakuan D2 lebih rendah. Selanjutnya, bila perlakuan D3 dibandingkan dengan tanaman yang diinokulasi FMA dan diberi kompos cair (D4), kolonisasi FMA dan jumlah sporanya lebih rendah. Dengan demikian, kolonisasi FMA maupun jumlah spora dipengaruhi oleh aplikasi kompos cair. Menurut Ibibjijen *et al.* (1996), FMA dapat meningkatkan kolonisasi, bahan kering, dan N tanaman. Namun bila

dibandingkan dengan tanaman non-mikoriza yang diberi sumber N dari luar, hasilnya menjadi lebih rendah.

Kesimpulan

Pertanaman campuran antara signal (*Brachiaria decumbens*) dengan puero (*Pueraria phaseoloides*) memberikan respon yang berbeda berdasarkan komposisi campurannya. Komposisi terbaik ditinjau dari produksi bahan kering hijauan, komposisi botanis, produksi protein kasar hijauan, produksi fosfor hijauan, serta jumlah spora terdapat pada komposisi campuran 40 % signal + 60 % puero.

Pada perlakuan kombinasi FMA-kompos cair ditinjau dari produksi bahan kering hijauan, komposisi botanis, kandungan protein kasar signal, kandungan protein kasar puero, kandungan serat kasar puero, kandungan fosfor puero, produksi protein kasar hijauan, produksi fosfor hijauan, kolonisasi FMA pada akar tanaman, dan jumlah spora menunjukkan bahwa perlakuan yang menggunakan FMA dan kompos cair lebih baik dibandingkan yang tidak diberi kompos cair.

Untuk percobaan selanjutnya dalam memanfaatkan lahan reklamasi pasca penambangan batubara sebagai pastura dapat digunakan campuran signal-puero dengan imbang 40 % signal dan 60 % puero.



PRODUKSI TERNAK DI PASTURA CAMPURAN *Brachiaria decumbens* DAN *Pueraria phaseoloides* PADA LAHAN REKLAMASI TAMBANG BATUBARA

Animal Production in Mix Pasture of Brachiaria decumbens and Pueraria phaseoloides at Coal Mining Reclamation Land

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan tekanan injakan optimum di pastura campuran *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* pada lahan reklamasi tambang batubara.

Percobaan dilaksanakan di lahan reklamasi tambang batubara Sangatta South East (SSE), PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, Kalimantan Timur. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok sederhana yang terdiri atas 5 perlakuan tekanan injakan, yaitu $12.56 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$ (G1), $19.63 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$ (G2), $28.26 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$ (G3), $38.47 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$ (G4), dan $50.24 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$ (G5). Luas penggembalaan per hari tersebut setara dengan panjang tali pengikat ternak, berturut-turut 2.0 m, 2.5 m, 3.0 m, 3.5 m, dan 4.0 m. Seluruh perlakuan diulang 3 kali. Metode penggembalaan adalah sistem rotasi yang dimodifikasi dengan menggunakan tali pengikat ternak. Satu periode rotasi 30 hari. Pada percobaan ini dilakukan 3 periode rotasi.

Hasil percobaan menunjukkan adanya pergeseran komposisi botanis sebelum dan setelah penggembalaan, dimana komposisi botanis signal menurun 5.29 % sampai 32.35 % sesuai dengan menurunnya perlakuan tekanan injakan, puero meningkat dari 5.04 % sampai 30.41 %, sedangkan gulma meningkat dari 10.48 % hingga 186.88 % seiring dengan menurunnya tekanan injakan. Bahan kering yang dihasilkan pada percobaan ini berkisar antara $193.32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ sampai dengan $310.53 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ dengan rata-rata $235.39 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ atau $2.35 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{bulan}^{-1}$. Merupakan potensi yang besar untuk padang penggembalaan. Konsumsi bahan kering maksimum dicapai pada panjang tali 3.32 m atau pada luas areal penggembalaan $34.61 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$, sedangkan pertambahan berat badan maksimum diperoleh pada panjang tali optimum 3.51 m (luas areal penggembalaan $38.69 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$) dengan pertambahan berat badan rata-rata $562.75 \text{ g} \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$.

Kata kunci : tekanan injakan, rataan pertambahan berat badan harian, komposisi botanis

Abstract

The objective of the experiment was to find out the the optimum stocking rate in mix pasture of B. decumbens and P. phaseoloides at coal mining land reclamation, Sangatta South East, PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sengata, East Kalimantan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

The experiment was arranged by randomized block design that consisted of 5 stocking rate treatments, those were $12.56 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$ (G1), $19.63 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$ (G2), $28.26 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$ (G3), $38.47 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$ (G4), and $50.24 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$ (G5). Those areas was equal to length of tether rope of 2.0 m, 2.5 m, 3.0 m, 3.5 m, and 4.0 m, respectively. Each treatment was replicate for three times. Rotation system that used was modifying with tether. Each rotation period was 30 days of three-rotation period.

Result of this experiment showed that has change in botanical composition before and after grazing, where botanical composition for signal grass decrease 5.29 % to 32.35 % with light stocking rate, puero increase from 5.04 % to 30.41 %, and weeds increase from 10.48 % to 186.88 % with decrease of stocking rate. Dry matter yield in this experiment was 193.32 to 310.53 $\text{g}.\text{m}^{-2}$ with average 235.39 $\text{g}.\text{m}^{-2}$ or 2.35 $\text{ton}.\text{ha}^{-1}.\text{month}^{-1}$. It was potential for grazing land. Maximum dry matter consumption achieved on length of optimum tether rope of 3.32 m or grazing area $34.61 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$, whereas maximum average daily weight gain obtained 562.75 $\text{g}.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$ on length of optimum tether rope of 3.51 m (grazing area $38.69 \text{ m}^2.\text{animal}^{-1}.\text{day}^{-1}$).

Key word: stocking rate, average daily weight gain, botanical composition

Pendahuluan

Penggembalaan ternak di lahan reklamasi pasca penambangan tidak semudah di padang rumput alam atau pastura yang memang diperuntukan bagi penggembalaan. Tanah buangan (mine spoil) dalam program reklamasi lahan tambang memiliki struktur yang belum stabil dan ekosistem tanah yang belum sepenuhnya pulih. Sehingga untuk mengembangkan ternak di lahan pasca penambangan memerlukan pengelolaan yang sangat hati-hati agar tidak terjadi kompaksi tanah dan erosi.

Produksi ternak di suatu pastura merupakan implementasi dari jumlah ternak yang digembalakan dan daya dukung hijauan yang berada dalam pastura tersebut. Namun bukan hanya produktivitas hijauan saja yang menjadi pembatas, interaksi antara ternak dan pastura seperti waktu penggembalaan, kecepatan mengunyah, dan ukuran yang disenggut juga memerlukan perhatian (Gordon 2000; Sanderson *et al.* 2006). Kondisi ini akan memberikan gambaran terhadap pengelolaan pastura dengan cara mengatur jumlah ternak dalam suatu periode tertentu agar diperoleh produksi ternak yang maksimum tanpa mengganggu

kesinambungan produksi hijauan yang mendukungnya (Hart & Carpenter 2001; Pratt & Rasmussen 2001).

Tekanan injakan (jumlah ternak per luasan lahan atau luasan lahan per jumlah ternak) merupakan faktor yang penting dalam hal pengelolaan penggembalaan. Hal ini akan menentukan persistensi pastura, produktivitas dan penampilan ternak. Apabila tekanan injakan terlalu tinggi maka produksi per ekor ternak akan rendah, selain itu akan terjadi erosi dan kemungkinan invasi spesies gulma. Sebaliknya bila tekanan injakan terlalu rendah maka produksi ternak per ekor akan tinggi namun produksi ternak per hektar menjadi rendah, komposisi botanisnya akan berubah, sehingga paddock tersebut akan didominasi oleh tanaman yang kurang disukai oleh ternak. Pada jangka panjang akan menurunkan produksi ternak sekaligus menurunkan daya dukung pastura tersebut. Dengan demikian, perlu ada pengaturan agar diperoleh suatu tekanan injakan optimum dimana produksi ternak per ekor maupun per hektar mencapai maksimum sementara daya dukung pastura dapat berkesinambungan (Galt *et al.* 2000; Rayburn & Barao 2002; Manske 2004).

Pada lahan reklamasi pasca tambang, pengamatan terhadap komposisi botanis serta estimasi kapasitas tampung perlu dilakukan. Hal ini digunakan untuk memprediksi besarnya tekanan injakan agar diperoleh keseimbangan antara penampilan ternak dan kelestarian sumberdaya hijauan yang mendukungnya (Nielsen 1997; Holl 2002).

Penelitian ini adalah percobaan tahap keempat yang merupakan implementasi dari percobaan-percobaan sebelumnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya tekanan injakan oleh sapi jantan muda peranakan Brahman pada pastura campuran *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides* pada lahan reklamasi pasca penambangan batubara. Hasil dari percobaan ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan sapi potong di lahan reklamasi pasca penambangan batubara.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu

Percobaan dilaksanakan di lahan pasca penambangan batubara, Sangatta South East (SSE), PT Kaltim Prima Coal (KPC), Sangatta, Kalimantan Timur. Lahan yang digunakan adalah lahan hasil reklamasi yang tahun 2001.

Waktu yang diperlukan dalam percobaan ini adalah 90 hari, yaitu pada awal Nopember 2007 sampai dengan akhir Januari 2008.

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih rumput signal (*Brachiaria decumbens*), benih legum puero (*Pueraria phaseoloides*), Pupuk NPK, sapi peranakan Brahman jantan umur 18 - 24 bulan sebanyak 15 ekor, dedak, dan kompos cair.

Peralatan yang digunakan meliputi mesin pemotong rumput, mobil tanki air, kandang sapi, ember plastik, sekop, cangkul, sabit, gunting rumput, selang air, water tower, tiang kayu (tonggak) panjang 1.50 m, tali plastik, ring besi diameter 10 cm, timbangan sapi (Iconix-Fx1, 12 v DC 100 mA), timbangan gantung kapasitas 50 kg, timbangan mekanik, timbangan analitik, kerangka titik (kuadran) ukuran 1 m x 1 m, dan kantong plastik.

Metode

Percobaan ini merupakan lanjutan dari hasil percobaan tahap III, yaitu pastura dengan campuran 40% rumput signal + 60% puero. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok sederhana yang terdiri atas 5 perlakuan tekanan injakan per ekor ternak, sebagaimana dijelaskan pada Tabel 12.

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 15 unit percobaan (paddock).

Model matematis dari rancangan yang digunakan adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Dimana:

Y_{ij} = nilai pengamatan perlakuan luas lahan per ekor ternak ke-i dan pada

kelompok ke -j

μ = nilai rata-rata

τ_i = pengaruh perlakuan luas lahan per ekor ternak ke-i

β_j = pengaruh kelompok ke-j

ε_{ij} = pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan pada kelompok ke-j

i = 1, 2, 3, 4, 5

j = 1, 2, 3

(Mattjik & Sumertajaya, 2006).

Tabel 12. Rancangan percobaan tekanan penggembalaan berdasarkan luas penggembalaan

| Perlakuan | Panjang tali (m) | Luas/hari (m ² .ekor ⁻¹) | Luas/30 hari (m ² .ekor ⁻¹) | Tekanan penggembalaan (ekor.ha ⁻¹ .30 hari ⁻¹) ¹⁾ | Tekanan penggembalaan (ST.ha ⁻¹ .30 hari ⁻¹) ²⁾ |
|-----------|------------------|---|--|---|---|
| G1 | 2.0 | 12.56 | 367.8 | 27.16 | 8.44 |
| G2 | 2.5 | 19.63 | 588.9 | 16.99 | 5.28 |
| G3 | 3.0 | 28.26 | 847.8 | 11.81 | 3.67 |
| G4 | 3.5 | 38.47 | 1 154.1 | 8.66 | 2.69 |
| G5 | 4.0 | 50.24 | 1 507.2 | 6.62 | 2.06 |

¹⁾ Berat badan rata-rata per ekor = 124.31 kg

²⁾ 1 ST (satuan ternak) = ternak jantan dengan berat badan 400 kg

Peubah yang diukur meliputi :

1. **Frekuensi relatif**, yaitu persentase suatu spesies terhadap seluruh spesies tanaman yang terdapat dalam seluruh lahan percobaan. Pengambilan sampel digunakan kuadran 1 m x 1 m, kemudian dihitung jumlah individu dalam masing-masing spesies yang ditemukan. Setiap paddock diambil 5 titik secara acak, sehingga seluruhnya terdapat 75 titik pengamatan.
2. **Komposisi botanis**, yaitu berat kering masing-masing spesies tanaman (signal, puero, dan gulma) pada akhir percobaan dalam 1 m x 1 m dibandingkan terhadap berat kering seluruh spesies dalam kuadran tersebut dan dikali 100 %. Setiap paddock diambil 3 titik pengambilan sampel.

3. **Sprouting rate signal (laju pembentukan tunas baru)**, yaitu jumlah anakan yang baru muncul pada rumput signal dibagi seluruh anakan rumput signal yang terdapat dalam kuadran 1 m x 1 m. Pengamatan dilakukan pada akhir percobaan, dan masing-masing paddock diambil 3 titik.
4. **Berat kering hijauan**, yaitu berat segar hijauan dalam 1 m x 1 m yang diambil di luar paddock yang umurnya sama, kemudian ditimbang dan di cacah sepanjang 3 - 5 cm dan dicampur secara merata, selanjutnya diambil 200 g untuk dimasukkan ke dalam oven pada suhu 65 °C selama 48 jam. Hijauan hasil oven ditimbang. Setiap paddock diambil 3 titik pengambilan sampel.
5. **Konsumsi bahan kering hijauan**, yaitu selisih antara berat kering hijauan sebelum digembalakan dan sesudah digembalakan.
6. **Pertambahan berat badan ternak harian**, yaitu selisih antara pertambahan berat badan akhir dan berat badan awal dibagi jumlah hari percobaan.

Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam, dan untuk menjelaskan perbedaan diantara perlakuan digunakan uji DMRT (Duncan multiple range test).

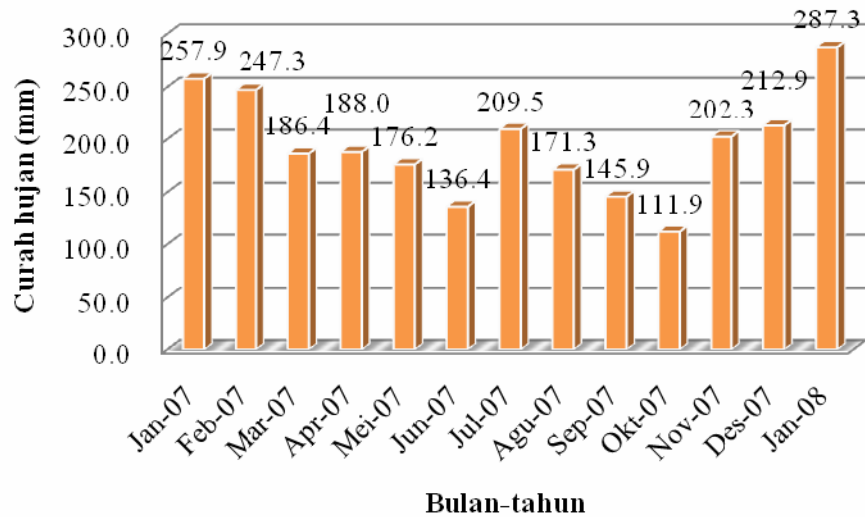
Untuk mengetahui adanya logam berbahaya yang potensial meracuni ternak dan manusia akibat aktivitas penambangan batubara, maka dilakukan juga pengujian terhadap kandungan kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) pada tanaman utama sebagai pakan ternak dari pastura percobaan serta daging dan organ tubuh ternak lainnya.

Pelaksanaan kegiatan

1. **Lahan percobaan.** Lahan percobaan terdiri atas tanaman campuran antara rumput *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* dengan komposisi terbaik hasil percobaan tahap III, yaitu 40 % signal + 60 % puero atau 40 kg signal + 40 kg puero per ha. Luas masing-masing paddock ini disesuaikan dengan panjang tali pengikat, yang didasarkan pada produksi hijauan hasil percobaan III. Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa kondisi tanah yang digunakan memiliki sifat masam dengan pH (H₂O) 5.10, kandungan C-organik 1.17 %, N-total 0.09 %, P Bray I 8.88 ppm., P HCl 25% 28.60 %, Ca 0.89 me/100 g,

Mg 4.71 me/100 g, K 0.20 me/100 g, Na 0.17 me/100 g, KTK 7.73 me/100 g, kejenuhan basa 77.20 %, Al 1.16 me/100 g, H 0.24 me/100 g, Fe 19.84 me/100 g, Cu 20.00 me/100 g, Zn 21.80 me/100 g, dan Mn 8.72 me/100 g. Tekstur tanah tersusun atas pasir 36.18 %, debu 27.22 %, dan liat 36.60 %. Denah lokasi percobaan dapat dilihat pada Lampiran 6.

2. **Curah hujan.** Rataan curah hujan diperoleh dari 14 stasiun pengamatan di areal tambang PT KPC. Rataan curah hujan tahunan pada tahun 2007 adalah 245.7 mm dengan rata-rata bulanan 187.15 mm (min. 111.88 – max. 257.87). Curah hujan pada bulan Januari 2008 adalah 287.3 mm. Rataan curah hujan pada tahun 2007 dan pada bulan Januari 2008 dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Rataan curah hujan pada tahun 2007 dan bulan Januari 2008.

3. **Pemupukan dan kompos cair.** Pupuk dasar yang digunakan adalah NPK (16-16-16) sebanyak 200 kg.ha⁻¹, yang disebar di atas permukaan tanah. Kompos cair diberikan secara disiram dengan konsentrasi 1.00 % atau 100 L kompos cair dalam 10.000 L air per hektar.
4. **Metode Pengembalaan.** Pengembalaan dilakukan secara rotasi (rotational grazing) yang dimodifikasi dengan cara diikat menggunakan tali. Panjang tali pengikat merupakan implementasi dari luas areal pengembalaan per hari. Dengan demikian tekanan injakan didasarkan kepada luas areal per ekor ternak. Lama pengembalaan dalam plot percobaan (paddock) adalah 30 hari.

Pengambilan data dilakukan selama 90 hari sehingga diperoleh 3 rotasi. Teknik penggembalaan secara rotasi dalam percobaan ini dapat dilihat pada Lampiran 7.

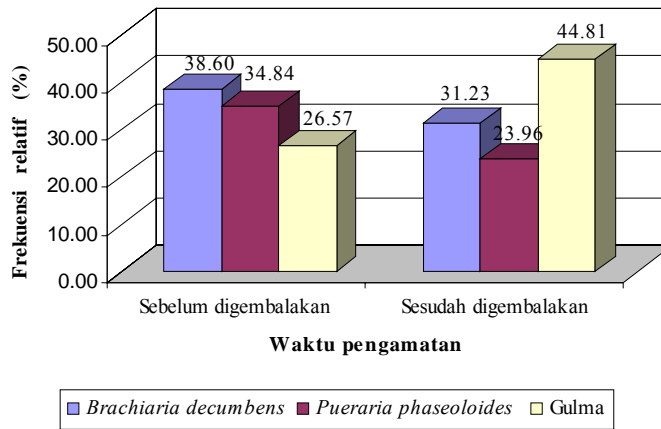
5. **Umur tanaman.** Umur tanaman pada penggembalaan pertama adalah 60 hari dan berikutnya pada rotasi 30 hari.
6. **Ternak.** Ternak yang digunakan dalam percobaan ini adalah 15 ekor sapi peranakan Brahman jantan umur 18 – 24 bulan dengan berat badan rata-rata 124.31 kg (102.00 kg – 145.00 kg, SD = 11.11).
7. **Waktu penggembalaan.** Penggembalaan dilakukan selama 7 jam secara terus menerus antara jam 9 pagi hingga jam 16 sore. Selanjutnya ternak dikandangkan.
8. **Pemeliharaan.** Pada jam 7 pagi ternak dimandikan, kemudian diberi dedak masing-masing 1 kg dan minum. Pada sore hari, setelah ternak digembalakan, diberi minum secara ad libitum.
9. **Kandang.** Lokasi kandang berdekatan secara langsung dengan lahan percobaan untuk memudahkan pengawasan. Kandang dibuat dengan tipe komunal pada sistem *tail to tail* yang dilengkapi tempat pakan konsentrat.
10. **Pakan.** Selain hijauan yang berasal dari lahan penggembalaan, ternak juga diberi dedak sebanyak 1 kg per ekor per hari.
11. **Penimbangan berat badan.** Berat badan ternak ditimbang pada awal percobaan, yaitu sehari sebelum digembalakan, yang ditimbang pada sore hari. Penimbangan berat badan selanjutnya dilakukan setiap minggu, pada sore hari antara jam 16 hingga jam 17. Setiap kali setelah penimbangan, ternak langsung dimasukkan ke dalam kandang.

Hasil

Frekuensi relatif

Secara umum pastura dalam percobaan ini memiliki keragaman jenis tanaman yang cukup tinggi. Kondisi ini terlihat pada frekuensi relatif antara signal, puero, dan gulma sebelum digembalakan dan setelah digembalakan, dimana frekuensi relatif signal dan puero lebih rendah dari yang diharapkan tumbuh. Komposisi signal dan puero setelah dilakukan penggembalaan juga

semakin menurun bila dibandingkan gulma (Gambar 21). Gulma yang teridentifikasi di pastura percobaan terdapat 16 spesies (Tabel 13).



Gambar 21. Frekuensi relatif antara signal, puero dan gulma pada pastura percobaan sebelum dan sesudah digembalakan

Tabel 13. Jenis-jenis gulma dan frekuensi relatifnya yang terdapat di pastura percobaan

| No. | Spesies | Frekuensi relatif (%) | |
|-----|---|-----------------------|-----------------------|
| | | Sebelum penggembalaan | Sesudah penggembalaan |
| 1 | <i>Acrosticbun aureum</i> | 0.60 | 1.23 |
| 2 | <i>Ageratum conyzoides</i> | 1.42 | 0.00 |
| 3 | <i>Axonopus compressus</i> | 1.36 | 1.47 |
| 4 | <i>Casia seamea</i> | 0.00 | 1.31 |
| 5 | <i>Centrosema pubescens</i> | 0.49 | 0.00 |
| 6 | <i>Cyperus aromaticus</i> | 2.99 | 4.99 |
| 7 | <i>Cyperus rotundus</i> | 5.39 | 10.06 |
| 8 | <i>Dicranopteris linearis</i> (<i>Gleichemia linearis</i>) | 0.44 | 0.00 |
| 9 | <i>Fimbristylis acuminata</i> | 2.56 | 2.13 |
| 10 | <i>Imperata cylindrica</i> | 2.23 | 3.92 |
| 11 | <i>Melastoma malabathricum</i> | 2.29 | 5.72 |
| 12 | <i>Mikania cordata</i> | 2.01 | 3.84 |
| 13 | <i>Paspalum dilatatum</i> | 2.99 | 1.14 |
| 14 | <i>Pillanthus emblica</i> | 1.03 | 0.98 |
| 15 | <i>Scleria sumatrensis</i> | 0.11 | 7.52 |
| 16 | <i>Sellagenela sp.</i> | 0.65 | 0.49 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Komposisi botanis

Berdasarkan hasil sidik ragam (Lampiran 8) menunjukkan bahwa komposisi botanis signal dan puero sebelum digembalakan memberikan pengaruh yang tidak nyata ($P > 0.05$) akibat perlakuan tekanan injakan yang berbeda, namun memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0.05$) pada gulma. Komposisi botanis gulma tertinggi diperoleh pada perlakuan G4 (panjang tali 3.5 m atau pada luas $38.47 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$), yaitu 21.578 %, yang berbeda terhadap perlakuan lainnya. Selanjutnya, setelah dilakukan penggembalaan hanya pada signal yang menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$), sedangkan puero dan gulma menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$). komposisi botanis tertinggi diperoleh pada perlakuan G1 (panjang tali 2.0 m atau luas $12.56 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$) yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan G2, namun berbeda nyata terhadap perlakuan G3, G4, dan G5 (Tabel 14).

Tabel 14. Rataan komposisi botanis signal, puero, dan gulma sebelum dan sesudah digembalakan pada perlakuan tekanan injakan

| Perlakuan | Komposisi botanis | | | | | |
|-----------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | Sebelum digembalakan | | | Sesudah digembalakan | | |
| | Signal | Puero | Gulma | Signal | Puero | Gulma |
| | ----- % ----- | | | | | |
| G1 | 59.18 | 21.10 | 19.72 ^{ab} | 56.05 ^a | 22.16 | 21.79 |
| G2 | 62.54 | 28.02 | 9.44 ^c | 52.20 ^a | 23.07 | 24.73 |
| G3 | 55.17 | 31.40 | 13.44 ^{abc} | 42.39 ^b | 21.85 | 35.76 |
| G4 | 57.33 | 21.09 | 21.58 ^a | 38.78 ^b | 20.59 | 40.63 |
| G5 | 59.95 | 26.93 | 13.13 ^{bc} | 42.84 ^b | 19.51 | 37.65 |

Keterangan:

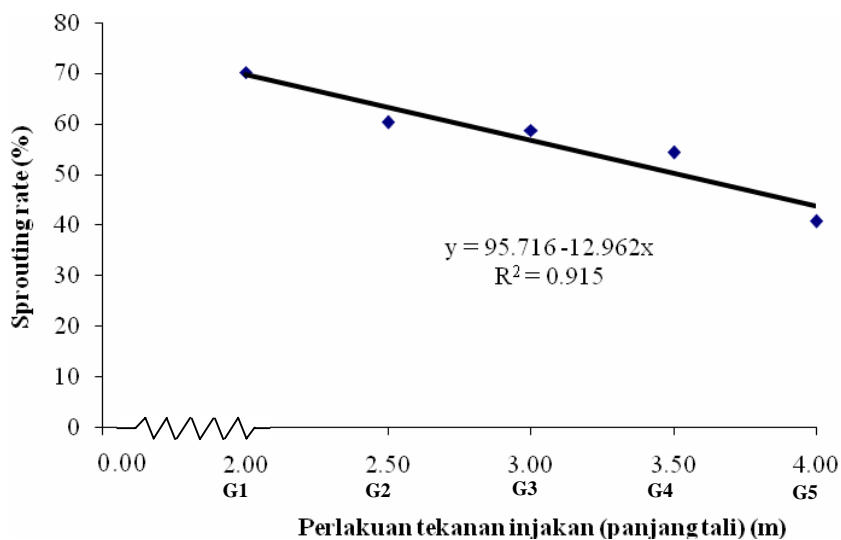
*)Angka yang didampingi superskrip yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

G1 = panjang tali 2.0 m, G2 = panjang tali 2.5 m, G3 = panjang tali 3.0 m, G4 panjang tali 3.5 m, G5 = panjang tali 4.0 m.

Sprouting rate (laju pembentukan tunas baru)

Tingginya komposisi botanis signal yang terjadi pada perlakuan G1 sesudah digembalakan, juga didukung oleh sprouting rate signal yang tinggi. Hasil sidik

ragam pada Lampiran 8 menunjukkan terjadinya perbedaan yang nyata ($P < 0.05$) pada sprouting rate signal akibat perlakuan tekanan injakan yang berbeda. Pola yang terbentuk adalah linier dengan persamaan $\hat{y} = 95.72 - 12.96x$ ($R^2 = 0.92$). Pada pola tersebut terjadi penurunan sprouting rate yang nyata dengan semakin rendahnya tekanan injakan atau semakin luasnya areal penggembalaan (Gambar 22). Pada perlakuan G1 (panjang tali 2.0 m atau pada luas $12.56 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$) diperoleh sprouting rate tertinggi, yaitu 70.17 %, dan terendah diperoleh pada perlakuan G5 (panjang tali 4.0 m atau pada luas $50.24 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$), yaitu 40.71 %.



Gambar 22. Sprouting rate signal pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda

Produksi bahan kering dan konsumsi bahan kering

Hasil sidik ragam produksi bahan kering hijauan dan konsumsi bahan kering hijauan (Lampiran 8) menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.00$) pada produksi bahan kering hijauan, namun menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$) pada konsumsi bahan kering hijauan. Kondisi ini menjelaskan bahwa produksi bahan kering hijauan adalah sama pada semua perlakuan yang dicobakan.

Dalam hal konsumsi bahan kering hijauan (Tabel 15) terjadi peningkatan yang nyata sampai batas tertentu kemudian menurun dengan bertambahnya

panjang tali pengikat atau semakin luasnya areal penggembalaan per hari. Berdasarkan uji polinomial ortogonal terbentuk pola kuadratik dengan persamaan $\hat{y} = -7\,369.70 + 6\,014.60x - 906.50 x^2$ ($R^2 = 0.86$). Pada persamaan tersebut diperoleh panjang tali optimum 3.32 m atau pada luas areal penggembalaan $34.61 \text{ m}^2 \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$ (Gambar 23).

Apabila membandingkan antara konsumsi bahan kering hijauan per ekor per hari terhadap produksi bahan kering hijauan per luasan areal per hari, maka terlihat adanya penurunan persentase konsumsi bahan kering dengan meningkatnya luasan areal percobaan. Berarti, semakin luas areal penggembalaan, semakin rendah persentase bahan kering hijauan tersedia yang dikonsumsi (Gambar 24).

Tabel 15. Rataan produksi bahan kering hijauan dan konsumsi bahan kering hijauan pada perlakuan tekanan injakan

| Perlakuan | Produksi BK hijauan ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) | Konsumsi BK hijauan ($\text{g} \cdot \text{ekor}^{-1} \cdot \text{hari}^{-1}$ *) |
|-----------|--|---|
| G1 | 193.32 | 1 440.10 ^c |
| G2 | 232.66 | 1 674.73 ^{bc} |
| G3 | 310.53 | 2 853.77 ^a |
| G4 | 210.49 | 2 451.53 ^{ab} |
| G5 | 229.97 | 2 190.39 ^{ab} |

Keterangan:

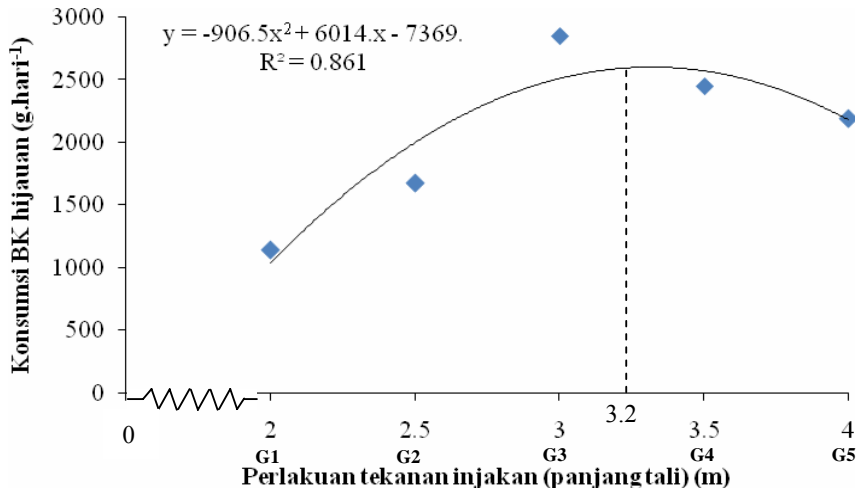
*)Angka yang didampingi superskrip yang sama dalam kolom menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

BK = bahan kering, G1 = panjang tali 2.0 m, G2 = panjang tali 2.5 m, G3 = panjang tali 3.0 m, G4 panjang tali 3.5 m, G5 = panjang tali 4.0 m.

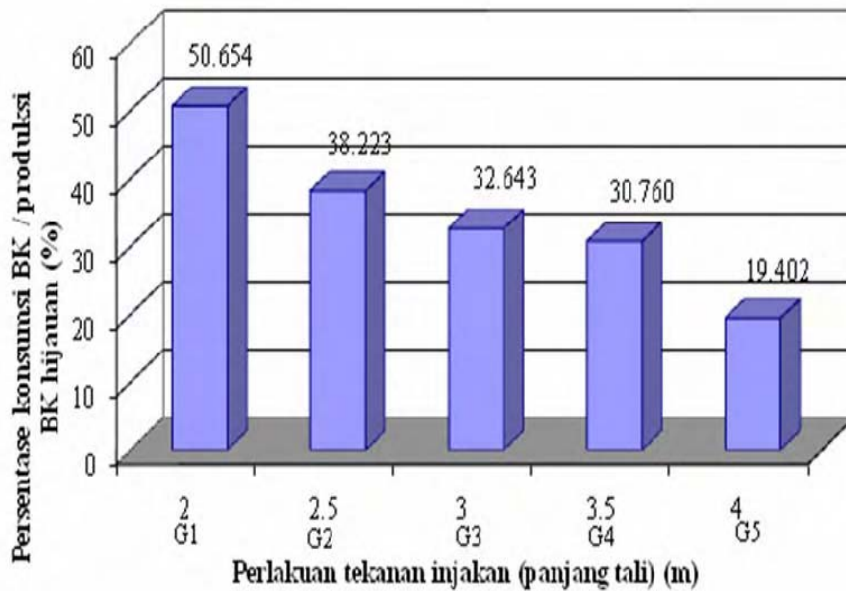
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 23. Konsumsi bahan kering hijauan pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda



Gambar 24. Persentase konsumsi bahan kering hijauan terhadap produksi bahan kering tersedia pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda

Pertambahan berat badan

Hasil sidik ragam pertambahan berat badan harian (Lampiran 8) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($P < 0.05$) diantara perlakuan tekanan injakan yang dicobakan. Pada Tabel 16 dapat dilihat adanya pertambahan berat badan harian yang nyata dengan semakin rendahnya tekanan injakan atau semakin luasnya areal penggembalaan per ekor ternak. Pola yang terbentuk berdasarkan polinomial ortogonal adalah kuadratik dengan persamaan $\hat{y} = 692.20 + 713.87x - 101.52x^2$ ($R^2 = 0.976$). Panjang tali optimum berada pada titik 3.51 m atau pada luas areal penggembalaan 38.69 m² per ekor ternak (Gambar 25).

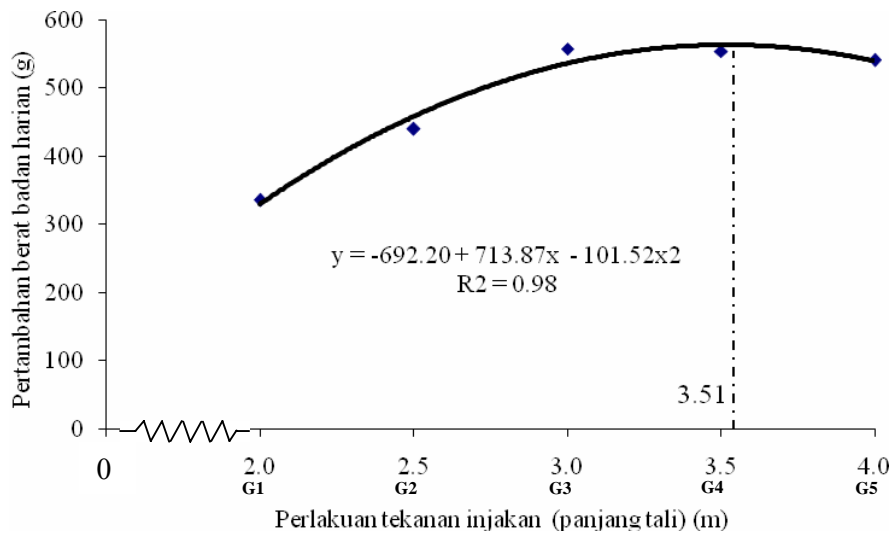
Tabel 16. Rataan pertambahan berat badan harian pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda

| Perlakuan (panjang tali) | PBBH (g.hari ⁻¹ *) |
|--------------------------|-------------------------------|
| G1 (2.0 m) | 335.17 ^b |
| G2 (2.5 m) | 439.56 ^{ab} |
| G3 (3.0 m) | 556.78 ^a |
| G4 (3.5 m) | 553.11 ^a |
| G5 (4.0 m) | 540.29 ^a |

Keterangan:

*)Angka yang didampingi superskrip yang sama dalam kolom menunjukan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0.05$).

PBBH = pertambahan berat badan harian



Gambar 25. Pertambahan berat badan harian pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda

Kandungan logam berbahaya

Kandungan logam kadmium (Cd), tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn) pada tanah, rumput signal dan legum puero sebagai pakan ternak utama dari pastura percobaan serta daging dan organ tubuh ternak lainnya dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Kandungan Cd, Cu, Pb dan Zn pada pada tanah, rumput signal dan puero serta daging dan organ ternak percobaan.

| Kandungan logam | Tanah | Tanaman | | Ternak ^{*)} | | | | |
|-------------------------|-------|---------|-------|----------------------|-------|--------|---------|--------|
| | | signal | puero | Punggung | paha | hati | jantung | ginjal |
| Cd, mg.kg ⁻¹ | 0.50 | 0.60 | 1.30 | ttd | ttd | ttd | ttd | 0.096 |
| Cu, mg.kg ⁻¹ | 20.00 | 8.90 | 10.30 | 1.140 | 1.694 | 50.920 | 7.046 | 6.560 |
| Pb, mg.kg ⁻¹ | 22.50 | 15.40 | 14.90 | ttd | ttd | 0.084 | ttd | ttd |
| Zn, mg.kg ⁻¹ | 21.80 | 17.30 | 33.30 | 5.958 | 6.002 | 5.851 | 5.469 | 5.632 |

*) ttd = tidak terdeteksi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pembahasan

Pada lahan percobaan sebelum digembalakan terlihat bahwa signal mengisi 38.60 %, puero 34.84 % dan gulma 26.57 % dalam ruang. Kondisi ini menjelaskan bahwa puero kurang dapat bersaing dengan gulma. Sehingga ruang yang seharusnya diisi oleh puero digantikan oleh gulma. Beberapa jenis gulma seperti *Cyperus aromaticus*, *Cyperus rotundus*, *Imperata cylindrica*, *Melastoma malabathricum*, *Mikania cordata*, dan *Scleria sumatrensis* merupakan jenis tanaman yang agresivitasnya tinggi sehingga dapat bersaing dengan baik terhadap tanaman introduksi seperti puero.

Setelah digembalakan, frekuensi relatif tanaman penutup tanah nampak bergeser. Porsi signal menurun menjadi 31.23 % dan puero 23.96 %, sebaliknya gulma meningkat menjadi 44.81 %. Dari hasil tersebut mengindikasikan bahwa ternak akan memilih tanaman yang disukai sehingga terjadi penurunan komposisi, sementara yang tidak disukai akan meningkat (Manske 2004).

Tingginya tanaman indigenous yang kemudian menjadi gulma merupakan proyeksi dari lahan reklamasi sebelumnya. Lahan tersebut merupakan tanah yang terganggu akibat penambangan batubara, dan pada Tahun 2001 dilakukan reklamasi. Dalam proses reklamasi tersebut ditanam berbagai jenis tanaman penutup tanah, baik dari jenis rumput-rumputan, leguminosa merayap maupun pohon. Selanjutnya, secara alami tanaman yang disebar dalam kegiatan reklamasi membangun suatu komunitas bersama dengan tanaman indigenous. Dalam perkembangannya tanaman indigenous mendominasi ruang dalam suatu komunitas dan menyimpan banyak cadangan benih di permukaan tanah (Sanderson *et al.* 2007). Oleh karena itu, meskipun telah dilakukan pembersihan lahan (land clearing) sebelum ditanam ulang dengan jenis tanaman percobaan, gulma tetap memiliki frekuensi yang tinggi dalam ruang. Menurut Holl (2002) komposisi vegetasi awal dari suatu proses suksesi merupakan langkah yang penting dalam program reklamasi lahan pasca penambangan. Vegetasi awal dapat berperan sebagai fasilitator, pentoleransi, atau penghambat (inhibitor) dalam perkembangan suksesi berikutnya. Pada kondisi ini, nampaknya tanaman penutup tanah yang disebar dalam program reklamasi ini, meskipun *non-native species*,

memiliki peran sebagai fasilitator atau toleran dalam proses suksesi sehingga spesies indigenous (native) mendapat peluang untuk tumbuh yang pada gilirannya akan menggantikan ruang spesies introduksi. Oleh sebab itu frekuensi relatif gulma pada lahan percobaan relatif tinggi.

Sejalan dengan frekuensi relatif tanaman yang tumbuh di lahan percobaan, komposisi botanis ketiga kelompok tanaman tersebut memiliki pola yang sama. Dari hasil percobaan tidak nampak adanya perbedaan yang nyata diantara perlakuan tekanan injakan yang dicobakan terhadap komposisi botanis signal dan puero sebelum penggembalaan, namun berbeda nyata pada komposisi botanis gulma. Setelah dilakukan penggembalaan, komposisi botanis ketiga kelompok tanaman berubah, dimana signal menunjukkan perbedaan yang nyata diantara perlakuan tekanan injakan yang dicobakan, sementara puero dan gulma tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Bila dibandingkan dengan sebelum digembalakan nampak adanya penurunan komposisi botanis pada signal yang berkisar antara 5.29 % hingga 32.35 %. Besarnya penurunan tergantung dari perlakuan tekanan injakan, dimana terjadi penurunan yang lebih besar dengan berkurangnya tekanan injakan. Puero meningkat dari 5.04 % sampai 30.41 % pada perlakuan G1 hingga G3 dan menurun lagi pada perlakuan G4 (2.38 %) dan G5 (27.57 %). Sedangkan gulma, meskipun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata diantara perlakuan tekanan injakan yang dicobakan setelah digembalakan, menunjukkan peningkatan yang besar antara sebelum digembalakan dengan setelah digembalakan. Peningkatan gulma berkisar antara 10.48 % hingga 186.75 % tergantung perlakuan tekanan injakan, dimana semakin rendah tekanan injakan, semakin tinggi persentase peningkatan gulma. Meningkatnya komposisi botanis gulma akibat kurang disukai kelompok tanaman tersebut oleh ternak sehingga porsinya meningkat. Jenis gulma yang peningkatannya cukup tinggi adalah *Cyperus aromaticus*, *Cyperus rotundus*, *Melastoma malabathricum*, dan *Scleria sumatrensis*. Kondisi ini berbeda dengan pernyataan Galt *et al.* 2000) yang menjelaskan adanya invasi gulma ketika tekanan injakan semakin tinggi.

Tingginya tekanan injakan menyebabkan tanaman yang direnggut semakin mendekati permukaan tanah. Kondisi ini memberikan kesempatan bagi tanaman yang direnggut membangun tunas baru (sprout) secara cepat. Dengan demikian,

dalam kondisi tekanan injakan yang tinggi kemungkinan gulma yang terdapat di areal penggembalan tersebut juga direnggut namun kecepatan pembentukan tunas barunya lebih lambat dibandingkan rumput signal, sehingga porsi signal menjadi lebih tinggi pada perlakuan tekanan injakan yang tinggi, dan memberikan konsekuensi terhadap tingginya komposisi botanis signal.

Apabila dilihat dari besarnya persentase bahan kering yang dikonsumsi per perlakuan tekanan injakan (luasan areal penggembalaan) nampak adanya penurunan persentase konsumsi bahan kering yang konsisten dengan menurunnya tekanan injakan dari 50.65 % (G1) ke 19.40 % (G5) (Gambar 24). Artinya, terdapat 49.35 % bahan kering (G1) sampai 80.60 % bahan kering tegakan (standing) tanaman yang tersisa atau tidak dikonsumsi. Menurut Nielsen (1997) dalam sistem penggembalaan kontinyu ternak dapat mengkonsumsi 40 % sampai 50 % dari tegakan tanaman, bila waktunya diperpanjang lagi akan mencapai 90 % tegakan tanaman yang dikonsumsi. Pada kondisi percobaan ini jelas bahwa semakin tinggi tekanan injakan porsi bahan kering pada tegakan tanaman yang dikonsumsi semakin tinggi.

Tingginya tekanan injakan mempengaruhi sprouting rate (laju pembentukan tunas baru). Sprouting rate signal pada percobaan ini menunjukkan perbedaan yang nyata diantara perlakuan tekanan injakan yang dicobakan. Dari hasil penelitian terlihat bahwa semakin rendah tekanan injakan (semakin luas areal penggembalaan), semakin rendah pula sprouting rate signal. Penurunan sprouting rate ini mengikuti pola linier mulai dari 70.17 % (G1) hingga 40.71 % (G5) (Gambar 22). Pada tekanan injakan yang tinggi laju pembentukan tunas barunya semakin tinggi, yang selanjutnya mempengaruhi porsi signal di areal tersebut. Menurut DeRamus (1995) defoliiasi tanaman akibat penggembalaan dapat mempengaruhi pertumbuhan kembali (regrowth). Apabila masih tersisa bagian tegakan tanaman maka akan secepat mungkin membangun tunas baru, apakah anakan atau percabangan. Namun, bila hanya bagian pucuk saja yang didefoliasi maka pertumbuhannya akan mengikuti fase pertumbuhan yang lambat dan mempersiapkan untuk pembungaan. Dengan demikian, sisa tegakan tanaman merupakan faktor yang sangat penting dalam menentukan pembentukan tunas baru.

Hasil pengamatan pada Tabel 15 menunjukkan bahwa pastura campuran signal dan puero berumur 1 bulan, mampu menghasilkan $193.32 \text{ g.m}^{-2} - 310.53 \text{ g.m}^{-2}$ dengan Rataan 235.39 g.m^{-2} atau setara dengan $2.35 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{bulan}^{-1}$. Dengan demikian, pastura dalam percobaan ini memiliki potensi yang cukup besar sebagai sumber hijauan pakan bagi ternak sapi di kawasan lahan reklamasi PT KPC.

Pemilihan bagian tanaman serta ketersediaan hijauan berdasarkan perlakuan tekanan injakan ini memberikan respon terhadap konsumsi bahan kering hijauan. Dari hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dalam hal konsumsi bahan kering hijauan akibat adanya perlakuan tekanan injakan yang berbeda. Pada tekanan injakan yang tinggi konsumsi bahan keringnya rendah ($140.10 \text{ g.ekor}^{-1}.\text{hari}^{-1}$), karena ketersediaannya memang rendah. Selanjutnya meningkat secara kuadratik dengan tekanan injakan optimum berada pada panjang tali 3.32 m atau pada luas areal penggembalan $34.61 \text{ m}^2.\text{ekor}^{-1}.\text{hari}^{-1}$. Rendahnya konsumsi bahan kering hijauan pada perlakuan tekanan injakan G4 dan G5 bila dibandingkan G3, dapat disebabkan oleh porsi bagian tanaman yang dikonsumsi. Sebagaimana telah dijelaskan bahwa pada areal penggembalaan yang lebih luas akan memberikan kesempatan bagi ternak untuk memilih bagian tanaman yang lebih disukai, terutama bagian pucuknya. Karena bagian pucuk memiliki kandungan bahan kering yang lebih rendah (Nelson & Moser 1994) maka konsumsi bahan kering pada perlakuan G4 dan G5 menjadi rendah.

Konsumsi bahan kering nampaknya berkaitan erat dengan pertambahan berat badan harian ternak percobaan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dalam pertambahan berat badan harian akibat perlakuan tekanan injakan yang dicobakan. Pertambahan berat badan harian pada perlakuan G1 (panjang tali 2.0 m, luas areal penggembalaan $12.56 \text{ m}^2.\text{ekor}^{-1}.\text{hari}^{-1}$) adalah $335.17 \text{ g.hari}^{-1}$. Rendahnya pertambahan berat badan perlakuan G1 ini akibat ketersediaan hijauan yang rendah. Selanjutnya meningkat secara kuadratik dengan panjang tali optimum adalah 3.51 m (luas areal penggembalaan $38.69 \text{ m}^2.\text{ekor}^{-1}.\text{hari}^{-1}$). Pada panjang tali tersebut dapat menghasilkan pertambahan berat badan harian sebesar $562.75 \text{ g.ekor}^{-1}.\text{hari}^{-1}$.

Hasil analisis logam tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan seng (Zn) pada signal dan puero menunjukkan bahwa puero memiliki kandungan Cd dan Zn dua kali lebih tinggi dibandingkan signal, namun kandungan Pb lebih rendah daripada signal. Menurut NRC (1984) toleransi maksimum untuk Cd adalah 0.5 mg.kg^{-1} , sehingga baik signal (0.6 mg.kg^{-1}) maupun puero (1.3 mg.kg^{-1}) mengandung logam Cd yang melampaui ambang batas maksimum. Hasil pengamatan di lapangan, tingginya kandungan Cd pada pakan tidak ditemukan simptom akibat keracunan Cd, yaitu mengalami malformasi pada tulang. Apabila dalam pakan mengandung Cd sebesar 25 mg.kg^{-1} , akan menghambat pertumbuhan ternak sebesar 25 % (Darmono 2008). Pada logam lainnya masih dibawah batas toleransi yang diijinkan, yaitu Cu 115 mg.kg^{-1} , Pb 30 mg.kg^{-1} , dan Zn 500 mg.kg^{-1} (NRC 1984).

Tingginya kandungan Cd pada hijauan yang dikonsumsi nampaknya tidak berpengaruh terhadap akumulasi Cd pada produk sapi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 12 dimana kandungan Cd pada beberapa organ tidak dapat terdeteksi oleh AAS, kecuali ginjal. Menurut ketentuan FAO/WHO (Joint Expert Committee on Food Additives = JEFCA) (Darmono 2008), batas kandungan logam yang direkomendasikan dapat dikonsumsi untuk Cd $0.0083 \text{ mg.kg bb}^{-1}$ atau 0.5 mg per orang, Cu $0.5 \text{ mg.kg bb}^{-1}$, Pb $0.05 \text{ mg.kg bb}^{-1}$ atau 3.0 mg per orang, dan Zn $1.0 \text{ mg.kg bb}^{-1}$. Sedangkan menurut Dirjen POM tahun 1998 batas maksimum residu untuk Cu 20 mg.kg^{-1} , Pb 2.0 mg.kg^{-1} dan Zn 10 mg.kg^{-1} . Logam Cd berdasarkan EPA (1985) adalah 0.010 mg.kg^{-1} .

Hasil penelitian Bruce *et al.* (2003) di lahan pasca penambangan emas yang menggunakan sapi potong sebagai hewan percobaan menunjukkan bahwa kandungan Zn yang terakumulasi pada daging mencapai 40 mg.kg^{-1} , pada hati 20 mg.kg^{-1} dan pada ginjal 20 mg.kg^{-1} .

Kesimpulan

Terjadi pergeseran komposisi botanis sebelum dan setelah digembalakan, dimana komposisi botanis signal menurun 5.29 % sampai 32.35 % sesuai dengan menurunnya perlakuan tekanan injakan, puero meningkat dari 5.04 % sampai 30.41 % pada perlakuan G1 hingga G3 dan menurun lagi pada perlakuan G4

(2.38 %) dan G5 (27.57 %). Sedangkan gulma meningkat dari 10.48 % hingga 186.88 % seiring dengan menurunnya tekanan injakan.

Bahan kering yang dihasilkan pada percobaan ini berkisar antara 193.32 g.m⁻² sampai dengan 310.53 g.m⁻² dengan Rataan 235.39 g.m⁻² atau 2.35 ton.ha⁻¹.bulan⁻¹. Merupakan potensi yang besar untuk padang penggembalaan.

Konsumsi bahan kering maksimum dicapai pada panjang tali optimum 3.32 m atau pada luas areal penggembalaan 34.61 m².ekor⁻¹.hari⁻¹, sedangkan pertambahan berat badan maksimum diperoleh pada panjang tali optimum 3.51 m (luas areal penggembalaan 38.69 m².ekor⁻¹.hari⁻¹) dengan pertambahan berat badan 562.75 g.ekor⁻¹.hari⁻¹.

Kandungan logam tembaga (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan seng (Zn) pada produk ternak umumnya di bawah ambang batas yang diijinkan untuk dapat dikonsumsi, kecuali organ hati yang mengandung Cu di atas ambang batas yang diijinkan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PEMBAHASAN UMUM

Pembangunan pastura di lahan reklamasi pasca penambangan memerlukan penanganannya yang sangat hati-hati, mengingat lahan reklamasi pasca tambang merupakan tanah buangan yang belum stabil. Penentuan tekanan injakan optimum, intensitas penggembalaan serta sistem pengelolaannya merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan (Gizikoff 2004). Karena pengelolaan yang keliru akan memberi dampak terhadap menurunnya kualitas lahan reklamasi. Persoalan mendasar dalam reklamasi pasca penambangan adalah pembentukan bahan organik baru yang berada di permukaan tanah lapisan atas (Gilewska *et al.* 2001). Bahan organik memegang peranan penting dalam memperbaiki sifat-sifat fisik dan biologi tanah (Gilewska & Otremba 2000; Akala & Lal 2001). Meskipun dalam proses reklamasi permukaan tanah bagian atas selalu dilapisi oleh tanah pucuk (top soil), namun seringkali tidak efektif (Haigh 1998), sehingga perlu pemberian pembenah tanah seperti bahan organik (Bendfeldt *et al.* 2001) dan mikroorganisme tanah seperti fungi mikoriza arbuskula (FMA) (Ning & Cumming 2001).

Pemberian FMA dan bahan organik dalam bentuk kompos secara konvensional membutuhkan jumlah yang cukup besar, sehingga memerlukan ruang, transportasi dan tenaga yang cukup besar. Selain itu ketersediaan inokulan FMA harus disediakan secara terus menerus seiring meningkatnya lahan reklamasi. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan teknologi yang mengarah kepada efisiensi dan kemudahan dalam aplikasi kedua pembenah tanah tersebut.

Rangkaian percobaan telah dilakukan pada rumput signal (*Brachiaria decumbens*) dan legum puero (*Pueraria phaseoloides*) yang diinokulasi dengan FMA dalam bentuk penyelubungan benih (coating) dan pemberian bahan organik dalam bentuk kompos cair yang disiapkan untuk pembangunan pastura. Model yang dibangun dalam penelitian ini terbagi dalam 4 percobaan, yaitu:

1. Pembuatan benih bermikoriza. Suspensi potongan akar *Sorghum* sp. bermikoriza dapat diinokulasikan pada permukaan benih signal dan puero melalui teknologi yang disebut teknologi penyelubungan (coating). Efektifitas dari benih bermikoriza ini dapat dilihat dari persentase kolonisasi FMA pada

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

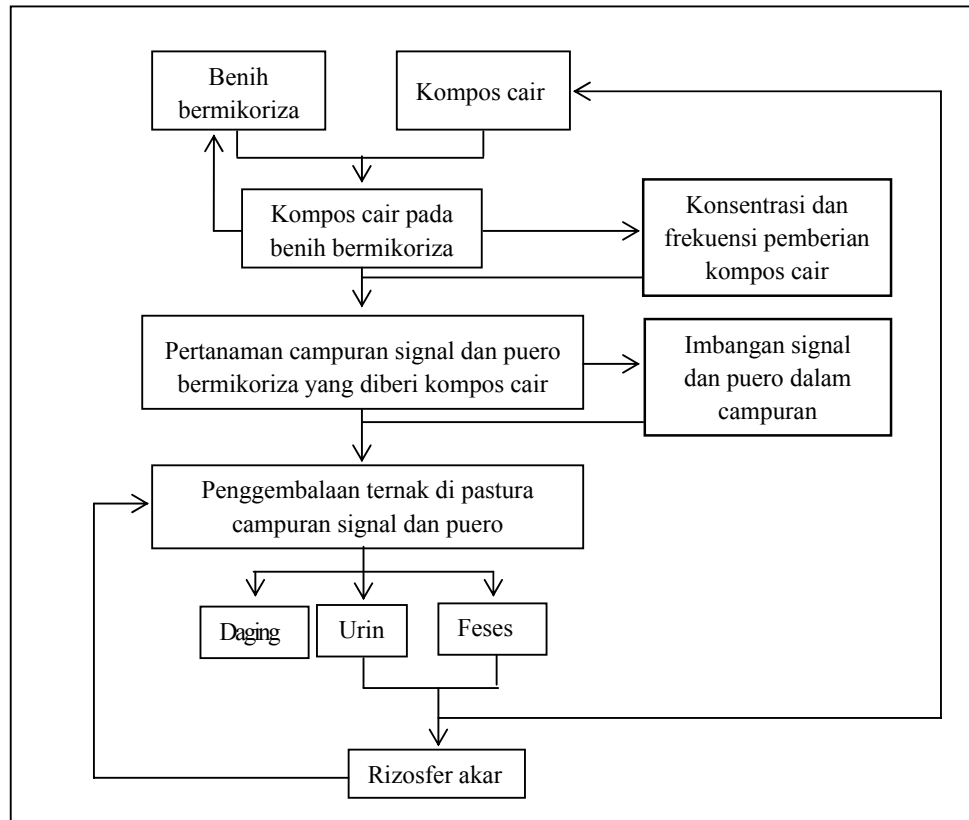
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

akar tanaman signal dan puero serta berat keringnya yang dibandingkan terhadap kontrol (tanpa inokulasi FMA) dan dua sumber inokulan yang berbeda, yaitu potongan akar bermikoriza dan FMA dalam bentuk granular (mycofer).

2. Pemberian kompos cair pada benih bermikoriza. Kompos cair yang dibuat dari campuran kotoran sapi (feses) segar yang diekstraksi dengan penambahan air dan aditif bioaktivator, mengandung unsur-unsur mineral makro dan mikro yang dapat menstimulasi mikroorganisme tanah. Konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair merupakan pembatas dalam aplikasinya. Respon dari kedua pembenah tanah ini diukur pada produksi tanaman secara kuantitatif dan kualitatif (berat kering tajuk, berat kering akar, kandungan nitrogen tajuk, kandungan fosfor tajuk, serapan nitrogen tajuk, dan serapan fosfor tajuk) serta persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman dan jumlah spora pada rizosfer akar.
3. Pertanaman campuran antara signal dan puero bermikoriza. Imbangan signal dan puero dalam pertanaman campuran akan menentukan produksi hijauan. Produksi hijauan juga sangat tergantung dari komposisi botanisnya, diberi atau tidaknya pembenah tanah (FMA dan/atau kompos cair). Respon yang ditimbulkan dari percobaan ini diukur melalui produksi bahan kering hijauan campuran yang dihasilkan, komposisi botanis signal dan puero, kandungan protein kasar signal dan puero, kandungan serat kasar signal dan puero, kandungan fosfor tajuk signal dan puero, produksi protein kasar hijauan, produksi serat kasar hijauan, produksi fosfor hijauan, kolonisasi FMA pada akar signal dan puero, serta jumlah spora pada rizosfer signal dan puero.
4. Penggembalaan ternak di pastura campuran signal dan puero. Tekanan injakan merupakan aspek penting yang turut menentukan produksi riil dari suatu padang penggembalaan serta keberlanjutan produksi dan kualitas padang penggembalaan di masa mendatang. Respon yang diukur dari percobaan ini meliputi frekuensi relatif vegetasi penyusun pastura, komposisi botanis antara signal, puero, dan gulma, berat kering hijauan, konsumsi bahan kering hijauan, laju pembentukan tunas baru (sprouting rate), serta

pertambahan berat badan harian ternak (sapi potong jenis peranakan Brahman).

Secara skematis, model ini dapat dilihat pada diagram alir Gambar 26 berikut:



Gambar 26. Diagram alir keterkaitan rangkaian percobaan dalam penelitian

Pada percobaan pertama diungkapkan bahwa suspensi potongan akar yang diselubungkan pada permukaan benih signal maupun puero memberikan respon positif terhadap kolonisasi FMA pada akar signal maupun puero. Hasil kolonisasi FMA pada akar signal adalah 77.14 % dengan mycorrhizal inoculation effect (MIE) sebesar 62.30 % dan pada akar puero adalah 62.71 % dengan MIE 54.90 %. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan kontrol maupun kedua sumber FMA

lainnya (potongan akar dan granular). Hifa internal maupun eksternal yang terdapat pada akar tanaman melalui proses ekstraksi dengan menggunakan blender, terpisah dari akar tanaman yang secara bebas melekat pada permukaan benih tanaman. Pada kondisi ini hifa akan lebih cepat mengakomodasi eksudat akar tanaman muda yang baru meretas, sehingga lebih cepat menginfeksi akar.

Potongan akar tanaman bermikoriza merupakan sumber inokulum yang potensial selain spora dan hifa (Smith & Read 1997; Dalpé & Monreal 2004). Di dalam potongan akar bermikoriza terdapat juga hifa dan spora. Setiap potongan akar tanaman yang telah terkolonisasi oleh hifa FMA dapat dikembangkan sebagai sumber inokulum. Secara fisiologi, hifa sama halnya dengan organisme uniselular. Setiap potongan hifa merupakan sumber kehidupan baru. Apabila mengalami cekaman, hifa tersebut akan membuat percabangan (Buee *et al.* 2000). Percabangan inilah yang kemudian menginfeksi akar tanaman. Stimulasi pertumbuhan dan percabangan hifa FMA di sekitar perakaran tanaman merupakan pengenalan awal pada akar tanaman oleh FMA pada fase presimbiosis (Giovannetti *et al.* 1996). Senyawa-senyawa yang berasal dari eksudat akar berperan dalam stimulasi pertumbuhan dan percabangan hifa (Bel-Rhildid *et al.* 1993). Buee *et al.* (2000) menyatakan bahwa eksudat akar mengandung *branching factor* yang secara kimiawi merupakan beberapa senyawa lipolitik. Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas (langsung ataupun tidak langsung) dalam proliferasi FMA. Selain itu, fitohormon juga berperan penting selaku molekul sinyal selama pembentukan simbiosis FMA dengan tanaman inang (Barker & Tagu 2000). Hasil percobaan Fitze *et al.* (2005) menunjukkan bahwa auxin bebas maupun yang berkonyugasi, secara lokal dan sistematis menginduksi tahap awal pembentukan simbiosis FMA dengan tanaman. Fitohormon ini dapat berasal dari eksudat akar tanaman atau dari bakteri *Paenibacillus validus* (Hildebrandt *et al.* 2002).

Cadangan nutrisi pada hifa merupakan senyawa karbon yang ditransfer dari tanaman inang ke kolonisasi FMA dalam bentuk gula sederhana ke dalam lipida pada hifa internal (Pfeffer *et al.* 1999). Lipida selanjutnya ditranslokasikan ke dalam cadangan lipida di hifa eksternal untuk digunakan dalam metabolisme (siklus glioksilat) atau disimpan sebagai cadangan lipida dalam bentuk spora oleh

hifa. Dengan demikian, FMA memiliki strategi dalam mengalokasikan karbon sebagai cadangan dan ketahanan pada hifa dalam lingkungan dengan nutrisi yang terbatas. Lipida pada hifa terutama disimpan dalam bentuk fosfolipida, sementara spora dalam bentuk lipida netral (Olsson *et al.* 2002). Imbangan antara lipida netral terhadap fosfolipida mengindikasikan besarnya cadangan karbon yang terdapat dalam miselia. Semakin tinggi imbangan lipida netral terhadap fosfolipida semakin tinggi pula cadangan karbon dan tidak dimetabolisme. Kondisi ini berjalan sesuai umur hifa. Semakin tua umur hifa cadangan biomasanya semakin tinggi yang direpresentasikan dalam bentuk struktur simpanan. Oleh karena itu, hifa dengan umur yang lebih muda, aktivitasnya dalam transfer nutrisi lebih tinggi (Olsson *et al.* 2006). Sebagaimana yang dijelaskan oleh Sieverding (1991) bahwa infektifitas sumber inokulum yang berasal dari akar yang terkolonisasi lebih tinggi dibandingkan yang berasal dari spora.

Aplikasi benih bermikoriza dengan teknologi penyelubungan (coating) ini secara konsisten memberikan respon yang positif terhadap pemberian bahan organik. Pada percobaan kedua, penanaman rumput signal dan legum puero yang ditanam secara terpisah, diberi kompos cair dengan konsentrasi yang berbeda. Hasil percobaan ini menunjukkan terjadinya peningkatan secara linier dengan bertambahnya konsentrasi kompos cair dari 0.00 % (kontrol) hingga 1.00 %. Peningkatan ini terjadi pada berat kering tajuk, berat kering akar, kandungan P tajuk, dan kolonisasi FMA signal dan puero, sementara kandungan nitrogen tajuk signal dan puero meningkat secara kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum masing-masing pada 0.88 % dan 0.85 %. Serapan N dan P tajuk meningkat secara kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum pada 0.95% untuk signal dan 0.91 % untuk puero. Begitupula Jumlah spora pada rizosfer puero meningkat secara kuadratik dengan konsentrasi kompos cair optimum 0.74%. Pada perlakuan frekuensi pemberian kompos cair mulai 1 kali, 2 kali, dan 3 kali pemberian tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, begitupula pada interaksinya dengan konsentrasi kompos cair.

Kompos telah lama digunakan dalam program reklamasi lahan-lahan marginal dengan kualitas tanah yang rendah. Kompos memiliki kemampuan dalam memperbaiki sifat-sifat tanah dan media pertumbuhan tanaman. Material

yang terdapat dalam kompos dapat meningkatkan agregat makro dan stabilitas agregat rizosfer. Pemberian kompos pada tanah, tidak diutamakan secara langsung untuk kepentingan tanaman, namun lebih diutamakan untuk kepentingan peningkatan aktivitas bakteri dan komposisi komunitas mikroorganisme tanah (NSOB 2004; Rosario *et al.* 2007).

Komunitas mikroorganisme tanah dan interaksinya terhadap tanah dan tanaman dapat mengendalikan siklus nitrogen. Mikroorganisme tanah merupakan kekuatan dominan yang mengendalikan siklus nitrogen di tanah dan aktivitasnya menentukan jumlah nitrogen yang tersedia untuk diserap oleh tanaman (Knops *et al.* 2002). Kompetisi dalam hal nitrogen antara tanaman dan mikroorganisme tanah dapat membatasi penyerapan nitrogen tanah oleh tanaman. Nitrogen yang difiksasi atau ditransformasi oleh mikroorganisme merupakan sumber nitrogen untuk tanaman (Hawkes 2003). Pada tanaman yang bermikoriza memiliki akses yang lebih besar dalam memanfaatkan sumber nitrogen organik. FMA dapat menstimulasi bakteri dekomposer untuk memperoleh nitrogen dari material organik kompleks (Hodge *et al.* 2001), yang tidak bisa diakses oleh tanaman yang tidak bermikoriza (Hawkes 2003). Pada kondisi ini infeksi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan kandungan nutrisi tanaman (Pendleton & Warren 1996).

Di dalam tanah, hifa eksternal FMA berinteraksi dengan mikroorganisme tanah, baik secara langsung ataupun tidak langsung memodifikasi fisiologi dan pola eksudasi akar tanaman inang (Azcon-Aguilar & Barea 1992). Mereka melekat pada substrat organik di dalam tanah. Selanjutnya mereka menempel pada permukaan akar tanaman atau hifa FMA untuk melakukan interaksi simbiotik, patogenik atau saprofitik (Kijne *et al.* 1992). Kemampuan bakteri melekat pada permukaan struktur FMA merupakan cermin dari perlekatan (adhesi) antara bakteri dengan tanaman. Perlekatan terhadap permukaan FMA terjadi dalam dua cara, yaitu bakteri melakukan kolonisasi di sekitar permukaan hifa atau secara langsung terikat dengan dinding sel FMA. Distribusinya sepanjang hifa tidak beraturan dan tidak seragam. Hal ini disebabkan tidak meratanya nutrisi dan eksudat akar tanaman di sepanjang hifa (secara fisiologi) atau terkelupasnya dinding sel yang tebal yang dapat menyebabkan terbentuknya celah dan kutil

(secara struktural) (Bianciotto *et al.* 1996). Komposisi mikroorganisme tanah dapat berubah oleh ada atau tidaknya FMA yang berasosiasi dengan tanaman. Ketiadaan tanaman bermikoriza dapat menurunkan populasi mikroorganisme tanah (Ames *et al.* 1984).

Pada tanaman bermikoriza akan mengeluarkan eksudat akar spesifik seperti senyawa-senyawa flavon atau fenol yang dapat mempengaruhi interaksi tanaman dan mikroorganisme (Bécard 1992). Pada tanaman yang tidak bermikoriza, hal ini tidak terjadi karena mereka mensekresikan senyawa-senyawa inhibitor seperti glukosinolat yang dapat menekan pertumbuhan fungi (Schreiner & Koide 1993). Dengan disekresikannya senyawa-senyawa dari eksudat akar dan penambahan sumber karbon ke dalam tanah akan mempengaruhi mikroflora tanah untuk meningkatkan aktivitas β -galaktosidase (Overbeek & Elsas 1995).

Untuk mempersiapkan rumput signal dan puero sebagai komponen utama penyusun padang penggembalaan, maka dilakukan pengujian kedua jenis tanaman ini dalam suatu pertanaman campuran. Dalam percobaan ketiga ini, disusunimbangan antara rumput signal dan puero, dimana benih bermikoriza dan kompos cair sebagai bagian dari komponen uji.

Hasil dalam petak-petak percobaan di lapangan menunjukkan adanya kemampuan benih bermikoriza dalam meningkatkan produksi, baik ditinjau secara kuantitas maupun kualitasnya. Begitupula peranan kompos cair yang dapat meningkatkan kolonisasi FMA.

Produksi bahan kering hijauan dalam pertanaman campuran ini sangat dipengaruhi oleh komponen-komponen penyusun pertanaman campuran tersebut. Pada campuran yang didominasi puero, dimana komposisi botanis puero tinggi, memberikan hasil bahan kering yang lebih tinggi. Hal ini berkaitan dengan morfologi dan fisiologi tanaman antara rumput (C4) dan legum (C3). Pada rumput, meskipun lebih efisien dalam mengkonversi cahaya dibandingkan legum, namun daun rumput di bagian bawah selalu teraungi sehingga tidak dapat mencapai fotosintesis potensial. Kondisi ini berbeda dengan legum, dimana morfologi daunnya lebih horizontal dan tidak saling menaungi, sehingga penetrasi cahaya langsung menuju kanopi (Nelson & Moser 1994). Dengan demikian, tingginya komposisi puero dalam suatu pertanaman campuran dengan signal

menghasilkan bahan kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi puero yang rendah.

Tingginya produksi bahan kering ini merupakan kunci dari produksi kualitatif lainnya. Secara fisiologis kandungan protein kasar legum lebih tinggi dibandingkan rumput. Perbandingan volume sel-sel mesofil terhadap daun pada rumput lebih rendah dibandingkan legum, begitu juga konsentrasi nitrogen mesofil pada rumput lebih rendah dibandingkan legum. Hal inilah menyebabkan lebih rendahnya kandungan protein kasar rumput dibandingkan legum (Nelson & Moser 1994). Karena produksi bahan kering dan kandungan protein kasar puero lebih tinggi daripada signal, maka dengan semakin tingginya komposisi puero di dalam pertanaman campuran akan menghasilkan produksi protein kasar yang tinggi.

Dalam pertanaman campuran ini tidak terlihat adanya perbedaan dalam hal kandungan protein kasar, serat kasar, dan fosfor pada masing-masing tanaman dalam suatu campuran. Tidak dapat diketahui secara pasti ada atau tidaknya kompetisi dalam memperebutkan hara pada kondisi ini. Meskipun diketahui puero memerlukan P yang cukup besar untuk memenuhi kebutuhan pembentukan nodul akar dan pertumbuhan optimumnya (Marschner 1995; Vance 2001; Turk et al. 2006). Kondisi ini juga ditunjukkan oleh perbedaan yang tidak nyata dalam kolonisasi FMA pada masing-masing tanaman dalam suatu campuran.

Kombinasi FMA-kompos cair secara nyata mempengaruhi produksi bahan kering hijauan. Tanaman bermikoriza yang diberi kompos cair menghasilkan bahan kering yang lebih tinggi dibandingkan tanaman tidak bermikoriza, baik diberi kompos cair maupun tidak. Sedangkan tanaman bermikoriza yang tidak diberi kompos cair menghasilkan bahan kering yang lebih tinggi tidak nyata dibandingkan tanaman tidak bermikoriza dan diberi kompos cair. Kondisi ini menjelaskan bahwa FMA sangat bermanfaat dalam meningkatkan produksi hijauan maupun kualitasnya. Meskipun demikian, kompos cair pun sangat membantu dalam meregulasikan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman sehingga produksinya lebih tinggi tidak nyata dibandingkan tanaman yang tidak diberi kompos cair. Totola & Borges (2000) melaporkan bahwa ameliorasi tanah buangan (mine spoil) dengan tanah pucuk atau kompos pada pasca tambang

bauksit tidak meningkatkan pertumbuhan ataupun serapan fosfor pada spesies pohon *Cedrella Fissilis* dan *Anadenanthera Peregrina*, kecuali bila diinokulasi oleh FMA yang efisien.

Pola ini selaras dengan peningkatan kolonisasi FMA pada akar signal maupun puero. Pemberian kompos cair pada tanaman yang tidak diinokulasi oleh FMA menunjukkan adanya peningkatan dalam hal kolonisasi FMA pada akarnya. Namun demikian, tingginya kolonisasi tersebut tidak diikuti oleh peningkatan protein kasar maupun fosfor tajuk tanaman.

Dalam hal efisiensi penyerapan hara oleh FMA kepada tanaman, seringkali menggunakan fosfor sebagai indikator. Fosfor diserap oleh hifa eksternal FMA yang selanjutnya masuk ke dalam jaringan tanaman melalui hifa internal yang mengkolonisasi akar tanaman. Kontak antara hifa dengan tanaman terjadi pada *interface* mikoriza (Bücking & Shachar-Hill 2005).

Pemberian bahan organik ke dalam tanah dapat memberikan fosfat organik ke dalam tanah. Fosfor tersebut selanjutnya diimobilisasi oleh mikroorganisme tanah. Proses imobilisasi oleh mikroorganisme tanah memerlukan waktu, sehingga tidak dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman (Abdullah 2001). Hadirnya FMA dapat mempercepat penyerapan P oleh tanaman. Kahiluoto & Vestberg (1998) melaporkan bahwa pemberian kompos yang berasal dari jerami dan leguminosa dapat meningkatkan bahan kering tajuk dan kolonisasi FMA pada akar tanaman barley, namun tidak berpengaruh pada jumlah spora, bila dibandingkan tanpa pemberian pupuk dan pupuk kimia konvensional (NPK)

FMA dapat menguntungkan tanaman melalui satu dari beberapa mekanisme di bawah ini, yaitu a) Meningkatkan kapasitas penyerapan akar yang disebabkan oleh perubahan morfologi dan fisiologi tanaman. Terdapat peningkatan area permukaan penyerapan dengan cara memperluas area yang dieksplorasi. Lebih panjang perakaran, lebih baik dalam memanfaatkan ketersediaan hara yang rendah dan lebih baik dalam retensi hara yang mudah larut, sehingga menurunkan reaksi dengan koloid tanah dan kehilangan melalui *leaching*. b) Meningkatkan mobilisasi dan transfer hara (P, N, S, Cu, Zn) dari tanah ke tanaman. FMA diketahui dapat mensubstitusi P sebesar 85 kg pada kedelai di wilayah tropika. c) Dapat meningkatkan bakteri pelarut fosfat yang lebih baik di mikorizosfer. d)

Meningkatkan pembentukan nodulasi dan kapasitas fiksasi N atmosfer pada legum (Muchovej 2004).

Pertanaman campuran antara signal dan puero pada imbalan 40% signal dan 60% puero memberikan hasil bahan kering tertinggi, sehingga dapat diimplementasikan dalam percobaan penggembalaan. Pada percobaan keempat, yang merupakan percobaan terakhir dari rangkaian penelitian ini akan mempelajari tekanan injakan dari patura yang melibatkan aspek komposisi botanis hijauan, konsumsi bahan kering, serta laju pertumbuhan tunas baru (sprouting rate) akibat tekanan injakan yang berbeda. Output dari padang penggembalaan tersebut digambarkan oleh penambahan berat badan harian dari ternak yang digembalakan.

Pastura yang digembalakan memiliki dinamika yang tinggi. Perubahan struktur vegetasi penyusun padang rumput sangat tergantung dari intensitas dan frekuensi penggembalaan serta riwayat vegetasi penyusun padang rumput sebelum digembalakan.

Apabila melihat perkembangan vegetasi sebelum digembalakan dan setelah digembalakan, terjadi pergeseran struktur vegetasi. Sebelum digembalakan frekuensi relatif antara signal, puero, dan gulma berturut-turut adalah 38.60 %, 34.84 %, dan 26.57 %, dari 16 spesies gulma. Setelah digembalakan berubah berturut-turut menjadi 31.23 %, 23.96 %, dan 44.81 %, dari 13 spesies gulma. Berarti terjadi penurunan kuantitas gulma. Namun bila melihat kualitasnya, gulma (vegetasi alam) ini meningkat, bahkan terjadi peningkatan yang cukup tinggi pada *Cyperus aromaticus*, *Cyperus rotundus*, dan *Melastoma malabathricum*. Nampaknya ketiga spesies tumbuhan ini memiliki sifat invasif dengan agresivitas yang tinggi. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan dalam penurunan kualitas pastura berikutnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Tehnologi penyelubungan (coating) benih *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides* dengan suspensi akar *Sorghum* sp. bermikoriza memberikan infektivitas yang tinggi dengan mycorrhizal inoculation effect (MIE) untuk signal 62.30% dan puero 54.90%. Sehingga dapat digunakan sebagai sumber benih bermikoriza.
2. Secara umum, penanaman benih *Brachiaria decumbens* dan *Pueraria phaseoloides* bermikoriza yang diberi kompos cair pada konsentrasi 0.50 % menghasilkan kolonisasi FMA yang tinggi dan dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas tajuk.
3. Produksi hijauan tertinggi diperoleh pada pertanaman campuran dengan komposisi 40 % signal (*Brachiaria decumbens*) dan 60 % puero (*Pueraria phaseoloides*). Kombinasi FMA dan kompos cair memberikan hasil hijauan yang lebih baik dibandingkan tanaman yang tidak diinokulasi dengan FMA, tidak diberi kompos cair, atau tidak diberi keduanya.
4. Tekanan injakan optimum di pastura campuran *B. decumbens* dan *P. phaseoloides* pada lahan reklamasi tambang batubara diperoleh pada luas areal penggembalaan $38.69 \text{ m}^2.\text{ekor}^{-1}.\text{hari}^{-1}$. Pada tekanan injakan optimum tersebut diperoleh penambahan berat badan harian sapi peranakan Brahman sebesar $562.75 \text{ g.ekor}^{-1}.\text{hari}^{-1}$.

Saran

1. Dalam memanfaatkan tehnologi penyelubungan benih dengan menggunakan suspensi akar bermikoriza, perlu diperhatikan kemungkinan adanya senyawa inhibitor perkecambahan yang berasal dari tanaman tersebut, sehingga memerlukan perlakuan khusus untuk mengurangi senyawa yang dapat menghambat germinasi benih bermikoriza.
2. Hasil percobaan penggembalaan di lahan reklamasi tambang batubara ini memiliki peluang untuk dikembangkan pada skala yang lebih besar dengan melibatkan masyarakat sekitar tambang. Dengan demikian dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di sekitar perusahaan tambang.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbot LK, Robson AD, Gazey C. 1992. *Selection of inoculant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi*. Di dalam: Norris JR, Read DJ, Varma AK, editor. *Methods in microbiology volume ke-24, techniques for the study of mycorrhiza*. London: Academic press.
- Abdullah L. 2001. *P-Mineralization and Immobilization as a Result of Use of Fallow Vegetation Biomass in Slash and Mulch System*. Göttingen : Cuvillier Verlag.
- Akala VA, Lal R. 2001. Soil organic carbon pools and sequestration rates in reclaimed mine soils in Ohio. *Journal of Environment Quality* 30 : 2098-2104.
- Allen EB, Brown JS, Allen MF. 2001. Restoration of plant, animal and microbial diversity. *Encyclopedia of Biodiversity* 5 : 185-202.
- Ames RN, Reid CPP, Ingham ER. 1984. Rhizosphere bacterial population responses to root colonization by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytology* 96: 555-563.
- Andrade G, Mihara KL, Linderman RG, Bethlenfalvay GJ. 1997. Bacteria from rhizosphere soils of different arbuscular-mycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 192:71-79.
- Azcon-Aguilar C, Barea JM. 1992. Interaction between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganism. Di dalam: Allen MF, editor. *Mycorrhizal Functioning*. London : Chapman and Hall.
- Bagyaraj DJ. 1992. *Vesicular-arbuscular mycorrhiza: Application in agriculture*. Di dalam: Norris JR, Read DJ, Varma AK, editor. *Methods in microbiology volume ke-24, techniques for the study of mycorrhiza*. London: Academic press.
- Bamualim A, Wirdahayati RB. 2003. Nutrition and Management Strategies to Improve Bali Cattle Productivity in Nusa Tenggara. Di dalam: Entwistle K, Lindsay DR. *Strategies to Improve Bali Cattle in Eastern Indonesia. Proceedings of a Workshop*; Bali 4-7 February 2002. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Bamualim A, Wirdahayati RB. 2004. Profil Dan Prospek Pengembangan Peternakan Sapi Dan Kerbau Di Pulau Sumatera. *Lokakarya Nasional Sapi Potong 2004*.

- Barea JM, Azcon R, Azcon-Aguilar C. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen-fixing systems. Di dalam: Norris JR, Read DJ, Varma AK, editor. *Methods in microbiology* volume ke-24, *Techniques for the study mycorrhiza*. London: Academic Press.
- Barker SJ, Tagu D, Delp G. 1998. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbioses. *Plant Physiology* 116: 1201-1207.
- Barker SJ, Tagu D. 2000. The roles of auxin and cytokinins in mycorrhizal symbioses. *Journal of Plant Regulator* 19: 144-154.
- Bel-Rholid R, Charbot S, Pisché Y, Chénevert R. 1993. Isolation and identification of flavonoids from Ri T-DNA transformed roots (*Daucus carnita*) and their significance in vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Phytochemistry* 33 : 1369-1371.
- Bellows B. 2001. *Nutrient Cycling in Pastures*. Arkansas : Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA).
- Bendfeldt ES, Burger JA, Daniels WL. 2001. Quality of amended mine soils after sixteen years. *Soil Science Society of American Journal* 65:1736-1744.
- Bethlenfalvay GJ. 1992. Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi in Nitrogen-fixing Legumes: Problems and Prospects. Di dalam : Norris JR, Read DJ, Varma AK, editor. *Methods in Microbiology, Volume 24: Techniques for the Study of Mycorrhiza*. London : Academic Press.
- Bianciotto V, Minerdi D, Perotto S, Bonfante P. 1996. Cellular interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere bacteria. *Protoplasma* 193: 123-131.
- BPTP [Balai Pengkajian Teknologi Pertanian]. 2003. *Laporan Akhir Sapi Potong*. Samarinda: BPTP Kaltim, PAATP Kaltim.
- Bolan NS. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi on the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil* 134: 189-207.
- Bow JR, Muir JP, Weindorf DC, Rosiere RE, Butler TJ. 2008. Integration of cool-season annual legumes and dairy manure compost with switchgrass. *Crop Science* 48:1621-1628.
- Briske DD. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. Di dalam : Heidschmidt RK, Stuth JW, editor. *Grazing Management: An Ecological Perspective*. Portland : Timber Press.

- Bruce SL, Noller BN, Grigg AH, Mullen BF, Mulligan DR, Ritchie PJ, Currey N, Ng JC. 2003. A field study conducted at kidston gold mine, to evaluate the impact of arsenic and zinc from mine tailing to graze cattle. *Toxicology Letters* 137: 23-34.
- Brundrett M. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biology Review* 79 : 473–495.
- Buchanan BB, Grissem W, Jones RL. 2000. *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. Rockville : American Society of Plant Physiologist.
- Bücking H, Shachar-Hill Y. 2005: Phosphate uptake, transport and transfer by *Glomus intraradices* is stimulated by increased the arbuscular mycorrhizal fungus carbohydrate availability. *New Phytology* 165: 899- 912.
- Buee M, Rossignol M, Jauneau A, Ranjeva R, Bécard G. 2000. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by branching factor partially purified from plant root exudates. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 13: 693-698.
- Bundy LG. 1998. *Soil and Applied Nitrogen*. Wisconsin : University of Wisconsin Cooperative Extension Publication.
- Burleigh SH, Cavagnaro T, Jakobsen I. 2002. Functional diversity of arbuscular mycorrhizas extends to the expression of plant genes involved in P nutrition. *Journal of Experimental Botany* 53: 593-1601.
- Burns JC, Standaert JE. 1985. Productivity and Economies of Legume-Based VS. Nitrogen Fertilized Grass-Based Pastures in the United States. Di dalam : Barnes RE, editor. *Proceeding of Trilateral Workshop*. Palmerston North 30 April – 4 May 1984. Washington DC : USDA-ARS.
- [CGLCI] Colorado Grazing Lands Conservation Initiative. 2003. *Prescribed Grazing*. Colorado : National Resources Conservation Service – USDA.
- Caravaca F, Barea JM, Figueroa D, Roldán A. 2002. Assessing the effectiveness of mycorrhizal inoculation and soil compost addition for enhancing reafforestation with *Olea europaea* subsp. *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. *Applied Soil Ecology* 20 (2) : 107-118.
- Celik I, Ortas I, Kilic S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil and Tillage* 78 : 59-67. 2004.
- Cooke JA, Johnson MS. 2002. Ecological restoration of land with particular reference to the mining of metals and industrial minerals: a review of theory and practice. *Environmental Review* 10:41-71.

- Dalpe, Y., Monreal, M. 2004. *Arbuscular mycorrhiza inoculum to support sustainable cropping systems*. <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/review/2004/inoculant> [25 Nov. 2005].
- Daniels WL. 1998. *Creation and management of productive mine soils. Reclamation Guidelines for Surface Mined Land in Southwest Virginia*. Virginia: VCE Publication 460-121.
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta : UI Press.
- [DEH] Department of the Environment and Heritage. 2002. *Case study of Kaltim Prima Coal mine, Kalimantan, Indonesia*. Environment Australia Commonwealth Government. <http://www.deh.gov.au/index.html>. [20 Jun. 2004].
- DeRamus HA. 1995. *Forage Growth and its Relationship to Grazing Management*. <http://www.louisiana.edu/> [19 Agustus 2004]
- Devendra C. 1995. Tropical Legumes for Small Ruminants. Di dalam : D'Mello JPF & Devendra C, editor. *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. Wallingford : CAB International.
- Direktorat Jenderal Peternakan. 2008. *Statistik Peternakan*. Jakarta : Direktorat Jenderal Peternakan. Departemen Pertanian RI.
- Diver S. 2002. *Compost Teas for Plant Disease Control*. <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/compost-tea-notes.pdf> [25 Juni 2005].
- Dodd WE, Louis AO. 2003. Evaluating reclamation success at three AML sites in North dakota in 1998 and 2003. *25th Annual Conference of the Association of Abandoned Mine Land Program*. Kentucky, 28 Sept. – 01 Oct. 2003.
- Duynstee T. 2001. *Highland Valley Copper Biosolids Reclamation Program (1996-2000)*. Vancouver : Biosolids Recycling Program.
- Errington JC. 2002. Toward result-based standards for mine reclamation in British Columbia. Di dalam: BC Technical and Research Committee, Editor. *High Elevation Mine Reclamation. Proceeding of the 26th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium*. British Columbia: Canadian Land Reclamation Association.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2001. *Conservation Agriculture case studies in Latin America and Africa*. Rome: Agriculture Department, FAO Corporate Document Repository.

- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2002. *Animal Feed Resources Information System*. <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/AFRIS/default.htm>. [01 Agustus 2004]
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2003. *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth. <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/default.htm> [01 Agustus 2004].
- Fitze D, Wiepning A, Kaldorf M, Ludwig-Müller J. 2005. Auxins in the development of an arbuscular mycorrhizal symbiosis in maize. *Journal of plant physiology* 162: 1210-1219.
- Galt D, Molinar F, Navarro J, Joseph J, Holecheck J. 2000. *Grazing Capacity and Stocking Rate*. <http://www.nativehabitat.org/capacity.html> [23 Pebruari 2006]
- Gautier H, Varlet-Grancher C, Hazard L. 1999. Tillering responses to light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected to contrasting leaf length. *Annals Botany* 83 : 423-429.
- Gerdemann JW, Nicolson TH. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society* 46: 235.
- Gerken J, Baker C. 1997. *Beef Production from Forages on Reclaimed Surface-Mined Land*. Virginia : Virginia Cooperative Extension Publication.
- Gilewska M, Otremba K. 2000. Physical features of dump soils originating in process of reclamation (abstract). *Roland* 56 : 357-365.
- Gilewska M, Bender J, Drzymala S. 2001. Organic matter formation in post mining soils in Central Poland. Di dalam: Scott DE, Mohtar RH, Steinhardt GC, editor. *Sustaining the Global Farm. Selected Papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting*; Purdue University, 24-29 May 1999. Purdue: International Soil Conservation Organization.
- Giovanetti M, Sibrana C, Citernesi AS, Avio L. 1996. Analysis of factors involved in fungal recognition responses to host-derived signals by arbuscular mycorrhizal fungi. *New phytology* 125 : 587-593.
- Gizikoff, KG. 2004. *Re-establishing livestock use on mined landscapes in Southern interior of BC*. KG Consulting. <http://www.frccr.bc.ca/docs/2004-gizkoff.pdf>. [15 Jan. 2005]
- Gordon, IJ. 2000. Plant-animal interactions in complex plant communities: From mechanism to modeling. p. 191-208. Di dalam: Lemaire G, editor. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. New York : CAB International Publication. p.191-208.

- Hacker, R.B. and Smith W.J., 2007. An evaluation of the DDH/100mm stocking rate index and an alternative approach to stocking rate estimation. *The Rangeland Journal* 29: 139 – 148.
- Hager, M.C. 2001. *The Peaks and Valleys of Hydroseeding Award-Winning Reclamation in the Deep South A Regulatory Point of View Developing Wetlands: A Different Approach Conclusion*. <http://www.forester.net/ec0107reclaiming.html#wetlands/> [10 September 2005]
- Hadi, P.U., H.P. Saliem, dan N. Ilham. 1999. Pengkajian konsumsi daging sapi dan kebutuhan impor daging sapi. Di dalam: Sudaryanto, T, Rusastra IW, dan Djamel E, editor. *Analisis dan Perspektif Kebijakan Pembangunan Pertanian Pascakrisis Ekonomi*. Monograph Series. Jakarta : Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian hlm. 289-312.
- Halim RA. 1992. *Puerararia phaseoloides* (Roxb.) Benth. Di dalam: 't Manneltje, L & Jones RM, editor : *Plant Resources of South-East Asia No. 4. Forages*. Bogor : Prosea.
- Hart CR, Carpenter BB. 2001. *Stocking Rate and Grazing Management*. <http://texaserc.tamu.edu> [23 Pebruari 2006].
- Hartadi H *et al.* 1980. *Tables of Feed Composition For Indonesia*. Logan : International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University.
- Hawkes CV. 2003. Nitrogen cycling mediated by biological soil crust and arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84 (6) : 1553 – 1562.
- Hetrick BAD, Wilson GWT, Figge DAH. 1994. The influence of mycorrhizal symbiosis and fertilizer amendments on establishment of vegetation in heavy metal mine spoil. *Environmental Pollution* 86:171-179.
- Hildebrandt U, Janetta K, Bothe H. 2002. Towards growth of arbuscular mycorrhizal fungi independent of a plant test. *Applied Environmental Microbiology* 68: 1919-1924.
- Hodge, A, Campbell CD, Fitter AH. 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature* 413:297–299.
- Holl KD, Zipper CE, Burger A. 2001. *Recovery of Native Plant Communities After Mining*. <http://www.ext.vt.edu/resources/> [21 Agustus 2004].
- Holl KD. 2002. Long-term vegetation recovery on reclaimed coal surface mines in the eastern USA. *Journal of Applied Ecology* 39 : 960–970.

- Hue NV, Ikawa H. 2001. *Organic Soil Amendments for Sustainable Agriculture*. http://www.cthar.hawaii.edu/TPSS/research_extension/rxSoil/rxSoil.html [01 Agustus 2006]
- Humphreys LR. 1995. Diversity and Productivity of Tropical Legumes. Di dalam : D'Mello JPF & Devendra C, editor. *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. Wallingford : CAB International.
- [INVAM] International Culture Collection of Arbuscular & Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. 2003. *General Life Cycle, and the Structures Formed*. <http://invam.caf.wvu.edu/index.html> [25 Agustus 2006]
- Isopp H, Frehner M, Long SP, Nösberger J. 2000. Sucrose-phosphate syntase responds differently to source-sink relations and to photosynthetic rates: *Lolium perenne* L. growing at elevated pCO₂ in the field. *Plant Cell Environment* 23 : 597-607.
- Jha AK, Singh JS. 1995. Rehabilitation of mine spoils with particular reference to multipurpose trees. Di dalam: Singh P, Pathak PS, Roy MM, editor. *Agroforestry Systems for Sustainable Land Use*. Libanon: Science Publishers, Inc.
- Jones, C. 2000. Grazing management for healthy soils. *Proceedings Stipa Inaugural National Grasslands Conference 'Better Pastures Naturally'*. Mudges, NSW, 16-17 March 2000. <http://managingwholes.com/grazingsoils.htm>. [20 September 2004]
- Juma N.G. 1998. *The pedosphere and its dynamics: a systems approach to soil science*. Volume ke-1. Edmonton : Quality Color Press Inc.
- Karti PDMH. 2003. Respon morfofisiologi rumput toleran dan peka aluminium terhadap penambahan mikroorganisme dan pembenah tanah [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Kijne JW, Lugtenberg BJJ, Smith G. 1992. Attachment, lectin and initiation of infection in (Brady) Rhizobium-legume interactions. Di dalam : Verma DPS, editor. *Molecular Signals in Plant-Microbe Communications*. Boca Raton : CRC Press.
- Kleinman LH. 1996. Vegetation. Di dalam: Ferris FG, Kleinman LH, Stewart DG, Stowe RL, Vieland LE, editor. *Handbook of Western Reclamation Techniques*. Denver: The Office of Technology Transfer, Western Regional Coordinating Centre, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement.
- Knops J M H, Bradley KL, Wedin DA. 2002. Mechanisms of plant species impacts on ecosystem nitrogen cycling. *Ecology Letters* 5:454-466.

- [KPC] PT Kaltim Prima Coal. 2000. *Spesifikasi Reahabilitasi versi 2*. Sangatta : Departemen Enviro PT Kaltim Prima Coal.
- Kretschmer AE, Pitman WD. 1995. Tropical and Subtropical Forages. Di dalam: Barnes RF, Miller DA, Nelson CJ, editor. *Forages Volume I: An Introduction to Grassland Agriculture*. Iowa : Iowa State University Press.
- Kustiawan W. 2001. Perkembangan vegetasi dan kondisi tanah serta revegetasi pada lahan bekas galian tambang batubara di Kalimantan Timur. *Rimba Kalimantan* 6(2):20-31.
- Kussow WR. 2002. *Humate and humic acid*. Texas: Texas Cooperative Extension. Horticulture Update. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/newsletter/hortupdate/jun02/art4jun.html>. [20 September 2004]
- [LBN] Lembaga Biologi Nasional. 1983. *Makanan Ternak*. Bogor : Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Legel S. 1990. *Tropical Forage Legumes and Grasses*. Berlin: Deutcher Landwirtschaftsverlag.
- Lindstrom, TE. 1998. *Forage and Conservation Planting Guide*. Sustainable Agriculture Research and Education Program Utah State University. <http://www.usu.edu/plantguy/criteria.htm>. [05 Maret 2005]
- Lukiwati DR. 1996. Peningkatan produksi dan nilai nutrisi legume pakan dengan pemupukan batuan fosfat dan inokulasi mikoriza vesicular-arbuskular [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Mannetje L't, Jones RJ, Stobbs H. 1976. Pasture Evaluation by Grazing Experiments. Di dalam : N.H. Shaw NH, Bryan WW, editor. *Tropical Pasture Research, Principles and Methods*. Hurley : Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Manske LL. 2004. *A Method of Determining Stocking Rate Based on Monthly Standing Herbage Biomass*. <http://www.ndsu.nodak.edu/dickinso/> [23 Pebruari 2006]
- Mansur I, Setiadi Y, Primaturi R. 2002. Status of research on mycorrhiza arbuscula associated with tropical tree species. *Paper presented at the Fourth International Wood science Symposium (4th IWSS) LIPI-JSPS Core University Program in the Field of Wood Science*; Serpong, 2-3 Sep. 2002.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants, 2nd Edition*. London: Academic Press.

- Martinez F, Cuevas G, Calvo R, Walter S. 2003. Biowaste effect on soil and native plants in semiarid ecosystem. *Journal of Environmental Quality* 32 : 472 -479.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2006. *Perancangan percobaan dengan aplikasi SAS dan minitab*. Bogor: IPB Press.
- McFarland ML, Stichler C, Lemon RG. 1998. *Non-Traditional Soil Additives: Can They Improve Crop Production?* Texas Agricultural Extension Service, The Texas A&M University System.
- McNeary RL. 2000. Five years of result form a one-time application of municipal biosolid on plant growth at the kennecott tailings impoundment. Di dalam : *Proceedings Mining, Forest and Land Restoration Symposium*. Rocky Mountain, 17 – 19 Jul 2000. Rocky Mountain : Rocky Mountain Water Environment Association Biosolids Committee.
- [MDNR] Missouri Department of Natural Resources. 2003. *Cool-Season Grass Stand Management on Rclamed minelands-Landowner Management Guide*. [http:// WWW. Dnr.mo.gov/alpd/lrp](http://WWW.Dnr.mo.gov/alpd/lrp) [21-07-2004].
- Mosse B. 1981. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Research for Tropical Agriculture*. Research Bulletin No. 174. Hawaii : Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human resources, University of Hawaii.
- Mourinõ F, Albrecht FK, Schaefer DM, Berzaghi P. 2003. Steer Performance on Kura Clover–Grass and Red Clover–Grass Mixed Pastures. *Agronomy Journal*. 95: 652–659.
- Muchovej RM. 2004. *Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops*. <http://edis.ifas.ufl.edu>. [25 Juni 2005]
- Mukerji KG, Jagpal R, Bali M, Rani R. 1991. The importance of mycorrhiza roots. In: McMichael BL, Person H, editors. *Plant Roots and Their Environment*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, BV.
- Munshower FF. 2000. The ecological basis for reclamation success criteria. *Proceeding of 2000 Billings Land Reclamation Symposium*. Montana.
- Nelson CJ, Moser LE. 1994. Plant factors affecting forage quality. Di dalam : Fahey GC, editor. *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. Wisconsin : American Society of Agronomy, Inc.
- Ning J, Cumming JR. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi alter phosphorous relations of broomsedge (*Andropogon virginicus* L.) plants. *Journal of Experimental Botany* 52(362) : 1883-1891.

- Nguluve DW, Muir JP, Wittie R, Rosiere R, Butler TJ. 2004. Yield and nutritive value of summer legumes as influenced by dairy manure compost and competition with crabgrass. *Agronomy Journal* 96:812–817.
- Nielsen DB. 1997. *Observation on Pasture Management and Grazing*. Logan: Utah State University.
- Ning J, Cumming JR. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi alter phosphorus relation of broomsedge (*Andropogon virginicus* L) plants. *Journal of Experimental Botany* 52(362): 1883-1891.
- Norton BW, Poppi DP. 1995. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. Di dalam : D’Mello JPF, Devendra C, editor. *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. Wallingford : CAB International.
- [NRC] National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle, sixth revised edition. Washington DC : National Academy Press.
- [NSOB] National Organic Standards Board. 2004. Compost Tea Task Force Report. <http://www.ams.usda.gov/nosb/archives/crop/recommendations.html> [25 Juni 2005]
- Ohlenbusch PD, Watson SL. 1994. *Stocking Rate and Grazing Management*. Kansas : Kansas State University.
- Ouimet R, Camire C, Furlan V. 1996. Effect of Soil, K, Ca, and Mg saturation and endomycorrhization on growth and nutrient uptake of sugar maple seedlings. *Plant Soil* 179 : 207 – 216.
- Olsson PA, Jakobsen I, Wallander H. 2002. Foraging and resource allocation strategies of mycorrhizal fungi in a patchy environment. *Ecoogy Studies* 157:93–115.
- Olsson PA, Hansson MC, Burleigh SH. 2006. Effect of P availability on temporal dynamics of carbon allocation and *Glomus intraradices* high-affinity P transporter gene induction in arbuscular mycorrhiza. *Applied and Environmental Microbiology* 72 (6) : 4115–4120.
- Osonubi O, Mulongoy K, Awotoye OO, Atayese MO, Okali DU. 1991. Effects of ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. *Plant and Soil* 136: 131-143.
- Overbeek LSV, Elsas JDV. 1995. Root exudate-induced promoter activity in *Pseudomonas fluorescens* mutants in the wheat rhizosphere. *Applied and Environmental Microbiology* 61 (3) : 890-898.
- Paulitz TC, Linderman RG. 1989. Interaction between fluorescent pseudomonads and VA mycorrhizal fungi. *New Phytology* 113:37-45.

- Pearson CJ, Ison RL. 1987. *Agronomy of Grassland Systems*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Peña-Méndez EM, Havel J, Patočka J. 2005. Humic substances – compounds of still unknown structure: application agriculture, industry, environment, and biomedicine. *Journal of Applied Biomedicine* 3: 101-112.
- Pendleton, R. L, Warren SD. 1996. Effects of cryptobiotic soil crusts and VA mycorrhizal inoculation on growth of five rangeland plant species. Di dalam: West NE, editor. *Rangelands in A Sustainable Biosphere. Proceedings Fifth International Rangeland Congress*. Denver : Society for Range Management.
- Pfeffer PE.,Douds DD, Bécard G, Shachar-Hill Y. 1999. Carbon uptake and the metabolism and transport of lipids in an arbuscular mycorrhiza. *Plant Physiol*. 120:587–598.
- Phillips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assesment of infection. *Transactions of British Mycologia Society* 55: 158-160.
- Posler GL, Barnett FL, Moyer JL.1986. *Performance Of Grass-Legume Mixtures In Eastern Kansas*, Bulletin 649. Manhattan : Agricultural Experiment Station, Kansas State University.
- Potro S. 2000. *Pengelolaan Lingkungan di PT KPC*. Sangatta: Departemen Lingkungan PT KPC.
- Powell GW, Cameron KJ, Newman RF. 2000. *Analysis of Livestock Use Riparian areas*. Victoria: British Columbia.
- Pratt, M, Rasmussen GA. 2001. *Determining Your Stocking Rate*. Logan : Utah State University.
- Price ML, Duddles N. 1998. *Chicken Manure Tea* : Research Report. <http://www.echonet.org/> [25 Juni 2005]
- Prihatman K. 2000. *Budidaya Ternak sapi potong*. Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi, Deputy Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Iptek, <http://www.ristek.go.id/> [10 April 2005]
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. *Term of reference type AS*. Bogor: P3MT PPT.
- Rasmussen, V.P. 1998. *Forage and Conservation Planting Guide*. Sustainable Agriculture Research and Education Program Utah State University. <http://www.usu.edu/plantguy/criteria.htm> [10 September 2005]

- Rayburn, E.B. 1992. *Principles of Grazing Management*. <http://www.caf.wvu.edu/~forage/5710.htm#wv> [11 October 2002].
- Rayburn EB & Barao S. 2002. *Understanding Pasture Stocking Rate and Carrying Capacity*. Maryland : Maryland Cooperative Extension.
- Renault S, Szezerski C, Sailerova E, Fedikow MAF. 2004. Phytoremediation and revegetation of mine tailings and bio-ore production: progress report on plant growth in amended tailings and metal accumulation in seeding planted at Central Manitoba (Au) minesite (NTS 52L13). *Report Activities Manitoba Industry, Economic Development and Mines*. Manitoba Geological Survey.
- Riyanto, Daru TP, Idris S. 2001. *Percobaan Penutup tanah (cover crop trial) PT Kaltim Prima Coal (KPC) di Sangatta*. Samarinda: Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman.
- Rosario K, Iverson SL, Henderson DA, Chartrand S, McKeon C, Glenn EP, Maier RM. 2007. Bacterial community changes during plant establishment at the san pedro river mine tailings site. *Journal of Environ Quality* 36:1249-1259.
- Sanderson MA, Soder KJ, Brzezinski N, Taube F, Klement K, Muller LD, Wachendorf M. 2006. Sward structure of simple and complex mixtures of temperate forages. *Agronomy Journal* 98:238-244.
- Sanderson MA, Goslee SC, Klement KD, and Kathy J. Soder KJ. 2007. Soil seed bank composition in pastures of diverse mixtures of temperate forages. *Agronomy Journal* 99:1514-1520.
- Schultze-Kraft R, Teitzel J.K. 1992. *Brachiaria decumbens Stapf*. Di dalam: 't Mannetje, L & Jones RM, editor : *Plant Resources of South-East Asia No. 4. Forages*. Bogor : Prosea.
- [SER] Society for Ecological Restoration. 1996. *Society for Ecological Restoration, Definition I. Ecological Restoration*. <http://www.ser.org/definition.html> [4 April 2004]
- [SER] Society for Ecological Restoration. 2002. *The SER primer on ecological restoration*. <http://www.ser.org/> [24 Oktober 2004].
- Secilia J, Bagyaraj DJ. 1987. Bacteria and actinomycetes associated with pot cultures of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Canadian Journal of Microbiology* 33: 1069-1073.
- Setiadi Y, Mansur I, Budi SW, Ahmad. 1992. *Petunjuk Laboratorium mikrobiologi tanah hutan*. Bogor: PAU-Bioteknologi IPB.

- Setiadi Y. 2003. Rehabilitation of degraded mine land. Di dalam: Forum Bioremediasi Institut Pertanian Bogor, editor. *Prosiding Seminar Bioremediasi dan Rehabilitasi Lahan Sekitar Perminyakan dan Pertambangan*, Institut Pertanian Bogor, 20 Pebruari 2003. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan.
- Shetty KG, Hetrick BAD, Figge DAH, Schwab AP. 1994. Effects of mycorrhizae and other soil microbes on revegetation of heavy metal contaminated mine spoil. *Environmental Pollution* 86:181-188.
- Shrestha RK, Lal R. 2007. Soil carbon and nitrogen in 28-year-old land uses in reclaimed coal mine soils of ohio. *Journal of Environmental Quality* 36:1775-1783.
- Sieverding E. 1991. *Vesicular-arbuscular mycorrhizas management in tropical agrosystem*. Eschborn: Deutsche Gessellschaft für technische zusammenarbeit (GTZ).
- Singh S. 2004. *Biological reclamation of degraded mined land a sustainability indicator*. Newsletter of ISEB 10(1). <http://www.geocites.com/isebbindia/subject-index.html> [12 Desember 2004].
- Skousen JG, Zipper E. 1996. Revegetation species and practices. *Reclamation Guidelines for Surface Mined Land in Southwest Virginia*. Virginia: VCE Publication 460-122.
- Skerman PJ. 1977. *Tropical Forage Legume*. Rome : Food and Agriculture Organization of United Nation.
- Smith SE, Read DJ. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. San Diego: Academic Press.
- Smith SE, Smith FA, Jakobsen I. 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. *Plant Physiology* 133 : 16-20.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. New York: Wiley Interscience.
- Suter D, Nosberger J, Luscher A. 2001. Response of perennial ryegrass to free air CO₂ enrichment (FACE) is related to the dynamics of sward structure during regrowth. *Crop Science* 41 : 810-817.
- Swift CE. 2003. *Mycorrhiza and soil phosphorus levels*. <http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/PLANTS> [28 Desember 2004].
- Sydnor MEW, Redente EF. 2002. Reclamation of high-elevation, acidic mine waste with organic amendments and topsoil. *Journal of Environmental Quality* 31:1528-1537.

- Sylvia DM. 1992. *Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi*. Di dalam: Norris JR, Read DJ, Varma AK, editor. *Methods in microbiology* volume ke-24, *techniques for the study of mycorrhiza*. London: Academic press.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*, 3rd. Edition. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc. Publishers.
- Tanu, Prakash A, Adholeya A. 2004. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. *Bioresource Technology* 92 : 311-319.
- Tipping E. 2000. *Cation binding by humic substances*. Cambridge University Press. http://www.cambridge.org/05162/146/excerpt/0521621461_excerpt.pdf. [24 April 2004]
- Tótolá MR; Borges AC. 2000. Growth and Nutritional Status of Brazilian Wood Species *Cedrella Fissilis* and *Anadenanthera Peregrina* in Bauxite Spoil in Response to Arbuscular Mycorrhizal Inoculation and Substrate Amendment. *Brazilian Journal Of Microbiology* 31:257-265.
- Troeh ZI, Loynachan TE. 2003. Endomycorrhizal fungal survival in continuous corn, and fallow. *Agronomy Journal* 95:224-230.
- Tropical Forages. 2000. *Brachiaria decumbens*. <http://www.tropicalforages.info/key/forages/Media/Html/Glossary.html> [23 Juni 2005]
- Turk MA, Assaf TA, Hameed KM, Al-Tawaha AM. 2006. Significance of mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Sciences* 2 (1): 16-20.
- Vance CP. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition: Plant nutrition in a World of declining renewable resources. *Plant Physiology* 127: 390-397.
- Velásquez JE, Cuesta yPA. 1990. *Productividad animal de Brachiaria decumbens (Stapf) bajo pastoreo continuo con tres cargas en el piedemonte amazónico*. <http://www.cipav.org.co/Irrd/Irrd2/3/cont23.html> [20 Juni 2006].
- Wahba MM. 2007. Influence of compost on morphology and chemical properties of sandy soils, Egypt. *Journal of Applied Science Research* 3 (11) : 1490-1493.
- Walley FL, Germida JJ. 1996. Failure to decontaminate *Glomus clarum* NT4 spores is due to spore wall-associated bacteria. *Mycorrhiza* 6 : 43-49.

- Wedin WF, Klopfenstein TJ. 1995. Cropland Pastures and Cropland Residues. Di dalam: Barnes RF, Miller DA, Nelson CJ, editor. *Forages Volume II : The Science of Grassland Agriculture*. Iowa : Iowa State University Press.
- Wetterauer DG, Killorn RJ. 1996. Fallow- and flooded soil syndromes, effects on crop production. *Journal of Production Agriculture* 9: 39-41.
- Whiteman PC. 1974. The Environment and Pasture Growth. Di dalam : Whiteman *et al.*, editor. *A Course Manual in Tropical Pasture Science*. Brisbane : Australian Vice-Cancellors Committee (AAUCS).
- Whiteman PC, Halim NR, Norton BW, Hales JW. 1985. Beef production from three tropical grasses in south-eastern Queensland. *Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 25 (3) : 481-488.
- Wurst S, Beersum SV. 2008. The impact of soil organism composition and activated carbon on grass-legume competition. *Plant and Soil* 10 : 1007 – 1014.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

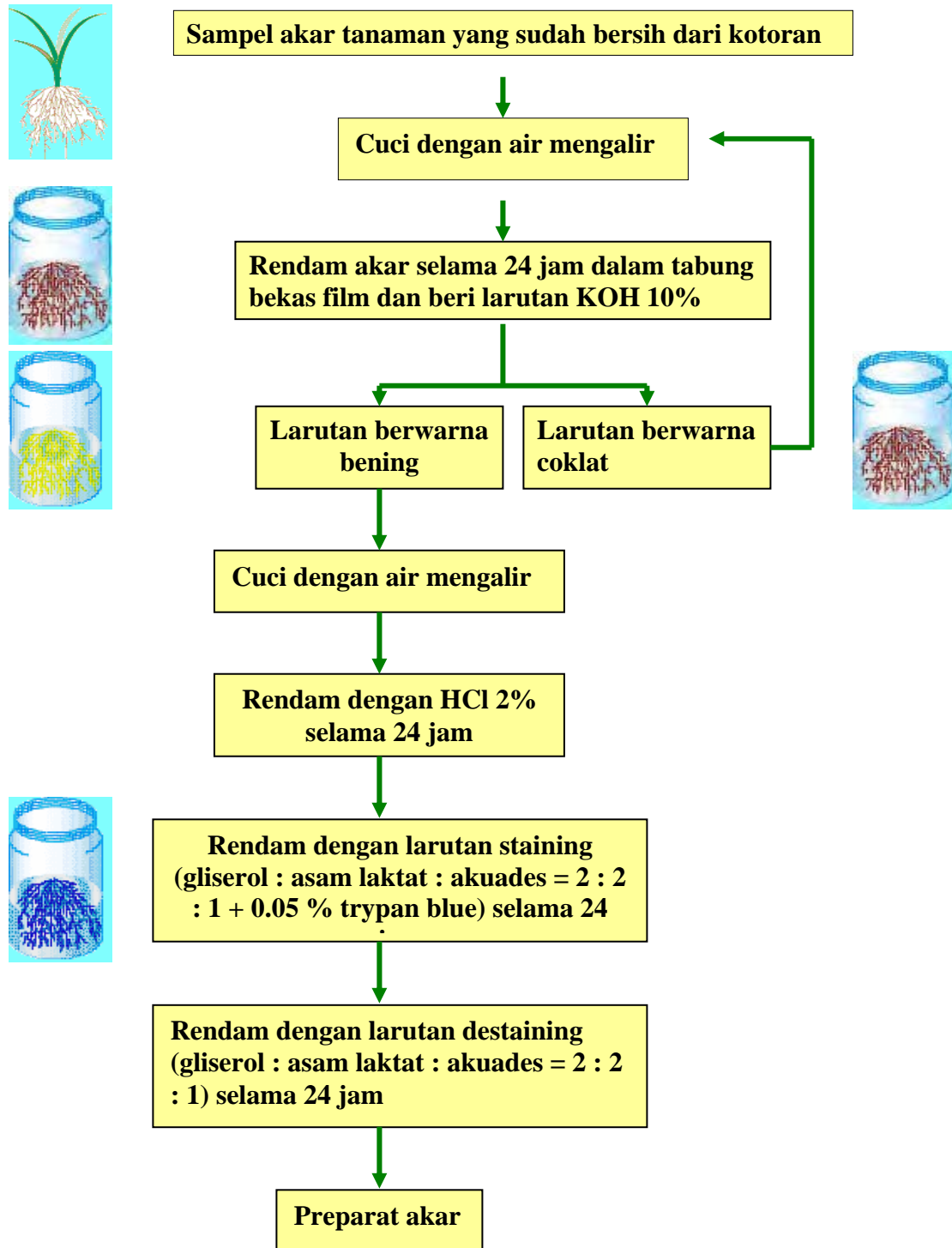
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1. Prosedur clearing dan staining akar sebelum pengukuran kolonisasi akar



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

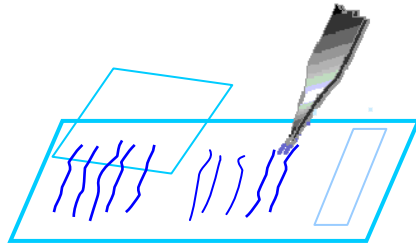
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

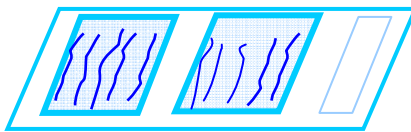
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

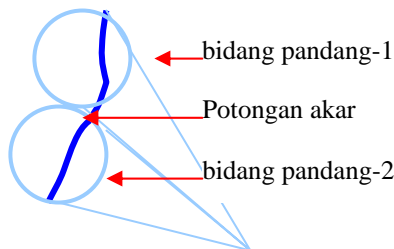
Lampiran 2. Perhitungan kolonisasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada akar tanaman percobaan



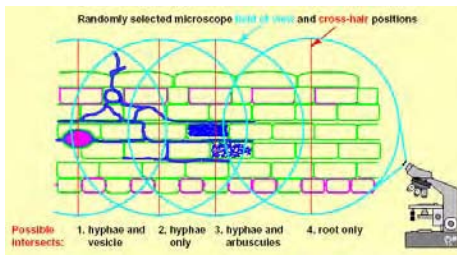
Susun potongan akar yang telah di staining dengan panjang ± 1 cm sebanyak 10 potongan akar di atas desk glass



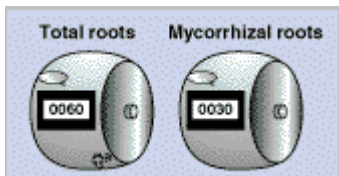
Tutup potongan akar tersebut dengan cover glass sambil ditekan secara perlahan hingga struktur potongan akar menyatu dengan desk glass dan cover glass



Amati setiap potongan akar di bawah mikroskop (compound light microscope) sambil dicatat propagul yang terlihat dalam setiap bidang pandang.



Hitung jumlah bidang pandang akar yang terkolonisasi dan jumlah bidang pandang akar seluruhnya



$$\% \text{ kolonisasi akar} = \frac{\text{Jumlah akar terkolonisasi}}{\text{Jumlah akar seluruhnya}} \times 100 \%$$

Lampiran 3. Ringkasan sidik ragam berat kering tajuk, berat kering akar, dan kolonisasi FMA dengan sumber inokulasi yang berbeda pada signal dan puero

| Sumber keragaman | Derajat bebas | Berat kering tajuk | Berat kering akar | Kolonisasi FMA | F tabel | |
|------------------|---------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|------|
| | | | | | 5 % | 1 % |
| Signal | | | | | | |
| Perlakuan | 3 | 7.825** | 9.373** | 5.550** | 3.24 | 5.29 |
| Galat | 16 | | | | | |
| Total | 19 | | | | | |
| KK (%) | | 8.93 | 12.038 | 7.820 | | |
| Puero | | | | | | |
| Perlakuan | 3 | 8.510** | 7.220** | 9.221** | 3.24 | 5.29 |
| Galat | 16 | | | | | |
| Total | 19 | | | | | |
| KK (%) | | 7.72 | 9.099 | 11.545 | | |

**) berbeda sangat nyata ($P < 0.01$)
 KK = Koefisien keragaman

Lampiran 4. Ringkasan sidik ragam konsentrasi dan frekuensi pemberian kompos cair pada rumput signal dan legum puero

| Sumber keragaman | db | F hitung | | | | | | | F tabel | | |
|------------------|----|----------|---------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|------|------|
| | | BKT | BKA | KNT | KPT | SNT | SPT | KFMA | JS | 5 % | 1 % |
| Signal | | | | | | | | | | | |
| K | 4 | 6.446** | 3.198* | 7.086** | 7.783** | 10.149** | 10.872** | 6.355** | 1.747tn | 2.69 | 4.02 |
| F | 2 | 1.813tn | 0.841tn | 0.774tn | 0.058tn | 1.004tn | 1.528tn | 0.255tn | 1.639tn | 3.32 | 5.69 |
| K x F | 8 | 1.299tn | 0.709tn | 1.205tn | 2.121tn | 1.166tn | 1.890tn | 0.402tn | 1.014tn | 2.27 | 3.17 |
| Galat | 30 | | | | | | | | | | |
| Total | 44 | | | | | | | | | | |
| KK(%) | | 12.990 | 17.085 | 4.621 | 6.134 | 13.711 | 14.667 | 16.134 | 13.280 | | |
| Puero | | | | | | | | | | | |
| K | 4 | 3.539* | 9.071** | 3.782* | 2.982* | 4.234** | 5.118** | 8.430** | 3.872* | 2.69 | 4.02 |
| F | 2 | 0.208tn | 2.540tn | 0.959tn | 1.809tn | 0.479tn | 0.051tn | 1.790tn | 2.680tn | 3.32 | 5.69 |
| K x F | 8 | 0.880tn | 0.489tn | 1.917tn | 0.465tn | 1.177tn | 1.083tn | 1.642tn | 1.846tn | 2.27 | 3.17 |
| Galat | 30 | | | | | | | | | | |
| Total | 44 | | | | | | | | | | |
| KK (%) | | 18.957 | 12.528 | 4.409 | 11.252 | 19.807 | 22.959 | 9.065 | 12.553 | | |

Keterangan:

K = Konsentrasi kompos cair
 F = Frekuensi pemberian kompos cair
 KK = Koefisien keragaman
 db = derajat bebas

BKT = Berat kering tajuk
 BKA = Berat kering akar
 KNT = Kandungan nitrogen tajuk
 KPT = Kandungan fosfor tajuk

SNT = Serapan nitrogen tajuk
 SPT = Serapan fosfor tajuk
 KFMA = Kolonisasi FMA
 JS = Jumlah spora

Lampiran 5. Ringkasan sidik ragam peubah yang diukur pada perlakuan komposisi signal-puero dan kombinasi FMA-kompos cair

| Komponen | Blok | C | D | C x D | Galat | Total | KK(%) |
|---|---------|----------|----------|---------|-------|-------|--------|
| Derajat bebas | 2 | 2 | 3 | 6 | 22 | 35 | |
| F tabel: | | | | | | | |
| 5 % | 3.44 | 3.44 | 3.05 | 2.55 | | | |
| 1% | 5.72 | 5.72 | 4.82 | 3.76 | | | |
| F hitung: | | | | | | | |
| Bahan kering hijauan (g.m ⁻²) | 5.859** | 7.341** | 4.257* | 0.213tn | | | 11.217 |
| Komposisi botanis signal (%) | 0.266tn | 11.883** | 5.975* | 0.074tn | | | 21.544 |
| Komposisi botanis puero (%) | 0.266tn | 11.883** | 5.975* | 0.074tn | | | 17.832 |
| Kandungan protein kasar signal (%) | 1.536tn | 0.427tn | 3.605* | 0.513tn | | | 16.741 |
| Kandungan protein kasar puero (%) | 1.367tn | 0.345tn | 11.520** | 0.500tn | | | 8.991 |
| Kandungan serat kasar signal (%) | 0.217tn | 2.661tn | 0.505tn | 0.145tn | | | 4.755 |
| Kandungan serat kasar puero (%) | 2.254tn | 0.595tn | 3.291* | 0.060tn | | | 5.871 |
| Kandungan fosfor signal (%) | 0.044tn | 0.756tn | 0.074tn | 0.212tn | | | 14.465 |
| Kandungan fosfor puero (%) | 1.239tn | 0.898tn | 3.742* | 0.764tn | | | 8.216 |

Dilanjutkan

Lampiran 5 (lanjutan)

| Komponen | Blok | C | D | C x D | Galat | Total | KK (%) |
|---|---------|----------|----------|---------|-------|-------|--------|
| Derajat bebas | 2 | 2 | 3 | 6 | 22 | 35 | |
| F table: | | | | | | | |
| 5 % | 3.44 | 3.44 | 3.05 | 2.55 | | | |
| 1 % | 5.72 | 5.72 | 4.82 | 3.76 | | | |
| F hitung: | | | | | | | |
| Produksi protein kasar hijauan (g.m ⁻²) | 2910tn | 10.001** | 3.237* | 0.426tn | | | 17.183 |
| Produksi serat kasar hijauan (g.m ⁻²) | 2937tn | 2.660tn | 2.643tn | 0.430tn | | | 12.430 |
| Produksi fosfor hijauan (mg.m ⁻²) | 1318 | 7.631** | 1.394tn | 0.167tn | | | 16.891 |
| Kolonisasi FMA signal (%) | 1.521tn | 0.105tn | 15.765** | 0.423tn | | | 13.770 |
| Kolonisasi FMA puero (%) | 1.795tn | 0.390tn | 10.884** | 0.149tn | | | 19.626 |
| Jumlah spora FMA signal (spora.50g ⁻¹) | 6.291** | 6.280** | 18.089** | 0.396tn | | | 19.671 |
| Jumlah spora puero (spora.50g ⁻¹) | 2.248tn | 4.833* | 17.716** | 1.470tn | | | 14.852 |

Keterangan:

tn = berbeda tidak nyata (P > 0.05)
 * = berbeda nyata (P < 0.05)
 ** = berbeda sangat nyata (P < 0.01)

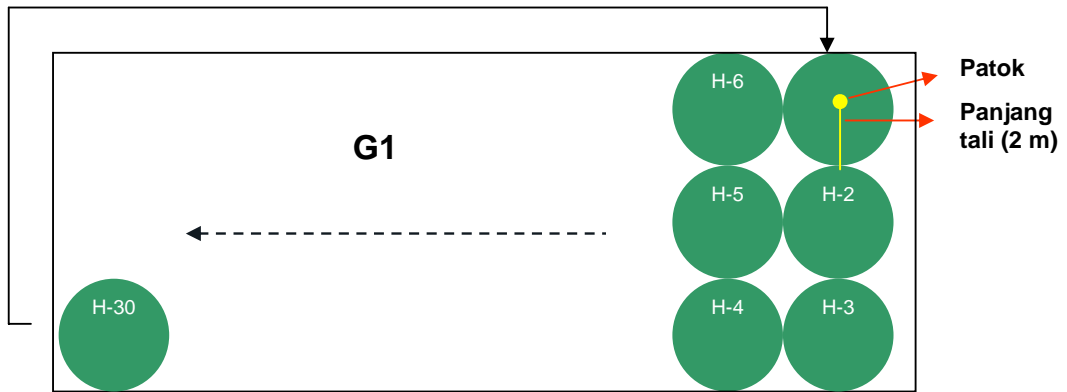
C = Komposisi signal-puero
 D = Kombinasi FMA-kompos cair
 KK = Koefisien keragaman

Lampiran 6. Denah lokasi percobaan penggembalaan di Sangatta South East (SSE), PT Kaltim Prima Coal



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak menganggu kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengurniakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 7. Teknik penggembalaan diikat dengan sistem rotasi 30 hari



Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 8. Ringkasan sidik ragam peubah yang diukur pada perlakuan tekanan injakan yang berbeda

| Komponen | Ulangan | Perlakuan | Galat | Total | KK (%) |
|--|----------|-----------|-------|-------|--------|
| Derajat bebas | 2 | 4 | 8 | 14 | |
| F tabel: | | | | | |
| 5 % | 4.46 | 3.84 | | | |
| 1 % | 8.65 | 7.01 | | | |
| Komposisi botanis sebelum digembalakan: | | | | | |
| Signal (%) | 2.216tn | 1.516tn | | | 6.637 |
| Pueru (%) | 0.060tn | 1.440tn | | | 25.408 |
| Gulma (%) | 2.849tn | 4.384* | | | 26.946 |
| Komposisi botanis sesudah digembalakan: | | | | | |
| Signal (%) | 3.0610tn | 6.555* | | | 10.643 |
| Pueru (%) | 0.328tn | 0.201tn | | | 25.179 |
| Gulma (%) | 0.862tn | 2.780tn | | | 26.953 |
| Sprouting rate signal (%) | 3.337tn | 4.197* | | | 15.938 |
| Produksi BK hijauan (g.m ²) | 1.011tn | 1.845tn | | | 24.340 |
| Konsumsi BK hijauan (g.ekor ⁻¹) | 0.796tn | 4.799* | | | 25.680 |
| Pertambahan berat badan harian (g.hari ⁻¹) | 22.027tn | 5.604* | | | 14.580 |

Keterangan:

tn = berbeda tidak nyata ($P > 0.05$)

* = berbeda nyata ($P < 0.05$)

BK = bahan kering

KK = Koefisien keragaman