

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS KOMPOS DAN MIKORIZA MEMPERBAIKI SIFAT KIMIA
TANAH PURNA TAMBANG NIKEL DAN PENGARUHNYA TERHADAP
PERTUMBUHAN *Calopogonium mucunoides***

**BOBY DIRGANTARA HANAFIE PUTRA
G111 16 511**



**DEPARTEMEN ILMU TANAH
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEKTIVITAS KOMPOS DAN MIKORIZA MEMPERBAIKI SIFAT KIMIA
TANAH PURNA TAMBANG NIKEL DAN PENGARUHNYA TERHADAP
PERTUMBUHAN *Calopogonium mucunoides***

**BOBY DIRGANTARA HANAFIE PUTRA
G111 16 511**

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian
pada
Departemen Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin
Makassar
2021

**DEPARTEMEN ILMU TANAH
FAKUKLTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul skripsi: Efektivitas kompos dan mikoriza memperbaiki sifat kimia tanah purna tambang nikel dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan *Calopogonium mucunoides*

Nama: Boby Dirgantara Hanafie Putra

NIM: G11116511

Disetujui oleh:

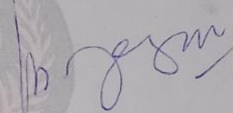
Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Rismaneswati, S.P., M.P

NIP. 19760302 200212 2 002

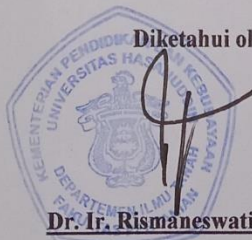
Pendamping Pembimbing,



Dr. Ir. H. Muh. Jayadi, M.P

NIP. 19590926 198601 1 001

Diketahui oleh:



Dr. Ir. Rismaneswati, S.P., M.P

NIP. 19760302 200212 2 002

Tanggal Lulus:

iii

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bobby Dirgantara Hanafie Putra
NIM : G111 16 511
Program studi : Agroteknologi
Jenjang : S1

menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Efektivitas kompos dan mikoriza memperbaiki sifat kimia tanah purna tambang nikel
dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan *Calopogonium mucunoides*

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa, sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Mei 2021

Yang menyatakan,



Bobby Dirgantara Hanafie Putra

ABSTRAK

BOBY DIRGANTARA HANAFIE PUTRA. Efektivitas kompos dan mikoriza memperbaiki sifat kimia tanah purna tambang nikel dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan *Calopogonium mucunoides*. Pembimbing: RISMANESWATI dan MUH. JAYADI

Latar belakang Rehabilitasi lahan purna tambang perlu dilakukan untuk memulihkan sifat kimia tanah antara lain dengan penanaman legum *cover crop*, pemberian bahan organik (TKKS) dan aplikasi mikoriza arbuscular (MVA). **Tujuan** mengkaji pengaruh aplikasi kompos TKKS dan MVA terhadap pertumbuhan *Calopogonium mucunoides* dan perbaikan sifat kimia tanah purna tambang nikel. **Metode** yang digunakan rancangan faktorial 2 faktor (F2F) dalam rancangan acak kelompok (RAK). Kompos TKKS sebagai F1 dengan 3 taraf yaitu K1=5 t ha⁻¹, K2=7.5 t ha⁻¹ dan K3=10 t ha⁻¹, faktor kedua MVA dengan 3 taraf yaitu M1=2 t ha⁻¹, M2=4 t ha⁻¹ dan M3=6 t ha⁻¹. **Hasil** Sifat kimia tanah dengan penambahan kompos TKKS pada dosis 10 t ha⁻¹ dan MVA pada dosis 6 t ha⁻¹ (K3M3) memberikan pengaruh nyata terhadap basa-basa tersedia tanah purna utamanya K yang sebelumnya 0.22 menjadi 0.33 cmol kg⁻¹, Na 0.21 menjadi 0.30 cmol kg⁻¹ serta menurunnya Al-dd yang sebelumnya 3.80 menjadi 0.80 cmol kg⁻¹. Kombinasi perlakuan kompos TKKS dan MVA pada taraf dosis 7.5 t ha⁻¹ dan 4 t ha⁻¹ berpengaruh nyata secara statistik terhadap panjang akar tanaman *Calopogonium mucunoides* dengan rata-rata panjang 10.80 cm. **Kesimpulan** Penggunaan kompos TKKS dan MVA pada dosis 10 t ha⁻¹ dan 6 t ha⁻¹ (K3M3) nyata dalam meningkatkan basa-basa dapat tukar serta menurunkan kandungan Al-dd pada tanah purna tambang nikel. Penggunaan kombinasi kompos TKKS 7.5 t ha⁻¹ dan MVA 4 t ha⁻¹ (K2M2) memberikan pengaruh nyata terhadap panjang akar tanaman *Calopogonium mucunoides*.

Kata kunci: tanah purna tambang nikel, kompos tandan kosong kelapa sawit, *Calopogonium mucunoides*, mikoriza

ABSTRACT

BOBY DIRGANTARA HANAFIE PUTRA. The effectiveness of compost and mycorrhizae in improving the chemical properties of soil after nickel mining affects the growth of *Calopogonium mucunoides*. Advisors: RISMANESWATI and MUH. JAYADI

Background Rehabilitation of land after mining needs to be done to restore the chemical properties of the soil, among others, by planting legume crops cover, providing organic matter (OPEFB) and application of arbuscular mycorrhizae. **The aim was to** examine the effect of OPEFB compost and mycorrhizae applications on the growth of *Calopogonium mucunoides* and improvement of the chemical properties of the soil after nickel mining. **The method** used was a 2-factor factorial design (F2F) in a randomized block design (RBD). OPEFB compost as F1 with 3 levels, namely K1 = 5 t ha⁻¹, K2 = 7.5 t ha⁻¹ and K3 = 10 t ha⁻¹, the second factor is mycorrhizae with 3 levels, namely M1 = 2 t ha⁻¹, M2 = 4 t ha⁻¹ and M3 = 6 t ha⁻¹. **Results** The chemical properties of the soil with the addition of OPEFB compost at a dose of 10 t ha⁻¹ and mycorrhizae at a dose of 6 t ha⁻¹ (K3M3) gave a significant effect on the available bases of the primary soil K which was previously 0.22 to 0.33 cmol kg⁻¹, Na 0.21 to 0.30 cmol kg⁻¹ and a decrease in Al-dd from 3.80 to 0.80 cmol kg⁻¹. Combination of OPEFB compost and mycorrhizae treatment at dose levels of 7.5 t ha⁻¹ and 4 t ha⁻¹ had a statistically significant effect on the root length of *Calopogonium mucunoides* with an average length of 10.80 cm. **Conclusion** The use of OPEFB compost and mycorrhizae at doses of 10 t ha⁻¹ and 6 t ha⁻¹ (K3M3) significantly increased exchangeable bases and decreased Al-dd content in post-nickel soil. The use of a combination of OPEFB compost 7.5 t ha⁻¹ and mycorrhizae 4 t ha⁻¹ (K2M2) gave a significant effect on the root length of *Calopogonium mucunoides*.

Key words: post nickel mining soil, oil palm empty bunch compost, *Calopogonium mucunoides*, mycorrhizae

PERSANTUNAN

Bismillahirrohmanirrohiim

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Salam serta Shalawat tak lupa penulis kirimkan kepada Baginda Rosulullah Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabat yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orangtua, Ayah Alm. Muh. Ali Hanafie Talli dan Ibunda Kasmawati atas semua dukungan serta bantuan yang tak terhingga baik moril maupun materil serta doa-doa yang setiap saat tidak pernah berhenti untuk dilangitkan sepanjang waktu.

Kepada Ibu Dr. Rismaneswati, S.P., M.P. dan Bapak Dr. Ir. H. Muh. Jayadi M.P selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan waktu yang berharga dalam penyelesaian penelitian ini penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Zulkarnain Chairuddin, M.P. selaku penasihat akademik serta seluruh staf dan dosen pengajar Fakultas Pertanian terkhusus Departemen Ilmu Tanah yang telah memberikan ilmu secara akademik maupun non akademik yang berharga selama proses belajar-mengajar di Universitas Hasanuddin.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Arief Nasution, M.P. yang telah memberikan ilmu dan arahnya, Wahyudi Wahid, S.P. dan Kadar Wahid atas bantuannya dalam proses pengambilan sampel tanah di PT. Vale Indonesia. Kepada Baharuddin Asis, S.P., Ita Ayuni S. S.P., Nurul Amin, S.P., atas bantuannya selama proses penanaman dan pemeliharaan tanaman di eksperimental farm. Kepada Ainun Wulandari, S.P., dan Khaerunnisa Nasir, S.P., atas bantuannya selama proses analisis sampel tanah di laboratorium. Kepada Indryani Bali, S.P., M.Sc., Sri Wahyuni Haris, S.Hut., Azmi Nur Karimah Amas, S.P., Muh. Nur Ervan, S.E. atas bantuannya selama proses penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih atas semua bantuan yang diberikan.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Andri Ardiansyah, S. Hut dan **Tim Nursery PT. Vale Indonesia Tbk.** yang telah memfasilitasi penelitian ini, penyiapan sampel tanah dan benih *Calopogonium mucunoides*. Tak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada keluarga besar Agroteknologi 2016, keluarga besar Ilmu Tanah 2016 dan HIMTI atas bantuannya selama berproses di Universitas Hasanuddin serta kepada semua pihak terlibat yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Demikian persantunan ini, semoga Allah SWT. membalas kebaikan semua yang terlibat dalam penyelesaian studi penulis. Aamiin Allahumma Aamiin.

Penulis

Boby Dirgantara Hanafie Putra

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
PERSANTUNAN.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Lahan Purna Tambang.....	3
2.2 Tindakan Konservasi Lahan Purna Tambang.....	4
2.2.1 Konservasi Top Soil	4
2.2.2 Penataan Lahan	4
2.2.3 Penanaman Cover Crop	4
2.2.4 Penanaman Tanaman Pionir	5
2.3 Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit	5
2.4 Mikoriza.....	6
2.5 Tanaman Calopogonium mucunoides	6
2.5.1 Produksi Biomassa Hijauan Calopogonium mucunoides.....	7
3. METODOLOGI.....	8
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Rancangan Penelitian	9
3.4 Tahapan Penelitian	10
3.4.1 Tahap Persiapan dan Pengumpulan Data	10
3.4.2 Pengambilan Sampel	10
3.4.3 Pelaksanaan	10

3.4.3.1	Pembuatan Kompos	10
3.4.3.2	Persiapan Media Tanam	10
3.4.3.3	Penanaman Benih	11
3.4.3.4	Pemeliharaan	11
3.4.3.5	Pengamatan.....	11
3.4.4	Parameter Pengamatan	11
3.4.4.1	Parameter Pengamatan Tanaman.....	11
3.4.4.2	Parameter Persentase Infeksi Akar	11
3.4.5	Metode Analisis	12
3.5	Alur Penelitian	13
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1	Analisis Karakteristik Tanah Sebelum dan Setelah Perlakuan.....	14
4.1.1	Rata-rata pH Tanah.....	15
4.1.2	Rata-rata C-Organik (%)	16
4.1.3	Rata-rata kapasitas tukar kation (cmol kg ⁻¹)	17
4.1.4	Rata-rata Fosfor tersedia bagi tanaman (ppm)	18
4.1.5	Rata-rata Kalsium dapat tukar (cmol kg ⁻¹)	18
4.1.6	Rata-rata Magnesium dapat tukar (cmol kg ⁻¹)	20
4.1.7	Rata-rata Kalium dapat tukar (cmol kg ⁻¹)	20
4.1.8	Rata-rata Natrium dapat tukar (cmol kg ⁻¹)	20
4.1.9	Rata-rata Rasio Ca/Mg	21
4.1.10	Rata-rata Aluminium dapat dipertukarkan (cmol kg ⁻¹)	21
4.2	Pengamatan Mikoriza	22
4.2.1	Persentase Infeksi Mikoriza.....	22
4.2.2	Kepadatan Spora MVA pada Tanah	25
4.3	Parameter Pengamatan Tanaman.....	26
4.3.1	Rata-rata tinggi tanaman (cm)	26
4.3.2	Rata-rata jumlah daun (helai)	27
4.3.3	Rata-rata daya tumbuh tanaman (%)	28
4.3.4	Rata-rata bobot kering tanaman (g)	28
4.3.5	Rata-rata panjang akar (cm)	29

4.3.6 Rata-rata volume akar (cm ³).....	30
5. KESIMPULAN	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1. Alat yang digunakan dalam analisis tanah di laboratorium	8
Tabel 3-2. Bahan yang digunakan dalam analisis tanah di laboratorium	9
Tabel 3-3. Metode analisis sifat tanah	12
Tabel 4-1. Hasil analisis tanah sebelum perlakuan.....	14
Tabel 4-2. Hasil analisis tanah setelah perlakuan.....	19
Tabel 4-3. Persentase infeksi akar tanaman <i>Calopogonium mucunoides</i>	22
Tabel 4-4. Kepadatan spora MVA dari media tanam bermikoriza per 100 gram	25
Tabel 4-5. Rata-rata panjang akar tanaman dilapangan setelah 49 HST	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Rata-rata pH Tanah metode H ₂ O setelah perlakuan	15
Gambar 4.2 Rata-rata pH Tanah metode KCl setelah perlakuan	15
Gambar 4.3 Rata-rata C-Organik tanah setelah perlakuan	16
Gambar 4.4 Rata-rata kapasitas tukar kation (KTK) tanah setelah perlakuan	17
Gambar 4.5 Rata-rata fosfor tersedia bagi tanaman (ppm) setelah perlakuan.....	18
Gambar 4.6. Rata-rata rasio Ca/Mg.....	21
Gambar 4.7. Infeksi akar pada perlakuan K1M1.....	22
Gambar 4.8. Infeksi akar pada perlakuan K1M2.....	23
Gambar 4.9. Infeksi akar pada perlakuan K1M3.....	23
Gambar 4.10. Infeksi akar pada perlakuan K2M1.....	23
Gambar 4.11. Infeksi akar pada perlakuan K2M2.....	23
Gambar 4.12. Infeksi akar pada perlakuan K2M3.....	24
Gambar 4.13. Infeksi akar pada perlakuan K3M1.....	24
Gambar 4.14. Infeksi akar pada perlakuan K3M2.....	24
Gambar 4.15. Infeksi akar pada perlakuan K3M3.....	24
Gambar 4.16. Rata-rata tinggi tanaman (cm) <i>Calopogonium mucunoides</i>	26
Gambar 4.17. Rata-rata jumlah daun (helai) <i>Calopogonium mucunoides</i>	27
Gambar 4.18. Rata-rata daya tumbuh tanaman (%) <i>Calopogonium mucunoides</i>	28
Gambar 4.19. Rata-rata bobot kering (g) tanaman <i>Calopogonium mucunoides</i>	29
Gambar 4.20. Rata-rata volume akar (cm ³) tanaman <i>Calopogonium mucunoides</i>	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Percobaan.....	36
Lampiran 2. Perhitungan Dosis	37
Lampiran 3. Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah.....	41
Lampiran 4. Olah Data	42

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kegiatan penambangan dapat menyebabkan terjadinya perubahan total dari suatu ekosistem. Kegiatan penambangan yang diawali dengan kegiatan *land clearing* kemudian dilakukan *opencast mining* atau pengerukan dan pengangkutan material-material tambang berupa biji nikel dan hasil galian dapat berdampak pada hilangnya jenis-jenis vegetasi baik pohon, tanaman herba maupun rumput-rumputan yang hidup di atasnya dan tentu saja kerusakan tanah. Kerusakan ekosistem berdampak pada penurunan fungsi, produktivitas lahan maupun asosiasi kehidupan akan hilang. Memanfaatkan proses suksesi alami akan memerlukan waktu yang sangat panjang, sedangkan pemanfaatan lahan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk sehingga tindakan rehabilitasi lahan harus segera dilaksanakan.

Berdasarkan penelitian Allo (2016) pada tanah bekas tambang nikel PT Vale Indonesia, bahwa reaksi tanah setelah ditambang menurun dibandingkan sebelum ditambang, yaitu dari pH 6 ke 5,6, hal ini berarti bahwa terjadi kenaikan tingkat derajat kemasaman tanah sehingga memengaruhi ketersediaan unsur hara makro P dari 24 menjadi 14 ppm dan K yang ikut berkurang ketersediaannya dalam tanah, yaitu dari 28 cmol kg^{-1} menjadi 20 cmol kg^{-1} tanah. Sebaliknya terjadi peningkatan unsur hara Al dari 0,20 ke 1,38 cmol kg^{-1} yang relatif kurang larut. Demikian pula dengan tingkat ketersediaan unsur hara K, Ca dan Mg pada tingkat kemasaman yang menurun sesuai kondisi tanah bekas penambangan yaitu masing-masing dari 0,60 cmol kg^{-1} (tinggi), 12,31 cmol kg^{-1} (tinggi) dan 3,75 cmol kg^{-1} (tinggi) tanah turun menjadi 0,43 cmol kg^{-1} (sedang), 9,72 cmol kg^{-1} (sedang) dan 2,40 cmol kg^{-1} (tinggi) tanah. Secara nyata bahwa telah terjadi penurunan kandungan unsur hara mikro akibat aktivitas penambangan, walaupun masih berada dalam kelas yang sama. pH tanah yang bereaksi masam menandakan meningkatnya ion Al dalam tanah sedangkan unsur-unsur hara mikro yang diperlukan jumlahnya makin sedikit. Hal ini disebabkan unsur-unsur hara tersebut cepat larut.

Kesuburan tanah dapat ditingkatkan dengan teknik pengelolaan yang tepat dan efisien. Salah satunya dengan penanaman *legume cover crop* yang mampu hidup pada tanah yang rusak, upaya yang dapat dilakukan selanjutnya untuk meningkatkan kualitas tanah purna tambang ialah dengan pemupukan organik. Penambahan bahan organik mampu memperbaiki sifat kimia pada tanah purna tambang. Salah satu alternatif pemupukan organik yaitu memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit (TKSS) yang dijadikan kompos sebagai sumber bahan organik. Tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu limbah perkebunan sawit yang banyak dijumpai di sekitar wilayah Kabupaten Luwu Timur (lokasi penambangan nikel PT Vale Indonesia Tbk). Salah satu pemanfaatan limbah dari TKKS ialah sebagai pupuk kompos. Kompos TKSS adalah salah satu upaya pemanfaatan hasil akhir dari kelapa sawit yang telah mengalami dekomposisi dan mengandung banyak jenis unsur hara. Kompos TKSS mengandung

nutrisi C, N, C/N, P, K, Ca dan Mg dengan nilai secara berturut adalah 35%, 2,34% 15%, 0,31%, 5,53%. 1,46% dan 0,96% (Widiastuti & Panji, 2007). Selain kompos tandan kosong kelapa sawit, kualitas tanah purna tambang dapat ditingkatkan dengan penggunaan fungi mikoriza arbuskula (MVA) yang dapat berkontribusi dalam mengatasi berbagai cekaman yang dialami oleh tanaman, misalnya toksisitas logam berat, cekaman oksidatif, cekaman air, dan tanah masam (Finlay, 2004).

Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan ujicoba pemberian kompos TKSS dan mikoriza pada tanah purna tambang nikel yang ditanami LCC jenis *Calopogonium mucunoides*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh aplikasi kompos tandan kosong kelapa sawit dan mikoriza vesikular arbuskular terhadap pertumbuhan *Calopogonium mucunoides* dan perbaikan sifat kimia tanah purna tambang nikel.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lahan purna tambang

Lahan bekas penambangan secara nyata memperlihatkan kondisi tanah mengalami kerusakan struktur dan pemadatan sehingga berefek negatif terhadap sistem tata air dan aerasi yang secara langsung dapat mempengaruhi fungsi dan perkembangan akar. Hal ini mengakibatkan tanaman tidak dapat berkembang secara normal, kerdil, dan bahkan mati. Rusaknya struktur tanah juga berdampak pada tanah yang kurang mampu menyimpan dan meresapkan air pada musim hujan sehingga terjadi erosi tanah. Sebaliknya pada musim kemarau tanah menjadi keras dan padat sehingga tanah menjadi sulit untuk diolah (Sembiring, 2008).

Kegiatan penambangan menyebabkan perubahan karakteristik akibat proses pengerukan sehingga kondisi tanah menjadi labil, tekstur dan struktur tanah menjadi buruk komposisinya bagi pertumbuhan. Menurut Allo (2016), menyatakan kondisi tanah setelah ditambang semakin memperjelas bahwa ciri-ciri tanah *tailing* (ampas/sisa) adalah berpori makro, tekstur pasir atau kerikil, kandungan unsur hara rendah, padat bila kering dan konsistensinya jelek.

Penambangan dengan sistem tambang terbuka akan terjadi pengupasan tanah penutup bahan tambang, tanah penutup dikeluarkan dari areal tambang dan bahan tambang akan digali kemudian diangkut keluar dan menyisakan kolong-kolong lubang galian. Kolong-kolong galian ini pada perusahaan yang memiliki izin kuasa pertambangan akan ditimbun kembali dengan tanah yang telah di ambil sebelumnya. Permasalahan yang timbul yaitu lapisan atas (*top soil*) dengan kesuburuan tinggi bercampur dengan tanah lainnya atau tertimbun di bagian bawah yang kurang subur., selain itu daya dukung tanah bekas tambang terbuka konvensional ini menjadi rendah bahkan merusak struktur tanah (Subowo, 2011). Selain hal tersebut menurut Bato dan Amar (2016) dampak dari metode tambang terbuka dapat mengakibatkan aliran permukaan akan menggerus tanah, yang dapat menyebabkan aktivitas produksi bermasalah serta kerusakan lingkungan.

2.2 Tindakan konservasi lahan purna tambang

Menurut Dariah *et al.*, (2010) reklamasi lahan bekas tambang memerlukan pendekatan dan teknologi yang berbeda tergantung sifat gangguan yang terjadi dan juga peruntukannya (penggunaan setelah proses reklamasi). Namun secara umum, garis besar tahapan reklamasi adalah sebagai berikut:

2.2.1 Konservasi *top soil*

Lapisan tanah paling atas atas tanah pucuk, merupakan lapisan tanah yang perlu dikonservasi, karena paling memenuhi syarat untuk dijadikan media tumbuh tanaman. Hal ini mencerminkan bahwa proses reklamasi harus sudah mulai berjalan sejak proses penambangan dilakukan, karena konservasi tanah pucuk harus dilakukan pada awal

penggalian. Namun banyak perusahaan tambang yang tidak mematuhi hal ini, akibatnya harus mengangkut tanah pucuk dari luar biaya tinggi, dan menimbulkan permasalahan di lokasi tanah pucuk berada.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah: (a) menghindari tercampurnya subsoil yang mengandung unsur atau senyawa beracun, seperti pirit, dengan tanah pucuk, dengan cara mengenali sifat-sifat lapisan tanah sebelum penggalian dilakukan, (b) menggali tanah pucuk sampai lapisan yang memenuhi persyaratan untuk tumbuh tanaman, (c) menenmpatkan galian tanah pucuk pada areal yang aman dari erosi dan penimbunan dari bahan galian lainnya, (d) menanam legum cepat tumbuh pada tumpukan tanah pucuk untuk mencegah erosi dan menjaga kesuburan tanah.

2.2.2 Penataan lahan

Penataan lahan dilakukan untuk memperbaiki kondisi bentang alam, antara lain dengan cara (a) menutup lubang galian (kolong) dengan menggunakan limbah *tailing* (*overburden*). Lubang kolong yang sangat dalam dibiarkan terbuka untuk menampung air, (b) membuat saluran drainase untuk mengendalikan kelebihan air, (c) menata lahan agar mudah revegetasi dan erosi terkendali, diantaranya dilakukan dengan cara meratakan permukaan tanah, jika tanah sangat bergelombang penataan lahan dilakukan bersamaan dengan penerapan suatu teknik konservasi, misalnya dengan penterasan, (d) menempatkan tanah pucuk agar dapat digunakan dengan lebih efisien, karena umumnya jumlah tanah pucuk terbatas, maka tanah pucuk diletakkan pada areal atau jalur tanaman. Tanah pucuk dapat pula diletakkan pada lubang tanam.

2.2.3 Penanaman *cover crop*

Penanaman *cover crop* (tanaman penutup) merupakan usaha untuk memulihkan kualitas tanah dan mengendalikan erosi. Oleh karena itu keberhasilan penanaman penutup tanah sangat menentukan keberhasilan reklamasi lahan pasca penambangan. Karakteristik *cover crop* yang dibutuhkan, sebagai berikut: mudah ditanam, cepat tumbuh dan rapat, bersimbiosis dengan bakteri atau fungi yang menguntungkan (*Rhizobium*, *frankia*, *azospirillum*, dan mikoriza), menghasilkan biomassa yang melimpah, mudah terdekomposisi, tidak berkompetisi dengan tanaman pokok dan tidak melilit.

2.2.4 Penanaman tanaman pionir

Untuk mengurangi kerentanan terhadap serangan hama dan penyakit, serta untuk lebih banyak menarik binatang penyebar benih, khususnya burung, lebih baik jika digunakan lebih dari satu jenis tanaman pionir/multikultur. Beberapa jenis tanaman pionir adalah: sengon buto (*Enterolobium cycloarpum*), Albizia (*Paraserianthes falcataria*), johar (*Casia siamea*), kayu angin (*Casuarina* sp.), dan *Eukaliptus pelita*. Dalam waktu dua tahun kerapatan tajuk yang dibentuk tanaman-tanaman tersebut mampu mencapai 50-60% sehingga kondusif untuk melakukan restorasi jenis-jenis lokal, yang umumnya bersifat semitoleran.

Di beberapa lokasi, tanaman pioner ditanam langsung setelah penataan lahan, padahal tingkat keberhasilannya relatif rendah. Pada areal bekas tambang, meskipun sudah ditanam dengan sistem pot, tanaman tumbuh baik hanya pada awal pertumbuhan, selanjutnya pertumbuhannya lambat dan beberapa diantaranya mati, karena media tanam dalam pot sudah tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Penanaman tanaman pioner sebaiknya dilakukan pada tahun ke 3-5, setelah penanaman tanaman penutup tanah.

2.3 Kompos tandan kosong kelapa sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) saat ini menjadi salah satu limbah utama yaitu 23% dari proses pengolahan kelapa sawit. Setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar dihasilkan tandan kosong kelapa sawit sebanyak 22-23% atau 220-230 kg. Dilihat dari jumlah limbah padat yang dihasilkan perusahaan dituntut untuk memanfaatkan limbah tersebut menjadi sesuatu yang bermanfaat. Salah satu pemanfaatan limbah dari tandan kosong kelapa sawit adalah sebagai pupuk. tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi kimia berupa selulosa 45,95%, hemiselulosa 22,84%, lignin 16,49%, minyak 2,41% dan abu 1,23% (Firmansyah, 2011). Mendaur ulang limbah organik jauh lebih menguntungkan, namun untuk pengomposan TKSS yang mengandung lignoselulosa membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi hal tersebut sehingga dibutuhkan bantuan mikroorganisme untuk mempercepat proses pengomposan. Mikroorganisme *lignicellulolytic* dapat digunakan untuk mempercepat proses pengomposan TKSS (Kavitha *et al.*, 2013)

Untuk mengatasi penumpukan limbah padat tandan kosong kelapa sawit perlu dilakukan penanganan salah satunya yaitu dengan menggunakan teknologi daur ulang limbah padat menjadi pupuk organik atau pupuk kompos yang bernilai guna tinggi. Pengomposan dianggap sebagai teknologi berkelanjutan karena bertujuan untuk konservasi lingkungan, keselamatan manusia, dan pemberi nilai ekonomi. Penggunaan kompos membantu konservasi lingkungan dengan mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat menyebabkan degradasi lahan. Sesuai dengan pendapat Nasrul dan Maimun (2009) menyatakan pengomposan secara tidak langsung juga membantu mencegah pembuangan limbah organik. Oleh karena itu, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pemanfaatan limbah padat tersebut menjadi pupuk kompos.

2.4 Mikoriza

Fungi Mikoriza Arbuskula (MVA) merupakan salah satu mikroorganisme tanah yang membantu dalam siklus unsur hara. Struktur hifa yang panjang dan halus dapat menjelajah ke dalam tanah yang berperan untuk menyerap air, menyerap unsur hara makro dan mikro yang tidak dapat dijangkau oleh akar (Goltapeh *et al.* 2013). Simbiosis MVA dengan inang dapat meningkatkan ketahanan inang terhadap serangan

penyakit akar (Suharti, 2011). Sancayaningsih (2013) juga mengatakan fungi mikoriza arbuskula (MVA) juga dapat membantu dalam proses fitoremediasi pada lahan tercemar logam berat.

Fungi mikoriza arbuskula (MVA) dalam asosiasinya mempunyai kisaran inang yang sangat luas, asosiasi MVA mencapai 80% dengan tanaman. Namun tingkat efektifitas setiap tanaman berbeda-beda, karena beberapa jenis MVA tertentu menunjukkan spesifikasi untuk memilih dan berasosiasi dengan jenis tanaman inang tertentu. Jenis tanaman inang dan kondisi lingkungan akan sangat menentukan tingkat kolonisasi akar, jumlah spora dan keragaman tipe spora (Goltapeth *et al.* 2013).

Pemanfaatan mikoriza sebagai mikroba tanah yang menguntungkan diharapkan dapat menunjang penyerapan unsur hara yang dibutuhkan bagi tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksinya. Mikoriza arbuskula dapat meningkatkan penyerapan unsur P, N, Zn, Cu, S, B dan Mo. Penggunaan mikoriza merupakan kebutuhan ekologi, aman dipakai (bukan patogen), tidak menyebabkan pencemaran lingkungan, berperan aktif dalam siklus hara, transfer organik-anorganik P, dan dapat memperbaiki status kesuburan tanah dengan kemampuannya mengekstraksi unsur-unsur hara yang terikat (Sieverding, 1991).

2.5 Tanaman *Calopogonium mucunoides*

Calopogonium mucunoides dari Amerika Latin tropis, dimasukkan ke Indonesia untuk digunakan sebagai tanaman penutup tanah. *Calopogonium mucunoides* memiliki batang yang menjalar pada permukaan tanah. Tanaman ini bermanfaat untuk merehabilitasi lahan yang terdegradasi, meningkatkan bahan organik, memperbaiki kesuburan tanah dan mencegah erosi pada lahan (Balai Penelitian Tanah, 2010).

2.5.1 Produksi biomassa hijauan *Calopogonium mucunoides*

Biomassa adalah jumlah bahan organik yang diproduksi organisme (tumbuhan) per satuan unit area pada suatu waktu. Biomassa biasanya dinyatakan dalam ukuran berat kering, dalam gram atau kalori, dengan unit satuan biomassa adalah g/m^2 ($g\ m^{-2}$) atau kg per hektar ($kg\ ha^{-1}$) atau ton per hektar. Brown (1997) mendefinisikan biomassa sebagai jumlah nilai bahan organik yang hidup di atas permukaan tanah pada pohon termasuk daun, ranting, cabang, dan batang utama yang dinyatakan dalam berat kering oven ton per unit area.

Biomassa tersusun oleh senyawa karbohidrat yang terdiri dari elemen karbon, hydrogen, dan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis tanaman. Kandungan biomassa pada tiap-tiap tanaman berbeda, misalnya pada tanaman *Calopogonium mucunoides* produksi bobot segar tanaman yang dihasilkan berkisar antara 2160 – 5812 g/plot atau setara dengan 2.4 – 6.4 ton ha^{-1} tahun $^{-1}$. Produksi kering berkisar antara 610 – 1298 g/plot setara dengan 670 – 1442 kg ha^{-1} tahun $^{-1}$. *Calopogonium mucunoides* juga memiliki kemampuan penyerapan logam berat yang tinggi untuk Cn dan Hg (Hidayati *et al.*, 1970)