

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kerusakan Lahan akibat Kegiatan Pertambangan Batubara

Sistem penambangan batubara di Indonesia umumnya dilaksanakan dengan cara-cara tambang terbuka (*open pit mining*) dengan metoda gali-isikembali (*back filling methods*) yang disesuaikan dengan kondisi cadangan dan kualitas struktur geologi batubara yang ada. Penerapan cara penambangan terbuka disesuaikan dengan perhitungan cadangan batubara yang berlapis-lapis dengan kemiringan, sedangkan metode *back filling* berfungsi sebagai upaya untuk memperkecil luasan lahan yang terbuka karena kegiatan pertambangan, sehingga kegiatan penimbunan seiring dengan pergerakan tambang aktif berjalan (Adman, 2012).

Tambang terbuka lebih sering dilakukan karena pemindahan tanah dan batuan penutup (*overburden*) lebih murah pembiayaannya jika dibandingkan dengan penggalian terowongan bawah tanah. Tambang terbuka merupakan suatu tipe tambang jalur dimana bahan galian berada jauh di dalam tanah dan terjadi pada tambang batubara dan dapat terjadi pada setiap kegiatan penggalian dan konstruksi dan terdapat juga dampak yang khusus terjadi pada kegiatan tambang batubara (Adman, B. 2012). Pemakaian alat-alat berat pada kegiatan penambangan batubara juga diketahui dapat mengakibatkan terdapatnya lubang-lubang besar bekas galian yang kedalamannya mencapai 3 sampai 4 meter (Hasibuan, 2006).

Kegiatan ini diketahui dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati, terjadinya degradasi pada daerah aliran sungai, perubahan bentuk lahan dan terlepasnya logam-logam berat yang dapat masuk ke lingkungan perairan (Adman, 2012). Selain itu, juga berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem permukaan tanah, menurunkan produktivitas tanah serta mutu lingkungan. Itu juga, permukaan lahan menjadi tidak teratur, kesuburan tanah rendah dan rawan erosi sehingga daya dukung tanah untuk tanaman rendah. Tanah bagian atas digantikan tanah dari lapisan bawah yang kurang subur, sebaliknya tanah lapisan atas yang subur berada di lapisan bawah. Demikian juga populasi hayati tanah yang ada di tanah lapisan atas menjadi terbenam, sehingga hilang/mati dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya (Subowo, 2011).

Oleh karenanya, dampak lingkungan akibat penambangan dapat berupa penurunan produktivitas tanah, pemadatan tanah, erosi dan sedimentasi, gerakan tanah dan longsor, gangguan terhadap flora dan fauna, gangguan terhadap keamanan dan kesehatan penduduk serta perubahan iklim mikro. Selain itu air asam tambang dikenal sebagai masalah lingkungan utama dalam pertambangan batubara. Pencemaran air baik air permukaan maupun air tanah dalam juga dapat terjadi akibat penambangan batubara (Adman, 2012).

Kondisi kerusakan lahan pascatambang menjadi kerusakan fisik, kimia dan biologi. Kondisi Fisik Lahan Profil tanah normal terganggu akibat pengerukan, penimbunan dan pemadatan alat-alat berat. Hal ini mengakibatkan buruknya sistem tata air dan aerasi yang secara langsung mempengaruhi *fase* dan perkembangan akar. Tesktur dan struktur tanah menjadi rusak sehingga

mempengaruhi kapasitas tanah untuk menampung air dan nutrisi. Lapisan tanah tidak berprofil sempurna, sehingga akan berpengaruh dalam membangun pertumbuhan tanaman yang kondusif. Pengaruh angin cukup serius pada permukaan tanah yang tidak stabil, di mana tanah dapat diterbangkan, tertutup oleh tanah, biji-bijian terbang dan dipindahkan ke areal tumbuh yang tidak diinginkan. Bahan material yang digunakan selama pertambangan akan membatasi infiltrasi air sehingga akan mengurangi produksi asam dan erosi. Akibat pemadatan tanah menyebabkan pada musim kering tanah menjadi padat dan keras. Pada tanah yang bertekstur padat ini, penyerapan air ke dalam tanah berlangsung lambat karena pori-pori tanah sangat kecil, sehingga akan dapat meningkatkan laju aliran air permukaan yang berdampak pada peningkatan laju erosi. Kondisi tanah yang keras dan padat sangat berat untuk diolah yang secara tidak langsung berdampak pada peningkatan kebutuhan tenaga kerja (Adman, B. 2012).

Kondisi kimia lahan bekas pertambangan juga menunjukkan bahwa kesuburan tanah, pH dan keberadaan nutrisi dalam tanah rendah sedangkan keberadaan metal logam berat tinggi karena larutan dari metal sulfida. Keadaan unsur hara seperti unsur N dan P yang rendah, reaksi tanah asam atau alkali merupakan masalah utama. pH tanah yang rendah mengakibatkan menurunnya persediaan zat makanan seperti N, P, K, Mg dan Ca yang berakibat cukup berbahaya pada tingginya suhu tanah. Akibat keasaman tanah yang tinggi dapat menyebabkan: Rusaknya sistem penyerapan unsur P, Ca, Mg dan K oleh tanaman. Kekurangan unsur P menjadi masalah karena rendahnya unsur P dalam sisa-sisa

penambangan, Meningkatkan tersedianya Al, Mn dan Fe, Cu, Zn dan Ni. Terciptanya kondisi biotik yang tidak menguntungkan seperti rusaknya fiksasi atau penyerapan unsur N khususnya pH di bawah 6, memperkuat aktivitas mikoriza, mengakibatkan kurangnya penyerapan unsur P dan K serta meningkatkan toksisitas tanah. Akibat keasaman Fe atau senyawa sejenis Fe, senyawa yang berasal dari rusaknya tanah akibat hujan yang menghasilkan asam sulfur. Di beberapa lahan pascatambang dan tembaga kandungan logam berat seperti: Cu, Al, Zn dan Fe dapat juga menjadi toksik dan membahayakan pertumbuhan tanaman. Terkikisnya lapisan topsoil dan serasah sebagai sumber karbon untuk menyokong kelangsungan hidup mikroba tanah potensial merupakan salah satu penyebab utama menurunnya populasi dan aktifitas mikroba tanah yang berfungsi penting dalam penyediaan unsur-unsur hara dan secara tidak langsung mempengaruhi kehidupan tanaman. Rendahnya aktifitas mikroba tanah karena pengaruh berbagai faktor lingkungan mikroba tersebut seperti penurunan pH tanah, kelembapan tanah, kandungan bahan organik, daya pegang tanah terhadap air dan struktur tanah. Adanya mikroba tanah sangat potensial dalam perkembangan dan kelangsungan hidup tanaman. Aktifitas mikroba tidak hanya terbatas pada penyediaan unsur hara, tetapi juga berperan dalam mendekomposisi serasah dan secara bertahap dapat memperbaiki sifat struktur tanah (Adman, B. 2012).

B. Reklamasi dan Revegetasi Lahan Pasca Kegiatan Penambangan Batubara

Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 18 tahun 2008 Tentang Reklamasi dan Penutupan Tambang, reklamasi adalah kegiatan yang bertujuan memperbaiki atau menata kegunaan lahan yang terganggu sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan agar dapat berfungsi dan berdaya guna sesuai peruntukannya.

Reklamasi adalah usaha memperbaiki lahan yang rusak sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan, agar dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan kemampuan. UU No 4 tahun 2009 mendefinisikan reklamasi sebagai usaha untuk memperbaiki atau memulihkan kembali lahan dan vegetasi yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal sesuai peruntukannya. Sasaran reklamasi adalah mengembalikan lahan tambang pada kondisi yang mirip dengan kondisi sebelum penambangan (Adman, 2012).

Revegetasi merupakan kegiatan penanaman areal pasca tambang dengan tanaman terpilih. Revegetasi dimulai dengan penanaman *cover crops* dan pohon, serta pemeliharaan tanaman (Adman, B. 2012). Keberhasilan Revegetasi pada lahan bekas tambang sangat ditentukan oleh banyak hal diantaranya adalah aspek penataan lansekap, kesuburan media tanam dan penanaman dan perawatan tanaman. Penataan lansekap sangat berkaitan dengan aspek konservasi tanah dan air serta rencana penggunaan lahan bekas tambang. Sementara itu dalam kesuburan media sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisik, kimia dan biologi tanah (Iskandar dkk, 2012).

Salah satu bagian dari ilmu ekologi yang sangat berperan penting dalam kehidupan manusia adalah ekologi restorasi. Sebagaimana kita ketahui bahwa ekologi adalah ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya, sedangkan restorasi berarti sebagai suatu perbaikan atau pemulihan. Jadi ekologi restorasi dapat diartikan sebagai suatu penerapan ilmu ekologi yang berupaya untuk memperbaiki atau memulihkan suatu ekosistem rusak atau mengalami gangguan sehingga dapat pulih atau mencapai suatu ekosistem yang mendekati kondisi aslinya. Untuk merestorasi ekosistem rusak, prinsip dan pengetahuan ekologi merupakan sesuatu yang sangat penting untuk diperhatikan karena hal mendasar yang harus diketahui dalam memahami berbagai masalah dalam merestorasi suatu ekosistem yang rusak. Hal mendasar tersebut seperti: pengetahuan tentang spesies, komunitas dan ekosistem, ekotipe, substitusi spesies, interaksi antar individu spesies dan ekosistem serta suksesi. Merestorasi ekosistem rusak bertujuan untuk: (1). Protektif, dalam hal ini memperbaiki stabilitas lahan, mempercepat penutupan tanah dan mengurangi *surface run off* dan erosi tanah, (2). Produktif, yang mengarah pada peningkatan kesuburan tanah (*soil fertility*) yang lebih produktif, sehingga bisa diusahakan tanaman yang tidak saja menghasilkan kayu, tetapi juga dapat menghasilkan produk non-kayu (rotan, getah, obat-obatan, buah-buahan dan lain-lain) yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitarnya, dan (3) Konservatif; yang merupakan kegiatan untuk membantu mempercepat terjadinya suksesi secara alami kearah peningkatan keanekaragaman hayati spesies lokal; serta menyelamatkan dan pemanfaatan jenis-jenis tumbuhan potensial lokal yang telah langka (Rahmawaty, 2002).

Kondisi akhir rehabilitasi dapat diarahkan untuk mencapai kondisi seperti sebelum ditambang atau kondisi lain yang telah disepakati. Reklamasi ekosistem rusak memiliki tiga tujuan yaitu protektif, produktif, dan konservatif. Protektif dalam hal ini memperbaiki tambang (AMD) pada lahan pasca tambang dapat menggunakan bakteri pereduksi sulfat (BPS). Aktivitas BPS dapat meningkatkan pH tanah bekas tambang batubara dari 4,15 menjadi 6,66. Isu lingkungan yang umumnya terjadi pada lahan pascatambang batubara adalah meningkatnya air asam tambang (AMD) terutama bila tanah sisa galian tidak dikelola dengan baik. AMD dapat menurunkan pH tanah dan mempengaruhi kesuburan tanah sehingga menjadi sulit untuk direvegetasi (Adman, 2012).

C. Penggunaan Legum sebagai Tanaman Penutup Tanah pada Lahan Pasca Kegiatan Penambangan Batubara

Dalam penanggulangan lahan yang telah mengalami kerusakan akibat aktivitas penambangan diperlukan beberapa teknik yang perlu diterapkan untuk mengatasi hal tersebut. Teknik yang dimaksud adalah sebagai berikut.

1. Perbaiki Ruang Tumbuh

Pada umumnya lahan pasca tambang mengalami pemadatan akibat dari penggunaan peralatan berat. Hal ini menjadi sulit untuk diolah, biasanya mempunyai sistem *drainase* dan *aerasi* yang buruk, sehingga akan mempengaruhi proses perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman. Penggalan batu apung meningkatkan permukaan tanah yang rusak, oleh karena penggalan yang dilakukan secara tradisional oleh masyarakat sehingga meninggalkan lubang-lubang yang dalam. Sebaliknya pada areal

penambangan batu kapur, paska penambangan umumnya meninggalkan bekas tapak yang terbiar. Permukaan areal sebagai ruang tumbuh didominasi dengan batu gamping. Bagian tanah hanya terdapat pada cekungan dan retakan batuan sehingga ruang tumbuh menjadi sempit. Akibatnya vegetasi yang tumbuh paska penambangan terbatas hanya pada titik-titik tertentu. Proses pertumbuhan pun dapat terhambat akibat rusaknya struktur tanah serta hilangnya nutrisi tanah. Untuk melakukan reklamasi dengan vegetatif pada kondisi lahan-lahan seperti ini maka disarankan untuk membuat lubang tanam dengan ukuran minimal 40 x 40 x 40 cm pada solum tanah dalam dan ringan atau 60 x 60 x 60 cm bahkan lebih besar pada tanah yang padat dan sulit dalam pengolahannya. Dari beberapa percobaan di lapangan ditemukan bahwa lubang yang dibuat di bawah 40 cm memberikan pengaruh buruk pada pertumbuhan tanaman yang dicobakan. Tanaman umumnya mengalami perlambatan dalam pertumbuhannya dan pada *fase* tertentu akan mengalami stagnase pertumbuhan yang ditandai dengan keadaan tanaman tetap seperti pada kondisi semula (Asir, 2013).

2. Pemberian Topsoil dan Bahan Organik

Salah satu upaya untuk memperbaiki areal penanaman pada lahan paska tambang batu kapur adalah menutupi lapisan permukaannya dengan timbunan yang berasal dari topsoil. Ketebalan yang diperlukan antara 30 cm atau lebih tergantung pada kondisi kepadatan batuan yang terdapat pada areal tersebut atau besarnya tingkat kerusakan lapisan permukaan. Hal ini dilakukan untuk merangsang lingkungan areal penanaman menjadi ruang yang lebih

konduktif sebagai areal yang siap tanam. Penyediaan unsur-unsur yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman dapat terbentuk dalam waktu tertentu lalu lubang-lubang tanaman pun dipersiapkan. Jika topsoil akan diberikan per lubang tanaman maka pada setiap lubang tanam yang telah dibuat harus dikeluarkan tanah asalnya lalu dicampur dengan top soil $\frac{1}{2}$ hingga $\frac{2}{3}$ dari volume lubang tanam. Topsoil menjadi penting oleh karena disamping sebagai sumber unsur hara makro dan mikro, bahan organik dan sumber mikroba potensial juga dapat berfungsi sebagai bahan untuk memperbaiki struktur tanah sehingga dapat merangsang perkembangan akar pada tahap awal pertumbuhan. Pada tahap ini dapat pula ditambahkan bahan-bahan organik yang telah dikomposkan terlebih dahulu untuk penambahan unsur hara dalam tanah.

3. Tanaman Penutup Tanah (*Cover Crop*)

Dalam cara vegetatif (biologis) yang tujuannya untuk konservasi tanah dan air pada lahan pasca tambang yang memiliki sifat fisik dan kimia buruk maka jenis tanaman penutup tanah (*cover crop*) dapat dimanfaatkan sebagai tanaman awal. Hal ini dilakukan dalam rangka pembentukan ruang tumbuh sebelum dilakukan penanaman dengan jenis tanaman pilihan. Fungsi jenis tanaman ini adalah melindungi permukaan tanah dari tumbukan butir-butir hujan yang memiliki kemampuan sebagai pemecah dan penghancur agregat tanah, memperlambat aliran permukaan, serta menambah besarnya porositas tanah. Tanaman penutup tanah yang sekaligus dapat berfungsi sebagai pupuk hijau sudah banyak digunakan untuk memperbaiki lahan yang telah

mengalami degradasi. Hal ini karena kemampuan untuk *recycling* hara tanaman, perbaikan kelembaban tanah, regulasi temperatur tanah, perbaikan struktur tanah dan pengontrolan erosi jenis tanaman kering dipakai adalah jenis legum kacang-kacangan karena kemampuannya dalam menghasilkan hijauan, kandungan N tinggi dan mudah lapuk. Perakarannya pun tidak memberikan kompetisi yang berat terhadap tanaman pokok. Dari beberapa jenis tanaman *cover crop* yang memiliki fungsi sebagai tanaman penutup tanah ialah *Centrosema pubescens* (CP) dan *Calopogonium mucunoides* (CM). Di lahan paska tambang kapur salah satu jenis tanaman legum yang efektif adalah kacang koro benguk (*Mucuna* sp) yang bersifat cepat tumbuh 3-4 bulan dapat menutup tanah dengan sempurna memiliki budidaya yang lebih sederhana dapat beradaptasi pada lahan tandus, daun dan batangnya bila ditanam dalam tanah dapat meningkatkan unsur hara dan produktivitas tanah meningkat 3-4 kali setelah ditanami dengan jenis tanaman ini (Asir, 2013).

Oleh karena itu, langkah awal yang harus dilakukan pada reklamasi lahan tambang adalah dengan menanam tanaman penutup (*cover crop*) seperti *Pueraria javanica* dan *Calopogonium mucunoides* adalah jenis pupuk hijau dimana ketersediaannya cukup banyak kita temui di lapangan. Leguminosa ini merupakan tanaman dengan kemampuan menghasilkan bahan organik tinggi dan dapat meningkatkan kesuburan tanah karena dapat memfiksasi nitrogen melalui bakteri bintil akar tanaman. Pupuk hijau berfungsi sebagai sumber dan penyangga unsur hara melalui proses dekomposisi dan perannya terhadap penyedia bahan organik tanah dan mikroorganisme tanah. Bahan organik ini mempunyai peranan penting

dalam usaha meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Untuk meningkatkan produktivitas Ultisol dapat dilakukan melalui pemberian beberapa bahan seperti: kapur, pupuk, bahan organik, penerapan teknik lorong, terasering, drainase dan pengolahan tanah. Pengelolaan dengan bahan organik tanah merupakan salah satu kegiatan utama. Usaha perbaikan produktivitas ultisol dengan pupuk anorganik tidak selamanya memberikan efek positif tanpa diikuti perbaikan sifat fisika dan biologi tanah. Oleh karenanya, penggunaan pupuk hijau dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air serta sebagai sumber sebagian hara tanaman (Arsyad dkk, 2011).

Penambahan pupuk hijau *Pueraria javanica* dan *Calopogonium mucunoides* dapat diartikan pula sebagai penambahan unsur hara karena pupuk hijau mempunyai pengaruh terhadap pengawetan hara tanah karena bahan organik segar yang ditambahkan ke dalam tanah akan dicerna oleh berbagai jasad renik yang ada di dalam tanah dan selanjutnya didekomposisi jika faktor lingkungan mendukung terjadinya proses tersebut. Hasil dekomposisi berupa senyawa lebih stabil yang disebut humus (Arsyad dkk, 2011).

Pemberian input dalam bentuk pupuk organik pada tanah dapat mengubah dan memperbaiki sifat-sifat tanah, baik fisik, kimia dan biologi tanah. Beberapa sifat kimia tanah seperti kemasaman tanah, kekurangan unsur hara dan sifat fisik tanah yang jelek dengan sendirinya dapat diimbangi dengan pemberian jumlah kecil pupuk organik terutama dalam bentuk pupuk kandang, pupuk kompos dan pupuk hijau (Arsyad dkk, 2011).

Tanaman *Legume Cover Crop* bisa menambat nitrogen dari udara jika bersimbiose dengan bakteri rhizobium. Aktivitas rhizobium ini menguntungkan tanaman legum. Selain itu juga menguntungkan tanaman yang tumbuh di sekitar legum tersebut baik melalui pengeluaran nitrogen dari bintil akar maupun dekomposisi bintil akar dan bagian-bagian tumbuhan legum oleh mikroba. Tinggi tanaman legum yang diinokulasi meningkat berarti ada peningkatan pertumbuhan karena pada akar legum tersebut terdapat nodul efektif yang berisi bakteri rhizobium. Aktivitas Rhizobium pada nodul bisa menambat N_2 dari udara yang selain dipakai sendiri oleh bakteri juga dipakai legum menjadi inangnya. Adanya sumbangan nitrogen inilah yang menyebabkan peningkatan pertumbuhan tanaman (Susilawati dkk, 2006).

D. Deskripsi Legum

Menurut Arsyad (2006), salah satu metode yang dikembangkan untuk merehabilitasi tanah adalah dengan menggunakan metode vegetatif, yaitu menggunakan tanaman penutup tanah yang umumnya berasal dari family Leguminosa atau biasa disebut dengan LCC. Tanaman penutup tanah yang biasanya digunakan adalah jenis kacang-kacangan antara lain *Calopogonium mucunoides* dan *Pueraria javanica*. Bahan organik yang berasal dari biomasa tanaman yang berupa pupuk hijau dari family *Leguminaceae* mempunyai potensi sebagai salah satu sumber bahan organik (Djuniwati dkk, 2003).

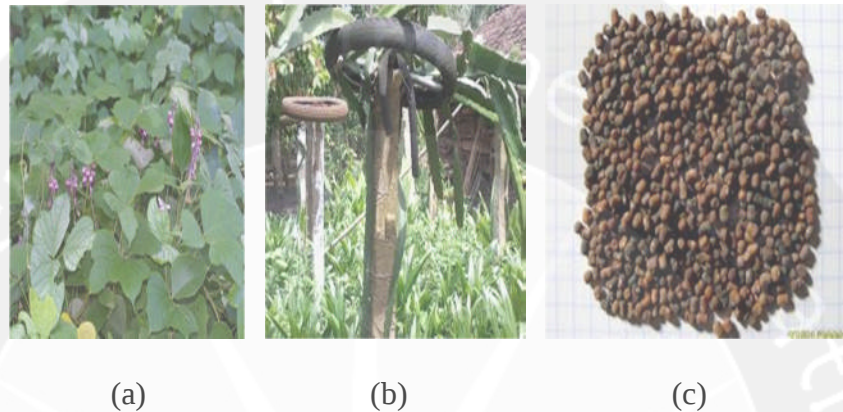
a. *Calopogonium mucunoides*, Desv

Bahan organik yang berasal dari biomasa tanaman yang berupa pupuk hijau dari *family Leguminaceae* mempunyai potensi sebagai salah satu sumber bahan organik (Djuniwati dkk, 2003). Nama Inggris Calopo, Nama Indonesia *Kalopogonium*, Nama Lokal (Indonesia), kacang asu (Jawa). *Kalopogonium* berasal dari Amerika tropis dan Hindia Barat. Kacang ini telah diperkenalkan ke Asia dan Afrika tropis pada awal tahun 1900 dan ke Australia pada tahun 1930. *Kalopogonium* telah digunakan sebagai pupuk hijau dan tanaman penutup tanah di Sumatra pada tahun 1922 dan kemudian di perkebunan karet dan perkebunan serat karung di Jawa Tengah dan Jawa Timur, dan telah tersebar ke seluruh daerah tropis (Purwanto, 2007).

Menurut Purwanto (2007), *Kalopogonium* dapat tumbuh mulai dari pantai hingga ketinggian 2000 mdpl, tetapi dapat beradaptasi dengan baik pada ketinggian 300-1500 mdpl. Kacang ini cocok pada iklim tropis lembab dengan curah hujan tahunan lebih dari 1250 mm/tahun. Kacang ini tahan terhadap kekeringan tapi mungkin akan mati pada musim kering yang lama. Dapat tumbuh dengan cepat pada semua tekstur tanah, walaupun dengan pH rendah antara 4.5-5. Cara tumbuhnya dengan membelit, membuat *Kalopogonium* mampu beradaptasi dengan baik pada beragam kondisi ekologi.

Calopogonium muncunoides, Desv (Gambar 1) dikenal baik sebagai satu jenis kacang polong pelopor yang berharga untuk melindungi permukaan lahan, mengurangi temperatur lahan, memperbaiki kandungan Nitrogen,

meningkatkan kesuburan lahan dan mengendalikan pertumbuhan rumput liar. Tanaman ini sering ditanam bersama dengan *cent* (*C. pubescens*) dan kacang ruji (*P. phaseoloides*) (Purwanto, 2007).



Gambar 1. *Calopogonium mucunoides*, Desv (a) Daun Dan Bunga, (b) Polong, (c) Benih (Sumber :Anonim, 2014).

E. Pupuk dan *EM₄* sebagai Bahan Organik bagi Tanah

Bahan organik dapat berperan memperbaiki dapat berperan memperbaiki daya mengikat air tanah, merangsang granulasi agregat tanah, menurunkan plastisitas, kohesi dan sifat buruk tanah lainnya. Tubuh tanah dengan bahan organik yang cukup banyak adalah syarat penting di dalam pembentukan struktur makro atau struktur kersai tanah, sebab tingkat agregat tanah sangat dipengaruhi oleh pemberian bahan organik. Perbaikan struktur tanah akan mengakibatkan naiknya porositas total dan akan menimbulkan perubahan distribusi pori. Bahan organik dalam bentuk humus dari tanaman dan hewan yang diberikan ke dalam tanah akan dapat meningkatkan kemampuan infiltrasi, mengurangi aliran permukaan meningkatkan kapasitas menahan air tanah dan air tersedia serta

sebagai sumber hara bagi tanaman. Bahan organik merupakan pemantap agregat tanah, pengalir aerasi dan cenderung meningkatkan jumlah air tersedia bagi tanaman. Rendahnya bahan organik tanah akan berakibat buruk terhadap tanaman karena porositas tanah cenderung menurun dan berat jenis tanah meningkat. Jumlah penambahan bahan organik bukan merupakan jaminan terhadap perbaikan fisik tanah, sebab hanya beberapa bagian tertentu dari bahan organik yang berfungsi dalam meningkatkan kestabilan agregat tanah. Susunan dan distribusi bahan organik boleh jadi yang terpenting. Agregasi dan kekuatan agregat tanah akan meningkat dengan penambahan pupuk kandang sebagai salah satu sumber bahan organik. Kemampuan bahan organik meningkatkan agregasi tanah akan meningkatkan daya infiltrasi dan menurunkan kepadatan tanah. Pengaruh pemberian pupuk kandang sebagai sumber bahan organik terhadap sifat kimia tanah antara lain: sebagai salah satu sumber unsur hara, meningkatkan KTK tanah, meningkatkan ketersediaan fosfor tanah. Bahan organik juga berpengaruh terhadap sifat kimia tanah, terutama dalam hal menyerap dan menyediakan kation bagi tanaman. Di lain pihak bahan organik yang telah melapuk mempunyai kapasitas ukur kation lebih besar dibandingkan dengan koloida mineral, sehingga koloid organik dapat berfungsi sebagai buffer dalam tanah. Dari rangkuman beberapa hasil penelitian bahwa penambahan bahan organik kedalam tanah dapat memperbaiki beberapa hal seperti meningkatkan N total, P tersedia, C-organik, K_{dd}, Ca_{dd}, KTK dan unsur mikro seperti ZN dan menurunkan Al_{dd} dibandingkan terhadap tanpa perlakuan bahan organik. Terlihat bahwa semakin tinggi taraf bahan organik dalam tanah cenderung semakin memperbaiki sifat

kimia tanah. Tidak dapat dihindari bahwa saat penambahan bahan organik kedalam tanah sejumlah mikrobia juga ditambahkan ke dalam tanah. Agar produktivitas tanah dapat ditingkatkan, harus ada usaha untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Penggunaan bahan organik dilahan kering dapat memperbaiki pertumbuhan dan produksi tanaman (Lumbanraja, 2012).

Aplikasi pupuk kandang ke dalam tanah tentunya akan mengakibatkan penambahan unsur hara kedalam tanah dengan perlakuan pupuk kandang. Bahan ini mengandung N, P dan K dan unsur hara (Lumbanraja, 2012).

Teknologi yang menggabungkan berbagai mikroorganisme yang menguntungkan ini dapat digunakan untuk meningkatkan penganekaragaman biologi tanah, meningkatkan kualitas air, mengurangi kontaminasi tanah dan merangsang penyehatan dan pertumbuhan tanaman yang semua ini meningkatkan hasil pertanian (Ruhukail, 2011).

F. Faktor-faktor Lingkungan

Meningkatnya air asam tambang (AMD) terutama bila tanah sisa galian tidak dikelola dengan baik. AMD dapat menurunkan pH tanah dan mempengaruhi kesuburan tanah sehingga menjadi sulit untuk direvegetasi. Terkikisnya lapisan top soil dan serasah sebagai sumber karbon untuk menyokong kelangsungan hidup mikroba tanah potensial merupakan salah satu penyebab utama menurunnya populasi dan aktifitas mikroba tanah yang berfungsi penting dalam penyediaan unsur-unsur hara dan secara tidak langsung mempengaruhi kehidupan tanaman. Rendahnya aktifitas mikroba tanah karena pengaruh berbagai faktor lingkungan

mikroba, seperti penurunan pH tanah, kelembaban tanah, kandungan bahan organik, daya pegang tanah terhadap air dan struktur tanah. Adanya mikroba tanah sangat potensial dalam perkembangan dan kelangsungan hidup tanaman. Aktivitas mikroba tidak hanya terbatas pada penyediaan unsur hara, tetapi juga berperan dalam mendekomposisi serasah dan secara bertahap dapat memperbaiki sifat struktur tanah (Adman, 2012).

Pencemaran logam berat dapat dikurangi dengan penanaman jenis-jenis tertentu yang memiliki kemampuan untuk mengakumulasi bahan pencemar dalam tubuh (Adman, 2012).

G. Hipotesis

1. Benih *Calopogonium mucunoides*, Desv menunjukkan laju pertumbuhan dan presentase penutupan tanah serta produksi biomasa yang banyak.
2. Pemberian EM_4 dan pupuk kandang sebagai bahan organik tambahan pada benih *Calopogonium muncunoides*, Desv dapat memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman legum baik dari segi produksi biomasa, laju pertumbuhan dan presentase penutupan tanah.