

UPAYA PEMULIHAN DAN POTENSI KETERPULIHAN LAHAN PASCA TAMBANG BATU BARA - Sebuah Pengalaman Observasi dan Penelitian Lapangan -

Triyono Sudarmadji¹ dan Wahjuni Hartati²

¹Laboratorium Konservasi Tanah dan Air, Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur

²Laboratorium Ilmu-ilmu Tanah, Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur

Email: triyono_sudarmadji@yahoo.com

ABSTRAK

Penambangan batubara berdampak signifikan terhadap kerusakan lingkungan sehingga pengelolaannya harus mengikuti urutan kegiatannya, yaitu pembersihan lahan (*land clearing*), pengelolaan tanah pucuk (*top soils*), penanganan limbah (*mining waste*), penambangan batubara (*mining operation*), penanganan air, serta upaya rehabilitasi lahan (*reclamation - revegetation*) untuk pemulihan lahan pasca tambang batubara (LPTB). Rona awal LPTB umumnya berupa timbunan material lapisan penutup (*over burden*) dalam kondisi struktur tanah rusak, fragmentasi batuan tercampur batubara tanpa lapisan bahan organik, kondisi drainase sangat buruk, tanah tidak mampu memegang air, tanah memadat dan temperatur yang tinggi; sehingga LPTB tidak siap berfungsi sebagai media tumbuh tanaman dan pengatur tata air. Paparan upaya pemulihan dan potensi keterpulihan LPTB ini disusun berdasarkan hasil-hasil observasi dan penelitian lapangan pada LPTB di beberapa perusahaan di Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan. Faktor-faktor penentu dan tahapan pemulihan LPTB dalam upaya rehabilitasi terdiri dari kegiatan reklamasi dan revegetasi. Tindakan reklamasi meliputi pengurukan kembali (*backfilling*), pengaturan jenjang (*re-contouring*), pengaturan tapak (*land smoothing*), dan penyiapan bidang tanam (*re-shaping*); sedangkan tindakan revegetasi meliputi penebaran tanah pucuk dan ketebalannya, penyiapan lahan, penanaman, serta pengelolaan LPTB. Secara teknis, standar minimal upaya pemulihan LPTB meliputi: penebaran tanah pucuk (≥ 70 cm), pengaturan kemasaman tanah ($pH \geq 5,5$), penyiapan lubang tanam (40 cm x 40 cm x 40 cm), pembenahan tanah (*aplikasi pengapuran, pupuk organik, pupuk kimia*), penanaman (*seleksi dan kualitas jenis - kecocokan, pengadaan, hardening-off, teknik penanaman*), serta pengelolaan lahan rehabilitasi pasca tambang. Potensi keterpulihan LPTB terindikasi dari tanaman revegetasi penutup tanah secara merata, tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) berkembang dan bertahan serta tajuk bertaut, tanaman pokok (*primary species*) mampu hidup - tumbuh - berkembang, limpasan permukaan menurun dengan meningkatnya kapasitas infiltrasi tanah, menurunnya laju erosi tanah (KBE: Sangat Rendah - Sedang, TBE: Sangat Ringan - Sedang), serta perbaikan habitat yang memungkinkan satwaliar hadir dan bertempat tinggal serta melakukan regenerasi. Pada akhirnya, fungsi ekosistem LPTB menunjukkan tanda-tanda keterpulihan dengan terwujudnya interaksi dan kesatuan komponen-komponen biofisik ekosistem LPTB.

Kata kunci: ekosistem - lahan pasca tambang batubara, rehabilitasi - reklamasi - revegetasi, tanah pucuk, potensi - tahapan - indikator keterpulihan lahan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemanfaatan sumberdaya alam (SDA) dan pengelolaan lingkungan hidup harus mampu menekan dampak merugikan, mempertahankan mutu dan kelestarian SDA dan lingkungan hidup bagi kesejahteraan manusia. Perusahaan-perusahaan di bidang penambangan batubara selalu mengamati-memantau-mengelola setiap dampak yang telah, sedang maupun yang potensial timbul seiring kegiatan penambangan batubara. Penambangan batubara berdampak signifikan, sehingga pengelolaannya harus mengikuti tata urutan kegiatannya, yaitu pembersihan lahan (*land clearing*), pengelolaan tanah pucuk (*topsoils*), penanganan limbah (*mining waste*), penambangan batubara (*mining*), penanganan air, restorasi - reklamasi - revegetasi lahan bekas tambang, serta masalah-masalah terkait erat dengan pra - pelaksanaan - pasca kegiatan. Pemanfaatan SDA tidak terbarukan

(*non-renewable resources*) tersebut harus rasional, efisien, dan tidak boros, serta seminimal mungkin merusak lingkungan dan pencadangan untuk generasi mendatang. Metoda penambangan terbuka menyebabkan perubahan bentuk lahan dan menimbulkan pemborosan, kerusakan, serta kemerosotan SDA. Sehingga diperlukan upaya-upaya untuk mempertahankan dan memelihara kelestarian kemampuan lingkungan hidup guna menunjang program pembangunan. Lahan terdegradasi, termasuk LPTB umumnya mengalami penurunan tingkat kesuburan tanah dan perubahan iklim mikro secara drastis, peningkatan potensi erosi yang mengarah kepada perubahan yang kurang menguntungkan bagi perkembangan makhluk hidup.

Penambangan batubara menimbulkan masalah lingkungan yang berarti sehingga harus dilakukan pengelolaan lingkungan seiring pembersihan lahan, penanganan tanah pucuk, pengelolaan limbah, penambangan, restorasi - reklamasi - revegetasi LPTB, serta masalah-masalah yang terkait dengan pra - pelaksanaan - pasca penambangan. Rona awal lahan pasca tambang batubara umumnya berupa timbunan material lapisan penutup dalam kondisi agregat hancur, struktur pori rusak, adanya rongga-rongga pada bongkahan tanah, fragmen-fragmen batuan tercampur batubara, serta tanpa lapisan bahan organik. Disamping itu juga drainase yang sangat buruk, tanah tidak mampu memegang air, serta kondisi kepadatan tanah dan temperatur yang tinggi. Oleh karenanya, LPTB harus direklamasi dan direhabilitasi agar dapat pulih sebagai kawasan yang produktif. Untuk melaksanakan kegiatan rehabilitasi lahan bekas tambang tersebut sangat diperlukan pengetahuan dan pengalaman spesifik tentang perkembangan tanah, teknik reklamasi-rehabilitasi yang tepat guna, pemilihan jenis tanaman yang sesuai dengan peraturan dan tapak serta teknik penanaman dan pemeliharaan tanaman.

Penambangan batubara dapat dilakukan dengan beberapa cara yang satu diantaranya dan seringkali dilakukan adalah penambangan dengan sistem terbuka (*open pit/cast*). Penambangan dengan sistem ini menyebabkan turunnya permukaan lahan tambang, terjadinya timbunan-timbunan baru yang diakibatkan oleh perpindahan lapisan penutup (*overburden* dan *interburden*). Untuk mencegah dan/atau mengurangi hal ini, ditempuh cara dengan mengembalikan lapisan penutup ke tempat asalnya, yaitu ke lahan bekas tambang.

Setelah selesai penimbunan lapisan penutup pada blok pasca penambangan, segera dilanjutkan dengan penyebaran tanah pucuk yang telah dipersiapkan sebelumnya, diikuti dengan pembuatan jenjang mengikuti garis kontur untuk menekan laju erosi dan pembuatan drainase guna menghindari genangan air pada musim hujan. Tahapan-tahapan tersebut dinamakan dengan reklamasi dan apabila tahapan ini dapat dilakukan dengan baik dan benar, kondisi lahan tersebut siap untuk direvegetasi.

Pada kegiatan reklamasi, material yang ditimbun pada proses pengisian kembali (*backfilling*) umumnya dalam kondisi agregat hancur sehingga struktur dan pori dari tanah asalnya dalam kondisi rusak, tercipta rongga-rongga antar bongkahan tanah, terdapat fragmen-fragmen batuan dan kadang tercampur batubara pada tanahnya dan tanpa lapisan bahan organik. Dalam kaitan tanah sebagai media tumbuh tanaman, kondisi seperti ini berakibat pada terbentuknya sistem drainase buruk, kemampuan memegang air rendah, tanah menjadi padat dan sulit ditembus akar, tanah terbuka sehingga suhu relatif tinggi serta kesuburan tanah menurun karena peningkatan kehilangan hara akibat penguapan dan limpasan permukaan.

Tujuan terpenting dari revegetasi LPTB adalah untuk memperbaiki kondisi iklim mikro, perkembangan vegetasi, peningkatan kesuburan tanah, serta menghadirkan kembali beragam satwa melalui proses suksesi secara tepat dan cepat, yang pada akhirnya tercapainya arah yang diikuti oleh keterpulihan LPTB. Mengingat bahwa lahan adalah suatu perpaduan antara unsur bentuk/bentang lahan, geologi, tanah, hidrologi, iklim, flora dan fauna, serta alokasi penggunaannya, maka keterpulihan lahan tidak hanya menyangkut keterpulihan tanah semata

namun juga menyangkut keterpulihan komponen lahan lainnya (iklim, hidrologi, flora, fauna dan lain-lain).

Kerusakan lahan pasca tambang diawali dengan kerusakan tanah, yaitu rusaknya stuktur dan pori tanah asal dan selanjutnya diikuti oleh kerusakan sifat-sifat tanah lainnya bahkan lebih jauh kerusakan komponen-komponen lahan. Berdasarkan pemikiran tersebut, untuk menilai keterpulihan suatu lahan juga harus diawali dengan menilai keterpulihan tanah yang tidak hanya dipandang secara *pedogenesis* namun juga harus dipandang secara *edafologis*. Hal ini bermakna bahwa keterpulihan tanah tidak hanya dipandang dari proses pembentukan kembali horizon-horison tanahnya, namun yang lebih penting dari itu adalah bahwa tanah harus pulih fungsinya sebagai media tumbuh tanaman atau dengan kata lain tanah harus pulih fungsi produksinya.

Tindakan reklamasi diikuti dengan revegetasi di LPTB adalah suatu upaya mempercepat keterpulihan lahan. Oleh sebab itu, agar upaya tersebut dapat berhasil maka harus diikuti dengan tindakan-tindakan yang dapat mendukung percepatan tersebut. Syarat agar tanah dapat berfungsi sebagai media tumbuh tanaman adalah bahwa tanah harus dapat berfungsi sebagai tempat berjangkarnya akar, menjamin aerasi dan drainase yang baik agar perakaran dapat berkembang dan menjalankan fungsinya serta dapat menyediakan unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Dalam tindakan reklamasi hal tersebut dilakukan dengan mengatur ketebalan materi tanah, mengatur kontur untuk menjamin drainase permukaan yang baik, sedangkan aerasi dan drainase internal serta jaminan kecukupan hara bagi tanaman dilakukan seiring dengan pelaksanaan kegiatan revegetasi lahan. Perbaikan aerasi dan drainase internal tanah dapat dilakukan segera dengan pemberian pupuk organik atau pembenah tanah lainnya, ataupun penanaman tumbuhan bawah. Kecukupan hara bagi tanaman biasanya dipasok dengan pemberian pupuk anorganik sesuai dengan kebutuhan tanaman. Seiring dengan pulihnya kondisi tanah diharapkan keterpulihan komponen lahan lainnya juga akan terikut.

Percepatan pemulihan lahan dapat terwujud apabila beberapa persyaratan terpenuhi. Sebagai media tumbuh tanaman ketebalan materi berwujud tanah harus cukup menjamin perkembangan perakaran calon tanaman, pengaturan bentang lahan harus dapat menjamin kondisi drainase permukaan yang baik. Untuk keperluan revegetasi dengan tanaman tahunan ketebalan materi berwujud tanah minimal 70 cm, selain itu materi tanah sebaiknya bebas dari campuran materi lainnya (batu, materi over burden-OB atau batubara).

B. Perumusan Masalah

Lahan pasca tambang tidak siap sebagai media tumbuh tanaman, belum diketahui sepenuhnya jenis - jenis - teknik dan prosedur penanaman - pemeliharaan tanaman yang efektif dan efisien, karakteristik fisik - kimiawi lahan serta faktor-faktor pembatas pertumbuhan dan perkembangan tanaman - yang diantaranya adalah dinamika dan karakteristik erosi tanah.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui dan merinci serta memahami upaya pemulihan dan potensi keterpulihan lahan pasca tambang batubara.

D. Hasil dan Manfaat yang Diharapkan

Hasil yang diharapkan adalah diketahuinya upaya pemulihan dan potensi keterpulihan lahan pasca tambang batubara dan memberikan kontribusi dalam penyusunan dan pengembangan desain rehabilitasi fungsi ekosistem lahan terdegradasi guna mendukung upaya pemulihan lahan pasca tambang batubara.

II. METODOLOGI

Observasi dan penelitian lapangan LPTB ini dilaksanakan pada beberapa perusahaan penambangan batubara yaitu: PT Trubaindo Coal Mining (TCM) Kutai Barat, PT Berau Coal (BC) Berau, PT Multi Tambangjaya Utama (MTU) Barito Selatan, PT Kaltim Prima Coal (KPC) Sangatta, PT Kitadin (KTD) Kutai Kartanegara, serta PT Kideco Jaya Agung (KJA) Tana Paser pada kurun waktu 2010 - 2012. Paparan upaya pemulihan dan potensi keterpulihan lahan pasca tambang batubara ini disusun dengan menggunakan metoda deskriptif kualitatif dan analisis komparatif berdasarkan hasil-hasil observasi dan penelitian lapangan pada LPTB yang dititik-beratkan pada tahapan kegiatan penambangan dan upaya rehabilitasi lahan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rehabilitasi Fungsi Ekosistem Lahan Terdegradasi

Suksesi dalam lingkup hutan pada dasarnya adalah proses pergantian elemen ekosistem, dalam hal ini dapat berupa pergantian ragam spesies vegetasi maupun satwa. Dilihat dari status kondisi awal suksesi, dikenal istilah suksesi primer yang terjadi pada kawasan yang sebelumnya tidak mempunyai vegetasi sama sekali. Sementara itu, suksesi sekunder berlangsung pada kawasan kritis bervegetasi atau kawasan bervegetasi yang mengalami gangguan. Ditinjau dari kecenderungan perubahan jumlah spesies yang ada, maka dikenal suksesi progresif, yakni apabila suksesi membawa peningkatan ragam atau jumlah spesies. Sebaliknya suksesi dikatakan retrogresif adalah apabila jumlah jenis semakin sedikit. Pada kawasan hutan atau kawasan bervegetasi yang mengalami gangguan serius atau gangguan berulang kali maka akan terjadi suksesi yang gagal dimana kondisi awal tidak pernah terpulihkan. Ditinjau dari penyebab terjadinya suksesi, dikenal adanya suksesi alogenik, yakni suksesi yang dipicu akibat perubahan lingkungan. Suksesi juga dapat dipengaruhi perkembangan vegetasi yang telah terlebih dahulu ada, yang berlangsung dalam rentang waktu lama, yang dikenal sebagai suksesi autogenik.

Penanaman kembali LPTB dilakukan guna mempercepat proses ekologis sehingga diharapkan roda ekosistem berjalan sebagaimana kondisi rona awal atau bahkan lebih dari kondisi tersebut. Pemilihan jenis tanaman yang digunakan umumnya menggunakan asumsi bahwa jenis tersebut bukan saja mempunyai toleransi tinggi terhadap LPTB yang ekstrim kritis, namun juga berperan sebagai katalisator pemulihan ekosistem. Akan tetapi ada kemungkinan bahwa jenis tanaman pohon tidak dapat memenuhi kedua harapan tersebut sekaligus. Sejumlah jenis cukup toleran pada daerah ekstrim, namun kurang bersifat katalis bagi pemulihan ekosistem akibat sifatnya yang intoleran terhadap kehadiran jenis lain karena dapat memicu suksesi retrogresif. Oleh karenanya perlu diketahui tingkat degradasi vegetasi alami yang terjadi akibat kegiatan pertambangan, peningkatan struktur dan komposisi vegetasi pada kegiatan reklamasi-revegetasi.

B. Upaya Pemulihan Lahan Pasca Tambang

Tindakan reklamasi diikuti dengan revegetasi adalah upaya mempercepat keterpulihan lahan. Tanah yang berfungsi sebagai media tumbuh tanaman akan menjamin aerasi dan drainase yang baik sehingga sistem perakaran berkembang dan menjalankan fungsinya serta dapat menyediakan unsur-unsur hara. Dalam tindakan reklamasi hal tersebut dilakukan dengan mengatur ketebalan materi tanah, mengatur kontur untuk drainase yang baik, sedangkan aerasi dan jaminan kecukupan hara tanaman dilakukan seiring pelaksanaan tindakan revegetasi. Perbaikan aerasi tanah dapat dilakukan secara cepat dengan pemberian pupuk organik atau pembenah tanah lainnya, namun dapat juga dilakukan penanaman tumbuhan bawah.

Upaya percepatan pemulihan lahan dapat terwujud, diantaranya adalah apabila ketebalan materi berwujud tanah cukup menjamin perkembangan perakaran, pengaturan bentang lahan menjamin drainase yang baik. Ketebalan materi tanah tersebut minimal 70 cm dan bebas campuran materi lainnya. Gambaran visual upaya pemulihan - penyiapan lahan dan penanaman LPTB dapat dilihat pada **Foto-01** dan **Foto-02**.



Foto-01. Penyiapan Lahan (*Land Preparation*) di LPTB PT TCM, BC, serta MTU



Foto-02. Penanaman (*Planting*) di LPTB PT TCM, BC, serta MTU

Berdasarkan hasil-hasil observasi dan penelitian lapangan dapat dinyatakan bahwa proses keterpulihan LPTB sangat tergantung kepada faktor-faktor penentu dan tahapan upaya pemulihan lahan yaitu upaya rehabilitasi yang terdiri dari kegiatan reklamasi dan revegetasi. Tindakan reklamasi meliputi pengurukan kembali, pengaturan jenjang, pengaturan tapak, dan penyiapan bidang tanam, sedangkan tindakan revegetasi meliputi penebaran tanah pucuk, penyiapan lahan, penanaman, serta pengelolaan LPTB. Secara teknis, standar minimal upaya pemulihan LPTB meliputi: penebaran tanah pucuk (≥ 70 cm), pengaturan kemasaman tanah ($\text{pH} \geq 5,5$), penyiapan lubang tanam (40 cm x 40 cm x 40 cm), pembenahan tanah (aplikasi pengapuran, pupuk organik, pupuk kimia), penanaman (seleksi dan kualitas jenis - kecocokan, pengadaan, hardening-off, teknik penanaman), serta pengelolaan LPTB. Potensi keterpulihan LPTB terindikasi dari tanaman revegetasi penutup tanah secara merata, tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*) berkembang dan bertahan serta tajuk bertaut, tanaman pokok (*primary species*) mampu hidup - tumbuh - berkembang, limpasan permukaan menurun dengan meningkatnya kapasitas infiltrasi tanah, menurunnya laju erosi tanah, serta perbaikan habitat yang memungkinkan satwa liar hadir dan bertempat tinggal serta melakukan regenerasi. Fungsi ekosistem LPTB menunjukkan tanda-tanda keterpulihan dengan terwujudnya interaksi dan kesatuan komponen-komponen biofisik ekosistem LPTB (**Foto-03 - Foto-08**).



Foto-03. Pengelolaan Lahan Revegetasi Pasca Tambang di PT TCM



Foto-04. Pengelolaan Lahan Revegetasi Pasca Tambang di PT BC



Foto-05. Pengelolaan Lahan Revegetasi Pasca Tambang di PT MTU



Foto-06. Pengelolaan Lahan Revegetasi Pasca Tambang di PT KTD



Foto-07. Pengelolaan Lahan Revegetasi Pasca Tambang di PT KPC



Foto-08. Pengelolaan Lahan Revegetasi Pasca Tambang di PT KJA

Erosi merupakan suatu proses alam yang tidak mungkin bisa dihilangkan sama sekali. Penggunaan lahan yang abai terhadap kaidah-kaidah konservasi tanah dan air menyebabkan terjadinya peningkatan laju erosi sangat nyata yang berdampak setempat maupun tempat lainnya (*onsite - offsite impacts*). Oleh karenanya, pengendalian erosi dan limpasan permukaan sangat penting, karena hal tersebut akan sangat menentukan tata cara pengelolaan SDA tanah dan air. Upaya pemulihan kondisi ekologis LPTB diperlukan guna mengetahui sejauh mana upaya tersebut membuahkan hasil. Percepatan proses pulihnya ekosistem pada areal reklamasi-revegetasi harus didukung penuh oleh tindakan hati-hati dalam memberi apresiasi khusus terhadap nilai ekologis lapisan tanah pucuk (*top soils*) dan peranan fragmen hutan sekunder alami sebagai sumber kolonisasi jenis. Selain itu, juga perlu dipantau potensi erosi tanah untuk mendapatkan kepastian tentang stabilitas dan masa depan kawasan tersebut. Erosi yang besar dan berlangsung terus menerus akan sangat merugikan upaya-upaya penanaman yang telah dilakukan.

C. Potensi Keterpulihan Lahan Pasca Tambang

Kerusakan lahan diawali kerusakan tanah yaitu rusaknya stuktur dan pori tanah asal yang diikuti oleh komponen-komponen lahan. Penilaian keterpulihan lahan harus dipandang secara pedogenesis dan edafologis, yang bermakna keterpulihan proses pembentukan dan fungsinya. Analisis dinamika potensi erosi seiring dengan revegetasi lahan sebagai upaya pemulihan tertera pada Gambar-01.



Site	Kelas Bahaya Erosi (KBE)							
	LT	<2T	2-4T	4-6T	6-8T	8-10T	>10T	LO
SMO	(ST)	(T)	(R)	(R)	(SR)	(SR)	(SR)	(SR)
BMO	(ST)	(S)	(R)	(R)	(SR)	(SR)	(SR)	(SR)
LMO	(ST)	(T)	(T)	(SR)	(SR)	(SR)	(SR)	(SR)

Keterangan:

S, B, L : Sambarata, Binungan, Lati, SR = Sangat Ringan (<15), R = Ringan (15-60), S = Sedang (60-180), T = Tinggi (180-480), ST = Sangat Tinggi (>480) Ton/Ha/Tahun

Gambar-01. Dinamika Potensi Erosi Berdasarkan Perkembangan Kelas Penutupan Vegetasi

Dilihat dari sifat ekologis vegetasi alami yang muncul, tidak semua tergolong tumbuhan berkayu (*wooden species*), banyak juga yang berupa tumbuhan suculent yang berumur musiman. Dari vegetasi yang berkayu pun, masih terbagi atas vegetasi berkayu tegak (*upright-wooden species*), ada juga berupa perambat (*wooden-climber species*) seperti *Meremia* spp. Vegetasi alami berumur pendek (musiman) dan seperti *Mikania* sp. yang umumnya bersifat menjalar dan berperan sebagai tumbuhan penutup (*creeper species*). Vegetasi penutup tanah baik creeper maupun suculent secara ekologis sangat membantu memperbaiki kualitas iklim mikro. Sifat umur pendek sangat produktif menyumbang reruntuhan (*litter*) organik pada permukaan tanah. Reruntuhan organik dari tumbuhan habitus pohon maupun suculent dan penjalar memicu kehadiran dan perkembangbiakan mesofauna (umumnya avertebrata) seperti serangga dan cacing. Keberadaan

mesofauna sangat erat terkait dengan keberadaan vertebrata dari kelompok Reptilia maupun Amphibia yang pada umumnya bersifat sebagai predator. Dengan demikian, keberadaan vegetasi pada lahan reklamasi, apakah alami, sisipan maupun tanaman pokok mempunyai dua peran utama dalam proses sembuh (*recovery*) LPTB.

Vegetasi adalah komponen biologi pertama yang dianggap sangat penting karena merupakan produsen primer penyedia makanan, tutupan, udara bersih dan penyedia banyak habitat bagi munculnya kehidupan lainnya. Beberapa kawasan yang tidak lagi didominasi oleh vegetasi tetap ditemukan adanya kehidupan di atasnya, tapi keberadaan vegetasi secara umum pada daerah dataran rendah adalah sangat sulit untuk dihindari dan dengan banyak variasi kehidupan di dalamnya. Vegetasi bersama tanah, air, udara dan lainnya membentuk habitat bagi kehidupan banyak jenis dari satwaliar. Vegetasi yang tumbuh di atas tanah menjadi gambaran tentang bagaimana kualitas dari tanah tempat tumbuhnya, dan begitu juga seterusnya kualitas satwaliar di dalam suatu kawasan dapat dilihat dari keberadaan vegetasinya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa tanah, vegetasi dan satwaliar adalah tiga komponen habitat yang tidak dapat dipisahkan, apalagi jika dibicarakan bagaimana peranan satwaliar dalam pertumbuhan dan penyebaran banyak jenis tumbuhan, dimana ketergantungan antara satu dengan lainnya adalah terlihat jelas sangat kuat.

Penikmat kehadiran vegetasi adalah satwaliar apakah sebagai konsumen primer, sekunder ataupun menjadikannya sebagai habitat yang cocok untuk mereka ataupun hanya sekedar tempat bertengger, bernaung ataupun bersembunyi dari predator atau memata-matai mangsanya dalam perburuan. Memantau satwaliar sudah banyak dilakukan dan sudah menjadi keilmuan yang berkembang sangat pesat bahkan cenderung sangat maju dalam penelitiannya yang bersifat *autecology* dibandingkan vegetasi secara umum. Kata *wildlife* yang semestinya diartikan sebagai kehidupan liar mencakup semua kehidupan baik satwa maupun tumbuhan liar, sering dan bahkan sudah terbiasa dimengerti hanya sebagai satwaliar belaka. Tentu itu bukan satu persoalan namun mengingat perkembangannya para ilmuwan sudah menggariskan bahwa keberadaan tumbuhan saja tidak akan membawa apapun dalam waktu yang panjang, begitu juga sebaliknya. Satwaliar adalah penyerbuk banyak jenis tanaman, penyebar biji dan pemencar dan bahkan penyemai yang handal serta keberadaan hewan mikro menjadi sangat penting dalam penghancur dan dekomposisi bahan-bahan sisa.

Secara khusus, mamalia besar sangat mudah ditemukan dan diidentifikasi oleh siapa saja (walaupun dalam beberapa hal tidaklah demikian), walaupun semua orang bisa dengan mudah mengenali gajah, babi hutan, kijang payau dan sebagainya. Untuk mamalia kecil diperlukan perlakuan khusus dan agak sulit dalam identifikasinya, seperti banyak jenis tikus, kelelawar, tupai dan lainnya. Jumlah jenis yang banyak dan keseringannya (frekuensi) dijumpai telah menjadikan burung sebagai obyek pemantauan yang menarik dan bermanfaat. Burung juga dikatakan sebagai cetak biru dari habitat yang ada atau satu habitat dapat dicirikan dari komposisi jenis burung di dalamnya dan burung memiliki toleransi yang baik sebagai akibat dari kemampuan terbangnya yang luar biasa. Beberapa jenis burung ataupun trend perubahan komposisi atau kelimpahan populasi dapat dijadikan petunjuk yang baik bagi perubahan lingkungan yang ada (*bio-indicator*).

Serangga adalah komunitas yang sangat banyak memiliki jenis, sehingga pemilihan komunitas jenis yang mana yang akan dipantau adalah sangat menentukan efisiensi dalam pekerjaan. Banyak jenis atau bahkan belum diidentifikasi ataupun sulit identifikasinya, sehingga untuk sementara bagi kelompok serangga hanya kepada beberapa komunitas seperti kupu-kupu, capung dan kumbang besar. Kehadiran kelompok ini cukup melimpah dan metodologi yang telah dikembangkan untuk menangkap dan identifikasinya sudah cukup maju. Selain itu, kelompok tersebut memang dapat dipakai sebagai petunjuk yang baik dalam sebuah perubahan lingkungan yang ada (*bio-indikator*).

Komunitas Reptil dan Amphibia dipercaya sebagai petunjuk yang baik dalam melihat suatu perubahan habitat. Khusus untuk reptil selalu dicatat dalam setiap kegiatan survey biologi apabila bisa ditemukan ataupun tercatat pernah ada dalam kawasan tersebut ataupun ada indikasi keberadaannya, apakah berdasarkan informasi masyarakat dan sebagainya. Untuk kelompok amphibia yang juga memang jarang terlihat, ternyata bila memang dicari secara sengaja dengan metode yang tepat dan waktu yang tepat akan dapat ditemukan jumlah jenis yang beragam. Pemilihan obyek reptil dan amphibia bisa direkomendasikan namun tentu tidak seperti burung ataupun mamalia, artinya tidak perlu dikerjakan terlalu intensif seperti halnya kedua komunitas tersebut. Hal ini dikarenakan dalam pekerjaannya memerlukan investasi waktu dan tenaga yang banyak dan untuk identifikasi yang tidak mudah, apalagi jika selalu harus membawa spesimen dalam pekerjaannya, padahal jumlah individunya (populasi) di alam adalah sangat terbatas. Hal yang sama juga sebenarnya terjadi pada serangga, identifikasinya harus selalu membawa spesimen (penangkapan) yang artinya individu tersebut mati atau dimatikan. Akan tetapi karena jumlah serangga diperkirakan cukup banyak, sehingga metodologi ini dianggap tidak terlalu merugikan secara alami. Berbeda dengan satwa burung yang dapat diidentifikasi melalui pengamatan dan juga mamalia yang cukup didata melalui jejak yang mereka tinggalkan, apakah jejak kaki, suara, bulu, kotoran dan bahkan indikasi keberadaan makanannya.

Potensi erosi dipengaruhi oleh faktor-faktor utama penentu kejadian erosi tanah dan perkembangan vegetasi. Penurunan kelas bahaya erosi (KBE) bermakna bahwa pengelolaan LPBT harus intensif pada 5 (lima) tahun pertama. Upaya pemulihan harus memperhatikan pengaturan kelerengan dan penyiapan lahan, serta intensitas pengelolaan tanaman. Rehabilitasi lahan diawali pengendalian limpasan permukaan agar tanaman tumbuh dan terlindunginya permukaan tanah. Prinsip dan tahapan tersebut harus dilalui, utamanya untuk keadaan lahan tanpa penutupan vegetasi.

Fakta-fakta ekologis terpenting terkait proses keterpulihan LPTB adalah bahwa pertumbuhan tanaman pokok yang ditanam bervariasi, dengan persen pertumbuhan tanaman pokok bervariasi antara 60 hingga lebih dari 100%. Persen keberhasilan jumlah tanaman gabungan (pokok, alami dan sisipan) perhektar melebihi 625 batang/ha (status berhasil bila merujuk kepada Permenhut No. 60 Tahun 2009), dengan keragaman vegetasi tumbuhan alami meningkat sejalan bertambahnya umur LRPTB dan dicirikan oleh Indeks Kesamaan Komposisi Vegetasi yang berbeda dan yang tertinggi masih kurang dari 50%.

Suhu tanah - di lapisan permukaan maupun bawah rata-rata menurun seiring dengan bertambahnya umur lahan, diikuti oleh kelembaban udara di lapisan permukaan tanah meningkat sejalan dengan bertambahnya umur plot vegetasi. Potensi erosi tanah menurun seiring dengan bertambahnya umur vegetasi dan sejalan dengan meningkatnya tutupan tajuk vegetasi dan tumbuhan bawah. Disamping itu pula, terjadi peningkatan kandungan unsur hara esensial tertentu sejalan dengan bertambahnya umur vegetasi.

Beragam mesofauna (serangga) hadir dan ditemukan di LPTB. Sejumlah spesies fauna-vertebrata (amfibi-reptil) predator mulai hadir dan dijumpai utamanya di lantai areal revegetasi pasca tambang. Fauna unggas yang banyak ditemukan umumnya pemangsa serangga dan omnivore. Fauna unggas (avifauna) - carnivore telah dapat dijumpai berada di atas areal lahan revegetasi pasca tambang. Selanjutnya, beberapa fauna mamalia, baik herbivore, omnivore maupun carnivore mulai terjejaki, baik melalui jejak, kotoran, cakaran, tanda-tanda lain maupun melalui kamera-jebak (*camera trapping*).

D. Keterpulihan Ekologis Lahan Revegetasi Pasca Tambang

Merujuk kepada fakta-fakta ekologis tersebut, proses keterpulihan lahan revegetasi pasca tambang batubara diawali oleh tahapan reklamasi lahan dalam rangka penyiapan lahan pasca operasi tambang yang dipertimbangkan sebagai upaya pemungkin untuk lahan reklamasi sebagai media tumbuh tanaman guna mewujudkan fungsi lahan sebagai media produksi biomassa. Dukungan pengelolaan lahan revegetasi berupa pemeliharaan tanaman mendukung perkembangan vegetasi secara vertikal - meninggi maupun horizontal - menyamping membentuk tutupan vegetasi atas bentang lahan reklamasi (**Foto-09**).



Foto-09. Tahapan Upaya Pemulihan dan Tanda-tanda Keterpulihan LPTB : Tertutupnya Permukaan Lahan oleh Pertumbuhan dan Perkembangan Vegetasi serta Kehadiran Satwa (Avifauna dan Herpetofauna)

Pada tahap awal, perkembangan tutupan vegetasi terhadap bentang lahan revegetasi pasca tambang mereduksi potensi terjadinya erosi tanah dan secara bertahap membentuk iklim mikro - penurunan suhu udara dan tanah serta peningkatan kelembaban udara dan tanah melalui penahanan yang berarti pengurangan intensitas cahaya yang mencapai permukaan tanah. Pertumbuhan dan perkembangan vegetasi memungkinkan peningkatan produksi biomassa yang merupakan pemungkin pasokan bahan organik pada tanah bagi peningkatan harkat kesuburan tanah. Pertumbuhan dan perkembangan vegetasi tingkat lanjut seiring dengan tereduksinya potensi erosi tanah dan terbentuknya iklim mikro serta meningkatnya harkat kesuburan tanah mengundang kehadiran beragam satwa dan vegetasi alami yang bernilai ekologis.

Kehadiran flora-fauna alami merupakan bio-indikator penting bagi proses dan tahapan-tahapan yang sangat menentukan bagi keterpulihan bentang lahan revegetasi pasca tambang secara ekologis. Tindakan penanaman secara sisipan (*interline planting*) dengan jenis-jenis primer (*primary species*) merupakan investasi jangka panjang guna mencapai tujuan akhir pemulihan lahan revegetasi pasca tambang. Jenis-jenis cepat tumbuh (*fast growing species*) yang ditanam pada

tahap awal dan mencapai daur biologis telah menjalankan fungsinya dalam menjembatani dan mengantarkan jenis-jenis primer untuk terus tumbuh dan berkembang bentukan vegetasi yang diinginkan. Semakin beragamnya kehadiran satwa dan menetap serta melakukan proses regenerasi menandakan atau paling tidak mengindikasikan arah dan tahapan keterpulihan ekologis lahan revegetasi pasca tambang.

IV. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan

Merujuk kepada paparan terkait upaya pemulihan dan potensi keterpulihan lahan pasca tambang batubara tersebut di atas, faktor penentu dan tahapan keterpulihan lahan pasca tambang batubara meliputi topsoils spreading (ketebalan dan kepadatan), penyiapan lahan (lubang tanam, aplikasi bahan pembenah tanah), penanaman (bahan tanaman, teknik penanaman), serta pengelolaan lahan rehabilitasi (penyulaman, pemeliharaan, pemupukan).

Potensi keterpulihan lahan pasca tambang dapat diindikasikan dari tanaman revegetasi (tanaman penutup tanah dan cepat tumbuh mampu tumbuh dan bertahan serta tajuk bertaut, tanaman jenis-jenis primer ditanam secara sisipan, laju erosi menurun (KBE Sangat Rendah - Sedang, TBE Sangat Ringan - Sedang, limpasan permukaan menurun dengan meningkatnya kapasitas infiltrasi tanah), serta satwa liar hadir guna mencari makan dan bermain hingga pada akhirnya bersarang dan melakukan regenerasi.

Pada akhirnya, fungsi ekosistem lahan pasca tambang batu bara dapat pulih - setidaknya mengarah pada keterpuliannya dapat dicapai yang terindikasi oleh adanya interaksi dan kesatuan lahan komponen ekosistem lahan yang menyangkut tanah, vegetasi, kondisi hidro-orologi dan iklim, serta kehadiran dan keberadaan satwaliar.

B. Rekomendasi

Dengan memperhatikan tahapan dan proses keterpulihan ekologis LPTB, revegetasi LPTB harus tetap dilakukan guna memperoleh perbaikan kondisi iklim dengan penutupan tajuk vegetasi dan tumbuhan bawah, guna menciptakan pra-kondisi bagi organisme pengurai mampu berfungsi secara optimal maupun sebagai pengundang vegetasi alami dan satwa sebagai komponen penting dalam proses pemulihan ekosistem.

Peningkatan status kesuburan LPTB sebaiknya diawali dengan perbaikan kemasaman tanah melalui tindakan pengapuran hingga harkat Agak Masam. Evaluasi keterpulihan tanah sehubungan dengan kegiatan revegetasi semestinya ditujukan pada keterpulihan sifat-sifat fisik tanah dan bukan pada sifat-sifat kimia tanah mengingat bahwa yang paling mengalami kerusakan adalah sifat fisik tanah. Penyiapan lahan revegetasi harus didahului dengan analisis sifat-sifat kimia tanah yang diperlukan sebagai acuan dalam menetapkan tindakan perbaikan untuk memacu pertumbuhan tanaman.

Alternatif upaya untuk menekan laju erosi secara vegetatif adalah dengan penanaman tanaman penutup tanah - tanaman cepat tumbuh - tanaman tahunan, dan secara fisik-mekanik adalah dengan penyiapan jaringan drainase yang memadai baik sebaran maupun kapasitasnya. Upaya untuk mempertahankan dan meningkatkan intensitas penutupan lahan guna mereduksi erodibilitas tanah adalah pengelolaan lahan-lahan revegetasi pasca tambang dengan kegiatan pemeliharaan tanaman cepat tumbuh yang ditanam dan hadir secara alami, serta tanaman jenis-jenis primer yang ditanam.

Diperlukan kaji ulang terhadap orientasi kebijakan revegetasi lahan pasca tambang, dan penetapan standar keberhasilannya yang harus terlebih dulu merujuk pada status lahan apakah

kawasan hutan pinjam pakai (IPPKH) atau areal penggunaan lain (APL) yang dibebani hak milik dan memerlukan dukungan analisis tingkat penutupan tajuk vegetasi.

Perlu diupayakan sedemikian rupa sehingga tanaman jenis-jenis primer yang ditanam secara sisipan dalam keadaan aman dan tumbuh dengan baik pada tingkat penyinaran yang cukup mengingat umumnya adalah tanaman umur panjang seperti anggota *dipeterocarpa* yang pada stadium semai hingga pancang memerlukan naungan sekitar 45-60 %.

Penanaman jenis-jenis primer secara sisipan dapat dilakukan lebih awal (2-4 tahun) sehingga pada saat tanaman pokok cepat tumbuh telah memasuki umur (>6-8 tahun) atau masa degenerasi, tanaman jenis-jenis primer tersebut sudah tumbuh besar dan mempunyai tingkat adaptasi yang tinggi untuk mampu menggantikan tanaman cepat tumbuh.

Diperlukan konsistensi untuk menjaga/melestarikan mozaik lahan original/hutan alami (*green patch*) yang masih tersisa di dalam konsesi tambang sebagai areal berlindung (*refugia area*) amfibi dan reptil yang akan menjadi sumber jenis bagi lahan revegetasi pasca tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S., 2006. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor
- Bradshaw, A.D. 2002. Introduction and Philosophy. Perrow and A.J. Davy (eds). Handbook of Ecological Restoration. Vol 1: Principles of Restoration. Cambridge University Press, The Edinburgh Bldng, Cambridge CB2 2RU, UK.
- Buckman, H.O. dan N.C. Brady. 1982. Ilmu Tanah. Alih Bahasa: Soegiman. Bharata Karya Aksara, Jakarta. 788 h.
- Foth. H.D. 1998. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Alih Bahasa: Purbayanti E.D; D.W. Lukitawati dan R. Trimulatsih. Edisi Ketujuh. Gajah Mada University Press, Yogyakarta. 295 h.
- Hardjowigeno, S.1987. Ilmu Tanah. Edisi Revisi. PT. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta. 233 h.
- Hartati, W., Sudarmadji, T., Syafrudin, M., 2010. Pemantauan Dinamika Mikroklimat dan Tingkat Kesuburan Tanah serta Potensi Erosi pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang PT Berau Coal.
- Hartati, W., Sudarmadji, T., Syafrudin, M., 2011. Pemantauan Dinamika Mikroklimat dan Tingkat Kesuburan Tanah serta Potensi Erosi pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang PT Berau Coal.
- Hartati, W., Sudarmadji, T., Syafrudin, M., 2012. Pemantauan Dinamika Mikroklimat dan Tingkat Kesuburan Tanah serta Potensi Erosi pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang PT Berau Coal.
- Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.70/Menhut-II/2008 tanggal 11 Desember 2008 tentang Pedoman Teknis Rehabilitasi Hutan dan Lahan, disempurnakan dengan Permenhut No.26/Menhut-II/2010 Tanggal 1 Juni 2010.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.12/Menhut-II/ 2011 tentang Pedoman Penyelenggaraan Rehabilitasi Hutan dan Lahan Tahun 2011.

Peraturan Pemerintah Nomor 76 Tahun 2008 tentang Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan.

PT Berau Coal, 2009. Rencana Penutupan Tambang tahun 2025 PT Berau Coal.

Rahmawaty, 2002. Restorasi Lahan Bekas Tambang berdasarkan Kaidah Ekologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Ruhiyat, D. 1999. Potensi Tanah di Kalimantan Timur, Karakteristik dan Strategi Penda-
gunaannya. Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda. 46 h.

Tan, K.H. 1998. Dasar-dasar Kimia Tanah. Alih Bahasa: Goenadi, D.H. Gajah Mada Univ. Press,
Yogyakarta. 295 h.