

**PETUNJUK TEKNIS  
PEMULIHAN KERUSAKAN LAHAN AKSES TERBUKA  
AKIBAT KEGIATAN PERTAMBANGAN**



**DIREKTORAT PEMULIHAN KERUSAKAN LAHAN AKSES TERBUKA  
DIREKTORAT JENDERAL PENGENDALIAN PENCEMARAN  
DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN**

**2016**

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas selesainya penyusunan pedoman umum Pemulihan Kerusakan Lahan Akses Terbuka Akibat Kegiatan Pertambangan. Pedoman ini disusun sebagai acuan bagi Pemerintah, Pemerintah Provinsi/Kabupaten/Kota dalam melaksanakan pemulihan kerusakan lahan akses terbuka sesuai dengan peruntukannya.

Kerusakan lahan yang ditimbulkan oleh kegiatan penambangan tanpa izin telah berlangsung sejak lama dan cenderung semakin meluas. Kerusakan lahan ini menurunkan daya dukung lingkungan yang berujung pada penurunan kesejahteraan masyarakat khususnya masyarakat sekitar lokasi penambangan. Oleh sebab itu, pemulihan lahan-lahan yang sudah rusak akibat kegiatan penambangan tersebut diarahkan tidak hanya pada perbaikan kondisi lingkungan tetapi juga peningkatan manfaat lahan bagi masyarakat sekitar dan sesuai dengan peruntukannya.

Kami menyadari bahwa pedoman ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu besar harapan kami untuk memperoleh sumbang saran dan masukan untuk penyempurnaannya. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada Pusat Studi Reklamasi Tambang, Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor selaku penyusun utama dan pihak-pihak lainnya yang telah membantu dalam penyusunan pedoman ini.

Jakarta, Desember 2016  
Direktur Jenderal  
Pengendalian Pencemaran dan  
Kerusakan Lingkungan

M.R. Karliansyah

Pedoman Pemulihan Kerusakan Lahan Akses Terbuka Akibat  
Kegiatan Pertambangan  
Edisi Revisi Pertama

**TIM PENYUSUN**

PEMBINA	: MR. Karliansyah, Direktur Jenderal Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan
PENANGGUNGJAWAB	: Ir. Sulistyowati Direktur Pemulihan Kerusakan Lahan Akses Terbuka
TIM TEKNIS	
KETUA	: Dwi Astuti Endah P
ANGGOTA	: Rahmat Ulthari Nurul Endah Hartati Abdul Latif Abror Nasova
TIM PENULIS	: Dr. Iskandar Prof Dr Ir Sri Wilarso Budi R Dr Ir. Dwi Putro Tejo Baskoro Dr. Dyah Tjahyandari Suryaningtyas Ir. Imam Ghozali
PENYUNTING	: Dwi Astuti Endah P., Nurul Endah Hartati

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
BAB I. pendahuluan .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	2
1.3. Prinsip Pemulihan Kerusakan Lahan.....	3
1.4. Pengertian .....	3
1.5. Ruang Lingkup .....	5
BAB II. TAHAP PERSIAPAN.....	9
2.1. Penyusunan Feasibility Study.....	9
2.1.1. Penentuan Lokasi.....	9
2.1.2. Pengumpulan Data Sekunder .....	10
2.1.3. Survei Lapangan .....	10
2.2. Penyusunan DED .....	12
BAB III. PENATAAN LAHAN DAN PENGENDALIAN EROSI DAN SEDIMENTASI .....	11
3.1. Penataan Lahan .....	11
3.1.1. Rekonstruksi Bentuk Lahan.....	11
3.1.2. Pembuatan Saluran Drainase.....	13
3.2. Pengendalian Erosi dan Sedimentasi.....	23
3.2.1. Pengendalian Erosi oleh Air.....	24
3.2.2 Pengendalian Erosi Angin .....	31
BAB IV. PERBAIKAN KUALITAS TANAH .....	35
4.1. Pengambilan Contoh Tanah.....	36
4.2. Bahan Pembenh Tanah ( <i>soil ameliorant</i> ) .....	37
BAB V. PENGELOLAAN KUALITAS AIR.....	39
5.1. Pengambilan Contoh Air.....	39

5.2. Lahan Bekas Tambang Batubara.....	40
5.3. Lahan Bekas Tambang Emas.....	41
5.4. Lahan Bekas Tambang Batuan .....	42
BAB VI. PEMANFAATAN LAHAN BEKAS TAMBANG.....	34
6.1. Revegetasi dengan Tanaman Kehutanan .....	45
6.1.1. Persiapan Lapangan .....	45
6.1.2. Pengadaan Bibit.....	47
6.1.3. Pelaksanaan Penanaman.....	50
6.2. Revegetasi dengan Tanaman Perkebunan dan Tanaman Pangan .....	50
6.3. Sumber Air dan Budidaya Ikan .....	51
6.4. Perumahan atau Bangunan atau Fasilitas Umum .....	52
BAB VII. PEMELIHARAAN DAN PEMANTAUAN .....	55
7.1. Pemeliharaan Tanaman.....	55
7.2. Pemeliharaan Kondisi Fisik Lapangan .....	56
7.3. Pemantauan.....	56
BAB VIII. KRITERIA KEBERHASILAN PEMULIHAN LAHAN .....	59
BAB IX. PENUTUP .....	63

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Contoh persyaratan minimum tempat tumbuh beberapa jenis pohon prospektif.....	49
Tabel 2. Tabulasi kegiatan pemantauan .....	57
Tabel 3. Kriteria Keberhasilan Pemulihan Lahan Akses Terbuka.....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan Pemulihan Kerusakan Lahan Akses Terbuka .....	6
Gambar 2. Hasil akhir penataan lahan. Bagian tepi yang curam dibuat teras	12
Gambar 3. Penampang melintang saluran pengelak.....	15
Gambar 4. Ilustrasi letak saluran pengelak dan SPA pada suatu lahan bekas tambang.....	16
Gambar 5. Sketsa saluran pembuangan air dengan terjunan .....	18
Gambar 6. Teras datar / teras berdasar lebar .....	21
Gambar 7. Teras Gulud.....	22
Gambar 8. Penampang Teras Bangku.....	23

# **BAB I. PENDAHULUAN**

## **1.1. Latar Belakang**

Sektor pertambangan sampai saat ini masih menjadi sektor yang sangat penting dalam menunjang perekonomian Indonesia, yang ditunjukkan oleh kontribusinya yang besar terhadap pendapatan domestik bruto. Namun demikian kegiatan penambangan ini, baik yang berada di/dekat permukaan ataupun di bawah permukaan bumi, akan mengakibatkan terganggunya lansekap dan menimbulkan dampak lingkungan secara signifikan. Topografi dan pola hidrologi di sekitar lokasi tambang akan mengalami perubahan, disertai dengan hilangnya vegetasi dan lapisan tanah yang subur pada saat *land clearing*. Dampak dari kegiatan pertambangan dapat juga berupa pencemaran air akibat penggunaan bahan kimia (bahan berbahaya dan beracun) dan tereksposnya kimiawi dari bahan tambang yang kemudian mencemari sumber air. Salah satunya disebabkan oleh pemakaian merkuri untuk ekstraksi emas. Selain itu penambangan juga menimbulkan dampak sosial, seperti hilangnya sumber penghidupan masyarakat, sumber air bersih, dan lain-lain.

Untuk memulihkan lahan yang sudah terganggu akibat kegiatan penambangan, pemerintah mewajibkan pelaku penambangan tersebut untuk melakukan reklamasi atau pemulihan lahan, seperti tertuang dalam UU No. 4/2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, UU No. 41/1999 tentang Kehutanan, Undang-undang No. 32/2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan masing-masing turunannya. Pemulihan lahan bekas tambang dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi lahan yang aman, stabil dan tidak mudah tererosi, sehingga dapat dimanfaatkan kembali sesuai peruntukannya.

Penambangan bisa dijumpai di kawasan hutan ataupun di lahan-lahan yang termasuk area penggunaan lain (APL). Lahan akses terbuka yang dimaksud

dalam pedoman ini adalah lahan yang berpotensi mengalami kerusakan lingkungan akibat penambangan tanpa izin;

Aktivitas penambangan di lahan-lahan akses terbuka biasanya dilakukan secara ilegal dan tidak mengikuti kaidah *good mining practices*. Dalam kegiatannya penambangan ilegal tidak melakukan pengamanan dan pengelolaan terhadap tanah pucuk, penanganan erosi dan sedimentasi, pengelolaan batuan penutup, pemulihan lahan, dan lain-lain. Oleh sebab itu pemulihan kerusakan lahan akses terbuka akan menghadapi tingkat kesulitan yang tinggi karena berbagai material dan peralatan yang diperlukan untuk kegiatan pemulihan lahan kemungkinan sudah tidak tersedia di lokasi bekas tambang tersebut. Oleh karena pedoman ini bersifat umum, maka harus ditindaklanjuti dengan pedoman yang lebih rinci karena pada dasarnya kegiatan pemulihan lahan bersifat sangat spesifik lokasi.

## **1.2. Tujuan**

- a) Memberikan panduan atau pedoman dalam menyusun rencana pemulihan kerusakan lahan akses terbuka.
- b) Menjadi acuan dalam pelaksanaan pemulihan kerusakan lahan akses terbuka, sehingga dapat dilakukan sesuai dengan pola umum, standar dan kriteria agar lahan dapat kembali berfungsi secara optimal sesuai peruntukannya.

## **1.3. Prinsip Pemulihan Kerusakan Lahan**

Pelaksanaan pemulihan kerusakan lahan akses terbuka memenuhi prinsip-prinsip perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, yang meliputi:

- a) Perlindungan terhadap kualitas air permukaan, air tanah, air laut, dan kualitas tanah serta kualitas udara berdasarkan kriteria kerusakan lingkungan hidup sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- b) Perlindungan dan pemulihan keanekaragaman hayati.

- c) Penjaminan terhadap stabilitas dan keamanan timbunan batuan penutup, kolam tailing, lahan bekas tambang, dan struktur buatan lainnya.
- d) Pemanfaatan lahan bekas tambang sesuai dengan peruntukannya.
- e) Memperhatikan kondisi sosial, ekonomi dan budaya masyarakat setempat.

#### **1.4. Pengertian**

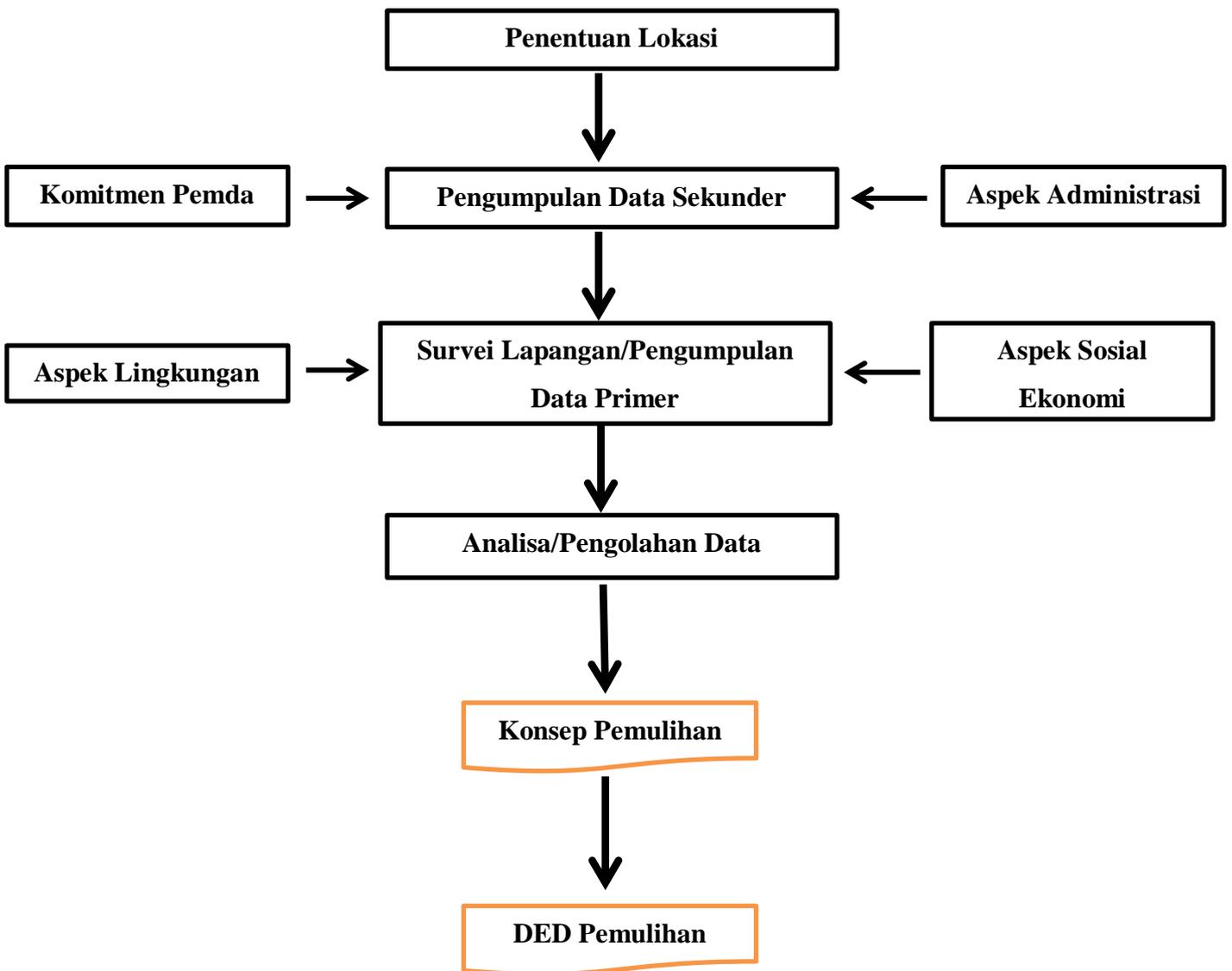
- a) Lahan akses terbuka adalah lahan yang berpotensi mengalami kerusakan lingkungan akibat penambangan tanpa izin.
- b) Penambangan adalah bagian kegiatan usaha pertambangan untuk memproduksi mineral, batubara dan/atau mineral ikutannya.
- c) Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksploitasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan serta kegiatan pascatambang.
- d) Kerusakan Lahan Akses Terbuka adalah perubahan langsung dan/atau tidak langsung terhadap sifat fisik, kimia, dan/atau hayati lingkungan hidup yang melampaui kriteria kerusakan Lahan Akses Terbuka.
- e) Pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.
- f) Baku mutu lingkungan hidup adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumberdaya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.
- g) Pemulihan kerusakan LAT adalah upaya yang dilakukan untuk mengembalikan dan/atau memperbaiki kualitas lingkungan agar dapat berfungsi sesuai dengan peruntukan tata ruang.

- h) Revegetasi adalah usaha untuk memperbaiki dan memulihkan vegetasi yang rusak melalui kegiatan penanaman dan pemeliharaan pada lahan bekas kegiatan penambangan.
- i) Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum.
- j) Tanah adalah salah satu komponen lahan, berupa lapisan teratas kerak bumi yang terdiri dari bahan mineral dan bahan organik serta mempunyai sifat fisik, kimia, biologi, dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya.
- k) Lahan adalah suatu wilayah daratan yang ciri-cirinya merangkum semua tanda pengenal biosfer, atmosfer, tanah, geologi, timbunan (relief), hidrologi, populasi tumbuhan, dan hewan, serta hasil kegiatan manusia masa lalu dan masa kini, yang bersifat mantap atau mendaur.

### **1.5. Ruang Lingkup**

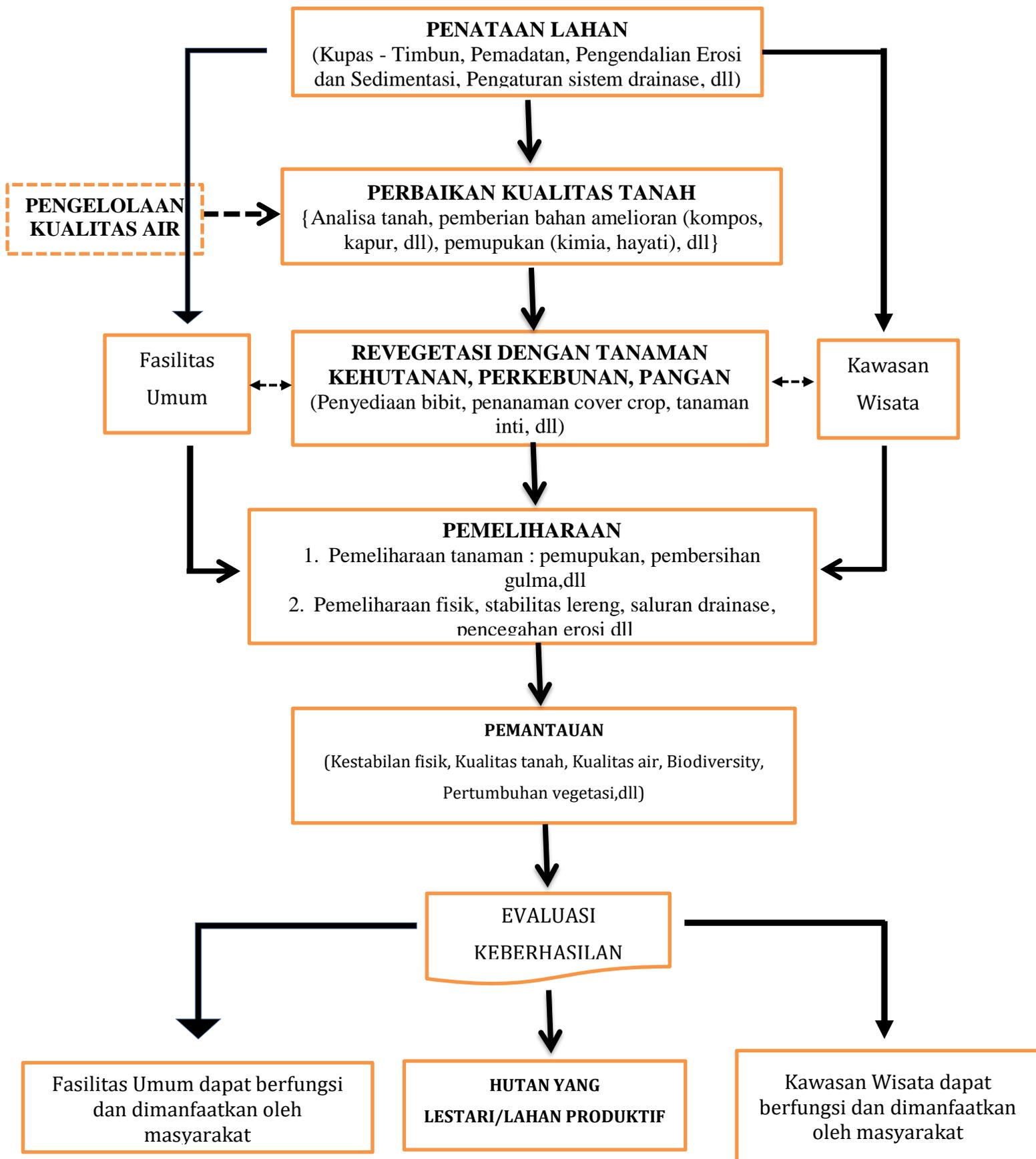
Ruang lingkup pedoman umum pemulihan kerusakan lahan akses terbuka meliputi:

- a) Tahap Persiapan
- b) Penataan Lahan, Pengendalian Erosi dan Sedimentasi
- c) Perbaikan Kualitas Tanah
- d) Pengelolaan Kualitas Air
- e) Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang
- f) Pemeliharaan dan Pemantauan
- g) Evaluasi Keberhasilan Pemulihan Lahan



**Gambar 1. Bagan alir tahap persiapan pemulihan kerusakan lahan akses terbuka**

Secara umum kegiatan pelaksanaan pemulihan kerusakan lahan akses terbuka digambarkan dalam diagram pada Gambar 2.



**Gambar 2. Diagram Alir Pelaksanaan Pemulihan Kerusakan Lahan Akses Terbuka**

## **BAB II. TAHAP PERSIAPAN**

Tahapan ini dilakukan mengingat lahan yang akan dipulihkan merupakan lahan bekas kegiatan penambangan tanpa izin dan pada umumnya tidak ada kegiatan pemulihan lahan setelah penambangan selesai. Tahap persiapan meliputi : 1) *Feasibility Study* (FS); 2) Penyusunan DED (*Detailed Engineering Design*)

### **2.1. Penyusunan Feasibility Study (FS)**

Tahapan FS ini meliputi: (1) Penentuan lokasi, (2) Pengumpulan data sekunder, dan (3) Survei lapangan.

#### **2.1.1. Penentuan Lokasi**

Penentuan lokasi rencana pemulihan kerusakan lahan akses terbuka perlu mempertimbangkan luas lahan, jenis bahan galian tambang, sistem penambangan, kondisi masyarakat setempat dan aksesibilitas menuju lokasi lahan akses terbuka. Penetapan lokasi dilakukan oleh Tim Evaluasi sebagaimana dimaksud dengan cara menganalisis dan mengevaluasi data spasial, numerik dan hasil survei lapangan pada lahan akses terbuka;

Dalam hal penentuan lokasi pemulihan memperhatikan beberapa persyaratan antara lain :

- a. Lokasi berada di luar kawasan hutan;
- b. Pemilihan lokasi pemulihan merupakan lahan bekas kegiatan penambangan tak berizin atau tambang rakyat yang sudah ditinggalkan, serta lahan yang akan digunakan harus mempunyai status kepemilikan yang jelas terdapat bukti seperti girik, keterangan ketua adat, keterangan kepala desa, dan keterangan pemda;
- c. Lokasi kegiatan ini wajib dipetakan dengan skala 1:5000 atau 1 : 10.000;
- d. Sesuai dengan dokumen rencana tata ruang wilayah (RTRW).

### **2.1.2 Pengumpulan Data Sekunder**

Pengumpulan data sekunder meliputi pengumpulan data citra satelit resolusi tinggi (jika ada), status kepemilikan lahan, status fungsi kawasan hutan dan kesesuaian peruntukan dan pemanfaatan lahan dengan rencana tata ruang wilayah (RTRW) daerah setempat. Dalam hal mengenai komitmen pemda diperlukan data berupa data RJPMD, RKPD, Peraturan Daerah dan Kelembagaan. Dalam aspek administrasi perlu identifikasi terkait perijinan dan perjanjian kerjasama serta dukungan dari pemerintah daerah.

Untuk perencanaan revegetasi juga diperlukan data iklim dan peta tanah. Data iklim yang diperlukan biasanya rata-rata curah hujan dan hari hujan bulanan selama periode 10 tahun terakhir. Peta tanah digunakan untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi dimana dapat ditemukan tanah pucuk, jika hal tersebut diperlukan.

### **2.1.3. Survei Lapangan**

Setiap lokasi rencana pemulihan lahan akses terbuka memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga diperlukan survei lapangan untuk mengidentifikasi informasi kondisi fisik lapangan dan kondisi sosial ekonomi masyarakat di sekitar lokasi.

Identifikasi kondisi fisik, kimia dan biologi lapangan lahan akses terbuka meliputi:

- a. Histori lahan/vegetasi dominan awal
- b. Vegetasi yang tumbuh saat ini, meliputi jenis (pohon, belukar, alang-alang/rumputan) dan sebaran (merata, sporadis)
- c. Relief/topografi lahan terganggu: landai, berombak, bergelombang
- d. Tumpukan *overburden* (pada lahan bekas tambang batubara): ada/tidak ada, sifat (NAF atau *non-acid forming*/PAF atau *potentially acid forming*), sebaran (merata/sporadis)

- e. Tumpukan *tailing* (pada lahan bekas tambang emas): ada/tidak ada, sifat (NAF/PAF), sebaran (merata/sporadis)
- f. Tumpukan tanah pucuk: ada/tidak ada, jumlah (sedikit/cukup/banyak), kualitas (rendah/sedang/tinggi), sebaran (merata/sporadis)
- g. Bekas lubang tambang: ada/tidak ada, jumlah (sedikit/banyak), ukuran (kecil/sedang/besar), kedalaman (dangkal/sedang/dalam)
- h. Erosi; besaran (rendah/sedang/tinggi), jenis erosi (alur/lembar/parit)
- i. Sedimentasi: ada/tidak ada
- j. Ketersediaan dan kualitas air permukaan: pH (lapangan), TSS, analisis anion-kation (laboratorium)
- k. Kualitas air tanah: analisis anion-kation (laboratorium)
- l. Kolam pengendap: ada/tidak ada

Penggunaan identifikasi kondisi pada huruf a sampai huruf l disesuaikan dengan kondisi dan jenis tambang.

Identifikasi kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat, meliputi:

- a. Demografi (jumlah penduduk, jenis kelamin, tingkat pendidikan, etnis, dan agama)
- b. Tingkat pendapatan atau mata pencaharian
- c. Kearifan lokal
- d. Kelembagaan atau kelompok masyarakat
- e. Aktivitas ekonomi

## **2.2 Penyusunan DED**

Kumpulan data sekunder, hasil survei lapangan yang dilakukan tim teknis, hasil analisis data serta masukan yang didapatkan pada saat presentasi dengan pemangku kepentingan dirangkum dalam suatu dokumen yang memuat rekomendasi metode pemulihan yang cocok untuk lokasi tersebut. Penyusunan naskah dilakukan oleh tenaga ahli.

Laporan akhir tahap perencanaan, meliputi:

- a. laporan arsitektur;
- b. laporan perhitungan struktur termasuk laporan penyelidikan tanah (*soil test*);

- c. laporan tata lingkungan.
- d. laporan mekanikal elektrikal

Dokumen ini akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan peta rancangan dan gambar rancangan yang disebut *Detailed Engineering Design* (DED).

### **Pembuatan Peta Rancangan dan Gambar Rancangan**

Perancangan (desain) merupakan kegiatan pemetaan dari ruang fungsional (tidak kelihatan/imajiner) kepada ruang fisik (kelihatan dan dapat diraba/dirasa) untuk memenuhi tujuan-tujuan akhir perancang secara spesifik atau obyektif. *Detailed Engineering Design* (DED) bisa berupa gambar detail namun dapat dibuat lebih lengkap yang terdiri dari :

1. Gambar detail bangunan/gambar bestek.
2. *Engineer's Estimate* (EE) atau Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan menyiapkan dokumen daftar kuantitas
3. Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)
4. Spesifikasi Teknis yang memuat ketentuan umum pelaksanaan pekerjaan, bahan konstruksi dan tata cara pelaksanaan konstruksi

**Gambar detail bangunan/gambar bestek** merupakan gambar desain bangunan yang dibuat lengkap untuk konstruksi yang akan dikerjakan. Gambar rencana teknis meliputi arsitektur, struktur, mekanikal dan elektrikal, serta tata lingkungan. Semakin baik dan lengkap gambar akan memudahkan dan mempercepat dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi.

**Rencana Anggaran Biaya atau RAB** adalah perhitungan volume masing-masing satuan pekerjaan. RAB dibuat berdasarkan gambar. Kemudian dapat dibuat juga Daftar Volume Pekerjaan (*Bill of Quantity*).

RAB nantinya direview susunannya, perhitungannya dikoreksi dan diupdate harganya sehingga dapat menjadi HPS (Harga Perkiraan Sendiri)

**Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)** ini mencakup persyaratan mutu dan kuantitas material bangunan, dimensi material bangunan, prosedur pemasangan material dan persyaratan-persyaratan lain yang harus dipenuhi oleh pelaksana konstruksi. RKS kemudian menjadi syarat yang harus dipenuhi penyedia sehingga dapat dimasukkan ke dalam dokumen pengadaan.

## **BAB III. PENATAAN LAHAN DAN PENGENDALIAN EROSI DAN SEDIMENTASI**

Pelaksanaan pemulihan lahan akan semakin sulit bila relief lokasi bekas tambang tergolong berombak/bergelombang dengan tumpukan batuan penutup ataupun *tailing* berserakan sporadis, tekstur dominan sangat kasar (pasir atau lebih kasar) atau sangat halus (klei berat), bekas lubang tambang banyak, kecil-kecil dan bertebaran sporadis, batuan penutup bersifat pembangkit asam atau *potentially acid forming* (PAF), muncul air asam tambang, iklim kering, bahan amelioran untuk meningkatkan kualitas media tanam sulit didapat, dan lain-lain.

### **3.1. Penataan Lahan**

Untuk menjamin keberhasilan upaya pemulihan lahan bekas tambang akses terbuka maka diperlukan penataan lahan yang baik. Penataan lahan dimaksudkan agar diperoleh kondisi lahan yang stabil secara kimia dan fisik. Penataan lahan bekas aktivitas penambangan perlu mempertimbangkan beberapa hal, seperti adalah tatanan air, terpotongnya akuifer, bertambahnya air limpasan, terjadinya erosi dan sedimentasi, ketidakstabilan, kelongsoran lereng, kerusakan struktur tanah, vegetasi dan lain-lain.

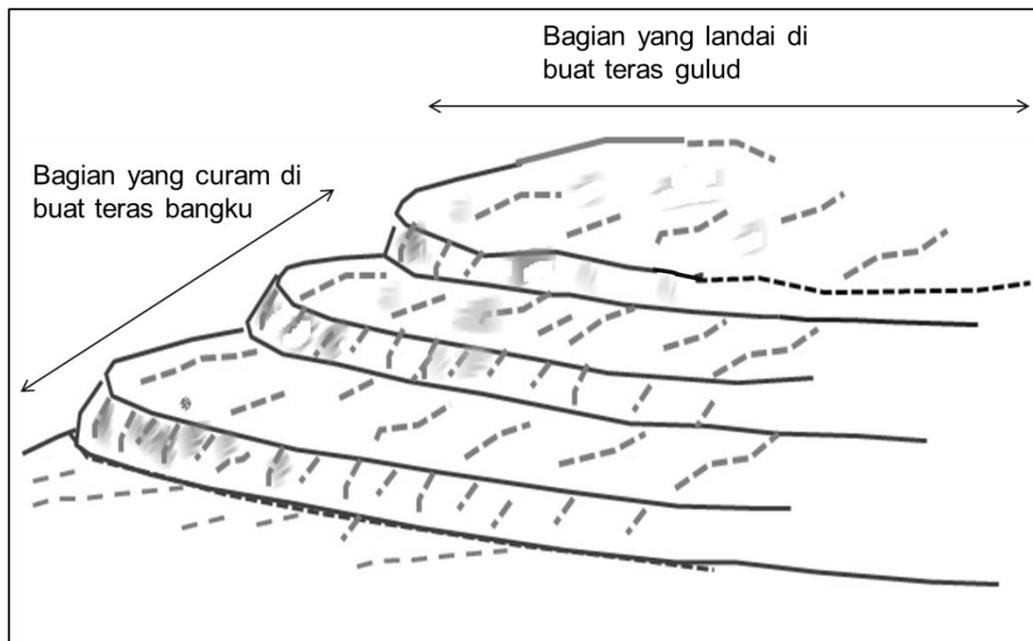
Penataan lahan mencakup kegiatan: a) rekonstruksi bentuk lahan (*reshaping*), dan b) pembuatan saluran drainase.

#### **3.1.1. Rekonstruksi Bentuk Lahan**

Rekontruksi bentuk lahan ditujukan untuk mendapatkan lereng yang stabil dengan potensi longsor dan erosi yang rendah serta layak untuk direvegetasi. Rekontruksi bentuk lahan disesuaikan dengan kondisi topografi. Lahan bekas tambang dengan bentuk lahan tidak teratur dan tidak rata (berlubang, berkemiringan lereng yang relatif curam) harus ditata sedemikian rupa agar stabil dengan potensi bahaya longsor dan erosi rendah. Bila memungkinkan

rekonstruksi bentuk lahan dilakukan melalui penimbunan lubang yang ada dengan memperhatikan karakteristik bahan yang digunakan untuk menimbun dan ada tidaknya sistem aliran air (drainase) yang kemungkinan terganggu. Bila tidak memungkinkan menutup lubang tambang, maka bahan penutup tanah ataupun *tailing* ditebarkan secara merata.

Rekonstruksi bentuk lereng dimaksudkan untuk mengurangi kecepatan air limpasan (*run off*), erosi dan sedimentasi serta longsor. Bentuk lereng akhir yang dicapai sebaiknya tidak terlalu tinggi atau curam. Untuk itu lahan dibuat sedatar mungkin dengan kemiringan maksimum 8 %. Jika pada bagian sisi masih berlereng relatif curam dengan beda tinggi masih cukup besar, maka perlu dibuat secara berteras-teras (Gambar 1). Pada setiap teras yang terbentuk perlu dibuat saluran teras agar dapat mengalirkan air yang ada di lahan teras secara terkendali.



**Gambar 3.** Hasil akhir penataan lahan. Bagian tepi yang curam dibuat teras

Agar diperoleh lahan dengan kondisi lereng yang stabil, tidak mudah tergerus air, maka pada saat pendataran perlu dilakukan pemadatan tanah, terutama untuk bagian-bagian yang berupa tanah urug. Namun pemadatan yang dilakukan tidak boleh berlebihan karena akan menyebabkan aerasi

menjadi rendah dan tahanan terhadap penetrasi akar menjadi tinggi, sehingga dapat menghambat perkembangan tanaman. Untuk menghindari pemadatan yang berlebihan, maka jika memungkinkan gunakan *bulldozer* kecil dalam kegiatan *grading* dan batasi lalulintas hanya pada daerah tertentu.

Terkait dengan keberadaan lubang-lubang bekas tambang yang umumnya berisi air, maka lubang-lubang tersebut dapat dimanfaatkan ataupun diurug. Faktor keamanan dan kualitas air dapat menjadi pertimbangan dalam memutuskan pemanfaatan lubang bekas tambang. Jika lubang-lubang tersebut tergolong dangkal, ukurannya kecil-kecil dan berserakan, maka disarankan untuk diurug.

### **3.1.2. Pembuatan Saluran Drainase**

Pembuatan saluran drainase bertujuan untuk mencegah penggenangan air hujan yang berlebih dan mengalirkan aliran permukaan sehingga air berlebih tersebut direncanakan dapat mengalir dengan tenang dan tidak merusak permukaan tanah, tanaman dan bangunan konservasi tanah lainnya. Bentuk saluran drainase permukaan yang akan dibuat adalah : saluran teras; saluran pembuangan air; saluran pengelak; dan terjunan.

Saluran teras dibuat agar air yang mengalir dari bidang olah dapat dialirkan secara aman ke saluran pembuangan air. Agar aman untuk menyalurkan air, sebaiknya saluran teras diperkuat oleh tanaman rumput.

Saluran pembuangan air (SPA) merupakan drainase yang dibuat untuk mengalirkan air dari saluran pengelak dan/atau saluran teras ke pembuangan air. SPA dibuat searah lereng atau berdasarkan cekungan alami.

Drainase pada lingkungan pascatambang perlu dikelola secara seksama agar dampak buruk air asam tambang serta air limpasan berlebih atau banjir yang dapat menyebabkan rusak atau jebolnya bendungan penampung *tailing* serta infrastruktur lainnya dapat dihindari. Untuk itu perlu dibuat saluran drainase.

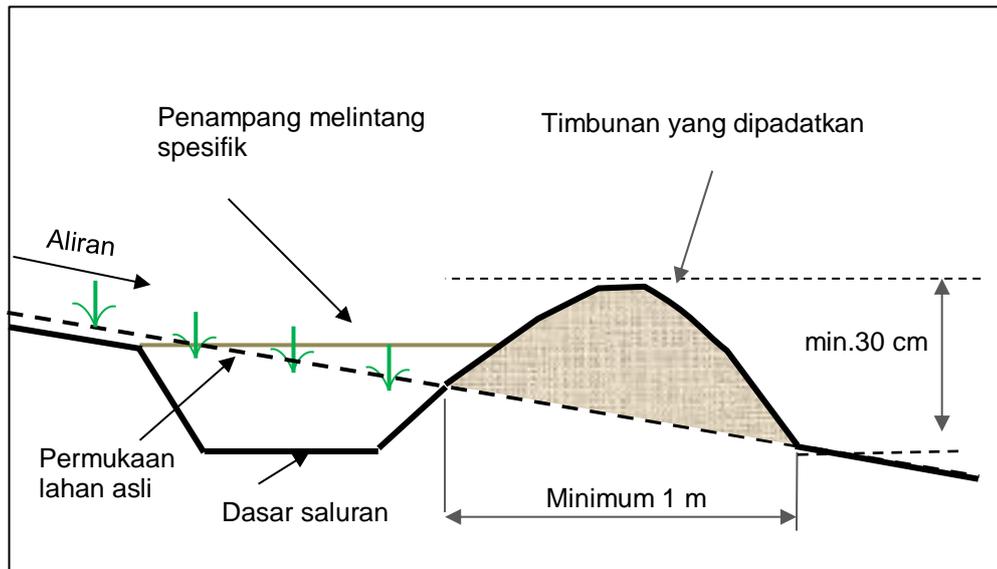
Saluran drainase yang perlu dibuat terdiri dari: a) saluran pengelak dan b) saluran pembuangan air. Kapasitas saluran, baik saluran pengelak maupun saluran pembuangan air, harus mempertimbangkan kondisi iklim terutama curah hujan maksimum, serta banjir yang biasa terjadi dalam kurun waktu tertentu, baik periode waktu jangka panjang maupun pendek.

Jika saluran drainase tidak terhindarkan harus melewati zona yang mengandung potensi asam tinggi, maka alur drainase perlu dilapisi dengan menggunakan bahan impermeabel. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari pelarutan sulfida logam yang potensial menghasilkan air asam tambang.

#### **a. Saluran Pengelak**

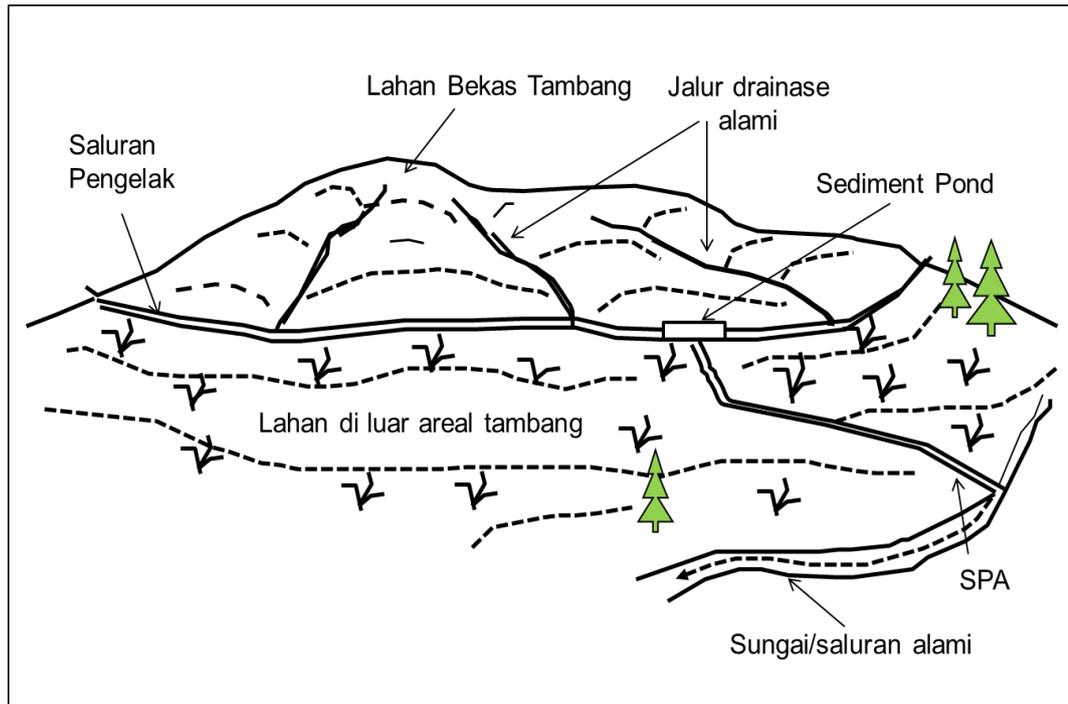
Saluran pengelak adalah saluran yang dibuat untuk memotong aliran permukaan dari daerah atau bidang lahan di atas lereng agar tidak masuk ke wilayah sekitarnya, sehingga aliran permukaan dan erosi berkurang. Saluran pengelak juga perlu dibuat pada lereng bagian atas dari suatu parit erosi (*gully*) yang berukuran besar dan aktif.

Saluran pengelak dibuat memotong lereng dengan sedikit membentuk sudut (0.1 – 0.5%) dengan garis kontur agar dapat mengalirkan air. Pada saat menggali saluran, tanah hasil galian (urugan) digunakan untuk pembuatan guludan atau tanggul pada sisi bagian bawah (Gambar 2).



**Gambar 4.** Penampang melintang saluran pengelak

Ukuran saluran yang harus dibuat bervariasi tergantung kepada jumlah air aliran permukaan yang akan dialirkan (tergantung luas dan kemiringan lahan yang akan dielakkan dan curah hujan). Untuk areal yang landai dan tidak terlalu luas, saluran dengan lebar 50 cm dan dalam 30 cm sudah cukup memadai. Untuk daerah yang lebih luas dan semakin curam perlu saluran yang lebih besar. Panjang saluran pengelak yang dibuat bervariasi disesuaikan dengan kondisi di lapangan, tetapi tidak boleh melebihi 200 m. Jika lahan bekas tambang cukup luas, sehingga saluran pengelak cukup panjang, maka setiap 200 m perlu dibuat saluran pembuangan air (SPA) agar air dalam saluran pengelak ini dapat dikeluarkan secara aman dengan kekuatan aliran yang tidak merusak. Posisi saluran pengelak dan pembuangan air secara skematik disajikan pada Gambar 3. Sebelum memasuki saluran pembuangan air, perlu dibuat kolam pengendap sedimen (*sedimen pond*) agar partikel-partikel sedimen yang terbawa aliran air dapat mengendap.



**Gambar 5.** Ilustrasi letak saluran pengelak dan SPA pada suatu lahan bekas tambang

Pemeliharaan saluran sebaiknya dilakukan secara rutin. Hal ini dapat dilakukan dengan mengeluarkan sedimen dan batuan dari dasar saluran dan kolam pengendap, memangkas rumput dan atau semak yang tumbuh pada saluran, dan memelihara guludan di lereng bawah saluran.

#### **b. Saluran Pembuangan Air**

Saluran pembuangan air (SPA) merupakan saluran yang berfungsi membuang air yang berasal dari areal lahan bekas tambang yang sebelumnya mengalir di saluran pengelak ataupun saluran teras.

Keberadaan saluran pembuangan air ini mutlak diperlukan, agar air yang terkumpul di saluran pengelak ataupun saluran teras dapat dialirkan ke luar secara terkendali, sehingga tidak bersifat merusak. Keberadaan saluran pembuangan air akan memotong saluran pengelak atau teras dengan *spacing* (jarak antar SPA) yang bervariasi tergantung pada keadaan lapangan dan curah hujan (maksimum 200 m).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan SPA:

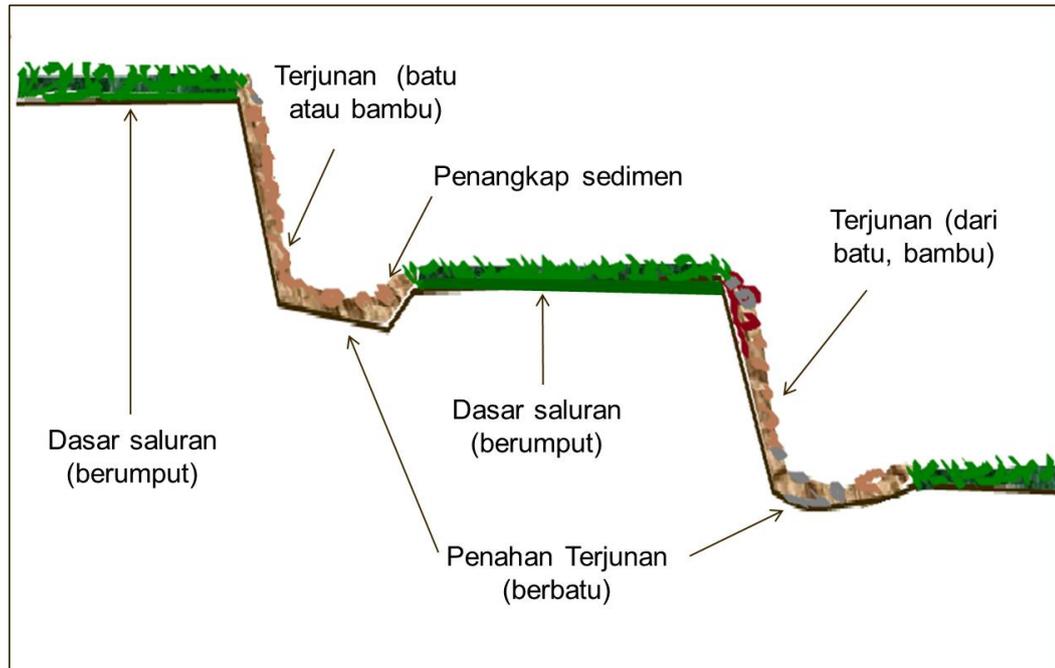
- 1) Saluran pembuangan air sebaiknya dibuat menuju saluran alami yang mempunyai posisi lebih rendah daripada areal di sekitarnya,
- 2) Dimensi saluran yang dibuat harus mempertimbangkan total aliran air dari sejumlah saluran teras (umumnya dibuat dengan lebar 75 – 100 cm dan dalam sekitar 30 – 50 cm),
- 3) Permukaan saluran perlu diperkuat agar tidak tergerus aliran air (umumnya menggunakan tanaman rumput-rumputan rendah),
- 4) Jika saluran pembuangan air terlalu miring, maka perlu dibuat terjunan agar kemiringannya dapat dikurangi menjadi kemiringan yang aman agar tidak terjadi erosi pada saluran.

### **c. Terjunan**

Jika saluran pembuangan air terlalu miring, sehingga aliran air terlalu cepat, maka perlu dibuat terjunan (*drop structure*). Terjunan air adalah bangunan yang terbuat dari susunan batu atau bambu atau bahan lainnya pada SPA yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan aliran permukaan, sehingga air mengalir dengan kecepatan yang tidak merusak (Gambar 6). Bangunan terjunan diperlukan bila kemiringan SPA > 8 % atau bila tanah peka terhadap erosi jurang.

Terjunan ditempatkan pada tempat-tempat tertentu sepanjang SPA, terutama pada bagian SPA yang berlereng > 8 %. Semakin curam lereng, semakin banyak terjunan yang diperlukan. Tinggi bangunan terjunan bisa sebaiknya tidak melebihi 75 cm. Untuk SPA yang dibuat untuk mengalirkan air dari saluran teras, maka jarak antar terjunan mengikuti jarak antar teras. Terjunan dibuat mengikuti tampingan teras.

Dinding dan titik jatuhnya air harus diperkuat dengan susunan batu, bambu atau batu bata sehingga tidak mudah tergerus air. Pada bagian bawah terjunan perlu dilengkapi dengan penahan sedimen berupa barisan rumput melintang/memotong SPA.



**Gambar 6.** Sketsa saluran pembuangan air dengan terjunan

Terjunan juga bisa dibuat berupa gabungan gorong-gorong dengan susunan batu pada titik terjunan air. Gorong-gorong berfungsi untuk mengalirkan air agar tidak merusak dinding/tebing pada tempat-tempat yang rawan. Kapasitas gorong-gorong diperhitungkan lebih besar dari aliran permukaan maksimum, sehingga dapat menampung aliran permukaan dari hujan lebat.

Pemeliharaan bangunan terjunan perlu secara rutin dilakukan agar kerusakan seperti bergesernya susunan batu dari terjunan atau telah melapuknya susunan bambu tidak terjadi.

### **3.2. Pengendalian Erosi dan Sedimentasi**

Lahan bekas tambang umumnya terdiri dari bahan lepas (timbunan) yang mudah tererosi. Oleh karena itu upaya pengendalian erosi dan sedimentasi perlu terus dilakukan. Erosi dapat terjadi oleh air atau oleh angin.

### **3.2.1. Pengendalian Erosi oleh Air**

Upaya pengendalian erosi diarahkan pada tiga perlakuan pokok, yaitu:

- a. Perlindungan terhadap tanah dari pukulan butir-butir hujan dengan cara meningkatkan penutupan tanah (dengan tajuk tanaman, sisa tanaman, atau bahan lainnya).
- b. Mengurangi jumlah aliran permukaan melalui peningkatan infiltrasi dan/atau meningkatkan simpanan air di permukaan dan di dalam tanah, yang dapat dilakukan misalnya dengan pembuatan rorak, guludan, dan lain-lain.
- c. Mengurangi kecepatan aliran permukaan, sehingga pengikisan dan perpindahan butiran dan agregat tanah dapat dikurangi yang dapat dilakukan misalnya dengan mengurangi kemiringan lahan, memperpendek panjang lereng (dengan teras dan sebagainya), ataupun melalui cara vegetatif.

Metode yang dapat dilakukan untuk pengendalian erosi pada lahan bekas tambang adalah (i) metode vegetatif dan (ii) metode mekanik/sipil teknis.

#### **(i). Metoda Vegetatif**

Metode vegetatif merupakan usaha mengendalikan erosi dengan menggunakan tanaman. Penanaman tanaman penutup tanah dan revegetasi merupakan bagian kegiatan pemulihan yang sekaligus berfungsi dalam pengendalian erosi dan sedimentasi.

Tanaman penutup tanah adalah tanaman yang ditujukan untuk menutup tanah agar tanah tidak terkena langsung pukulan butir hujan. Tanaman penutup tanah dapat ditanam tersendiri ataupun ditanam bersama-sama dengan tanaman pokok. Fungsi lain yang diharapkan dari tanaman penutup adalah menyediakan bahan organik, sehingga dapat menjaga kesuburan tanah. Tanaman penutup tanah yang digunakan sebaiknya adalah tanaman yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a) mudah diperbanyak, sebaiknya dengan biji,

- b) mempunyai sistem perakaran yang tidak menimbulkan kompetisi berat bagi tanaman pokok, tetapi mempunyai sifat pengikat tanah yang baik dan tidak mensyaratkan kesuburan tanah yang tinggi,
- c) tumbuh cepat dan banyak menghasilkan daun,
- d) toleransi terhadap pemangkasan,
- e) resisten terhadap hama, penyakit dan kekeringan,
- f) mampu menekan pertumbuhan gulma,
- g) mudah diberantas jika tanah akan digunakan untuk penanaman tanaman semusim atau tanaman pokok lainnya,
- h) sesuai dengan kegunaan untuk pemulihan tanah, dan
- i) tidak mempunyai sifat-sifat yang tidak menyenangkan, seperti duri dan sulur-sulur yang membelit.

Tanaman *Leguminosae* merupakan salah satu jenis penutup tanah yang berfungsi ganda. Di satu pihak *Leguminosae* berfungsi untuk melindungi dampak pukulan butir-butiran hujan, di pihak lain tanaman tersebut juga dapat melakukan fiksasi nitrogen sehingga dapat menyuburkan tanah.

Dalam kasus terjadi erosi parit atau erosi jurang (*gully erosion*) metode vegetative yang dapat digunakan adalah biarkan semak alami tumbuh di dalam dan di kiri-kanan jurang. Cara ini adalah cara termudah dan tidak memerlukan biaya dan tenaga kerja.

Di samping itu, dianjurkan menanam pohon untuk menyumbat jurang. Pepohonan dapat membentuk sistem perakaran yang dalam dan menyebar, sehingga mengikat massa tanah. Pohon yang dipilih selain harus mempunyai perakaran rapat dan dalam dan massa pohonnya tidak terlalu berat (seperti tanaman bambu jenis ringan atau kecil) supaya tidak mudah tumbang.

Pengendalian erosi parit dapat dilakukan dengan menanam rumput yang berakar dalam dan lebat. Jenis rumput yang disarankan adalah jenis rumput pioner (yang mudah tumbuh pada tanah dengan kesuburan rendah). Jenis rumput seperti vetiver (*Vetiveria zizanioides*), rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), atau bahia (*Paspalum notatum*) dapat digunakan. Jenis rumput

yang lebih besar seperti gelagah dan bambu juga efektif dalam dalam menanggulangi erosi jurang terutama untuk membelokkan aliran air di kepala jurang.

## (ii). Metode Mekanik

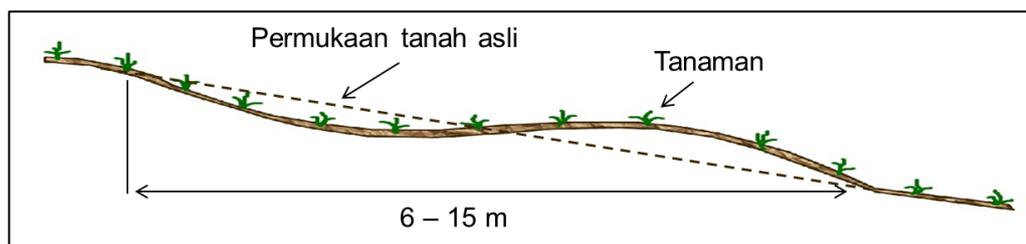
Metode mekanik diterapkan apabila masalah erosi cukup serius yang dengan pengendalian erosi secara vegetatif tidak cukup. Beberapa metode mekanik yang dapat diterapkan adalah terasering, saluran pengelak, dam pengendali (*check dam*).

### a. Terasering/Penterasan

Beberapa bentuk terasering yang dapat dibuat adalah teras datar, teras gulud, dan teras bangku.

#### a.1. Teras datar

Teras datar dibuat pada tanah dengan kemiringan 3 % atau kurang dengan tujuan memperbaiki pengaliran air dan pembasahan tanah. Teras datar dibuat dengan jalan menggali tanah menurut garis kontur dan tanah galiannya ditimbunkan ke tepi luar, sehingga air dapat tertahan dan terkumpul. Pematang yang terbentuk ditanami dengan rumput (Gambar 7).



**Gambar 7.** Teras datar / teras berdasar lebar

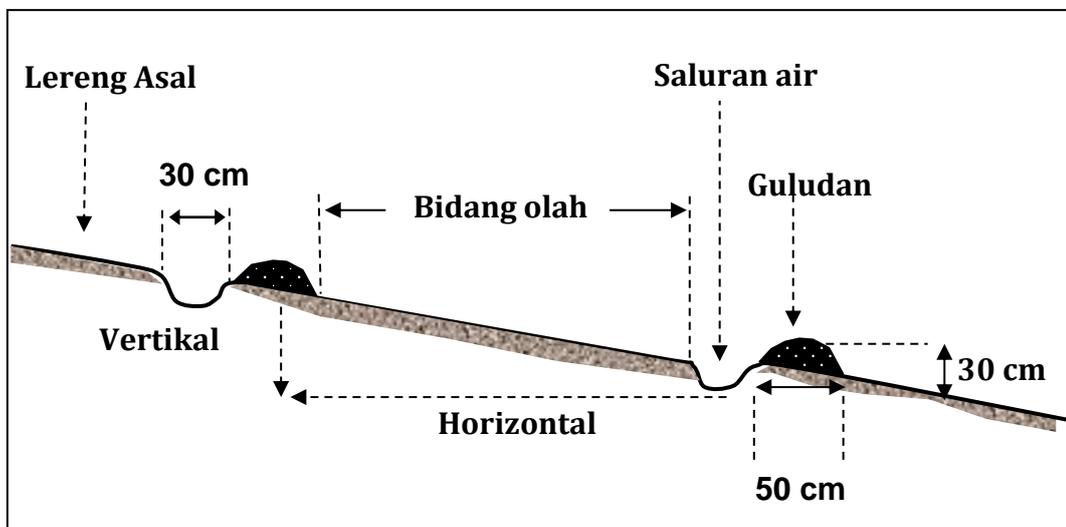
Selain diterapkan untuk lahan dengan lereng  $\leq 3\%$ , teras datar mempunyai persyaratan teknis sebagai berikut: kedalaman tanah  $\leq 30$  cm, jenis erosi erosi permukaan, penggunaan lahan tanaman semusim, tanah tidak berbatu dan mudah menyerap air, serta curah hujan tidak terlalu tinggi.

### a.2. Teras Gulud

Pada lahan yang agak miring dengan kemiringan 3 – 15 %, pengendalian erosi mekanik dapat dilakukan dengan membuat teras gulud. Guludan dibuat dengan membuat tumpukan tanah mengikuti kontur. Tumpukan tanah tersebut mempunyai tinggi 30 cm dan lebar 50 cm (Gambar 8). Semakin curam kemiringan lereng dan semakin peka tanah terhadap maka jarak antar guludan semakin rapat. Jarak antar guludan maksimum dapat dihitung dengan rumus:

$$VI=0.3(S/3+ 2)$$

dimana S adalah kemiringan lereng dalam persen, VI adalah beda jarak vertikal.



Gambar 8. Teras Gulud

Jarak antar guludan (jarak miring) dapat dihitung dengan rumus:

$$HI = VI/S \times 100 \text{ dan } JM = \sqrt{(HI^2 + VI^2)}$$

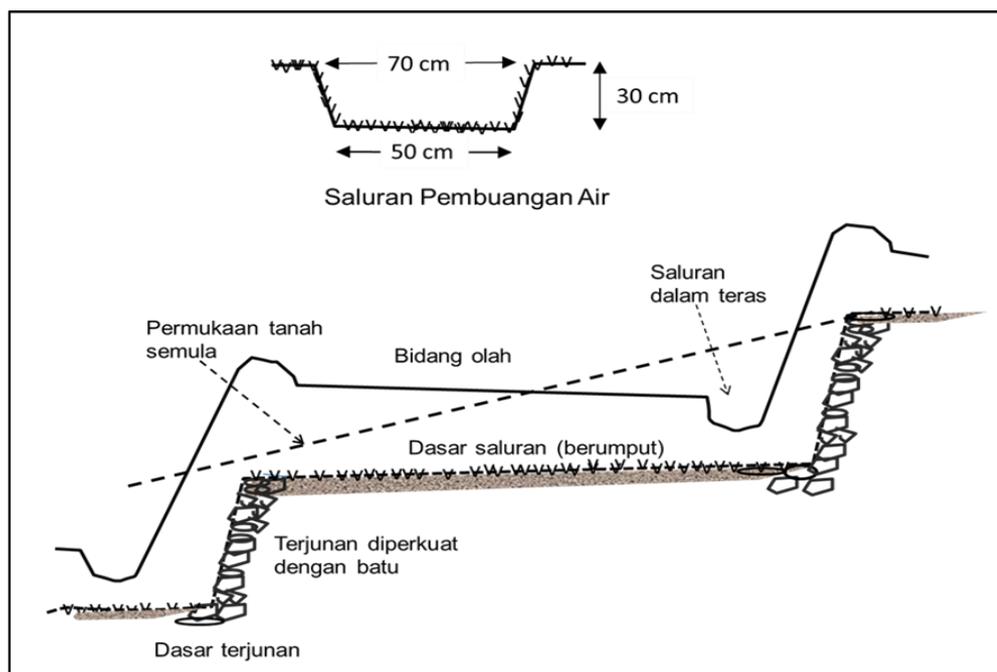
dimana HI = jarak datar (horizontal) dan JM = jarak miring (real di lapangan) dalam satuan m.

Saluran teras gulud sebaiknya diisi dengan sisa tanaman atau sisa gulma agar tercipta biopori, sehingga kapasitas resapan airnya menjadi tinggi

Pemeliharaan teras gulud dapat dilakukan dengan mengembalikan sedimen yang tertampung dalam saluran ke bidang pertanian, sehingga kemiringan lahan dapat selalu dipertahankan.

### **a.3. Teras Bangku**

Pada lahan yang terlalu curam dengan kemiringan lebih besar dari 15 %, teras gulud seringkali tidak memadai lagi untuk menanggulangi erosi. Untuk kondisi demikian teras bangku lebih disarankan karena dapat lebih efektif menurunkan aliran permukaan dan erosi (Gambar 9).



**Gambar 9.** Penampang Teras Bangku

Hal yang perlu diperhatikan pada pembuatan teras bangku:

- 1) Bidang olah dibuat miring ke arah saluran dalam dengan kemiringan  $\pm 1$  %,
- 2) Tanah pucuk yang semula diurug di suatu tempat tertentu, ditaburkan kembali secara merata di atas bidang olah yang telah terbentuk,
- 3) Pada ujung teras bagian luar (bibir teras) perlu dibuat guludan dengan tinggi 20 cm dan lebar 30 cm.
- 4) Di bagian dalam teras dibuat saluran dengan lebar 20 cm dan dalam 10 cm.

- 5) Dasar saluran pada no. (4) harus lebih tinggi 50 cm dari tinggi dasar SPA
- 6) Talud teras dibuat dengan ketinggian 1- 1.5 m dan kemiringan 100 - 200 %
- 7) Bagian atas talud bagian ditanami dengan rumput penguat teras

Teras bangku harus dipelihara secara rutin. Teras bangku yang tidak terpelihara dengan baik akhirnya berpotensi meningkatkan kerusakan lahan akibat aliran air yang tidak terkontrol pada teras bangku yang rusak.

#### **b. Saluran Pengelak (*Diversion Ditch*)**

Dalam kasus terjadi erosi parit atau erosi jurang (*gully erosion*), untuk pengendaliannya dapat dibuat saluran pengelak. Saluran pengelak dibuat pada lereng bagian atas dari areal yang terkena erosi parit atau erosi jurang agar masuknya aliran air ke parit atau jurang dapat dicegah, sehingga erosi parit atau erosi jurang tidak berlanjut. Ujung dari saluran pengelak diarahkan ke bagian lahan yang masih rapat ditumbuhi tanaman atau ke SPA yang aman, yaitu SPA yang ditumbuhi rumput.

#### **c. Dam Pengendali (*Check Dam*)**

Jika terjadi erosi parit akibat adanya aliran air yang terkonsentrasi, maka perlu dibuat dam pengendali. Dam pengendali adalah bangunan konservasi tanah dan air berupa bendungan kecil dan berfungsi sebagai penampung air dan sedimen. Spesifikasi dari dam pengendali tergantung pada besarnya erosi parit.

Dam pengendali bisa dibuat dari sekedar urugan tanah yang dipadatkan, dari tumpukan batu lepas, dari bambu yang ditancapkan rapat, dari bronjong, ataupun dari konstruksi batu bata/beton.

Jika ukuran parit tidak terlalu besar dan dalam, penggunaan batu lepas (jika ada yang pipih dan rata lebih baik) sebagai dam pengendali cukup efektif untuk pengendalian erosi parit. Batu disusun sedemikian rupa, sehingga satu batu dengan yang lainnya saling mengunci.

Jika erosi parit sudah cukup besar (erosi jurang), dimana arus aliran permukaan cukup besar, sehingga tidak mungkin lagi menggunakan cara vegetatif atau sistem batuan lepas, maka dapat diterapkan dam pengendali dari bronjong. Bronjong (Gabion) merupakan susunan batu yang ditata di dalam anyaman kawat dan membentuk bangun seperti pondasi rumah. Ketebalan minimum bronjong adalah 30 cm, ketebalan dasar bronjong sama atau kira-kira  $3/4$  dari tinggi bronjong.

Jika parit atau jurang berukuran besar, maka *check dam* permanen dari beton merupakan alternative yang baik. *Check dam* permanen membutuhkan biaya yang mahal, namun lebih tahan lama.

### **3.2.2 Pengendalian Erosi Angin**

Untuk daerah semi kering/kering seperti Nusa Tenggara, erosi oleh angin umum terjadi. Upaya pengendalian erosi angin dapat diarahkan pada tiga perlakuan pokok, yaitu:

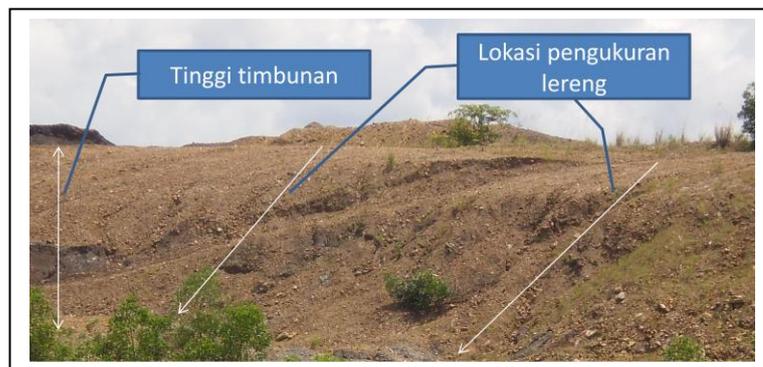
- 1) Melindungi tanah dari pukulan energi angin dengan cara meningkatkan penutupan tanah (dengan tajuk tanaman, sisa tanaman, atau bahan lainnya),
- 2) Mengurangi kecepatan angin permukaan, sehingga pengikisan dan perpindahan butiran dan agregat tanah dapat dikurangi
- 3) Meningkatkan daya tahan tanah terhadap pukulan energi angin

Pengendalian erosi angin dalam jangka panjang dilakukan dengan metode vegetatif, yaitu dengan menanam tanaman yang tumbuh permanen, seperti tanaman tahunan dan tanaman penutup tanah. Namun sebelum tanaman berfungsi, maka perlu dilakukan tindakan sebagai berikut: a). menggunakan mulsa sebagai penutup lahan dan b). membuat kondisi tanah tahan terhadap erosi dengan cara membiarkan tanah tetap menggumpal, membasahi permukaan tanah dan membuat lekukan-lekukan tanah.

Pengendalian erosi dengan cara mengurangi kecepatan angin dapat dilakukan dengan membuat pemecah angin. Pemecah angin ini dapat berupa deretan pohon atau semak belukar yang dibiarkan tumbuh atau ditanam tegak lurus arah angin. Pohon atau semak belukar yang ditanam sebaiknya dari jenis tanaman yang cepat tumbuh dan kuat atau dapat pula dengan membuat pagar.

Dalam penempatan dan pemilihan pemecah angin harus dipertimbangkan faktor-faktor :

- a) Arah angin
- b) Tinggi dan jarak tanam
- c) Permeabilitas atau kelolosan angin (paling tinggi 40 %)
- d) Kontinuitas dan panjang pemecah angin dan turbulensi pada daerah yang akan dipulihkan.



**Gambar 10**  
. Sketsa pengukuran tinggi dan kemiringan lereng timbunan.

## **BAB IV. PERBAIKAN KUALITAS TANAH**

Bila pemulihan kerusakan lahan akses terbuka akibat penambangan dimaksudkan untuk revegetasi, baik dengan tanaman kehutanan, perkebunan ataupun tanaman pangan, maka setelah lahan bekas tambang ditata, biasanya pada bagian atasnya ditebarkan tanah pucuk sebagai media tanam. Tanah pucuk merupakan media tumbuh bagi tanaman yang merupakan salah satu faktor penting untuk keberhasilan pertumbuhan tanaman pada kegiatan pemulihan lahan. Namun karena ketersediaan tanah pucuk di lahan akses terbuka umumnya sangat terbatas atau bahkan sudah tidak ada, maka perlu dicari cara penanaman lain yang lebih efisien menggunakan tanah pucuk atau mencari media tanam pengganti yang relatif baik untuk perkembangan perakaran tanaman. Material ini harus memiliki sifat-sifat kimia dan fisik yang kondusif untuk pertumbuhan akar yang dalam serta tidak mengandung material yang berpotensi meracuni tanaman. Oleh karena itu, untuk memastikan kondisi media tanam, maka perlu dilakukan analisis kimia dan fisik tanah di laboratorium.

Dalam hal tanah pucuk tersedia, namun jumlahnya terbatas atau sedikit, maka hal-hal berikut perlu diperhatikan atau dipertimbangkan:

- a. Penempatan tanah pucuk hanya pada jalur atau lubang tanam,
- b. Pemanfaatan kompos atau bahan pembenah tanah lainnya secara maksimal,
- c. Penentuan daerah prioritas, yaitu daerah yang sangat peka terhadap erosi yang perlu penanganan konservasi tanah dan pertumbuhan tanaman dengan segera,
- d. Penanaman segera dengan tanaman penutup (*cover crop*) yang cepat tumbuh dan menutup permukaan.

### **4.1. Pengambilan Contoh Tanah**

Pengambilan contoh tanah (tanah pucuk atau material substitusi) untuk analisis kimia pada lahan akses terbuka yang akan dipulihkan dilakukan

secara acak untuk mendapatkan gambaran umum kualitas tanah. Tiap areal diwakili oleh satu contoh tanah komposit, yang merupakan campuran dari beberapa anak contoh. Semakin banyak jumlah anak contoh, semakin baik contoh komposit yang dihasilkan. Kedalaman pengambilan contoh tanah dilakukan pada lapisan perakaran, yaitu 0-30 cm dan 30-60 cm, masing-masing kedalaman sekitar satu kg untuk analisis kimia kesuburan tanah.

Pengambilan contoh tanah untuk analisis sifat fisik memerlukan ring sampler untuk pengambilannya, agar diperoleh contoh tanah yang tidak terganggu. Jumlah dan kedalaman contoh disesuaikan dengan contoh untuk analisis sifat kimia. Hasil analisis laboratorium akan berupa rekomendasi pemberian bahan-bahan pembenah tanah yang diperlukan jenis dan dosisnya.



Gambar 9. Pengambilan contoh tanah

## **4.2. Bahan Pembenah Tanah (*soil ameliorant*)**

Media tanam di lahan bekas tambang akses terbuka umumnya memiliki tingkat kesuburan kimia, fisik dan biologi tanah yang sangat rendah. Hal tersebut bisa terjadi karena satu atau beberapa faktor, misalnya pH sangat masam, tekstur berpasir atau klei sangat halus, kadar bahan organik sangat rendah, ketersediaan unsur-unsur hara makro dan mikro sangat rendah, dan lain-lain. Oleh sebab itu diperlukan bahan pembenah tanah yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas media tanam.

Salah satu bahan pembenah tanah yang dapat memperbaiki kondisi kimia, fisik dan biologi media tanam adalah bahan organik dalam bentuk kompos. Pemilihan jenis kompos disesuaikan dengan ketersediaan bahan organik di sekitar lahan akses terbuka tersebut. Selain bahan organik, bahan pembenah tanah yang lain adalah pupuk dasar NPK, kapur pertanian, dan lain-lain. Kapur diberikan apabila tanah memiliki pH yang tergolong sangat masam hingga masam. Selain bahan pembenah tanah yang bersifat kimia, pertumbuhan tanaman juga dapat dibantu dengan perbaikan kualitas daerah perakaran (*rhizosfir*) menggunakan agen-agen hayati, seperti *rhizobium*, mikoriza, dan lain-lain.

## **BAB V. PENGELOLAAN KUALITAS AIR**

Keberhasilan upaya pemulihan lahan bekas tambang akses terbuka selain ditentukan oleh penataan lahan yang baik, juga memerlukan pengelolaan kualitas air.

### **2.2. Pengambilan Contoh Air**

Pengambilan contoh air untuk analisis fisik dan kimia pada lahan akses terbuka bekas penambangan dilakukan untuk mendapatkan gambaran kualitas air. Tiap areal diwakili oleh contoh air yang meliputi: sumber air alamiah, yaitu pada lokasi yang belum atau sedikit terjadi pencemaran, atau terkontaminasi sumber pencemar; sumber air tercemar, yaitu pada lokasi yang mengalami perubahan/penurunan kualitas air yang diakibatkan oleh aktivitas pertambangan; dan sumber air yang dimanfaatkan, yaitu lokasi tempat pemanfaatan badan air untuk aktivitas industri, pertanian, perikanan, dan lain-lain. Sumber air dapat berupa air permukaan, air tanah dan air meteorik. Air permukaan adalah air yang terdiri dari: air sungai, air danau, air waduk, air saluran, mata air, air rawa dan air gua/air karst. Air tanah terdiri dari air tanah bebas maupun air tanah tertekan, yaitu air dari akuifer. Air meteorik adalah air meteorik dari labu ukur di stasiun meteorologi, yaitu air meteorik yang ditampung langsung dari hujan dan air meteorik dari bak penampung air hujan. Metoda pengambilan contoh air guna keperluan pengujian sifat fisik dan kimia menggunakan acuan SNI 6989.59:2008. Hasil analisis laboratorium akan berupa rekomendasi pemberian bahan-bahan yang diperlukan untuk memperbaiki kualitas air.



Gambar 10. Pengambilan contoh air

Pemulihan dan pemantauan kualitas air dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi air yang memenuhi kriteria baku mutu air limbah, sebagaimana tercantum pada Kep MENLH No. 113/2003 tentang Baku mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara; Kep MENLH No. 202/2004 tentang Baku mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Bijih Emas dan atau Tembaga; Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

## 5.2. Lahan Bekas Tambang Batubara

Isu utama di lahan bekas tambang batubara adalah air asam tambang. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air limbah di lahan bekas tambang batubara perlu didahului dengan analisis geokimia untuk memastikan jenis material batuan penutup. Terdapat dua kategori material batuan penutup yang mungkin dapat dijumpai di lahan bekas tambang batubara, yaitu jenis *Non Acid Forming* (NAF) atau material yang tidak membangkitkan asam dan jenis *Potential Acid Forming* (PAF) atau material yang berpotensi membangkitkan asam. Apabila dijumpai material jenis PAF, maka material tersebut harus ditimbun di bawah material jenis NAF. Cara ini dikenal sebagai metode pengkapsulan atau *encapsulation*.

Adapun untuk pengelolaan air limbah lahan bekas tambang batubara dapat dilakukan dengan dua metoda, yaitu metoda perlakuan aktif dengan prinsip

netralisasi atau metoda pasif dengan memanfaatkan proses biologi. Metode perlakuan aktif adalah dengan pemberian bahan-bahan alkalin untuk menetralsasi efluen masam agar kualitasnya dapat memenuhi baku mutu. Pemberian bahan-bahan penetral harus dihitung dengan tepat, antara lain bergantung pada pH air awal, debit air, kecepatan aliran air masuk ke kolam kolam. Sedangkan metoda pasif adalah dengan membuat *wetland* yang digunakan sebagai penampung efluen masam. Proses biologi di dalam *wetland* tersebut akan membuat kualitas efluen menjadi memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Selain masalah air asam tambang, beberapa daerah bekas tambang batubara bermasalah dengan kekeruhan yang dicirikan dengan tingginya nilai *total suspended solute* (TSS). Untuk menanggulangi masalah kekeruhan air ini perlu dibuat kolam-kolam pengendap (*settling pond*), dengan jumlah dimensi yang tergantung antara lain pada curah hujan. Selain itu ke dalam kolam-kolam pengendap tersebut dapat ditambahkan koagulan. Dosis koagulan tergantung antara lain pada debit air dan kecepatan aliran air masuk.

### **5.3. Lahan Bekas Tambang Emas**

Di alam, bijih emas dan juga tembaga berasosiasi dengan belerang, sehingga pada saat operasi penambangan, areal tambang emas dan tembaga memiliki potensi menghasilkan air asam tambang. Oleh karena itu perlu dilakukan uji geokimia batuan seperti pada batuan bekas tambang batubara dan isolasi jenis material yang dapat membangkitkan asam (PAF). Selanjutnya, pada tambang bijih emas dan tembaga terdapat proses pengolahan yang dilakukan untuk memisahkan emas dan tembaga dari bahan lain. Pada tambang rakyat atau pertambangan tanpa ijin, proses tersebut umumnya dilakukan dengan pencucian dan menggunakan air raksa dan juga sianida. Dengan demikian maka air limbah di lahan bekas tambang emas akan dapat menghasilkan air limbah dengan *total suspended solute* (TSS), logam-logam ikutan terlarut dan kandungan merkuri dan atau sianida yang melampaui baku mutu lingkungan.

Untuk menangkap logam ikutan terlarut dan merkuri dapat digunakan metode penyerapan menggunakan bahan-bahan pengabsorb yang dicampurkan ke dalam kolam penampung efluen. Beberapa alternatif bahan tersebut adalah kapur, zeolit, karbon aktif. Bahan-bahan yang telah mengabsorb logam tersebut kemudian harus ditimbun dalam tanah. Selain dengan pemberian bahan-bahan tersebut juga dapat dilakukan pemisahan ion logam dengan resin penukar ion atau secara biologi menggunakan mikroorganisma. Sedangkan nilai TSS yang tinggi dapat diturunkan dengan membuat kolam-kolam pengendap dan pemberian koagulan seperti tawas, polimer kationik, atau koagulan organik. Dimensi kolam pengendap disesuaikan dengan beberapa variabel diantaranya curah hujan, volume efluen, debit aliran.

#### **5.4. Lahan Bekas Tambang Batuan**

Proses penambangan bahan tambang batuan dilakukan dengan menggali material kemudian memisahkan material yang diinginkan dengan proses pencucian menggunakan air. Material yang terangkut dalam efluen adalah partikel-partikel yang berukuran halus. Partikel dalam efluen akan mengendap sesuai hukum gravitasi, dengan waktu retensi tertentu. Oleh sebab itu masalah kualitas air di lahan bekas tambang batuan biasanya pada tingkat kekeruhannya. Untuk mengatasi hal ini maka perlu dibuat kolam-kolam pengendap dengan dimensi yang disesuaikan dengan kebutuhan.

Kolam-kolam pengendap dibuat dengan model zigzag agar partikel tersuspensi memiliki waktu yang cukup untuk mengendap. Pada kondisi khusus, dimana nilai TSS melampaui baku mutu lingkungan, maka dapat diberikan bahan-bahan koagulan seperti tawas, polimer kationik, atau koagulan organik dengan dosis dan waktu pemberian yang tepat.

## **BAB VI. PEMANFAATAN LAHAN BEKAS TAMBANG**

Pemulihan lahan akses terbuka bekas penambangan dimaksudkan agar kondisi lahan menjadi stabil secara kimia dan fisik serta memiliki estetika yang baik dan dapat dimanfaatkan kembali sesuai dengan peruntukannya. Penataan lahan dan pengelolaan air yang sudah dibahas pada bab sebelumnya adalah tata cara untuk mencapai aspek kestabilan secara fisik dan kimia serta estetika. Pemanfaatan lahan bekas tambang yang sudah ditata bisa berupa revegetasi dengan tanaman kehutanan, tanaman perkebunan, tanaman pangan, menjadi sumber air bila ada lubang bekas galian dengan kualitas air yang baik, perumahan, kawasan wisata, dan lain-lain.

### **6.1. Revegetasi dengan Tanaman Kehutanan**

Revegetasi lahan bekas tambang pada dasarnya bertujuan untuk memulihkan ekosistem yang sudah terganggu. Prinsip pemulihan ekosistem yang terganggu harus memulihkan fungsi dan struktur ekosistemnya. Program-program yang dibuat harus mengarah pada pemulihan fungsi dan struktur ekosistem mendekati fungsi dan struktur ekosistem semula. Kegiatan revegetasi dilakukan setelah kegiatan penataan lahan dan penyiapan lubang tanam sudah selesai. Kegiatan revegetasi dilakukan melalui tahapan kegiatan: (1) persiapan lapangan, (2) pengadaan bibit/persemaian, dan (3) pelaksanaan penanaman.

#### **6.1.1. Persiapan Lapangan**

Lahan-lahan yang sudah ditata dan dibuat saluran drainasenya perlu dipersiapkan dengan baik sebelum ditanami dengan tanaman pionir maupun jenis tanaman lainnya. Pada umumnya persiapan lapangan meliputi pekerjaan penanaman tanaman penutup tanah (*cover crops*), penentuan arah larikan dan pemasangan ajir, dan pembuatan lubang tanaman.

#### **a. Penanaman Tanaman Penutup Tanah**

Lahan yang sudah tertata sesegera mungkin ditanami tanaman penutup tanah dengan tujuan agar tanah tertutup oleh tumbuhan, sehingga dapat meminimalkan terjadinya erosi tanah. Jenis *cover crops* yang ditanam adalah dari famili *fabaceae* yang cepat tumbuh dan menutup tanah serta dapat menambat nitrogen dari udara, dengan demikian maka daun-daun *cover crops* yang sudah terdekomposisi dapat menambah unsur N yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman ke dalam tanah. Disamping itu dengan tertutupnya tanah, maka akan meningkatkan kelembaban tanahnya dan memicu berkembangnya mikroorganisme yang sangat membantu untuk segera memulihkan kesuburan tanah. Jenis-jenis yang dapat ditanam diantaranya adalah *Centrosema pubescens*, *Callopogonium mucooides*, *Purarea javanica*. Tanaman *cover crop* ditanam dengan cara ditebar merata maupun dibuat larikan-larikan dengan jarak antar larikan 1 meter. Dalam 1 hektar diperlukan benih antara 50 kg sampai 100 kg.

#### **b. Penentuan arah larikan, jarak tanam dan pemasangan ajir**

Penentuan arah larikan dilakukan setelah *cover crops*-nya tumbuh dan minimal sudah menutupi tanah sekitar 50 % atau 2 bulan setelah ditanam. Penentuan arah larikan bertujuan untuk meminimalkan erosi di lapangan. Pada areal yang datar arah larikan dapat ditentukan secara bebas sesuai kondisi lapangan, sedangkan untuk areal-areal yang topografinya berlereng, maka arah larikan ditentukan mengikuti kontur lahan.

Setelah ditentukan arah larikan, tahap selanjutnya adalah memasang ajir disepanjang larikan dengan jarak antar ajir sesuai dengan jarak tanam yang telah ditentukan, misalnya 4 m x 4 m. Jarak tanam dibuat agak rapat agar pohon yang tumbuh segera menutup permukaan tanah. Ajir terbuat dari kayu atau bambu dengan panjang sekitar 1 meter.

### c. Pembuatan Lubang Tanam

Lubang tanam dibuat secara manual dengan ukuran 0.3 m x 0.3 m x 0.3 m. Tanah bekas galian lubang diletakkan disisi lubang itu sendiri kemudian lubang diisi dengan kompos paling sedikit 1 kg per lubang. Jika di suatu lokasi areal bekas tambang tidak banyak ditemukan tanah pucuk (*top soil*), maka penanaman tanaman pokok dilakukan dengan sistem pot. Lubang tanaman dibuat dengan ukuran lebih besar, yaitu 0.5 m x 0.5 m x 0.5 m. Lubang tanam kemudian diisi dengan campuran media tanah dan kompos.

#### 6.1.2. Pengadaan Bibit

Bibit yang akan ditanam dapat diproduksi sendiri di tempat pembibitan/ persemaian maupun melalui pembelian. Bibit yang dibuat maupun yang dibeli adalah bibit yang mempunyai standar kualitas dan sehat. Disamping itu bibit yang diproduksi maupun yang dibeli adalah bibit-bibit yang cocok ditanam di areal tersebut. Oleh karena itu kegiatan pemilihan jenis yang akan ditanam harus dilakukan. Pemilihan jenis harus mempertimbangkan kesesuaian ekologis tempat tumbuhnya. Kesesuaian jenis-jenis pohon yang secara ekologis tepat untuk ditanam di areal pemulihan lahan dapat ditentukan dengan cara: i) menginventarisasi jenis-jenis pohon unggulan asli setempat, ii) melakukan *species site matching* melalui studi pustaka dan analisis kesesuaian kondisi tempat tumbuh, serta iii) melakukan uji jenis (*species trial*) atau uji pertanaman lainnya. Disamping sifat ekologis, sifat pionir (mudah tumbuh ditanah yang kurang subur) juga menjadi pertimbangan utama. Jenis-jenis yang bersifat invasif seperti *Acacia mangium* tidak direkomendasikan untuk ditanam di areal bekas tambang. Jenis-jenis yang akan ditanam dapat dipilih dari jenis-jenis tanaman penghasil buah-buahan, kayu maupun getahnya. Beberapa jenis potensial dan persyaratan ekologisnya disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Contoh persyaratan minimum tempat tumbuh beberapa jenis pohon prospektif

No.	Nama Botani dan Famili	Nama Perdagangan	Persyaratan Tempat Tumbuh						
			Ketinggian (m) dpl	Tipe Iklim/Curah Hujan	Temperatur Udara (OC)	Tekstur tanah	pH tanah	Drainase	Toleransi terhadap naungan
1	<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Forbserg (Leguminosae)	Sengon	0-2000	2000-4000	20-34	ringan, sedang, berat	asam netral	Drainase baik, lembab	Perlu cahaya kuat/intoleran
2	<i>Anthocephalus cadamba</i> Miq (Rubiaceae)	Jabon	0-1000	1300-4000	19-33	Ringan-berat	asam netral	Sangat cepat-baik	Perlu cahaya kuat/intoleran
3	<i>Gmelina arborea</i> Roxb. (Verbenaceae)	Gmelina	0-2100	1000-4500	18-24	Ringan-sedang-berat	Netral-asam	Drainase baik, lembab	Perlu cahaya kuat/intoleran
4	<i>Khaya antiothea</i> A. Juss. (Meliaceae)	Kaya	50-300	1500-2000	20-26	Sedang-berat	Asam-netral	Agak cepat-agak terhambat	Intoleran
5	<i>Khaya senegalensis</i> (Desr) (Meliaceae)	African mahagony	0-1800	700-1500	11-34	Sedang-berat	Asam-netral	Lembab	Perlu cahaya sedang toleran waktu muda
6	<i>Melaleuca leucadendron</i> Don. (Myrtaceae)	Kayu putih/gelam	0-800	800-1600	18-34	Ringan-sedang-berat	Basa-netral-asam	Terendam musiman	Perlu cahaya kuat/intoleran

### **6.1.3. Pelaksanaan Penanaman**

Penanaman dilaksanakan setelah persiapan lahan selesai dan pada saat awal musim hujan. Bibit yang sehat dengan tinggi minimal 50 cm diangkut dengan hati-hati dari tempat pembibitan/persemaian ke lokasi penanaman. Bibit kemudian diletakkan di dekat lubang-lubang tanam yang sudah disiapkan. Saat akan menanam, kompos yang sudah dimasukkan ke lubang tanam dicampur dengan tanah pucuk, kemudian polybag dibuka terlebih dahulu dengan hati-hati agar media tetap utuh, kemudian bibit dimasukkan ke lubang tanam dan ditimbun kembali dengan tanah sampai setinggi leher akar. Bibit yang sudah tertanam diberi tanda dengan ajir yang ditancapkan di dekat bibit.

## **6.2. Revegetasi dengan Tanaman Perkebunan dan Tanaman Pangan**

Revegetasi dengan tanaman perkebunan dan tanaman pangan pada dasarnya mirip dengan revegetasi dengan tanaman kehutanan. Perbedaan antara keduanya lebih kepada jenis tanaman yang dipilih. Tanaman perkebunan yang dapat dipilih misalnya karet, kakao, kopi, kelapa sawit, jambu mete, dll., sedangkan tanaman pangan misalnya jagung, singkong, ubi jalar, dll.

Bila penggunaan lahan bekas tambang dilakukan dengan cara revegetasi, maka perbaikan kualitas tanah seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya menjadi sangat penting untuk dilakukan. Hal lain yang perlu diperhatikan selain kualitas tanah sebagai media tanam adalah kondisi iklim. Kualitas tanah dan kondisi iklim akan menentukan tingkat keberhasilan pemulihan lahan.

Faktor kesehatan tanah juga menjadi hal yang penting terutama bila pemulihan lahan akan dimanfaatkan untuk penanaman tanaman pangan. Tidak semua lahan bekas tambang berbahaya dari aspek keamanan pangan, namun beberapa diantaranya perlu diperhatikan, terutama bila dari aspek

geokimia ataupun cara ekstraksi bahan tambang menghasilkan atau menggunakan senyawa-senyawa berbahaya untuk lingkungan.

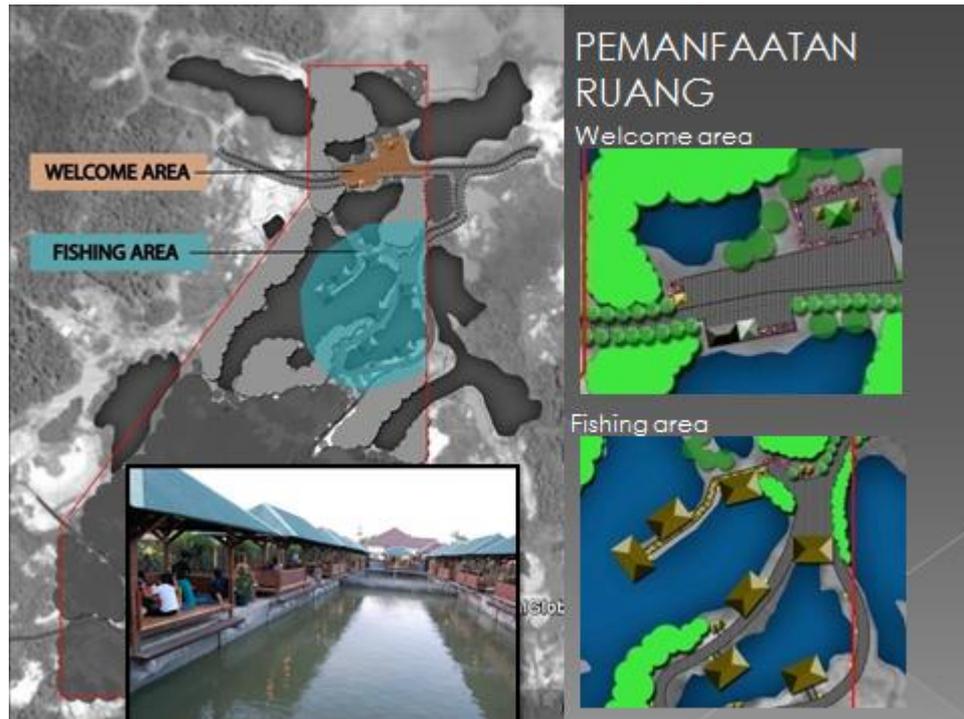


Gambar 11. Ilustrasi lahan bekas tambang untuk tanaman perkebunan

### 6.3. Sumber Air dan Budidaya Ikan

Lahan bekas tambang sering meninggalkan lubang-lubang berisi air dengan berbagai ukuran dan kedalaman. Bila kualitas airnya memenuhi syarat, maka lubang bekas tambang ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber air dan tempat budidaya ikan.

Potensi bahaya tenggelam juga muncul dari adanya lubang-lubang bekas tambang. Oleh sebab itu papan-papan pengumuman untuk mengingatkan tentang bahaya perlu dipasang di tempat-tempat strategis.



Gambar. 12 Ilustrasi lahan bekas tambang untuk budidaya ikan

#### 6.4. Perumahan atau Bangunan atau Fasilitas Umum

Lahan bekas tambang juga dapat dimanfaatkan untuk kawasan perumahan ataupun mendirikan bangunan fasilitas umum. Dalam hal ini maka aspek teknik sipil lahan yang berkaitan dengan syarat-syarat untuk mendirikan bangunan perlu diperhatikan. Demikian juga dengan aspek estetika pada saat penataan lahan. Selain aspek teknik sipil dan estetika perlu diperhatikan pemanfaatan ruang terbuka hijau untuk mendukung fungsi lingkungan.



Gambar. 13 Hasil reklamasi yang dimanfaatkan sebagai fasum

## **BAB VII. PEMELIHARAAN DAN PEMANTAUAN**

Pemeliharaan dan pemantauan adalah kegiatan yang dilakukan setelah kegiatan penataan lahan dan revegetasi telah selesai dikerjakan dengan maksud agar hasil pemulihan lahan sesuai dengan yang diharapkan.

Pemeliharaan meliputi kegiatan pemeliharaan tanaman dan pemeliharaan kondisi fisik lapangan.

### **7.1. Pemeliharaan Tanaman**

Kegiatan pemeliharaan tanaman meliputi:

- a) Penyulaman atau mengganti tanaman-tanaman utama yang mati. Cara penyulaman sebagai berikut :
  - Kualitas bibit yang ditanam adalah tinggi minimal 50 cm, leher akar berdiameter sekitar 3 mm, berumur lebih kurang sama dengan bibit yang digantikan, batang lurus dan tidak terjangkit hama penyakit.
  - Posisi tanam bibit, lurus dan tegak dengan kemiringan maksimum 5%, tertanam sedalam 3 cm dari leher akar.
  - Tanah di sekitar bibit harus dipadatkan setelah penanaman.

- b) Penyiangan atau pembebasan tanaman dari belukar dan tumbuhan pengganggu lainnya, seperti dililit oleh tanaman penutup. Penyiangan perlu dilakukan sampai tanaman berumur 3 tahun dengan frekuensi penyiangan 2 - 3 kali setahun. Kegiatan dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti dengan cara menuai (tebas/cangkul), cara kimiawi dan secara mekanis.
- c) Pemupukan, dilakukan sebanyak 2 kali setahun atau setiap 6 bulan dengan dosis yang disesuaikan dengan hasil analisis tanah dan jenis tanaman. Cara pemupukan dilakukan dengan membuat lubang di tanah sekitar tanaman pokok sebanyak 3 lubang. Lubang tersebut dibuat mengelilingi tanaman, dengan jarak sekitar 20 - 50 cm dari tanaman tergantung umur tanaman. Setelah lubang diisi pupuk kemudian ditutup kembali dengan tanah dan dipadatkan, penutupan kembali harus dilakukan agar pupuk tidak tercuci air hujan dan mengalami penguapan.

## **7.2. Pemeliharaan Kondisi Fisik Lapangan**

Kegiatan pemeliharaan kondisi fisik lapangan, meliputi:

- a) Lereng: dilakukan apabila stabilitas lereng terganggu, terlihat seperti adanya pergerakan tanah atau longsor.
- b) Saluran drainase: perbaikan saluran drainase dilakukan apabila terdapat banyak alur-alur erosi ataupun sedimentasi.

## **7.3. Pemantauan**

Agar keberhasilan upaya pemulihan lahan dapat lebih terjamin, maka perlu dilakukan kegiatan pemantauan. Kegiatan pemantauan ini dilakukan secara periodik hingga pada akhirnya seluruh lahan yang telah dipulihkan dinilai telah berhasil. Jenis komponen lingkungan yang dipantau dan frekuensi pemantauan disesuaikan dengan permasalahan lingkungan yang terdapat di masing-masing lahan akses terbuka (Tabel 2).

**Tabel 2.** Tabulasi kegiatan pemantauan

<b>No.</b>	<b>Jenis Kegiatan</b>	<b>Frekuensi</b>	<b>Metodologi</b>
1.	Kestabilan Fisik		
1.1	Kestabilan lereng	sesering mungkin	Pengamatan <i>visual</i> lapangan
1.2	Erosi dan sedimentasi	sesering mungkin	Teknik geodesi yaitu dengan cara memasang patok referensi di daerah yang stabil dan patok lain di puncak lereng areal
1.3	Lubang bekas tambang	sesering mungkin	Pengamatan <i>visual</i> lapangan
2.	Kualitas air permukaan	3 bulan sekali	Pengambilan contoh air dan analisis laboratorium
3.	Kualitas air tanah	3 bulan sekali	Pengambilan contoh air dan analisis laboratorium
5.	Kualitas tanah	2 tahun sekali	Pengambilan contoh tanah dan analisis laboratorium
6.	Flora Fauna	1 tahun sekali	Metode pengamatan dan identifikasi di lapangan
7.	Revegetasi	6 bulan sekali	Pengamatan visual lapangan

## **BAB VIII. KRITERIA KEBERHASILAN PEMULIHAN LAHAN**

Keberhasilan dalam melakukan pemulihan lahan akses terbuka bekas kegiatan penambangan tidak bisa hanya dilihat dari hasil akhir. Keberhasilan pemulihan lahan akses terbuka hanya bisa dicapai apabila berbagai tahapan dalam kegiatan pemulihan lahan telah dipenuhi (Tabel 3), yaitu:

- **Penataan lahan.** Dalam kegiatan ini menyangkut rekonstruksi lahan, stabilitasi lereng, pencegahan erosi dan sedimentasi, rencana pemanfaatan lubang-lubang bekas tambang, dan lain-lain,
- **Revegetasi dengan tanaman kehutanan, perkebunan dan tanaman pangan.** Kegiatan ini menyangkut perbaikan kualitas media tanam, penanaman *cover crop*, serta jumlah dan jenis tanaman per ha,
- **Pemeliharaan.** Kegiatan ini menyangkut pemeliharaan kondisi tanaman (penyulaman, penyiangan, pemupukan) dan pemeliharaan kondisi fisik lapangan (lereng, saluran drainase, kolam pengendap, dll.),
- **Pemantauan lingkungan.** Dalam kegiatan ini menyangkut pemantauan geoteknik, pemantauan kualitas tanah, pemantauan erosi dan sedimentasi, kualitas air, air asam tambang, keberhasilan revegetasi, dan lain-lain.
- **Pembangunan bangunan sarana dan prasarana pendukung.** Kegiatan ini antara lain meliputi pembangunan kantor pengelola, mushola, toilet, pusat penelitian, jalan dalam kawasan dan lain-lain.

**Tabel 3.** Kriteria Keberhasilan Pemulihan Lahan Akses Terbuka

No	Kegiatan Pemulihan	Obyek Kegiatan	Parameter	Standar Keberhasilan
1	Penataan Lahan	Penataan permukaan lahan	Luas area yang ditata	Sesuai dengan rencana dan lereng stabil (tidak ada longsoran)
		Pengendalian erosi dan sedimentasi	Saluran drainase	Tidak terjadi erosi dan sedimentasi aktif pada lahan yang sudah ditata.
			Penanaman <i>cover crop</i>	Lahan yang ditata tertutup <i>cover crop</i>
		Pemanfaatan lubang bekas tambang	Keamanan dan kualitas air	Hasil analisis lab kualitas air sesuai aturan yang berlaku
2	Revegetasi	Penanaman tanaman	Luas areal penanaman:	
			a) tanaman penutup	Sesuai dengan rencana
			b) tanaman cepat tumbuh	Sesuai dengan rencana
			c) tanaman inti	Sesuai dengan rencana
			Pertumbuhan tanaman	Baik (rasio tumbuh >80%); Sedang (rasio tumbuh 60-80%);
3	Perawatan	Perawatan Tanaman	a) Pemupukan	Sesuai dengan dosis yang dibutuhkan
			b) Pengendalian gulma, hama dan penyakit	Pengendalian berdasarkan hasil analisis
			c) Penyulaman	Sesuai dengan jumlah tanaman yang mati
			Jumlah Tanaman	Sesuai dengan rencana
			Penutupan Tajuk	≥ 80 %
4	Pemantauan Lingkungan	a. Kualitas Air Permukaan	Baku mutu kualitas air permukaan	Baku mutu PP No. 82 tahun 2001
		b. Kualitas Air Tanah	Baku mutu kualitas air tanah	Baku mutu Permenkes no. 907 tahun 2000
		e. Kualitas Tanah	Kriteria kualitas tanah	Kriteria penilaian sifat kimia tanah dari PPT, 1983
5	Pembangunan	Sarana dan prasarana	Luas bangunan	Sesuai rencana

No	Kegiatan Pemulihan	Obyek Kegiatan	Parameter	Standar Keberhasilan
	bangunan sipil selain untuk pengendalian erosi dan sedimentasi	pendukung		
			Struktur dan arsitektur bangunan	Sesuai rencana
			Kekuatan bangunan	Sesuai rencana

Selain dari tahapan kegiatan pemulihan, keberhasilan pemulihan lahan akses terbuka perlu dilihat juga secara berkelanjutan dan kebermanfaatannya. Parameter dalam melihat keberhasilan pemulihan lahan akses terbuka adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. Kriteria Keberhasilan Pemulihan Lahan Akses Terbuka**

No	Kegiatan Pemulihan	Obyek Kegiatan	Parameter	Standar Keberhasilan
1	Penataan Lahan	Penataan permukaan lahan	Luas area yang ditata	Tidak ada longsor dan lereng stabil
		Pengendalian erosi dan sedimentasi	Saluran drainase	Tidak terjadi erosi dan sedimentasi aktif pada lahan yang sudah ditata.
		Pemanfaatan lubang bekas tambang	Keamanan dan kualitas air	Hasil analisis lab kualitas air sesuai aturan yang berlaku
2	Revegetasi	Penanaman tanaman	Pertumbuhan tanaman	Baik (rasio tumbuh >80%);
				Sedang (rasio tumbuh 60-80%);
			Produktivitas tanaman	Produktivitas tanaman optimal sesuai dengan jenis dan umur tanaman
3	Pemantauan Lingkungan	a. Kualitas Air Permukaan	Baku mutu kualitas air permukaan	Baku mutu PP No. 82 tahun 2001
		b. Kualitas Air Tanah	Baku mutu kualitas air tanah	Baku mutu Permenkes no. 907 tahun 2000
		c. Kualitas Tanah	Kriteria kualitas tanah	Kriteria penilaian sifat kimia tanah dari PPT, 1983
4.	Bangunan lainnya	Sarana dan Prasarana	Manfaat dan Fungsi	Dapat berfungsi dan memberikan kemanfaatan
			Tingkat Ekonomi Masyarakat	Peningkatan terhadap ekonomi masyarakat sekitar

## BAB IX. PENUTUP

Lahan-lahan bekas tambang di lokasi lahan akses terbuka dapat dimanfaatkan melalui revegetasi dengan tanaman kehutanan, perkebunan, ataupun tanaman pangan. Lubang bekas tambangnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber air bersih atau budidaya ikan. Namun demikian pemulihan

kerusakan lahan akses terbuka akibat penambangan menghadapi tantangan yang cukup berat. Hal ini terjadi karena bervariasinya jenis bahan yang ditambang dan proses penambangan yang tidak mengikuti kaidah *good mining practice*. Batuan penutup, *tailing* dan lubang-lubang bekas tambang berserakan secara sporadis, kualitas air menurun, sementara bahan yang dapat membantu mempercepat pertumbuhan tanaman, yaitu tanah pucuk tidak ada atau sangat terbatas jumlahnya. Oleh sebab itu dalam melakukan pemulihan lahan akses terbuka dibutuhkan kajian yang lebih spesifik untuk masing-masing lokasi yang kemudian dituangkan dalam *detail engineering design* (DED). Dalam DED tersebut dijelaskan bagaimana cara melakukan penataan lahan, membuat saluran-saluran drainase, meningkatkan kualitas media tanam, jenis dan jumlah vegetasi yang akan ditanam ataupun menentukan peruntukan lahan lainnya sesuai dengan kondisi lahan akses terbuka setempat. DED dilengkapi dengan gambar teknis dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang diperlukan untuk melaksanakan pemulihan lahan. Semoga pedoman ini bermanfaat.