

SKRIPSI

**ANALISIS EROSI PADA KAWASAN REKLAMASI TAMBANG
BATUKAPUR BLOK 7 PT SEMEN TONASA KABUPATEN
PANGKAJENE DAN KEPULAUAN**

Disusun dan diajukan oleh

ALDI RIFALDI

D111191027



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS EROSI PADA KAWASAN REKLAMASI TAMBANG
BATUKAPUR BLOK 7 PT SEMEN TONASA KABUPATEN
PANGKAJENE DAN KEPULAUAN**

Disusun dan diajukan oleh

Aldi Rifaldi
D111191027

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 8 Juli 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT
NIP 19680718 199309 1 001

Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT
NIP 19951126 202204 3 001

Ketua Program Studi,


Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT
NIP 19701005 2008012

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aldi Rifaldi
NIM : D111191027
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya Tulisa saya berjudul

**ANALISIS EROSI PADA KAWASAN REKLAMASI TAMBANG BATUKPAUR
BLOK 7 PT SEMEN TONASA KABUPATEN PANGKAJENE DAN KEPULAUAN**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan/atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Gowa, 30 Juli 2024

Yang Menyatakan



Aldi Rifadi

ABSTRAK

ALDI RIFALDI, ANALISIS EROSI PADA KAWASAN REKLAMASI TAMBANG BATUKAPUR BLOK 7 PT SEMEN TONASA KABUPATEN PANGKAJENE DAN KEPULAUAN (dibimbing oleh Muhammad Ramli dan Asta Arjunoarwan Hatta)

Penelitian ini berfokus pada bagaimana tingkat bahaya erosi yang ada di area reklamasi tambang blok 7 PT Semen Tonasa, berdasarkan faktor erosi tahunan dan jumlah erosi dapat ditoleransi. Dengan menganalisis faktor lereng, faktor tanaman dan faktor pengelolaan lahan, bagaimana perlakuan yang tepat dapat diberikan pada area tersebut untuk mengurangi erosi. Metode pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode berupa observasi, dokumentasi dan random sampling untuk mengumpulkan data primer secara langsung di lapangan dan juga data sekunder yang telah diolah dan dikumpulkan oleh perusahaan. Metode USLE digunakan untuk analisis erosi tahunan yang terjadi pada areal penelitian. Klasifikasi indeks bahaya erosi menunjukkan bahwa erosi yang terjadi di area reklamasi sangat ringan hingga sangat tinggi. Pada areal yang telah ditanami tanaman pionir yaitu areal 2022 dan 2023 erosi yang terjadi cukup kecil dan masih memenuhi batas erosi yang dapat ditoleransi yaitu 25,42 ton/ha/th dan 20,13 ton/ha/th. Pada daerah tahun 2024 hingga 2026 hasil klasifikasi menunjukkan bahwa erosi sangat tinggi, tinggi dan sangat tinggi, nilai erosi masih di atas batas erosi yang dapat ditoleransi yaitu 927,46 ton/ha/th; 701,91 ton/ha/th; dan 3444,85 ton/ha/th. Aplikasi tanaman pionir dan perubahan nilai kemiringan lereng menjadi 3% pada lahan reklamasi dapat dilakukan lebih lanjut sehingga meminimalisir dampak erosi dan mengurangi jumlah erosi tahunan yang terjadi. Menanam tanaman pionir *Mucuna Pruriens* menghasilkan erosi tahunan yang lebih sedikit daripada *Centrosema pubescens* sehingga dapat menjadi pilihan utama dalam memilih tanaman pionir.

Kata Kunci : Erosi, tanaman perintis, USLE, reklamasi

ABSTRACT

ALDI RIFALDI. EROSION ANALYSIS IN THE LIMESTONE MINE RECLAMATION AREA BLOCK 7 PT SEMEN TONASA PANGKAJENE AND ISLANDS REGENCY (supervised by Muhammad Ramli and Asta Arjunoarwan Hatta)

*This research focus on how the level of erosion hazard exists in the reclamation area of PT Semen Tonasa's block 7 quarry, based on the factors of annual erosion and tolerable soil. By analyzing slope factors, plant factors and land management factors, how can the appropriate treatment be given to the area to reduce erosion. Data collection method in this research uses methods in the form of observation, documentation and random sampling to collect primary data directly in the field and also secondary data that has been processed and collected by the company. The USLE method is used to analyze annual erosion that occurs in the research area. The erosion hazard index classification show that the erosion that occurred in reclamation area was very light to very high. In areas that have been planted with pioneer plants, namely areas 2022 and 2023 the erosion that occurs is quite small and below the tolerable erosion limit which is 25.42 ton/ha/yr and 20.13 ton/ha/yr . In the 2024 to 2026 areas the classification results show that the erosion is very high, high and very high, the erosion values are still above the tolerable erosion limit which is 927.46 ton/ha/yr; 701.91 ton/ha/yr; and 3444,85 ton/ha/yr. The application of pioneer plants and decreasing the slope value to 3% on reclamation area can be carried out further so as to minimize the impact of erosion and reduce the amount of annual erosion that occurs. Planting the pioneer plant *Mucuna Pruriens* produces less annual erosion than *Centrosema pubescens* so it can be the main option in selecting pioneer plants.*

Keyword : erosion, pioneer plant, USLE, reclamation

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Batu kapur	4
2.2 Reklamasi dan Pascatambang	5
2.3 Erosi	13
2.4 Prediksi Laju Erosi	28
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Lokasi Penelitian.....	34
3.2 Variabel Penelitian	35
3.3 Instrumen Penelitian.....	36
3.4 Teknik pengumpulan data	37
3.5 Teknik Analisis Data.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1 Perhitungan Laju Erosi Metode USLE	48

4.2	Perhitungan laju erosi yang dapat ditoleransi	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tambang Batukapur.....	4
Gambar 2 Jenis erosi dan proses terjadinya.....	15
Gambar 3 Bentuk pencegahan erosi dengan pembuatan terasering	18
Gambar 4 Teras datar.....	23
Gambar 5 Teras gulud.....	24
Gambar 6 Teras kredit	24
Gambar 7 Teras kebun.....	25
Gambar 8 Teras bangku.....	26
Gambar 9 Teras individu	27
Gambar 10 Teras alis dan teras tidak kontinyu.....	27
Gambar 11 Pengaturan bentuk lereng dan perlakuan reklamasi.....	30
Gambar 12 Area reklamasi B7 tambang batu kapur.....	34
Gambar 13 Plot area reklamasi Blok 7 (sumber: google earth).....	35
Gambar 14 <i>Ring sample</i>	36
Gambar 15 Klinometer	37
Gambar 16 Grafik <i>slope-effect</i> untuk penentuan faktor LS	43
Gambar 17 Nomograph untuk menentukan nilai erodibilitas tanah	44
Gambar 18 Bagan alir penelitian	47
Gambar 19 Grafik rekapitulasi total hujan bulanan periode 2017-2022	48
Gambar 20 Grafik curah hujan maksimum bulanan periode 2017-2022.....	49
Gambar 21 Grafik jumlah hari hujan bulanan periode 2017-2022.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Reklamasi dan Pasca tambang.....	7
Tabel 2 Nilai laju erosi tanah.....	31
Tabel 3 Kode struktur tanah.....	41
Tabel 4 Kode permeabilitas profil tanah.....	41
Tabel 5 Nilai konstanta m faktor panjang lereng.....	42
Tabel 6 Nilai faktor LS untuk kombinasi spesifik dari panjang dan kemiringan lereng	42
Tabel 7 Nilai faktor pengelolaan konservasi tanah di Pulau Jawa.....	45
Tabel 8 Nilai faktor C beberapa jenis tanaman.....	46
Tabel 9 Nilai faktor P untuk berbagai tindakan konservasi tanah	47
Tabel 10 Faktor erosivitas hujan metode Bols.....	50
Tabel 11 Hasil uji tanah laboratorium	50
Tabel 12 Klasifikasi nilai K	52
Tabel 13 Data pengukuran lapangan lokasi penelitian	53
Tabel 14 Hasil perhitungan faktor LS.....	53
Tabel 15 Prediksi laju erosi tahunan dengan metode USLE	55
Tabel 16 Perhitungan Tolerable Soil Loss.....	56
Tabel 17 Klasifikasi Indeks Bahaya Erosi (IBE) berdasarkan hasil perhitungan..	56
Tabel 18 Perubahan nilai panjang dan kemiringan lereng.....	57
Tabel 19 Perubahan nilai LS berdasarkan perubahan kemiringan lereng.....	57
Tabel 20 Laju erosi dengan menggunakan tanaman <i>Mucuna Pruirens</i>	58
Tabel 21 Laju erosi dengan menggunakan tanaman <i>Centrosema Pubescens</i>	58
Tabel 22 Indeks bahaya erosi setelah perubahan nilai CP pada area 2024-2026 ..	58
Tabel 23 Perbandingan klasifikasi erosi setelah perubahan nilai CP pada area 2024-2026	59

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Singkatan	Arti
TSL	<i>Tolerable soil loss</i> / Laju erosi yang dapat ditoleransi (ton/ha/th)
A	Laju erosi tahunan (ton/ha/th)
R	Erosivitas hujan
K	Erodibilitas tanah
L	Faktor panjang lereng
S	Faktor kecuraman lereng
C	Faktor jenis tanaman
P	Faktor pengolahan tanah
IBE	Indeks bahaya erosi
D _e	Kedalaman ekuivalen tanah (mm)
D _f	Faktor kedalaman tanah
D _{ef}	Kedalaman efektif tanah (mm)
RL	<i>Resource life</i> / Umur guna tanah (th)
LPT	Laju pembentukan tanah (mm/th)
BI	Bobot isi (gram/cm ³)
EI ₃₀	Curah hujan bulanan
CH	Jumlah hujan bulanan (cm)
HH	Jumlah hari hujan bulanan
H ₂₄	Hujan maksimum 24 jam dalam bulan tersebut
M	Persentase pasir sangat halus dan debu
a	Persentase bahan organik
b	Kode struktur tanah
c	Kelas permeabilitas tanah
X	Panjang lereng
m	Konstanta panjang lereng berdasarkan kemiringan lereng

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis Contoh Tanah.....	66
Lampiran 2 Data Hasil Uji Bobot Isi Tanah	67
Lampiran 3 Data Curah 2017-2022 PT. Semen Tonasa	68
Lampiran 4 Kartu konsultasi tugas akhir	74

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat-Nya yang melimpah sehingga skripsi dengan judul “Analisis Erosi Pada Kawasan Reklamasi Tambang Batukapur Blok 7 PT Semen Tonasa ” dapat diselesaikan dengan lancar sebagaimana mestinya. Shalawat serta salam atas junjungan kita Rasulullah SAW, manusia terbaik sebagai panutan seluruh alam.

Penulis sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi demi kelancaran kegiatan ini baik dari segi moril maupun materil. Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Semen Tonasa selaku perusahaan yang telah menerima penulis untuk melaksanakan penelitian. Bapak Hariyono Gunawan, selaku Senior Manager of Mining yang senang tiasa memperlancar segala kebutuhan dan keperluan penulis dalam melaksanakan penelitian dan Bapak Muh. Syahrul Saleh yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan pengambilan data. Tidak lupa pula penulis menyampaikan terimakasih kepada Bapak Muh. Hasi Afsany, Bapak Muh. Nurdiansyah Ilyas, Bapak Bahrul Ulum Syah dan Bapak Aspar Hasan yang selalu siap menemani dan menjawab segala bentuk pertanyaan penulis dalam proses penelitian.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Dr.Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T. selaku Kepala Laboratorium Lingkungan Tambang dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT selaku Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan arahan dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan laporan ini, penulis juga mengucapkan terimakasih karena selalu menyempatkan menyempatkan diri untuk memberikan bimbingan bagi penulis.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga untuk kedua orang tua yaitu Amir dan Nursiah yang selalu memberikan segala bentuk dukungan sehingga laporan ini dapat diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terimakasih atas dukungan moril dari teman-teman IGNEOUZ 2019 yang selalu mendukung dan memberikan dorongan selama pengerjaan laporan ini, berkat itulah penulis tetap semangat dalam kondisi apapun.

Rasa hormat dan ucapan terima kasih kepada semua pihak atas segala doa dan dukungannya semoga Allah Subhanahu Wa Ta’ala, membalas semua kebaikan yang sudah mereka berikan kepada penulis. Aamiin.

Akhir kata, semoga kegiatan ini dapat menjadi manfaat kepada semua pihak yang terlibat terutama penulis sendiri, semoga laporan ini dapat menyediakan informasi dan

membawa manfaat bagi semua pihak serta semoga Allah SWT melimpahkan rahmat, taufik dan karunianya dalam setiap kebaikan kita serta diberikan balasan oleh-Nya. Aamiin.

Gowa, 9 Maret 2024

Aldi Rifaldi

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar Belakang

Penambangan Batukapur menggunakan teknik penambangan secara terbuka, hal ini menimbulkan banyak dampak negatif yaitu berubahnya kondisi suatu lingkungan dengan penurunan produktivitas tanah, pemadatan tanah, erosi dan sedimentasi, serta terjadinya gerakan tanah atau longsoran. Perubahan kondisi lingkungan seperti ini mempunyai kecenderungan untuk bertambah seiring dengan bertambah luasnya kawasan tutupan lahan yang dikonversi melalui *land clearing* untuk kegiatan pertambangan. Untuk menanggulangi dampak yang ditimbulkan dari model penambangan terbuka ini dilakukan kegiatan reklamasi dan rehabilitasi lahan bekas tambang untuk memperbaiki kondisi areal yang terbuka tersebut (Sarminah dkk, 2017).

Reklamasi tambang adalah kegiatan yang bertujuan untuk memperbaiki atau menata lahan yang terganggu sebagai akibat kegiatan usaha penambangan, agar dapat berfungsi dan berdaya guna sesuai dengan peruntukannya. Oleh karena itu reklamasi perlu dilakukan untuk mencegah kerusakan lingkungan akibat proses kegiatan penambangan dan tujuan dari kegiatan akhir reklamasi adalah untuk memperbaiki lahan bekas tambang agar dapat tercipta kondisi yang aman, stabil dan tidak mudah tererosi sehingga dapat dimanfaatkan kembali (Yamani, 2015).

Erosi merupakan salah satu masalah pengelolaan lingkungan yang selalu ditemui dalam kegiatan penambangan. Peristiwa berpindahnya lapisan tanah bagian atas akibat dari faktor alam seperti air dan angin dari satu tempat ketempat lain ini perlu diperhatikan sehingga mencegah hilangnya fungsi lahan akibat penambangan dan tetap dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Zulkarnain (2014) menyatakan bahwa salah satu indikator berhasilnya suatu pengelolaan lingkungan pertambangan adalah faktor pengendalian erosi. secara teori lahan pertambangan terbuka akan memiliki tingkat erosi yang sangat besar karena rusaknya agregasi tanah dan tingginya interaksi dengan air hujan. Apabila terjadi kegagalan dalam pengontrolan erosi pada area penambangan aktif maka hal

tersebut akan berakibat pada pencemaran lingkungan di luar areal penambangan karena air limpasan dari areal tambang akan mengalir menuju *runoff* area sekitar lokasi tambang. Sementara itu kegagalan pencegahan pada area reklamasi akan menyebabkan *top soil* pada lokasi reklamasi terbawa erosi, yang berdampak pada sulitnya melakukan rehabilitasi ulang pada lahan akibat mengalami degradasi. Penilaian baik tidaknya tingkat erosi suatu area dinilai berdasarkan jumlah erosi yang terjadi dibandingkan dengan batas toleransi erosi pada area tersebut yang mana dinamakan indeks bahaya erosi lahan.

Dengan demikian perlu adanya pengukuran prediksi erosi untuk mengetahui besaran dan laju erosi yang akan terjadi pada setiap lahan agar tindakan dan langkah-langkah pengendalian erosi yang dilakukan dapat sesuai dan tepat dengan kondisi lahan reklamasi. Oleh karena itu engendalian erosi memiliki peran penting dalam penilaian keberhasilan reklamasi.

PT Semen Tonasa sebagai salah satu perusahaan yang melaksanakan pertambangan terbuka yaitu tambang Batukapur dan tanah liat memiliki kewajiban untuk melaksanakan reklamasi pada lahan yang terganggu dan hilang lapisan tanah karena kegiatan penambangan serta penurunan kualitas lingkungan dan perubahan topografi. Maka dari itu penelitian ini dapat menjadi acuan untuk melaksanakan reklamasi pada salah satu lahan terdampak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan asumsi yang telah dikemukakan, dapat dirumuskan fokus utama penelitian bagaimana tingkat bahaya erosi yang terdapat pada area reklamasi blok 7 *quarry* PT Semen Tonasa, berdasarkan faktor jumlah erosi tahunan dan *tolerable soil loss* atau batas erosi yang dapat ditoleransi pada area reklamasi. Dengan menganalisis faktor kemiringan lereng, faktor tanaman dan faktor tata kelola lahan, dapat dianalisis bagaimana perlakuan yang tepat diberikan pada area tersebut untuk mengurangi erosi.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan laju erosi tahunan pada lahan reklamasi tambang Blok 7 PT Semen Tonasa.
2. Menentukan batas erosi yang dapat ditoleransi dan indeks bahaya erosi pada area reklamasi tambang Blok 7 PT Semen Tonasa.
3. Mengevaluasi dan mensimulasikan metode efektif pencegahan erosi pada area reklamasi tambang Blok 7 PT Semen Tonasa.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini berguna untuk memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan pertambangan terutama erosi yang terjadi pada area reklamasi. Data hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dan penilaian terkait metode reklamasi yang diterapkan agar dapat meminimalisir dampak lingkungan yang terjadi akibat erosi berlebihan pada lokasi yang akan direklamasi sehingga dengan berkurangnya erosi tersebut dapat mencegah hilangnya lapisan atas tanah dari area reklamasi yang mengandung unsur hara dan bahan organik yang dapat menopang pertumbuhan tanaman, mencegah terjadinya sedimentasi di saluran air serta mencegah penurunan kualitas dan nilai kegunaan air sungai.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini berlokasi di PT Semen Tonasa, Kabupaten Pangkep, Provinsi Sulawesi Selatan. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Agustus 2023. Ruang lingkup penelitian mencakup sebuah area reklamasi yang saat ini dalam masa pengerjaan yaitu Blok 7 *quarry* PT Semen Tonasa. Analisis erosi dilakukan dengan menggunakan metode USLE sehingga menghasilkan output jumlah erosi yang terjadi setiap tahun. Perhitungan jumlah erosi yang dapat ditoleransi juga dilakukan dengan menganalisa kondisi area reklamasi, berdasarkan faktor kedalaman efektif tanah, kedalaman minimum tanah, umur guna tanah dan laju pembentukan tanah. Melalui perhitungan tersebut dapat ditentukan indeks bahaya erosi dengan membandingkan *tolerable soil loss* dan laju erosi tanah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batu kapur

Menurut Nurhakim (2007) Batu kapur atau batu gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa *Calcium Oksida* (CaO) dan juga merupakan batuan sedimen yang sebagian besar disusun oleh kalsium karbonat yang berasal dari sisa-sisa organisme laut seperti kerang, siput laut, dan koral yang sudah mati. Batu gamping terbentuk secara organik di alam yang merupakan pengendapan cangkang ataupun siput dan ganggang yang berasal dari kerangka koral.

Penggunaan batu kapur sebagai salah satu mineral industri yang diterapkan dalam berbagai sektor seperti sektor industri dan pertanian, konstruksi, pemadatan jalan raya, proses pengapuran, pertanian, produksi keramik, manufaktur kaca, produksi karbit, dalam proses peleburan dan penyulingan baja, sebagai agen pemutih dalam industri kertas pulp dan karet, serta dalam industri semen.



Gambar 1 Tambang Batukapur

Batu kapur sebagai salah satu bahan galian golongan C atau bahan galian yang tidak termasuk golongan strategis dan vital, sangat banyak ditambang di Indonesia sebagai salah satu bahan galian yang sangat dibutuhkan dan sangat berperan penting dalam proses industri. Akibat dari pelaksanaan penambangan tersebut akan

terjadinya perusakan lingkungan yang mengakibatkan menurunnya daya dukung dan daya tampung lingkungan sekitar.

Menurut Rheti (2006) tindakan merubah sifat fisik atau hayati lingkungan hidup pada dasarnya boleh dilakukan, asal dalam batas atau ukuran yang ditentukan. Secara teoritis, perubahan itu diperbolehkan untuk memenuhi tuntutan pembangunan. Yang dilarang ialah perubahan diluar batas yang ditenggang atau yang diperbolehkan itu.

2.2 Reklamasi dan Pascatambang

2.2.1 Pemahaman tentang reklamasi dan kegiatan pasca tambang

Reklamasi berdasarkan UU Nomor 3 Tahun 2020 adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha Pertambangan untuk menata, memulihkan dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya. Pelaksanaan reklamasi sudah menjadi suatu kewajiban yang selalu berjalan dengan kegiatan usaha pertambangan tanpa perlu menunggu kegiatan penambangan ditutup. Namun demikian masih terdapat banyak lahan-lahan tambang yang diabaikan dan tidak direklamasi di Indonesia.

Setidaknya 3.092 bekas lubang tambang batu bara masih menganga, tidak diperbaiki atau direhabilitasi, hingga tahun 2018, menurut Makalah Kebijakan Reklamasi Lubang Tambang Indonesia yang diterbitkan oleh Jaringan Advokasi Tambang (JATAM). Jumlah tersebut paling banyak berada di Kalimantan Timur yaitu sebanyak 1.735 lubang. Daerah lain yang memiliki jumlah bekas lubang tambang yang banyak antara lain Kalimantan Selatan sebanyak 814 lubang tambang, Sumatera Selatan sebanyak 163 lubang tambang, Kalimantan Tengah sebanyak 163 lubang tambang, Jambi sebanyak 59 lubang tambang, dan Kalimantan Utara sebanyak 54 lubang tambang, disusul oleh Kalimantan Utara dengan 44 lubang tambang, disusul Provinsi Sumatera Barat dengan 22 lubang tambang., Riau 19 lubang tambang, Lampung sembilan lubang tambang, Aceh enam lubang tambang, Banten dua lubang tambang, dan Sulawesi Selatan dengan dua lubang tambang.

Beberapa peraturan yang menjadi landasan hukum bagi pelaksanaan pengelolaan reklamasi dan kegiatan pascatambang di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan yaitu:

- a. Peraturan Pemerintah Nomor 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pasca Tambang.
- b. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- c. Peraturan Menteri ESDM Nomor 7 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan Reklamasi dan Pasca Tambang pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.
- d. Peraturan Menteri ESDM Nomor 34 Tahun 2017 tentang Perizinan di Bidang Pertambangan Mineral dan Batubara.
- e. Peraturan Daerah Provinsi Sulawesi Selatan Nomor 4 Tahun 2018 tentang Pengelolaan Pertambangan Mineral dan Batubara.

Beberapa ketentuan dasar yang menjadi landasan pelaksanaan pengelolaan reklamasi dan kegiatan pascatambang antara lain:

- a. Pasal 1 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undangn-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (selanjutnya disebut UU Minerba) menyatakan pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan/atau pemurnian atau pengembangan dan/atau pemurnian atau pengembangan dan/atau pemanfaatan, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang.
- b. Pasal 2 Peraturan Pemerintah Nomor 23 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara menyatakan bahwa pelaksanaan kegiatan usaha Pertambangan mineral dan batubara ditujukan untuk melaksanakan kebijakan dalam mengutamakan penggunaan mineral dan/atau batubara untuk kepentingan dalam negeri.

Dalam PERDA Provinsi Sulawesi Selatan Nomor 4 Tahun 2018 menyatakan bahwa pemegang IUP Eksplorasi dan IUP Operasi Produksi wajib Menyusun dan

melakukan reklamasi dan pascatambang pada kegiatan eksplorasi dan produksi yaitu pada pasal 17 huruf s dan pasal 19 huruf n. Rencana reklamasi dan Pascatambang disusun berdasarkan AMDAL atau UKL dan UPL, serta merupakan bagian dari studi kelayakan selain itu jaminan reklamasi dan pascatambang ditempatkan terlebih dahulu pada bank Pemerintah.

Berdasarkan pasal 2 dan pasal 3 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 78 Tahun 2010 tentang Reklamasi dan Pascatambang dapat dijelaskan bahwa pelaksanaan reklamasi dan pascatambang wajib dilakukan oleh pemegang IUP dan IUPK Eksplorasi dan Operasi Produksi, dengan memegang prinsip perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, keselamatan dan Kesehatan kerja serta konservasi mineral dan batubara. Perhatikan tabel 1 tabel yang tertera dalam UU Nomor 78 Tahun 2010 tentang reklamasi dan Pascatambang.

Tabel 1 Reklamasi dan Pasca tambang

Reklamasi	Reklamasi dan Pascatambang
Wajib dilaksanakan bagi pemegang IUP dan IUPK Eksplorasi	Wajib dilaksanakan bagi pemegang IUP dan IUPK Operasi produksi
Reklamasi dilakukan terhadap lahan terganggu karena kegiatan eksplorasi	Reklamasi dan pasca tambang dilakukan terhadap lahan terganggu pada kegiatan pertambangan dengan sistem: <ol style="list-style-type: none"> a. Penambangan terbuka b. Penambangan bawah tanah
Pelaksanaan reklamasi oleh pemegang IUP/IUPK Eksplorasi wajib memenuhi prinsip: <ol style="list-style-type: none"> a. Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup Pertambangan; dan b. Keselamatan dan Kesehatan kerja. 	Pelaksanaan reklamasi dan pasca tambang oleh pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi wajib memenuhi prinsip: <ol style="list-style-type: none"> a. Perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pertambangan b. Keselamatan dan Kesehatan kerja; dan c. Konservasi mineral dan batubara.

2.2.2 Pelaksanaan Reklamasi dan Pasca tambang

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha Pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya. Pascatambang adalah kegiatan yang bertujuan memperbaiki atau menata kegunaan lahan bekas tambang.

Pemegang izin Pertambangan (IPR, IUJP, IUP Eksplorasi dan IUP Operasi Produksi dan izin khusus) wajib memenuhi prinsip perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup wilayah pertambangan, wilayah terdampak dengan cara menyusun rencana dan melakukan reklamasi dan pascatambang pada kegiatan pertambangan, menyediakan jaminan reklamasi dan pascatambang sesuai rencana biaya reklamasi dan perhitungan rencana pascatambang yang telah mendapat persetujuan Kepala Dinas.

Pelaksanaan reklamasi dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu Penyusunan rencana pascatambang, Penilaian dan persetujuan rencana pascatambang, Jaminan rencana pascatambang, pelaksanaan pascatambang, pelaporan dan pencairan jaminan pascatambang, penetapan pihak ketiga dan penyerahan lahan pascatambang.

a. Penyusunan rencana pascatambang

Berdasarkan Kepmen 1827 Th 2018, Lampiran VI, Hal. 226-229 Pemegang IUP Eksplorasi dan IUPK Eksplorasi wajib menyampaikan rencana Pascatambang berdasarkan Studi Kelayakan dan Dokumen Lingkungan Hidup yang telah disetujui oleh instansi yang berwenang sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup sebagai persyaratan untuk mendapatkan IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi.

Dalam hal umur tambang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi komoditas mineral bukan logam dan batuan kurang dari atau sama dengan 5 tahun, maka pemegang IUP Eksplorasi dan IUPK Eksplorasi dalam menyusun rencana Reklamasi tahap Operasi Produksi dimasukkan ke dalam rencana Pascatambang.

Rencana pascatambang memuat profil wilayah, deksripsi kegiatan pertambangan, rona lingkungan akhir lahan pascatambang, program

pascatambang, organisasi termasuk jadwal pelaksanaan pascatambang, kriteria keberhasilan pascatambang, rencana biaya pascatambang yang dibagi atas biaya langsung dan tidak langsung

Pemegang IUP Eksplorasi dan IUPK Eksplorasi dalam Menyusun rencana Pascatambang wajib berkonsultasi dengan pemangku kepentingan, yang mana terdiri atas Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dan/atau dinas teknis pemerintah provinsi yang membidangi pertambangan mineral dan batubara, instansi terkait lainnya dan masyarakat yang akan terkena dampak langsung akibat kegiatan usaha pertambangan.

b. Penilaian dan persetujuan rencana pascatambang

Berdasarkan Kepmen 1827 Th 2018, Lampiran VI, Hal. 235-237 bahwa Direktur jenderal atas nama Menteri atau gubernur sesuai dengan kewenangannya memberikan penilaian dan persetujuan atas rencana Pascatambang dalam jangka waktu paling lama 60 (enam puluh) hari kalender sejak IUP Operasi Produksi atau IUPK Operasi Produksi diterbitkan, tidak termasuk jumlah hari yang diperlukan untuk penyempurnaan rencana Pascatambang.

Dalam hal rencana Pascatambang belum memenuhi ketentuan Direktur Jenderal atas nama Menteri atau gubernur sesuai dengan kewenangannya mengembalikan rencana Pasatambang kepada pemegang IUP Operasi Produksi atau IUPK Operasi Produksi untuk disempurnakan, yang mana hasil penyempurnaannya diserahkan kembali paling lama 30 (tiga puluh) hari kalender sejak tanggal pengembalian.

Apabila dalam jangka waktu 60 (enam puluh) hari kalender sejak diterimanya penyempurnaan rencana pascatambang, Direktur Jenderal atas nama Menteri atau gubernur sesuai dengan kewenangannya tidak memberikan saran penyempurnaan atau persetujuan maka rencana Pascatambang yang disampaikan dianggap disetujui.

Rencana pascatambang yang telah disetujui wajib dilakukan perubahan apabila terdapat perubahan atas tata guna lahan, dokumen studi kelayan dan/atau dokumen lingkungan hidup yang telah disetujui oleh instansi yang berwenang sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang

perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Hasil perubahan paling lambat diserahkan 2 (dua) tahun sebelum akhir kegiatan penambangan, yang kemudian akan dinilai dan diberi persetujuan paling lama 90 (Sembilan puluh) hari kalender sejak diterimanya, tidak termasuk jumlah hari yang diperlukan untuk penyempurnaan perubahan rencana Pascatambang.

Dalam kasus perubahan rencana Pascatambang tidak memenuhi ketentuan maka akan dikembalikan untuk disempurnakan paling lama 30 (tiga puluh) hari sejak tanggal pengembalian. Apabila setelah penyerahan penyempurnaan perubahan rencana Pascatambang Direktur Jenderal atas nama Menteri atau gubernur tidak memberikan saran penyempurnaan atau persetujuan setelah 90 (Sembilan puluh) hari kalender sejak diserahkan maka dianggap disetujui/

c. Jaminan pascatambang

Berdasarkan Kepmen 1827 Th 2018, Lampiran VI, Hal.243-244, jaminan pascatambang yang telah disetujui dan ditetapkan akan ditempatkan setiap tahun dan dimuat dalam rencana kerja dan anggaran biaya operasi produksi tahunan. Penempatan paling lambat 30 (tiga puluh) hari kalender sesuai jadwal yang ditetapkan dalam persetujuan. Jaminan pascatambang wajib terkumpul seluruhnya dua tahun sebelum memasuki pelaksanaan pascatambang.

Jaminan Reklamasi tahap Operasi Produksi untuk IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi pertambangan mineral bukan logam dan batuan dengan umur tambang kurang dari atau sama dengan 5 (lima) tahun ditempatkan seluruhnya sebagai bagian dari Jaminan Pascatambang.

Jaminan Pascatambang berupa Deposito Berjangka ditempatkan pada bank Pemerintah di Indonesia atas nama Direktur Jenderal atau gubernur qq pemegang IUP Operasi Produksi atau IUPK Operasi Produksi yang bersangkutan dengan jangka waktu penjaminan sesuai dengan jadwal Pascatambang.

Jaminan pascatambang ditempatkan dalam bentuk mata uang Rupiah atau Dolar Amerika Serikat dan tidak dapat diubah bentuk mata uangnya. Bunga deposito berjangka hanya dapat dicairkan pada saat pencairan Jaminan Pascatambang. Penempatan Jaminan Pascatambang tidak menghilangkan

kewajiban pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi untuk melaksanakan Pascatambang. Penempatan Jaminan Pascatambang tidak menghilangkan kewajiban pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi untuk melaksanakan Pascatambang.

d. Pelaksanaan pascatambang

Berdasarkan Kepmen 1827 Th 2018, Lampiran VI, Hal.244-246. Pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi wajib melaksanakan Pascatambang sesuai dengan rencana Pascatambang yang telah disetujui. Pelaksanaan Pascatambang dipimpin oleh Kepala Teknik Tambang yang dibantu oleh tenaga teknis pertambangan yang berkompeten dalam perencanaan dan pelaksanaan Pascatambang.

Pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi melaksanakan Pascatambang paling lambat 30 (tiga puluh) hari kalender setelah kegiatan Penambangan, pengolahan, dan/atau pemurnian berakhir sesuai dengan rencana Pascatambang yang telah disetujui.

e. Pelaporan dan pencairan jaminan pascatambang

Berdasarkan Kepmen 1827 Th 2018, Lampiran VI, Hal. 250-252. Laporan pelaksanaan kegiatan pascatambang wajib disampaikan setiap triwulan kepada Menteri melalui Direktur Jenderal atau Gubernur sesuai dengan kewenangannya.

Penilaian pencairan jaminan pascatambang wajib dilakukan terhadap laporan dan peninjauan lapangan. Setelah dilakukan penilaian pencairan maka Direktur Jenderal atas nama Menteri atau Gubernur sesuai dengan kewenangannya memberikan persetujuan atas pencairan jaminan pascatambang berikut bunganya.

Dalam hal pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi tidak memenuhi kriteria keberhasilan pelaksanaan Pascatambang berdasarkan evaluasi laporan dan penilaian lapangan kurang dari 100% (seratus persen) setelah berakhirnya jangka waktu kegiatan Pascatambang, pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi dapat mengajukan permohonan perpanjangan waktu untuk menyelesaikan kegiatan Pascatambang kepada Menteri melalui Direktur Jenderal atau gubernur sesuai dengan

kewenangannya. Perpanjangan yang dimaksud paling lama tiga tahun sejak berakhirnya kegiatan pascatambang, dan selama waktu ini pencairan sisa jaminan pascatambang tidak dapat diberikan dan hanya dapat diberikan apabila telah mencapai penilaian keberhasilan 100%.

Apabila berdasarkan evaluasi laporan dan peninjauan lapangan, keberhasilan pelaksanaan Pascatambang kurang dari 60% (enam puluh persen) sampai berakhirnya periode pelaksanaan Pascatambang, maka Direktur Jenderal atas nama Menteri atau gubernur sesuai dengan kewenangannya menetapkan pihak ketiga untuk melaksanakan Pascatambang.

f. Penetapan pihak ketiga

Berdasarkan Kepmen 1827 Th 2018, Lampiran VI, Hal.253-254 Penetapan pihak ketiga pelaksana Pascatambang dilakukan dengan tiga cara yaitu (a) pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi mengusulkan pihak ketiga yang memiliki Izin Usaha Jasa Pertambangan di bidang Pascatambang dan Reklamasi kepada Menteri melalui Direktur Jenderal atau gubernur sesuai dengan kewenangannya. (b) Direktur Jenderal atas nama Menteri atau gubernur sesuai dengan kewenangannya melakukan evaluasi untuk menetapkan pihak ketiga; dan (c) Dalam hal pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi tidak mengusulkan pihak ketiga, maka Menteri melalui Direktur Jenderal atau gubernur sesuai dengan kewenangannya menetapkan pihak ketiga untuk melaksanakan Pascatambang.

g. Penyerahan lahan pascatambang

Berdasarkan Kepmen 1827 Th 2018, Lampiran VI, Hal. 255-256 penyerahan lahan pascatambang wajib dilakukan oleh pemegang IUP Operasi Produksi, IUPK Operasi Produksi yang telah selesai melaksanakan pascatambang kepada pihak yang berhak sesuai dengan peraturan perundang-undangan setelah memenuhi dua syarat yaitu (a) prinsip-prinsip perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, keselamatan dan kesehatan kerja, dan konservasi mineral dan batubara dan (b) penilaian keberhasilan Pascatambang 100% (seratus persen).

Sebelum melakukan penyerahan lahan, pemegang izin wajib mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan penyerahan lahan pascatambang. Permohonan ini kemudian ditinjau oleh Direktur Jenderal atas nama Menteri atau gubernur melalui peninjauan lapangan yang ditulis dalam berita acara paling lambat 60 (enam puluh) hari kalender sejak diterimanya permohonan.

Tanggung jawab pemeliharaan dan pemantauan lahan yang telah direklamasi oleh pemegang IUP Operasi Produksi atau IUPK Operasi Produksi dinyatakan berakhir setelah Direktur Jenderal atas nama Menteri atau gubernur sesuai dengan kewenangannya memberikan persetujuan penyerahan lahan yang telah direklamasi.

IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi yang telah berakhir masa berlakunya atau dicabut oleh Menteri atau gubernur sesuai dengan kewenangannya, tidak menghilangkan kewajiban pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi untuk melaksanakan Pascatambang.

Dalam rangka pelaksanaan Pascatambang, Direktur Jenderal atas nama Menteri atau sesuai dengan kewenangannya menerbitkan surat mengenai pelaksanaan Pascatambang kepada pemegang IUP Operasi Produksi dan IUPK Operasi Produksi.

2.3 Erosi

Erosi adalah suatu proses atau peristiwa hilangnya lapisan permukaan tanah atas, baik disebabkan oleh pergerakan air maupun angin. Proses erosi ini dapat menyebabkan merosotnya produktivitas tanah, daya tahan tanah dan kualitas lingkungan hidup. Proses terjadinya erosi dapat dibagi atas dua jenis yaitu erosi yang terjadi secara alami (*geological erosion*) dan *Accelerated erosion* atau erosi yang dipercepat akibat dari campur tangan manusia. *Accelerated erosion* cenderung terjadi dikarenakan tindakan yang bersifat negatif ataupun kesalahan tindakan dalam pengelolaan tanah oleh manusia (Prasetyo, 2017).

Erosi air timbul apabila aksi dispersi dan tenaga pengangkut oleh air hujan yang mengalir ada di permukaan atau di dalam tanah. Jadi erosi dapat terjadi

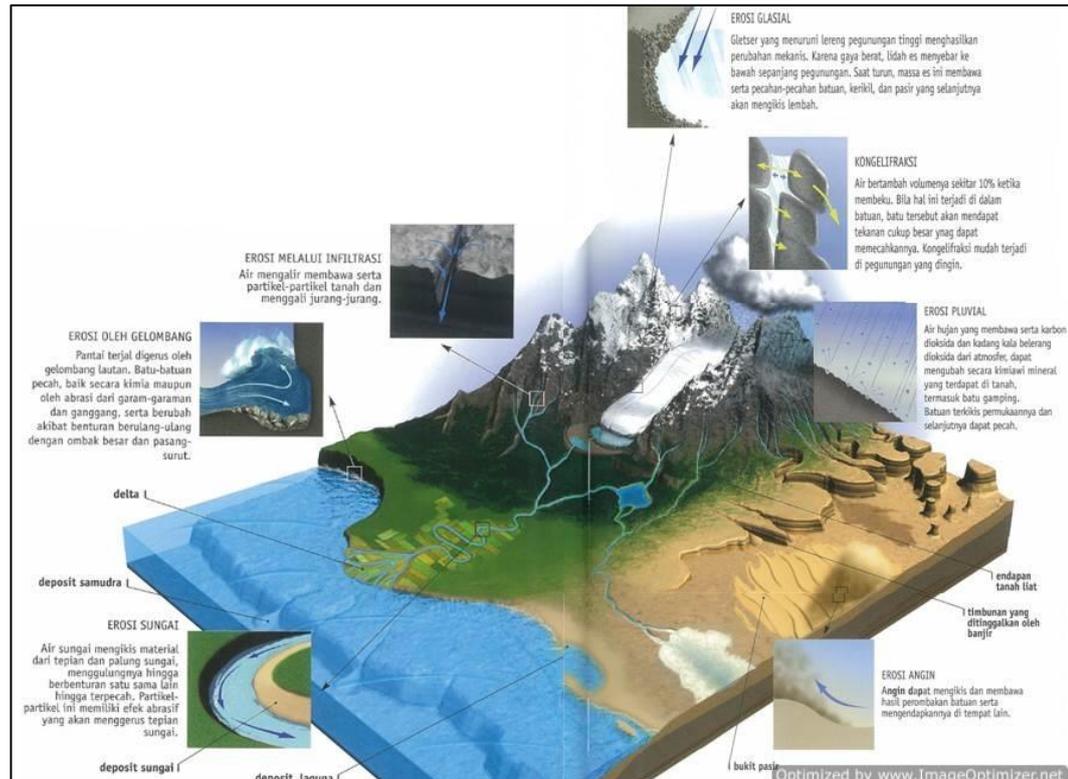
minimal dengan satu tahapan yakni dispersi oleh butiran hujan dan/atau air limpasan. Adapun tahapan erosi meliputi:

1. benturan butir-butir hujan dengan tanah,
2. percikan tanah oleh butir hujan ke segala arah,
3. penghancuran bongkah tanah oleh butiran hujan,
4. pemadatan tanah,
5. penggenangan air di permukaan,
6. pelimpasan air karena adanya penggenangan dan kemiringan lahan,
7. pengangkutan partikel terpercik dan/atau massa tanah yang terdispersi oleh air limpasan.

Kelestarian sumberdaya tanah dapat dipertahankan apabila proses erosi seimbang dengan pembentukan tanah. Suatu kedalaman tertentu harus dipelihara agar terdapat cukup air yang tersimpan dan unsur hara serta tempat berjangkarnya tanaman. Oleh karena itu, perlu ditetapkan berapa erosi yang dapat ditolerir dari sebidang tanah melalui suatu sistem pengelolaan tertentu. Dalam penetapan batas *tolerabelle soil loss* atau batas erosi perlu diingat bahwa tidak mungkin menurunkan lanju erosi suatu lahan menjadi nol, terutama pada tanah-tanah yang berlereng.

2.3.1 Jenis dan faktor yang mempengaruhi erosi

Erosi pada dasarnya merupakan proses perataan kulit bumi, karena pada proses erosi terdapat proses pengikisan pada bagian atas dan disisi lain terdapat proses penimbunan pada bagian bawah. Pada bentang lahan yang tidak datar, berapapun persen atau derajat kemiringan lerengnya, erosi pasti akan terjadi. Hanya saja pada kondisi alami, erosi yang terjadi sangat rendah dan berada dibawah batas erosi yang diperbolehkan/ditoleransi, artinya banyaknya/tebalnya erosi alami yang terjadi jauh lebih kecil daripada banyaknya/tebalnya tanah yang terbentuk dari proses pelapukan. Erosi ini dikenal dengan erosi alami, erosi normal, atau erosi geologi (Arsyad, 2010).



Gambar 2 Jenis erosi dan proses terjadinya

Pada saat ada campur tangan manusia terhadap kondisi alami yang telah seimbang antara proses pembentukan dan pengangkutan tanah, maka erosi alami, erosi normal atau erosi geologi, berubah menjadi erosi yang dipercepat. Pada lahan yang miring, umumnya lebih dari 8% erosi yang terjadi umumnya melebihi erosi yang dapat ditoleransi (Banuwa, 2013).

Berdasarkan penyebabnya erosi juga dapat dibedakan menjadi erosi percik (*splash erosion*) dan erosi gerusan (*scour erosion*). Dalam bukunya Banuwa (2013) mengutip dari Asdak (2002) bahwa Erosi percik adalah erosi yang disebabkan oleh pemecahan struktur tanah menjadi butir-butir primer tanah oleh energi kinetik butir-butir hujan. Erosi percik menyebabkan pemecahan dan pengangkutan butir-butir primer tanah. Energi kinetik butir-butir hujan ditentukan oleh massa dan kecepatan jatuh butir-butir hujan. Erosi percik akan semakin besar dengan semakin besarnya massa dan kecepatan jatuh butir-butir hujan, apalagi pada tanah yang terbuka. Pada lahan yang tertutup vegetasi rapat dengan tahuk bertingkat serta permukaan tanah tertutup serasah (tumpukan ranting, dedaunan kering), maka erosi percik akan sangat berkurang. Dengan kata lain, erosi percik merupakan fungsi dari mudah/tidaknya tanah dipecah dan kapasitas butir hujan (Arsyad, 2010).

Pada erosi percik yang dihasilkan oleh butir hujan berdiameter 6mm, mampu memercikan butir-butir primer tanah hingga ketinggian 0,3 m dan terlempar sejauh 0,95 m. Erosi percik merupakan tahap awal dari proses erosi. Setelah terjadi penggenangan dengan ketebalan tiga kali diameter butir hujan, maka erosi percik berhenti dan dilanjutkan dengan erosi yang disebabkan oleh aliran permukaan (Banuwa, 2013).

Menurut Suripin (2004), erosi dapat dibedakan menjadi tujuh tipe berdasarkan bentuknya yaitu:

1. Erosi percikan (*splash erosion*) adalah terlepas dan terlemparnya partikel-partikel tanah dari massa tanah akibat pukulan butiran air hujan secara langsung;
2. Erosi aliran permukaan (*overland flow erosion*) akan terjadi jika intensitas dan/atau lamanya hujan melebihi kapasitas infiltrasi atau kapasitas simpan air tanah'
3. Erosi alur (*rill erosion*) adalah pengelupasan yang diikuti dengan pengangkutan partikel-partikel tanah oleh aliran air larian yang terkonsentrasi di dalam saluran-saluran air;
4. Erosi parit/selokan (*gully erosion*) membentuk jajaran parit yang lebih dalam dan lebar dan merupakan tingkat lanjutan dari erosi alur;
5. Erosi tebing sungai (*streambank erosion*) adalah erosi yang terjadi akibat pengikisan tebing oleh air yang mengalir dari bagian atas tebing atau oleh terjangan arus sungai yang kuat terutama pada tikungan-tikungan;
6. Erosi internal (*internal or subsurface erosion*) adalah proses terangkutnya partikel-partikel tanah ke bawah masuk ke celah-celah atau pori-pori akibat adanya aliran bawah permukaan;
7. Tanah longsor (*land slide*) merupakan bentuk erosi dimana pengangkutan atau gerakan massa tanah yang terjadi pada suatu saat dalam volume yang relatif besar.

2.3.2 Dampak ekonomi erosi

Erosi telah dikenal menyebabkan banyak kerugian secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai segi, termasuk aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Proses erosi mengakibatkan hilangnya nutrisi dan air yang sangat penting bagi tanaman untuk pertumbuhan dan produksinya. Akibatnya, produktivitas tanah menurun dan pada akhirnya akan mengakibatkan kerugian secara ekonomi. Erosi juga memberikan dampak, baik di lokasi erosi itu sendiri (*on site*) maupun di luar lokasi erosi (*off site*).

Berdasarkan hasil analisis Pradana, dkk (2021) pada area reklamasi suatu perusahaan tambang Batubara di Kabupaten Kapuan, Provinsi Kalimantan Tengah memiliki IBE dengan kategori sangat tinggi dan nilai ekonomi akibat erosi dihitung dengan valuasi ekonomi dengan menggunakan pendekatan Nilai Ekonomi Total (NET) berdasarkan pendekatan lingkungan, ekonomi dan sosial adalah Rp13,7 milyar/tahun dimana jumlah ini sangat besar sehingga perlu dilakukan penanganan erosi lebih lanjut pada lahan tersebut, terutama pada faktor jenis tanaman dan teknik konservasi tanah yang diterapkan untuk mengurangi laju erosi.

India menghabiskan 245 miliar US\$ setiap tahun untuk membeli 5,4 juta ton pupuk karena kehilangan 6,6 miliar ton tanah. Lebih dari setengah pupuk yang digunakan di India diperkirakan hilang setiap tahun akibat erosi tanah (Pimentel, dkk., 1995).

Erosi tidak hanya berdampak pada kehilangan tanah dan air di lokasi (*on site*), tetapi juga berdampak di lokasi lain (*off site*). Dampak ini menyebabkan biaya tambahan untuk tindakan penanggulangan. Mayoritas biaya yang diperlukan untuk mengatasi dampak *off site* disebabkan oleh partikel-partikel tanah yang terbawa ke perairan. Sekitar 60% tanah yang tererosi dari lahan pertanian di Amerika Serikat berakhir terdeposisi di sungai. Selektivitas erosi memainkan peran penting dalam hal ini. Hal ini akan berdampak pada kehidupan organisme di sungai melalui proses eutrofikasi, dan partikel-partikel tanah yang terbawa juga membawa bahan kimia dari pupuk dan pestisida yang dapat meracuni organisme di perairan. Meskipun belum ada angka pasti dalam perhitungan ekonomi kerugian yang dihasilkan oleh masalah ini, diperkirakan nilai ekonomi yang hilang sangat besar.

2.3.3 Upaya pencegahan erosi

Secara umum upaya untuk mencegah dan meminimalisir erosi adalah dengan menutup permukaan tanah sepadat mungkin dengan kanopi tanaman berlapis-lapis

atau serasah tanah terestrial untuk meningkatkan jumlah air yang dapat meresap ke dalam tanah, sehingga aliran permukaan yang terjadi kecil dan mempunyai gaya kerusakan yang kecil. Arsyad (2010) dan Morgan (1979) menyatakan bahwa upaya dapat dilakukan untuk mencegah dan mengurangi erosi:

- (1) Menutup tanah dengan tumbuh-tumbuhan atau sisa-sisa tumbuhan untuk melindungi tanah dari daya rusak jatuhnya tetesan air hujan.
- (2) Memperbaiki dan memelihara kondisi tanah, menjadikan agregat lebih tahan terhadap kerusakan dan pengangkutan, serta meningkatkan kemampuan permukaan tanah dalam menyerap air.
- (3) Sesuaikan air limpasan permukaan agar mengalir dengan kecepatan yang tidak menimbulkan bahaya atau menambah jumlah air yang masuk ke dalam tanah.



Gambar 3 Bentuk pencegahan erosi dengan pembuatan terasering

Metode untuk pencegahan erosi telah lama digolongkan oleh beberapa ahli yaitu metode metode vegetative (biologi/agronomi/hayati), metode mekanik (sipil teknik), dan metode kimia. Pendekatan baru juga dikemukakan oleh *World Association of Soil and Water Conserveation (WASWC)* yaitu *World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT)*.

2.3.3.1 Metode awal

a. Metode vegetatif/biologi/agronomi/hayati

Metode vegetatif/agronomi/hayati adalah strategi untuk mencegah dan mengurangi erosi dengan memanfaatkan tanaman dan residunya guna mengurangi energi kinetik dari tetesan hujan, mengendalikan aliran permukaan, serta mengurangi erosi. Tujuan metode ini adalah untuk melindungi tanah dari dampak tetesan hujan, mengurangi kerusakan akibat aliran permukaan, dan meningkatkan kemampuan infiltrasi tanah. Komponen-komponen metode ini meliputi:

- 1) Penanaman tumbuhan atau tanaman yang menutupi tanah secara terus-menerus;
- 2) Penanaman dalam strip (*strip cropping*);
- 3) Pergiliran tanaman dengan tanaman pupuk hijau atau tanaman penutup tanah (*coconservation rotation*);
- 4) Sistem pertanian hutan (*agroforestry*) (termasuk talun kebun, *mixed cropping*, dan *alley cropping*);
- 5) Pemanfaatan sisa-sisa tanaman atau tumbuhan (*residue management*);
- 6) Penanaman saluran-saluran pembuangan dengan rumput (*vegetated* atau *grassed waterways*)

b. Metode mekanis/sipil teknis

Metode mekanik melibatkan tindakan fisik mekanis pada tanah dan konstruksi bangunan untuk mengurangi aliran permukaan, erosi, serta meningkatkan produktivitas tanah. Fungsinya adalah memperlambat aliran permukaan, mengendalikan aliran air tanpa merusak, meningkatkan infiltrasi air, memperbaiki sirkulasi udara tanah, dan menyediakan air bagi tanaman. Komponen metode mekanik meliputi:

- 1) Pengolahan tanah konservasi (*conservation tillage*);
- 2) Pengolahan tanah menurut kontur (*contour cultivation*);
- 3) Guludan dan guludan bersaluran menurut kontur;
- 4) Teras;
- 5) Dam penghambat (*check dam*);
- 6) Rorak (*silt pit*);

7) Kolam/balong/embung (*farm ponds*) serta parit pengelak.

c. Metode kimia

Metode kimia dalam pelestarian tanah dan air melibatkan penggunaan preparat kimia, baik yang disintesis maupun alami, yang dikenal sebagai kondisioner tanah atau pemantap struktur tanah. Langkah awal dalam pemanfaatan senyawa kimia ini dilakukan pada tahun 1950 oleh Van Bavel yang menunjukkan bahwa senyawa organik tertentu dapat meningkatkan kestabilan agregat tanah, namun penggunaannya masih terbatas karena biayanya yang tinggi. Kondisioner tanah memiliki dampak signifikan terhadap stabilitas agregat tanah dengan pengaruh jangka panjang karena ketahanannya terhadap mikroba tanah. Hal ini meningkatkan permeabilitas tanah dan mengurangi erosi. Selain itu, bahan kimia tersebut juga meningkatkan pertumbuhan tanaman semusim di tanah berlempung berat.

2.3.3.2 Metode WOCAT (*Wocat Overview of Conservation Approaches and Technologies*)

a. Metode agronomis

Metode agronomis meliputi penggunaan mulsa, sisa tanaman, pupuk hijau pupuk kandang, pupuk buatan, pengolahan tanah konservasi, penanaman dan pengolahan tanah menurut kontur, metode agronomis bergungsi meningkatkan infiltrasi, menurunkan koefisien aliran permukaan dan menurunkan/mencegah erosi.

b. Metode vegetatif

Metode vegetatif meliputi penanaman tanaman penutup tanah, penanaman dalam strip, penanaman tanaman pagat, penanaman pohon, penghijauan dan reboisasi. Metode vegetatif berfungsi meningkatkan infiltrasi, mengambat laju aliran permukaan, dan menekan erosi.

c. Metode struktur

Metode struktur meliputi pembuatan guludan, rorak, sengkedan, teras gulud, teras bangku, saluran berumput, saluran diversifikasi, dan cek dam/embung. Metode struktur berfungsi menghambat laju aliran permukaan, mencegah terkonsentrasinya aliran permukaan, dan menurunkan puncak aliran permukaan, serta menurunkan erosi.

d. Metode manajemen

Metode manajemen meliputi perubahan penggunaan lahan, perubahan pengelolaan seperti, rotasi pengelolaan dan seterusnya. Metode manajemen berfungsi meningkatkan infiltrasi, menghambat/memperlambat aliran permukaan, dan menurunkan koefisien aliran permukaan, dan mencegah/menurunkan erosi.

e. Selektivitas erosi

Sedimen hasil erosi cenderung lebih kaya akan unsur hara dan bahan organik dibandingkan dengan tanah asalnya. Hal ini disebabkan oleh sifat selektif erosi terhadap partikel tanah yang lebih halus di mana unsur hara dan bahan organik cenderung terperangkap. Selain itu, pengayaan tersebut juga disebabkan oleh hilangnya unsur hara larut melalui residu tanaman, pupuk organik, atau pupuk kimia yang diterapkan ke permukaan tanah, serta kemudahan angkut terhadap partikel-partikel dengan densitas lebih rendah, khususnya bahan organik.

Untuk menilai apakah hilangnya unsur hara dan bahan organik yang menyebabkan penurunan produktivitas tanah terkait dengan selektivitas erosi, penting untuk melakukan pengukuran. Pengukuran ini dilakukan dengan mengevaluasi nilai rasio pengayaan. Rasio pengayaan adalah perbandingan antara konsentrasi suatu unsur dalam tanah yang terbawa oleh erosi atau sedimen dengan konsentrasi unsur yang sama dalam tanah asalnya.

Prosedur Analisis Selektivitas Erosi:

1. Pengambilan Contoh Sedimen:

- a. Ambil contoh sedimen setelah erosi terjadi.
- b. Lebih banyak contoh yang diambil akan lebih baik.
- c. Setiap contoh sedimen dapat diambil sebanyak 500 ml atau sesuai kebutuhan.

2. Analisis Laboratorium:

- a. Analisis sedimen dilakukan di laboratorium.
- b. Prosedur analisis mirip dengan analisis tanah dengan sedikit perubahan.

- c. Distribusi ukuran butir ditentukan untuk setidaknya tiga fraksi: pasir, debu, dan liat menggunakan metode pipet.
 - d. Contoh sedimen tidak dikeringkan sebelum analisis.
3. Kandungan Hara Sedimen: Kandungan hara dalam sedimen meliputi C-Organik, N-Total, P-Tersedia, K-Tersedia, dan lainnya seperti pada analisis tanah.
 4. Penetapan Nisbah Pengayaan dan Selektivitas Erosi:
 - a. Hasil analisis laboratorium digunakan untuk menentukan nisbah pengayaan dan selektivitas erosi.
 - b. Nisbah pengayaan adalah perbandingan konsentrasi unsur dalam sedimen dengan konsentrasi dalam tanah asalnya.
 - c. Selektivitas erosi dapat dievaluasi berdasarkan hasil analisis ini.

2.3.4 Terasering

Terasering merupakan metode pencegahan erosi secara mekanik dengan cara mereduksi panjang lereng dan mengurnagi kemiringan lereng. Manfaat utama terasering tentunya adalah konservasi tanah dan air. Terasering mengurangi jumlah dan kecepatan air yang mengalir di permukaan tanah, yang secara signifikan mengurangi erosi tanah. Dengan demikian, terasering memungkinkan dilaksanakannya pertanian yang lebih baik pada lahan tersebut. Selain itu terasering memberikan manfaat tambahan sebagai berikut:

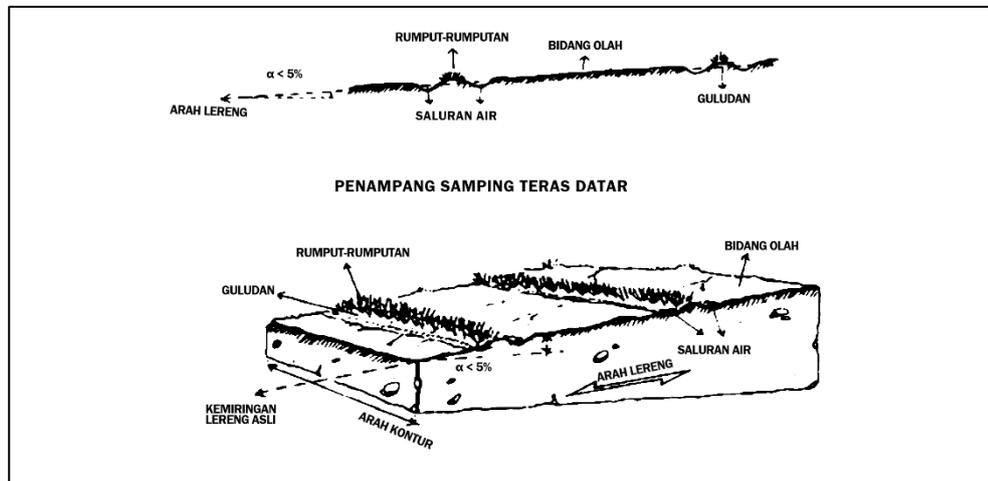
- (1) Pengurangan debit aliran karena penampungan sementara aliran air.
- (2) Pengendapan sedimen dan kontaminan di balik guludan sebelum memasuki aliran sungai sehingga mencegah pencemaran.

Secara prinsip, konservasi mekanik dalam pengendalian erosi seharusnya selalu didukung oleh metode vegetatif, yang melibatkan penggunaan tanaman dan sisa-sisa tanaman (seperti mulsa dan pupuk hijau), serta penerapan pola tanam yang dapat menutup permukaan tanah sepanjang tahun.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan No: P.4/Menhut-II/2011 pada lampiran 4, terdapat beberapa jenis terasering yaitu:

- (1) Teras datar

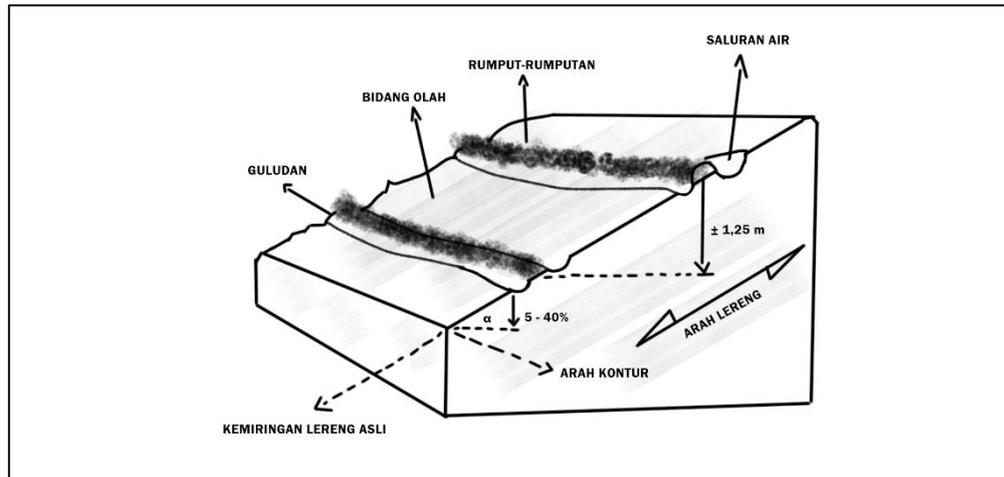
Teras datar dibangun dalam bentuk guludan sejajar kontur untuk menahan aliran air permukaan dan dibuat saluran air sebelum dan sesudah guludan. Standar teknis lahan yang sesuai untuk metode teras datar yaitu tanah dengan kemiringan kurang dari 8%, solum tanah dangkal kurang dari 30 cm, drainase baik, kemiringan tanah olahan tetap dan tanggul tanah ditanami vegetasi/rumput.



Gambar 4 Teras datar

(2) Teras gulud

Teras guludan adalah jenis teras yang membentuk guludan melintang lereng, biasanya diterapkan pada lahan dengan kemiringan antara 10 – 15%. Di sepanjang bagian dalam guludan, terdapat saluran air yang memiliki kemiringan landai untuk menampung sedimen dari erosi. Saluran ini juga berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari area olah menuju saluran pembuangan. Kemiringan dasar saluran ini adalah 0,1%. Teras guludan biasanya dibangun di tanah dengan tekstur yang longgar dan permeabilitas tinggi. Jarak antar teras guludan adalah 10 meter, dan dalam tahap berikutnya, antara guludan utama dibuat guludan tambahan sebanyak 3 – 5 jalur dengan ukuran yang lebih kecil.

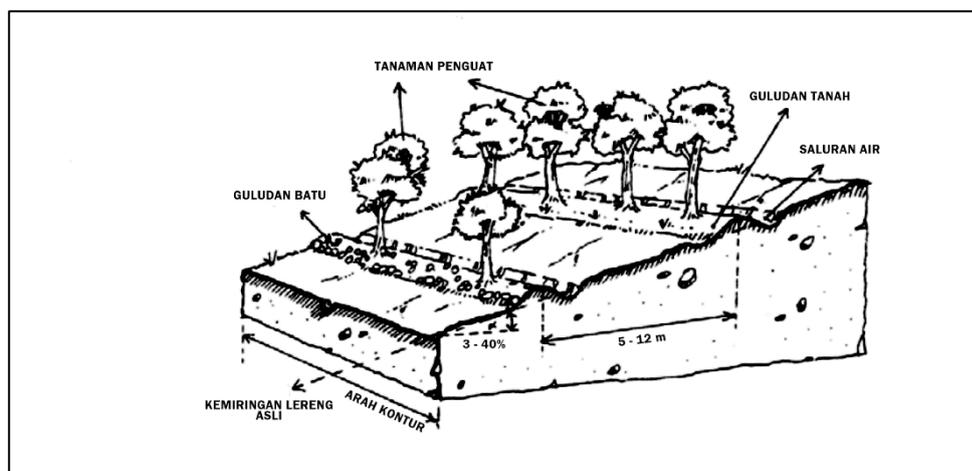


Gambar 5 Teras gulud

Standar teknis lahan yang sesuai untuk metode ini adalah kemiringan lereng 8-40% dan untuk tanaman semusim kemiringan kurang dari 15%, guludan ditanami legum atau rumput dan dipangkas secara reguler, guludan ditutup dengan mulsa hasil pengkasan, beda tinggi antar guludan kurang lebih 1,25 meter, solum tanah dangkal dan berpasir, kemiringan bidang olah diusahakan tetap, permeabilitas tanah cukup tinggi.

(3) Teras kredit

Teras kredit adalah struktur konservasi tanah yang terdiri dari guludan tanah atau batu yang sejajar dengan kontur tanah, tanpa mengubah kemiringan asli bidang olah.



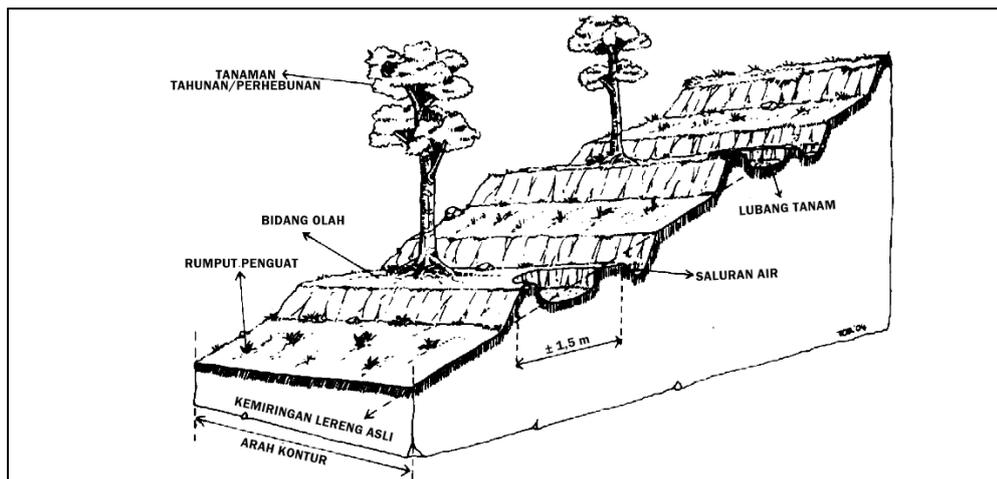
Gambar 6 Teras kredit

Teras kredit menggabungkan fungsi saluran dan guludan dalam satu kesatuan. Biasanya diterapkan pada area dengan kemiringan lereng antara 3% hingga 15% untuk tanah dangkal dan 3% - 40% untuk tanah dalam, dengan menanam

tanaman penguat teras seperti lamtoro, kaliandra, atau gamal yang mengikuti kontur tanah. Jarak antar duludan adalah 5 hingga 12 meter. Tanaman pada larikan berfungsi untuk menahan partikel tanah dari erosi yang terjadi di bagian atas larikan. Seiring waktu, permukaan tanah di bagian atas akan menurun, sementara bagian bawah yang berdekatan dengan jalur tanaman akan semakin meninggi, sehingga lama-kelamaan bidang olah menjadi datar atau hampir datar.

(4) Teras kebun

Teras kebun dibuat pada lahan dengan kemiringan lereng 10-30% dengan solum tanah lebih dari 30 cm. Teras kebun seperti namanya cocok untuk ditanami tanaman perkebunan/tahunan dan cocok untuk tanah dengan daya serap lambat. Pembuatan teras hanya dilakukan di jalur tanaman, sehingga terdapat area yang tidak dteras di antara jalur tersebut, yang umumnya ditutupi oleh vegetasi penutup tanah. Lebar jalur teras dan jarak antar jalur disesuaikan dengan jenis komoditas yang ditanam. Pada teras kebun, area di antara dua teras yang berdampingan dibiarkan tidak diolah.

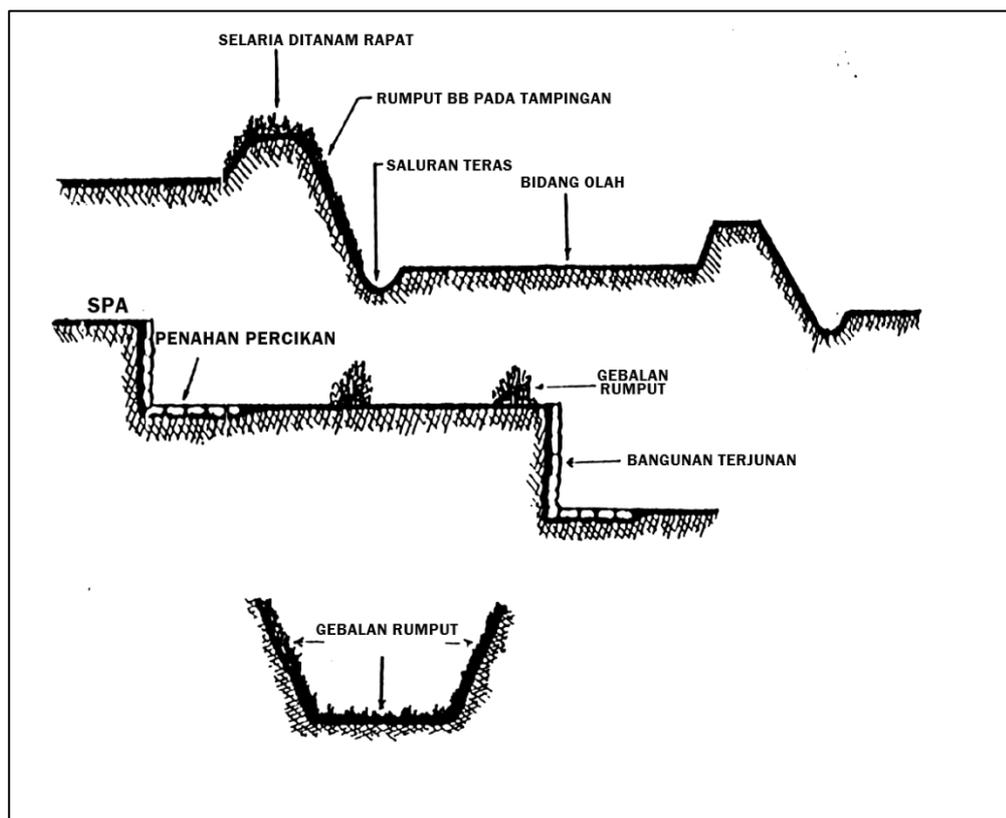


Gambar 7 Teras kebun

(5) Teras bangku

Teras bangku adalah struktur teras yang dirancang dengan bidang olah yang miring ke belakang (reverse back slope) dan dilengkapi dengan fasilitas tambahan untuk menampung serta mengalirkan air permukaan secara aman dan terkendali. Struktur ini terdiri dari serangkaian dataran yang dibangun sejajar dengan kontur tanah pada interval yang tepat. Teras bangku dilengkapi dengan

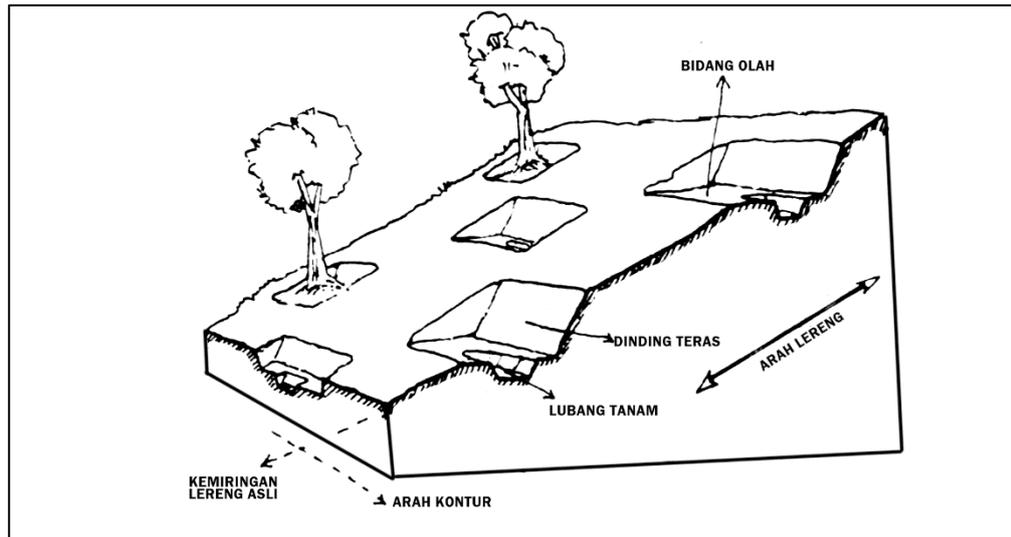
saluran pembuangan air (SPA) dan biasanya ditanami rumput untuk memperkuat struktur teras. Terdapat dua jenis teras bangku: yang miring ke luar dan yang miring ke dalam. Teras bangku atau teras tangga dibuat dengan cara memotong lereng dan meratakan tanah di bagian bawah untuk membentuk deretan tangga atau bangku. Teras ini bisa datar atau miring ke dalam, dengan yang miring ke dalam digunakan pada tanah dengan permeabilitas rendah untuk mencegah air yang tidak segera terinfiltrasi mengalir keluar melalui talud. Teras bangku sulit diterapkan pada pertanian yang menggunakan mesin besar, serta memerlukan tenaga dan biaya yang tinggi untuk pembuatannya.



Gambar 8 Teras bangku

(6) Teras individu

Teras individu dirancang untuk lahan dengan kemiringan lereng antara 30 – 50% dan ditujukan untuk penanaman tanaman perkebunan di daerah dengan curah hujan rendah serta penutupan tanah yang cukup, sehingga membuat penerapan teras individu menjadi efektif. Struktur ini dibuat untuk masing-masing tanaman (pohon) dengan ukuran yang disesuaikan sesuai jenis komoditas.

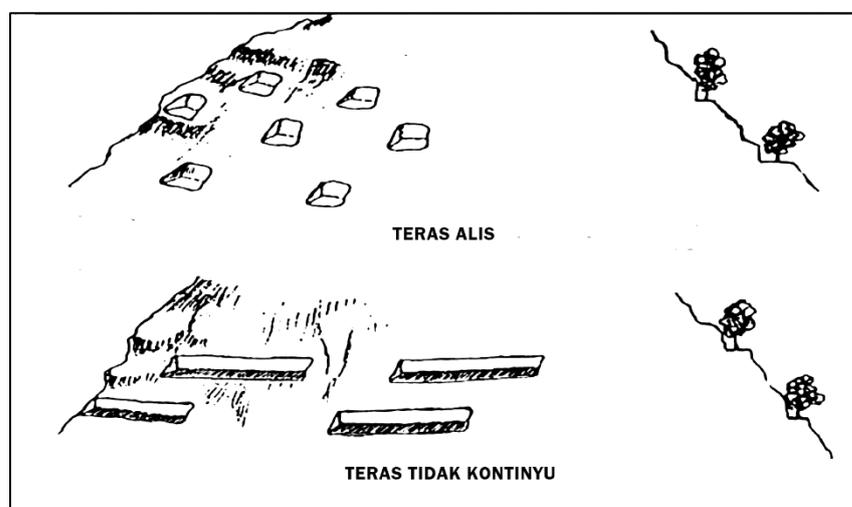


Gambar 9 Teras individu

Pembuatan teras individu dilakukan dengan cara sederhana, yaitu dengan menggali tanah di lokasi rencana lubang tanaman dan menimbunnya di lereng bawah hingga rata, membentuk struktur mirip teras bangku yang terpisah. Tanah di sekitar teras individu biasanya tidak diolah (tetap berupa padang rumput) atau ditanami rumput serta tanaman penutup tanah.

(7) Teras alis dan teras tidak kontinyu

Teras ini merupakan teras individu yang kecil digunakan untuk pohon pada lereng yang curam. Dengan metode ini hanya sedikit lahan yang diolah dan lainnya diawahi vegetasi alami. Manfaat dari metode ini adalah air tidak terkonsentrasi dan hanya dialirkan ke tempat dimana teras dibuat.



Gambar 10 Teras alis dan teras tidak kontinyu

Teras ini biasanya mempunyai ukuran panjang kurang lebih 1,5 meter dan lebar 0,5 – 1,0 meter dengan jarak antar teras sesuai dengan jarak tanaman pokok. Teras lain yang serupa adalah teras tidak kontinyu yang lebih panjang dari teras alis tetapi tidak cukup panjang untuk mengumpulkan air dalam jumlah yang banyak.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan No: P.4/Menhut-II/2011 pada lampiran 1 diatur jenis perlakuan untuk pembuatan teras dan kegiatan konservasi tanah dalam pengaturan bentuk lereng seperti pada gambar 8.

2.4 Prediksi Laju Erosi

Pengembangan persamaan untuk menghitung erosi tanah di lapangan dimulai sekitar tahun 1940 di wilayah Corn Belt. Metode estimasi erosi tanah yang dibuat di daerah tersebut antara tahun 1940 dan 1956 umumnya dikenal sebagai pendekatan *slope-practice*. Zingg memperkenalkan persamaan pada tahun 1940 yang menghubungkan laju erosi tanah dengan panjang lereng dan persentase. Pada tahun berikutnya, Smith memasukkan faktor tanaman dan konservasi, bersama dengan gagasan ambang batas erosi tanah tertentu, untuk menyusun metode visual untuk memilih praktik konservasi pada tanah di Shelby dan tanah terkait di Midwest. Browning dan koleganya memperluas persamaan dengan memasukkan variabel tanah dan manajemen dan menghasilkan serangkaian tabel untuk menyederhanakan penerapannya di Iowa. Ilmuwan penelitian dan staf operasional dari *Soil Conservation Service* (SCS) di Negara Bagian Amerika Serikat bagian Utara-Tengah berkolaborasi dalam merumuskan persamaan *slope-practice* untuk implementasi di seluruh Corn Belt (Wischmeier, dkk., 1978)

Sebuah komite nasional berkumpul di Ohio pada tahun 1946 untuk menyesuaikan Persamaan Corn Belt agar cocok dengan lahan pertanian di daerah lain. Komite tersebut meninjau ulang nilai-nilai faktor Corn Belt dan menambahkan faktor curah hujan. Hasil formula tersebut, yang dikenal sebagai persamaan Musgrave, telah banyak digunakan untuk memperkirakan erosi total dari daerah aliran sungai dalam program penanggulangan banjir. Penyelesaian grafis dari rumus tersebut dipublikasikan pada tahun 1952 oleh Lloyd dan digunakan oleh SCS di Negara Bagian Timur Laut (Wischmeier, dkk., 1978).

Persamaan untuk erosi tanah yang diperkenalkan dalam buku ini sering disebut sebagai *Universal Soil Loss Equation* (USLE). Meskipun keakuratan istilah ini bisa diperdebatkan, namanya membedakan persamaan ini dari yang berbasis pada wilayah tertentu. USLE dikembangkan di *National Runoff and Soil Loss Data Center* pada tahun 1954 oleh *Science and Education Administration* yang sebelumnya dikenal sebagai *Agricultural Research Service*, bekerja sama dengan *Purdue University*. Melalui proyek penelitian kerjasama negara federal di 49 lokasi, lebih dari 10.000 tahun data *runoff* dan erosi tanah dasar disumbangkan ke pusat ini untuk analisis statistik yang komprehensif. Mulai tahun 1960, simulator curah hujan di Indiana, Georgia, Minnesota, dan Nebraska digunakan pada plot lapangan di 16 negara bagian untuk mengisi beberapa kekurangan data yang diperlukan untuk penilaian faktor.

Universal Soil Loss Equation (USLE) merupakan model yang diusulkan oleh Wischmeier dan Smith (1987). USLE memprediksi erosi rata-rata tahunan dalam jangka panjang pada suatu lahan dengan berdasarkan pertimbangan curah hujan, tipe tanah, topografi, sistem tanaman dan manajemen lahan. USLE hanya memprediksi jumlah tanah yang hilang dari satu erosi lembar atau erosi alur. Awalnya model ini dibuat untuk diaplikasikan pada bidang manajemen pertanian dan agriculture, namun model ini juga berguna untuk diaplikasikan pada bidang non-agricultural seperti bidang Pertambangan. USLE dapat digunakan untuk membandingkan jumlah tanah yang tererosi antara suatu lahan dengan tanaman kh

Nilai A merepresentasikan potensi erosi tanah rata-rata dalam satuan ton per hektar per tahun. Jumlah ini kemudian akan dibandingkan dengan TSL. R merupakan faktor curah hujan dan *runoff* berdasarkan lokasi geografis. Semakin besar curah hujan suatu daerah maka potensi erosi akan semakin meningkat. K merupakan faktor erodibilitas tanah, yaitu rata-rata tanah yang hilang dalam satuan hektar per ton untuk setiap tanah tertentu yang digunakan. K dihitung berdasarkan kerentanan partikel tanah untuk terlepas dan ter-transport oleh hujan dan aliran permukaan. Tekstur tanah merupakan faktor utama yang menentukan nilai K, namun struktur, bahan organik dan permeabilitas juga berkontribusi.

LS singkatan dari *slope length-gradient factor*. Faktor ini merepresentasikan rasio tanah tererosi yang berada dalam kondisi kemiringan dan panjang lereng

tertentu. Semakin curam dan panjang suatu lereng, maka resiko erosi akan meningkat. Persamaan untuk faktor LS berbeda berdasarkan kemiringan pada lahan tersebut apakah lebih dari atau kurang dari 12 persen.

usus dan terhadap *tolerable soil loss* (TSL) (Stone, 2015).

Perlakuan Konservasi Tanah (Reklamasi)					Keterangan (%)
- Vegetasi Tetap (Tanaman tahunan) - Hutan Lindung	- Hill Side Ditch - Teras Bangku - Teras Individu - Teras Kebun - Teras Alis - Tanaman Penguat Teras - Agroforestry - S P A	- Teras bangku - Teras Guludan - Teras Kredit - Hill Side Ditch - Tanaman Penguat Teras - Agroforestry - S P A	- Teras Guludan - Teras Kredit - Grass Barrier - Ship Cropping - Agroforestry - S P A	- Cover Crop - Teras Datar - SPA	
					40 - 100
					25 - 40
					15 - 25
					8 - 15
					0 - 8

Gambar 11 Pengaturan bentuk lereng dan perlakuan reklamasi

Nilai C merupakan faktor manajemen vegetasi pada suatu lahan. Faktor ini digunakan untuk menentukan efektifitas dari sistem manajemen tanaman dan tanah dalam rangka mencegah terjadinya erosi. Faktor C diperoleh dengan mengalikan nilai dari jenis tanaman dan nilai dari metode pengelolaan tanaman. Faktor P adalah faktor pendukung, faktor ini memperhitungkan tindakan-tindakan khusus konservasi tanah dalam mencegah erosi, faktor P juga ditentukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Berdasarkan metode perhitungan USLE (Universal Soil Loss Equation) terdapat lima (5) faktor yang mempengaruhi jumlah erosi setiap tahun yaitu *Rainfall and runoff factor* (R), *soil erodibility* (K), *slope length-gradient factor* (LS), *crop/vegetation and management factor* (C) dan *support practice factor* (P). Jumlah erosi biasanya dinyatakan dalam satuan ton per hektar per tahun, yang kemudian akan dibandingkan dengan laju erosi yang masih dapat ditoleransi perhatikan persamaan 1.

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Indeks Bahaya Erosi (IBE) digunakan sebagai dasar penilaian dari erosi yang terjadi. IBE diketahui dari besar erosi yang terjadi pada setiap lahan kemudian dibagi dengan nilai toleransi setiap lahan. Perhatikan persamaan 2 (Anggraini, 2019).

$$IBE = A/TSL \quad (2)$$

Keterangan :

IBE = indeks bahaya erosi

A = laju erosi tanah (ton/ha/th)

TSL = *tolerable soil loss* (laju erosi yang dapat ditoleransi) (ton/ha/th)

berdasarkan dari perhitungan tersebut tingkat bahaya suatu erosi dapat ditentukan, apabila nilai IBE $\leq 1,0$ maka diklasifikasikan tingkat bahaya rendah, apabila nilai IBE 1,0 – 4,0 maka diklasifikasikan sedang, apabila nilai IBE 4,0 – 10,0 diklasifikasikan tinggi, dan apabila nilai IBE $> 10,1$ maka diklasifikasikan sebagai tingkat bahaya sangat tinggi (Banuwa, 2013). Perhatikan tabel 2 kriteria erosi berdasarkan jumlah erosi per ton/h/tahun dan solum tanahnya.

Tabel 2 Nilai laju erosi tanah

Solum tanah (cm)	Kelas Bahaya Erosi				
	I	II	III	IV	V
	Erosi (ton/ha/tahun)				
	<15	15-60	60-180	180-480	>480
Dalam (>90)	Sangat Ringan	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
Sedang (60-90)	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat	Sangat Berat
Dangkal (30-60)	Sedang	Berat	Sangat Berat	Sangat Berat	Sangat Berat
Sangat dangkal (<30)	Berat	Sangat Berat	Sangat Berat	Sangat Berat	Sangat Berat

Sumber : Permenhut No. P32/Menhut-II/2009

Bahaya erosi memiliki batas tertentu yang dapat ditoleransi (*tolerable soil loss*). Batas toleransi ini setara dengan kedalaman efektif lapisan tanah dan laju permeabilitas yang terkait dengan kemampuan tanah agar dapat ditembus akar tumbuhan dan tumbuh dengan baik. Namun jika erosi terjadi secara berlebihan dapat menimbulkan efek negatif. Oleh karena itu perlu adanya pengklasifikasian nilai laju erosi sehingga memudahkan dalam penanganan lahan.

Hammer (1981) mengusulkan perhitungan TSL berdasarkan atas kedalaman ekivalen tanah dan jangka waktu kelestarian sumber daya tanah (*resource life*) yang diharapkan dengan persamaan 3.

$$TSL = \frac{\text{Kedalaman Ekivalen Tanah}}{\text{Kelestarian Tanah}} \quad (3)$$

Kedalaman ekivalen tanah adalah kedalaman tanah yang setelah mengalami erosi produktivitasnya berkurang dengan 60% dari produktivitas tanah yang tidak tererosi. Kedalaman ekivalen tanah didapat dengan mengalikan kedalaman tanah (mm) dengan faktor kedalaman tanah (0.8). Faktor kedalaman tanah ditentukan berdasarkan atas besarnya dan kecepatan penurunan produktivitas tanah (*deterioration quality*), baik yang disebabkan oleh kemerosotan sifat fisik maupun sifat kimia tanah.

Dalam erosi yang diperbolehkan, perlu ditentukan terlebih dahulu jangka waktu kelestarian tanah (*soil resource life*) yang diharapkan. Jangka waktu kelestarian tanah adalah lamanya waktu yang ditentukan dimana erosi hanya mengikis tanah sampai kedalaman yang telah ditetapkan, sehingga kedalaman tanah yang tersisa tetap produktif. Makin lama jangka waktu kelestarian yang diharapkan, berarti makin sedikit jumlah erosi yang diperbolehkan setiap tahun.

Berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Hammer (1981) tanah dengan faktor kedalaman 1 (tingkat kemerosotan produktifitas kecil) seluruh kedalaman efektif tanah akan terkikis habis dalam jangka waktu kelestarian tanah yang ditentukan, apabila pembentukan tanah baru tidak diperhitungkan. Kedalaman efektif tanah adalah kedalaman tanah yang masih dapat ditembus akar tanaman. Kedalaman efektif dapat ditentukan di lapangan dengan cara mengamati penyebaran akar tanaman baik akar halus maupun akar kasar, serta dalamnya akar-akar tersebut. Arsyad (2010) menyatakan bahwa di Indonesia pada daerah-daerah

yang masa tumbuhnya lebih dari 270 hari kecepatan pembentukan tanah dapat mencapai lebih dari 2 mm per tahun.

Mempertimbangkan laju pembentukan tanah, kedalaman minimum (kedalaman yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh), kedalaman ekuivalen dan umur guna tanah (untuk pelestarian 400 tahun), Zulkarnain (2012) mengutip persamaan yang dikemukakan oleh Wood dan Dent (1983) yaitu sebagai berikut:

$$TSL = \frac{D_e - D_{min}}{RL} + LPT \quad (4)$$

Keterangan :

D_e = Kedalaman ekuivalen

= Kedalaman efektif tanah (D_{ef}) (mm) x faktor kedalaman tanah (D_f)

D_{min} = Kedalaman tanah minimum (mm)

RL = *Resource life* (tahun)

LPT = Laju pembentukan tanah (mm/tahun)

Hasil perhitungan TSL lebih lengkap kemudian dikemukakan oleh Hammer (1981) akan dikalikan dengan bobot isi tanah, terlihat pada persamaan 5:

$$TSL = \left(\frac{D_e - D_{min}}{RL} + LPT \right) \times BI \times 10 \quad (5)$$

Keterangan :

BI = Bobot isi tanah (g/cm^3)

TSL = Besarnya erosi yang dapat ditoleransi (ton/ha/thn)