

PENINGKATAN EROSI TANAH PADA LERENG TIMBUNAN OVERBURDEN AKIBAT KEGIATAN PENAMBANGAN DI DAERAH CLERENG, PENGASIH, KABUPATEN KULON PROGO

Ag. Isjudarto

Jurusan Teknik Pertambangan STTNAS

Isjudarto0911@gmail.com

Industri pertambangan membawa dampak positif dan negatif bagi masyarakat maupun pemerintah daerah serta negara. Kegiatan pertambangan yang dilakukan secara terbuka (*opened mining*) meninggalkan lubang-lubang besar di permukaan bumi, kerusakan tanah, erosi dan sedimentasi serta kekeringan. Kegiatan pertambangan salah satunya menumpuk tanah hasil pembongkaran pada disposal area. Disposal merupakan area terbuka yang rawan terhadap erosi dan jika terjadi hujan yang cukup deras, pasti tanah tersebut dapat dengan mudah terkikis oleh tetesan air hujan sehingga tanah yang semula sudah rusak akan tererosi dan berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Di daerah Clereng, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo banyak dijumpai kegiatan penambangan batu andesit untuk keperluan industri. Berdasarkan persamaan Universal Soil Loss Equation (USLE) diperoleh dugaan erosi yang terjadi di lokasi timbunan tanah penutup (*overburden*) adalah 32.139,49 ton/ha/tahun pada timbunan OB.

Kata kunci : penambangan, timbunan, overburden, erosi,

Pendahuluan

Kegiatan penambangan dapat membawa dampak positif maupun negatif dalam pelaksanaannya. Dampak positif dan negatif kegiatan ini perlu dikaji terus untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, serta mengurangi efek negatif yang ditimbulkan oleh kegiatan ini.

Identifikasi terhadap areal yang diperkirakan rawan akan terjadinya erosi dan sedimentasi sangatlah perlu, seperti lokasi penimbunan tanah pucuk, lokasi penimbunan tanah penutup, lokasi yang memiliki tanah labil/tidak kompak, topografi yang curam, selokan dan lain-lain. Secara umum erosi adalah proses terlepasnya butiran tanah atau batuan dari induknya di suatu tempat dan mengalami transportasi oleh air maupun angin. Karena erosi lebih banyak disebabkan oleh air maka erosi banyak terjadi di daerah basah yang memiliki curah hujan yang relatif tinggi.

Kerusakan akibat kegiatan pertambangan adalah berubah atau hilangnya bentuk permukaan bumi (*landscape*), terutama pertambangan yang dilakukan secara terbuka (*opened mining*) meninggalkan lubang-lubang besar di permukaan bumi, kerusakan tanah, erosi dan sedimentasi serta kekeringan. Di daerah Clereng dan sekitarnya, Kecamatan Pengasih Kabupaten Kulon Progo banyak terdapat kegiatan pertambangan bahan galian industri terutama bahan galian andesit. Dampak negatif akibat kegiatan ini juga banyak. Salah satunya adalah peningkatan erosi pada tanah penutup. Kegiatan pertambangan menghasilkan *overburden* berupa tumpukan tanah penutup yang ditempatkan pada lokasi-lokasi tertentu. Dalam tulisan ini penulis akan membahas

seberapa besar erosi yang terjadi pada timbunan tanah penutup (*overburden*) daerah Clereng, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta

Erosi adalah suatu peristiwa hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain, baik disebabkan oleh pergerakan air, angin dan/atau es. Erosi terdiri dari tiga proses yakni; *detachment* (pelepasan partikel-partikel tanah), *Transportation* (penghanyutan partikel-partikel tanah) dan *deposition* (pengendapan partikel tanah yang telah dihanyutkan). *Detachment* terjadi sebagai akibat timpaan titik-titik curah hujan yang menimpa permukaan tanah. Iklim, tanah, topografi, waktu dan pendayagunaan tanah oleh manusia merupakan faktor-faktor utama yang mempengaruhinya (Foster and Meyer, 1973).

Erosi pada umumnya terjadi akibat air hujan yang jatuh di permukaan tanah menyebabkan tanah terciprat, lepas dari ikatan remahnya menjadi butiran halus (*splash erosion*) dimana tanah dibawahnya menjadi padat sehingga daya resap menjadi kurang dan akhirnya ketika musim hujan air hujan hanya sedikit yang diresapkan dan sebagian besar mengalir di permukaan hanyut dan akan terus berlanjut ke tempat akhir (sungai).

Erosi terjadi karena desakan-desakan atau kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alamiah maupun sebagai tindakan/perbuatan manusia. Pada dasarnya terdapat dua macam erosi yaitu erosi geologi atau erosi normal dan erosi yang dipercepat. Erosi normal (*geological erosion*) juga disebut erosi alami yaitu erosi yang berlangsung secara alamiah dan terjadi secara normal di lapangan melalui tahapan seperti; pemecahan agregat tanah

atau bongkahan tanah kedalam partikel tanah menjadi butiran tanah yang kecil, pemindahan partikel baik melalui penghanyutan maupun karena kekuatan angin dan pengendapan partikel tanah yang terpindahkan ke tempat yang lebih rendah. Erosi secara alamiah tidak menimbulkan masalah yang cukup serius karena partikel-partikel tanah yang terangkut seimbang dengan banyaknya tanah yang terbentuk ditempat yang lebih rendah. Erosi dipercepat (*accelerated erosion*) adalah proses terjadinya erosi akibat tindakan/perbuatan manusia yang bersifat negatif atau melakukan kesalahan dalam pengelolaan lahan. Erosi ini sangat merugikan karena bagian-bagian tanah yang terhanyutkan jauh lebih besar dibandingkan dengan pembentukan tanah yang terjadi. Penipisan tanah akan terus berlanjut bila tidak segera diatasi (Sukartaatmadja, 2004).

Erosi sebenarnya merupakan proses alami yang mudah dikenali, namun apabila tidak dikelola dengan baik maka erosi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan disekitarnya. Alih fungsi hutan menjadi areal penambangan dapat meningkatkan erosi, karena struktur akar tanaman hutan yang kuat mengikat tanah digantikan dengan struktur tanah yang rusak akibat aktifitas penambangan. Dampak erosi dapat di bedakan menjadi dampak erosi langsung dan tak langsung. Dampak langsung diantaranya adalah kehilangan tanah untuk keperluan backfilling dan reklamasi, penurunan daya dukung tanah dan potensi terjadinya longsor, Penurunan kapasitas infiltrasi tanah, Memburuknya kualitas air dan menghilangnya mata air. Sedangkan dampak tidak langsung adanya biaya upaya konservasi untuk mengurangi dampak erosi, meningkatnya biaya pengerukan saluran air dan sungai, pelumpuran dan pendangkalan saluran air dan sungai (Sedimentasi).

Beberapa metode digunakan untuk memperkirakan besarnya erosi permukaan, salah satunya adalah metode Universal Soil Loss Equation (USLE) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (1978) adalah metode yang paling umum digunakan untuk memperkirakan besarnya erosi.

Universal Soil Loss Equation (USLE) adalah model erosi yang dirancang untuk memprediksi rata-rata erosi tanah dalam jangka waktu panjang dari suatu areal. Metode ini hanya dapat memprediksi besarnya erosi, tetapi tidak dapat memprediksi pengendapan dan tidak memperhitungkan sedimentasi hasil dari erosi. Untuk menentukan besarnya erosi digunakan rumus (Supirin, 2002) :

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Keterangan :

A = Besarnya erosi yang diperkirakan (ton/ha/tahun)

R = Faktor erosivitas hujan (Kj/ha/tahun)

K = Faktor erodibilitas tanah (ton/Kj)

LS = Faktor panjang dan kemiringan lereng (m dan %)

C = Faktor tanaman penutup lahan dan manajemen tanaman

P = Faktor tindakan konservasi praktis

Lenvain (dalam Supirin, 2002) mendapatkan hubungan antara EI_{30} dengan curah hujan bulanan (R) sebagai berikut :

$$EI_{30} = R = 2,21 H^{1,36}$$

Keterangan :

R = Faktor erosivitas hujan (Kj/ha)

H = Curah hujan rata-rata bulanan (mm)

2,21 = Tetapan untuk energi hujan (Kj/ha-mm)

Nilai K dapat ditentukan dengan salah satu cara mengetahui jenis tanah terlebih dahulu (Arsyad, 2000).

Nilai L dihitung dengan persamaan yang disampaikan oleh Wischmeier dan Smith (1978) berikut:

$$L = (Lo/22,1)^{0,5}$$

Keterangan :

Lo = Panjang kemiringan lereng timbunan (m)

2,21 = Panjang lereng baku (m)

Faktor tanaman penutup (C) merupakan rasio dari tanah yang hilang pada tanaman tertentu dengan tanah gundul (tanpa adanya tanaman). Pada Tanah gundul nilai C = 1.

Nilai faktor praktik konservasi tanah (P) adalah nisbah antara besarnya erosi dari lahan dengan suatu upaya konservasi tertentu terhadap besarnya erosi pada lahan tanpa upaya konservasi, (Supirin, 2002). Nilai P = 1 yang diberikan pada lahan yang tidak ada upaya pengendalian erosi.

Metoda Penelitian

Metoda penelitian dilakukan dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diambil dari pengamatan dan pengukuran di lapangan. Pengamatan lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual di lapangan meliputi observasi lapangan dengan melakukan pengamatan secara langsung dilapangan mengenai apa yang akan dibahas dan mencari informasi-informasi pendukung yang berkaitan dengan masalah. Seperti kegiatan penimbunan, sarana pengendali erosi, kondisi tempat penimbunan. Data sekunder merupakan data pendukung dari data primer. Data sekunder didapat dari instansi pemerintah maupun swasta, yaitu peta Lokasi, jenis Tanah dan analisa Laboratorium, data curah hujan, geometri disposal.

Setelah semua data diperoleh baik dari hasil pengamatan di lapangan, data primer dan data sekunder, maka data kemudian diolah dengan menggunakan persamaan Universal Soil Loss

Equation (USLE), untuk memprediksi erosi potensial di lokasi penelitian

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Erosi

| No | Tingkat Erosi (ton/ha/th) | Kelas Erosi |
|----|---------------------------|--------------|
| 1. | <15 | Normal |
| 2. | 15-60 | Ringan |
| 3. | 60-180 | Moderat |
| 4. | 180-480 | Berat |
| 5. | >480 | Sangat berat |

(Sumber : Keputusan Ditjen Reboisasi dan Rehabilitasi Departemen Kehutanan No. 041/Kpts/V/1998)

Hasil Penelitian

Penetapan erosi potensial pada timbunan tanah penutup yang dipilih untuk dijadikan sampel penelitian yang dilakukan adalah dengan pendekatan/metode Universal Soil Loss Equation (USLE). Masing-masing faktor dalam metode tersebut akan ditentukan nilainya berdasarkan rumus dan data yang diperoleh di lapangan serta data pendukung lainnya. Faktor-faktor erosi yang dimaksud di sini adalah faktor pendukung yang dipakai dalam pendugaan erosi dengan menggunakan rumus Universal Soil Loss Equation (USLE) tahun 1978. (Supirin, 2002)

- Faktor Erosivitas Hujan (R)

Curah hujan mempunyai peranan yang cukup tinggi terhadap erosi tanah yang terjadi. Pada daerah yang terbuka, erosivitas hujan yang tinggi sangat berpengaruh terhadap besarnya erosi. Curah hujan yang cukup tinggi di lokasi penambangan merupakan salah satu faktor penyebab tingginya dugaan erosi yang terjadi. Bahkan pada tahun ini diperkirakan daerah tersebut tetap akan terjadi hujan walaupun pada musim kemarau. Dengan adanya curah hujan yang tinggi maka nilai erosivitas hujan juga menjadi tinggi, sehingga berpengaruh terhadap tingkat bahaya erosi yang terjadi.

Berdasarkan data curah hujan di atas maka nilai erosivitas hujan (R) dapat dihitung sebagai berikut :

Curah hujan (H) = 663,78 mm/bulan

Nilai R = $2,21 H^{1,36} = 2,21 \text{ KJ/ha-mm (663,78 mm/bulan)}^{1,36}$

= 15.217,56 KJ/ha/bulan

= 182.610,73 KJ/ha/tahun

- Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor penting yang mempengaruhi kepekaan tanah terhadap erosi adalah sifat fisik tanah. Sifat fisik tanah yang berpengaruh terhadap kepekaan erosi dan limpasan permukaan adalah tekstur, struktur, kandungan bahan organik, konsistensi, kapasitas infiltrasi dan kadar air tanah. Namun pada kegiatan di

lapangan hanya beberapa sifat tanah saja yang diperhatikan yaitu tekstur, struktur dan konsistensi.

Berdasarkan pengamatan lapangan dan berdasarkan ciri-ciri fisik tanah di lapangan maka tanah pada lokasi penelitian adalah jenis tanah pedsolik merah kuning (PMK) yang terdiri dari siltstone, sandstone, siltstone, tanah tersebut memiliki tekstur lempung berpasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, warna merah hingga kuning dan jenis tanah tersebut sangat peka/rawan terhadap erosi.

Nilai K dapat ditentukan dengan mengetahui jenis tanah yang yang tersebut di lokasi pertambangan. Nilai erodibilitas tanah pada lokasi pengamatan yaitu 0,32. Tanah yang erodibilitasnya tinggi akan rentan terkena erosi, dibandingkan tanah yang erodibilitasnya rendah.

- Faktor Panjang Dan Kemiringan Lereng Timbunan (LS)

Nilai LS dihitung dengan melihat panjang dan kelerengan timbunan. Perhitungan nilai LS adalah :

1. Lokasi : timbunan over burden

- Tinggi lereng : 10 m

- Panjang lereng : 19,98 m

- Panjang datar : 17,32 m

- Kemiringan 57,73 % = 30°

- Faktor kemiringan lereng (S) = (tinggi/panjang datar) x 100

- = $10 / 17,32 \times 100 = 57,73 \%$

- Atau Faktor kemiringan lereng (S) = $\tan 30^\circ \times 100\% = 57,73\%$

- Lo = panjang kemiringan lereng timbunan (m)

- L = $(19,98 \text{ m} / 22,1 \text{ m}) 0,5$

- LS = $0,95 \times 57,73 \% = 0,55$

- Faktor Tanaman Penutup Lahan atau Manajemen Tanaman (C)

Penentuan indeks pengelolaan ditentukan dari data yang langsung diperoleh di lapangan. Berdasarkan hasil dari pengamatan lapangan, timbunan tanah penutup merupakan tanah terbuka tanpa ada tanaman penutup. Untuk nilai faktor C pada timbunan tanah penutup karena tidak ada tumbuhan penutup maka nilainya = 1

- Faktor Konservasi Lahan Praktis (P)

Penentuan indek konservasi tanah ditentukan dari interpretasi jenis tanaman di lahan yang dievaluasi dengan tidak konservasi serta pengecekan di lapangan. Berdasarkan hasil pengecekan lapangan terhadap timbunan tanah penutup tidak ada dilakukan tindakan konservasi tanah yang bertujuan agar lapisan tanah yang hilang akibat erosi dapat dikurangi. Tanah penutup hanya dibiarkan begitu saja pada disposal. Untuk nilai faktor P pada timbunan tanah penutup karena belum ada konservasi pada timbunan tersebut maka diberi nilai 1.

- Perhitungan Erosi

perhitungan besarnya erosi yang terjadi di lokasi timbunan tanah penutup dapat ditentukan besarnya prediksi erosi yang sedang terjadi pada timbunan tanah penutup (overburden) tersebut. Berdasarkan data-data primer dan sekunder, maka didapat nilai-nilai untuk tiap-tiap faktor dan besarnya potensi erosi yang terjadi di tempat penelitian adalah sebagai berikut

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$= 182.610,73 \times 0,32 \times 0,55 \times 1 \times 1 \text{ ton/ha/tahun}$$

$$= 32.139,49 \text{ ton/ha/tahun}$$

Pembahasan

Perhitungan dengan metode Universal Soil Loss Equation (USLE) sebagaimana tersebut di atas telah memperlihatkan dengan jelas besarnya dugaan erosi yang terjadi. Dampak yang ditimbulkan dengan adanya dugaan erosi di lokasi penambangan antara lain sebagai berikut :

- Kehilangan Tanah untuk Keperluan Backfilling dan Reklamasi

Untuk mengurangi kehilangan tanah akibat erosi pada timbunan, maka timbunan tanah penutup hendaknya dibuat teras dan diberi lapisan top soil (diambil dari top soil bank) setebal sekitar (5 – 100) cm dan kemudian di tanami tanaman penutup.

- Penurunan Daya Dukung Tanah dan Potensi

Terjadinya Longsor

Lereng timbunan yang curam dan hujan berintensitas tinggi, kepekaan tanah terhadap erosi merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi kemerosotan daya dukung tanah. Akibat lanjut dari kemerosotan daya dukung tanah adalah longsor. Timbunan tanah penutup dengan tingkat erosi yang sangat berat, begitu membahayakan karena menyebabkan sebagian tanah yang berada di sekitarnya, terutama yang berada di bagian atas karena pengikisan yang terus menerus oleh air dan tanah tidak dapat menampung air maka timbunan akan mengalami longsor. Penanganan terhadap kemerosotan daya dukung tanah dan potensi longsor adalah dengan pembuatan teras dan penanaman tanaman penutup tanah yang cepat tumbuh seperti cover crop.

- Penurunan Kapasitas Infiltrasi Tanah

Rusaknya struktur tanah oleh erosi akan menyebabkan rusaknya pori-pori tanah yang berukuran besar atau terjadinya perubahan dari pori yang besar ke pori yang kecil sehingga kapasitas infiltrasi tanah menurun dan hanya sedikit air yang masuk ke dalam tanah. Akibatnya, hujan yang terjatuh selanjutnya akan dengan mudah terakumulasi di permukaan membentuk limpasan permukaan sehingga aliran air permukaan menjadi lancar.

- Memburuknya Kualitas Air dan Menghilangnya Mata Air

Memburuknya kualitas air merupakan salah satu dampak erosi, dimana air menjadi sangat keruh karena partikel-partikel tanah larut dalam air. Dampak erosi yang lain adalah hilangnya mata air yang menyebabkan sungai-sungai kecil menjadi hilang.

- Pelumpuran dan Pendangkalan Saluran Air dan Sungai

Sebagai akibat dari erosi adalah terjadinya sedimentasi pada saluran air dan sungai sungai alami yang berada di sekitar lokasi penambangan. Peningkatan sedimen ini dapat menyebabkan pendangkalan, sehingga pada musim penghujan akan terjadi banjir (sungai) dan terjadi genangan air (saluran air) di areal penambangan.

Selain faktor-faktor erosi di atas ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi laju erosi adalah kondisi kebijakan perusahaan dalam pengelolaan tanah penutup dalam upaya pengendalian erosi dimana:

- a. Belum adanya upaya pengendalian erosi (sarana pengendali erosi).
- b. Belum adanya pengelolaan tanah penutup.
- c. Belum dilaksanakannya kebijakan pengelolaan lingkungan khususnya mengenai erosi dan dampaknya di area penambangan dimana pengelolaan timbunan tanah penutup dalam upaya pengendalian erosi hanya sebatas rencana yang belum direalisasikan.
- d. Kurangnya koordinasi antar tim dalam pelaksanaan tugasnya.
- e. Pelaksanaan monitoring dan evaluasi terhadap dampak erosi belum dilaksanakan.
- f. Keterbatasan sumber daya manusia yang berkualitas dalam bidang pengelolaan lingkungan pertambangan.

Memperhatikan beberapa faktor tersebut di atas, diperlukan adanya suatu perencanaan pengelolaan lingkungan di lokasi penambangan sehingga dapat mencegah dan mengendalikan erosi yang terjadi, yaitu melalui suatu model pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dan pada akhirnya akan meminimalisasi dampak lingkungan fisik dan sosial ekonomi tanpa mengabaikan kesejahteraan masyarakat setempat.

Erosi tidak dapat begitu saja dihilangkan namun dapat dikurangi dengan melakukan upaya konservasi terhadap tanah. Untuk mengurangi tingkat erosi di lokasi penambangan daerah Clereng, ada beberapa usulan strategi yang dapat dilakukan yaitu :

1. Menimbun dan menata tanah penutup dengan geometri yang disesuaikan dengan jenis tanah. Karena jenis tanah adalah jenis tanah yang rawan erosi dan longsong serta merupakan jenis tanah lepas maka tinggi timbunan maksimal 10 m dengan kemiringan > 45°.



Gambar 1. Timbunan Tanah penutup dengan Kemiringan Lereng Timbunan 30°



Gambar 2. Tanah Pedsolik merah kuning

2. Pembuat teras bangku disertai saluran air pada timbunan tanah penutup yang berfungsi untuk memperpendek panjang lereng timbunan, memperbesar resapan air, mengurangi laju aliran permukaan dan mengurangi erosi. Sedangkan saluran air berfungsi untuk mengatur air agar mengalir pada tempat tertentu dan dapat mengurangi erosi. Desain teras serta dimensi saluran air disesuaikan dengan debit air limpasan.

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian Tingkat Erosi pada Timbunan Tanah Penutup (*overburden*) di daerah Clereng, Kecamatan Pengasih, Kabupaten Kulon Progo adalah sebagai berikut :

- a. Berdasarkan persamaan *Universal Soil Loss Equation* (USLE) diperoleh dugaan erosi yang terjadi di lokasi timbunan tanah penutup (*overburden*) adalah 32.139,49 ton/ha/tahun pada timbunan over burden.

- b. Tingkat erosi di lokasi penelitian termasuk sangat berat. Faktor penyebabnya adalah curah hujan yang tinggi, jenis tanah pedsolik merah kuning yang peka terhadap erosi, faktor kemiringan lereng timbunan, tidak adanya vegetasi penutup timbunan tanah, erodibilitas tanah besar dan tidak ada upaya konservasi terhadap timbunan tanah.
- c. Erosi pada timbunan tanah penutup di lokasi menimbulkan dampak terhadap lingkungan yaitu adanya sedimentasi yang berakibat terjadinya pendangkalan sungai dan saluran air, potensi terjadi longsor pada timbunan tanah, terjadinya genangan air di lokasi penambangan karena daya infiltrasi tanah yang berkurang dan hilangnya lapisan tanah penutup.
- d. Faktor lain yang mempengaruhi tingkat erosi adalah kondisi kebijakan perusahaan dalam pengelolaan tanah penutup dalam upaya pengendalian erosi dimana:
- e. Belum adanya upaya pengendalian erosi (sarana pengendali erosi).
- f. Belum adanya pengelolaan tanah penutup.
- g. Belum dilaksanakannya kebijakan pengelolaan lingkungan khususnya mengenai erosi dan dampaknya di area penambangan dimana pengelolaan timbunan tanah penutup dalam upaya pengendalian erosi hanya sebatas rencana yang belum direalisasikan.
- h. Kurangnya koordinasi antar tim dalam pelaksanaan tugasnya.
- i. Pelaksanaan monitoring dan evaluasi terhadap dampak erosi belum dilaksanakan secara rutin dan terpadu.
- j. Keterbatasan sumber daya manusia yang berkualitas dalam bidang pengelolaan lingkungan pertambangan.
- k. Dalam upaya pengendalian erosi di lokasi penelitian, maka diusulkan beberapa strategi penanggulangan erosi seperti memperkecil sudut lereng timbunan, pembuatan teras pada timbunan, penanaman *cover crop* pada timbunan serta pembuatan *sediment pond* dan saluran air disekeliling timbunan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Kopertis Wilayah V Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah berkenan mendanai penelitian yang penulis lakukan

Daftar Pustaka

- Arsyad, S., 2000, Konservasi Tanah dan Air, Pembrit. IPB/IPB-Pro.Cetakan ketiga, Darmagama, Bogor.
- Foster, G.R. dan L.D. Meyer. 1973. Soil Erosion and Sedimentasi by Water and Overview. American Soc Agric, Michigan.
- Morgan, R. P. C., 1988, Soil Erosion and Conservation, Longman Group, Hongkong.
- Rahim, S.E., 2000, Pengendalian Erosi Tanah, Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.
- Sukartaatmadja, S., 2004, Konservasi Tanah dan Air, Laboratorium Teknik Tanah dan Air IPB, Bogor. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/>.
- Supirin, 2002, Pelestarian Sumber daya Tanah dan Air, Andi Offset Yogyakarta.
- Wischmeier, W. H., and D. D., Smith, 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses, A guide to Conservation Planning USDA Handbook, Washington DC.
- http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/ah/36021500USLEDatabase/AH_537.pdf
-,1998, Keputusan Ditjen Reboisasi dan Rehabilitasi Departemen Kehutanan No. 041/Kpts/V/1998.