

PREDIKSI EROSI TANAH DI SUB DAS MIU PADA KAWASAN TAMAN NASIONAL LORE LINDU (TNLL)

Oleh :
Salapu Pagiu *)

ABSTRACT

Soil erosion, one of the major factors causing land degradation, has been increasing every year. It has brought about more critical land, more frequent flood on rainy season and drought on dry season, over accumulation of sedimentation of dams and sea, all of these leading to functional lost of water facility. A research work was conducted from July to October 2002 to measure the level of soil erosion occurred in the enclave of Miu sub-catchment in the area of the Lore Lindu Nasional Park in connection with the different land use system existing. The research results showed that the potential of land degradation was considerable in area where intensive human activities had occurred. These areas encompassed included mixed plantations, shifting cultivation, shrubs and bushes. The levels of soil erosion were in the class III-IV. Attempts to reduce soil erosion rates through vegetative and soil conservation was a success as indicated by the shift of the level of soil erosion to the lowest class.

Key words : Erosion, Lore-Lindu National Park

ABSTRAK

Erosi tanah sebagai salah satu faktor utama penyebab terjadinya degradasi lahan, terus meningkat dari tahun ke tahun yang disertai dengan bertambahnya lahan kritis, banjir di musim hujan, kekeringan di musim kemarau, pendangkalan waduk, laut dan tidak berfungsinya sarana pengairan sebagai akibat sedimentasi yang berlebihan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli sampai bulan Oktober 2002, untuk mengetahui besarnya tingkat bahaya erosi tanah yang terjadi pada daerah Enclave Sub DAS Miu, khususnya pada kawasan Taman Nasional Lore – Lindu (TNLL), berdasarkan pola penggunaan lahan yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi degradasi lahan yang cukup besar terjadi pada kawasan yang telah mendapat campur tangan manusia, seperti pada tipe penggunaan lahan kebun campuran, ladang berpindah (Shifting Cultivation) dan semak belukar dengan kelas bahaya erosi III – V. Upaya penekanan laju erosi melalui penerapan sistem konservasi baik tanah maupun tanaman, terbukti mampu menekan erosi yang terjadi sampai pada tingkat yang tidak membahayakan.

Kata kunci : Erosi dan Taman Nasional Lore Lindu

I. PENDAHULUAN

Di beberapa Negara tropis, erosi tanah tetap meningkat sekalipun diadakan berbagai proyek pengawetan tanah dan air. Kehilangan tanah (Soil loss) lewat peristiwa erosi oleh air merupakan salah satu faktor yang menyebabkan degradasi tanah

di daerah tropik basah. Tanah dan hara yang terangkut keluar lahan seringkali tidak dapat diimbangi oleh proses pembentukan tanah baru serta pelepasan hara lewat pelapukan.

Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) sebagai salah satu kawasan penting bagi dunia, merupakan suatu daerah dengan sifat-sifat unik yang perlu dilindungi baik flora maupun faunanya melalui pendekatan tehnik

*) Staf Pengajar pada Program Studi Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu.

konservasi keanekaragaman hayati dan pengelolaan sumber daya alam secara tepat guna. Lore Lindu yang didominasi oleh bukit dan pegunungan, tingkat kemiringan lereng diatas 6%, intensitas curah hujan yang tinggi dengan jenis tanah mineral, menjadikan kawasan ini rawan terhadap erosi tanah. Hal ini juga disebabkan kurangnya pengawasan dari aparat terkait, mengakibatkan adanya perladangan berpindah, penebangan hutan secara liar, dan pola bertani masyarakat yang kurang tepat sehingga akan mengancam kelestarian sumber daya alam serta memacu terjadinya degradasi lahan oleh proses erosi.

Proses erosi merupakan rangkaian daur yang dilakukan oleh alam dalam rangka membuat keseimbangan di muka bumi (Manik, Kasio, Sutanto dan Affandi;1997). Erosi tanah merupakan suatu proses yang disebabkan gerakan air permukaan atau angin (Kartasapoetra, 1989). Selanjutnya Arsyad (1989) mengatakan, kerusakan yang dialami pada tanah-tanah tererosi, akan mengalami kemunduran sifat kimia dan fisik tanah, seperti kehilangan unsur hara serta menurunnya sifat-sifat fisik yang antara lain menurunnya kapasitas infiltrasi dan kemampuan tanah menahan air menyebabkan memburuknya pertumbuhan tanaman.

Dari uraian tersebut, maka perlu dilakukan suatu prediksi mengenai besarnya erosi yang terjadi pada kawasan Taman Nasional Lore Lindu khususnya di Sub DAS Miu dalam rangka mengendalikan erosi sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan berbagai dampak yang merugikan.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi besarnya erosi yang terjadi pada Taman Nasional Lore

Lindu (TNLL) khususnya di Sub DAS Miu. Kegunaannya adalah sebagai dasar dan acuan dalam menentukan potensi erosi pada suatu wilayah Sub DAS yang kemudian menjadi dasar dalam menentukan rencana kegiatan rehabilitasi lahan dan konservasi tanah yang akan diterapkan di wilayah Sub DAS tersebut.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Oktober 2002 di Taman Nasional Lore Lindu (TNLL), khususnya Sub DAS Miu, Kecamatan Kulawi Kabupaten Donggala.

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain Haga meter, Kompas, Mistar, Cangkul, Sekop, Pisau Cutter, Karet ikat, Label, Ring sampel, Kantong plastik, Calculator, Kamera, Alat tulis menulis dan Alat-alat Laboratorium.

Penelitian ini menggunakan metode survei lapangan dengan mengoverley Peta-peta Land System, Land Use, Topografi dan Peta Administrasi untuk pembuatan Peta unit Lahan.. Pendugaan besarnya erosi dihitung berdasarkan rumus USLE (The Universal Soil Loss Equation) yang dikemukakan Wischmeier dan Smith (1978).

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

Dalam penggunaan rumus ini, untuk masing-masing faktor dihitung dengan menggunakan pedoman penilaian yang ada. Selain keenam peubah tersebut dilakukan pula analisis tekstur tanah, persentase kandungan bahan organik tanah, struktur tanah dan permeabilitas tanah.

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam tiga tahap, meliputi tahap persiapan, tahap pengamatan tanah dan kondisi dilapangan, analisis laboratorium serta tahap pengolahan data. Dalam kegiatan penelitian ini komponen yang terpenting adalah tahap pengolahan data yang diolah dengan metode USLE meliputi :

1. Erosivitas Hujan (R)

Besarnya Erosivitas hujan dihitung dengan menggunakan data curah hujan bulanan selama 15 tahun. Untuk penetapan nilai erosivitas hujan menggunakan persamaan Bols (1978) dalam Aryad (1989), dengan rumus :

$$EI_{30}=6,119(CH)^{1,21}(HH)^{-0,47}(CH\ Max)^{0,53}$$

Dimana: EI_{30} adalah indeks erosivitas hujan bulanan, CH adalah curah hujan rata bulanan dalam cm, HH adalah jumlah hari hujan rata-rata perbulan, dan CH Max adalah curah hujan maksimum selama 24 jam dalam bulan bersangkutan.

2. Erodibilitas Tanah (K)

$$100K=1,292(1,2M^{1,14})(10^{-4})(12-a)+3,25(b-2)+2,5(c-3)$$

Dimana :K= Nilai erodibilitas tanah,M = (% debu + % pasir halus) x (100 - % liat). a= Persentase bahan organik; b= Kode struktur tanah;c= Kode permeabilitas tanah.

3. Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng (LS).

Untuk menentukan nilai faktor LS digunakan persamaan :

$$LS = \sqrt{L} (0,0138 + 0,00965 S + 0,00138 S^2)$$

Dimana : L = Panjang lereng (m);S= % Kemiringan lereng (Morgan, 1979).

4. Faktor Vegetasi (C)

Nilai faktor ini ditentukan dari hasil pengamatan lapangan yang berdasarkan nilai faktor (C).

5. Faktor tindakan konservasi tanah (P)

Ditentukan berdasarkan tindakan konservasi dan pengelolaan tanah di lapangan yang berpedoman pada nilai faktor (P).

6. Erosi yang masih dapat dibiarkan (T)
Dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T = \frac{ESD}{RL} \times BD \times 10$$

Dimana : T = Erosi yang masih dapat dibiarkan (T) dalam ton/ha/thn ESD = Kedalam equivalent yaitu hasil kali kedalaman efektif dengan nilai faktor kedalaman (nilai faktor kedalaman=1,00) RL = Umur guna tanah (400 tahun) BD = Bulk Density (gr/cc).

7. Indeks Bahaya Erosi (IBE)

$$IBE = \frac{EP}{ET}$$

Dimana : IBE = Indeks Bahaya Erosi (ton/ha/thn), EP = Erosi Potensial (ton/ha/thn) dan ET = Erosi yang masih dapat dibiarkan (ton/ha/thn).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Nilai Faktor Erosivitas Hujan (R)

Hasil nilai erosi untuk masing-masing Erosivitas Hujan (R) = 1321,50, Erodibilitas tanah (K) = 0,22 sampai 0,36, Panjang Kemiringan Lereng (LS) = 0,14 sampai 0,36, Pengelolaan tanaman (C) untuk setiap jenis tanaman yakni Ladang berpindah = 0,95, Semak belukar = 0,3, Kebun campuran = 0,3, Hutan dataran rendah = 0,005 dan Hutan dataran tinggi = 0,001 dan tindakan Konservasi (P) = 1,00.

3.1.2 Erosi yang Masih Dapat Dibiarkan (T)

Besarnya nilai erosi yang dapat dibiarkan (T) didasarkan pada pengamatan lapangan terhadap kedalaman efektif tanah, analisis Berat Jenis Isi (BJI) atau Bulk Density tanah dan jenis sub order tanah Udoll (USDA Soil Taxonomy, 1975) dengan nilai factor kedalaman 1,00 .

Secara keseluruhan semua satuan unit lahan termasuk tanah

dalam yaitu berkisar antara 850 mm pada unit lahan III, 900 mm pada unit lahan II sampai 1500 mm pada unit lahan I dan IV. Umur guna tanah ditetapkan 400 tahun (waktu yang cukup untuk kelestarian tanah). Analisa erosi yang masih dapat dibiarkan (T) berkisar antara 19,35 ton/ha/th pada satuan unit lahan II dan 46,88 ton/ha/th pada satuan unit lahan IV.

Tabel 1. Analisis Nilai Faktor Erosi dan Pendugaan Besar Erosi

Lahan (Kode)	Unit lahan	Luas (Ha)	R	K	LS	Erosi (EP) (ton/ha/thn)	C	P	Erosi (A) (ton/ha/thn)	Harkat
SPL I	A KC	61	1321,50	0,28	0,33	120,63	0,3	1,0	36,19	Rendah
	B LD	93	1321,50	0,28	0,16	58,46	0,95	1,0	55,54	Rendah
	C HDR	286	1321,50	0,28	0,18	66,23	0,005	1,0	0,33	Sangat Rendah
	D HDT	132	1321,50	0,28	0,19	69,93	0,001	1,0	0,07	Sangat Rendah
SPL II	A HDR	368	1321,50	0,22	0,23	65,41	0,005	1,0	0,33	Sangat Rendah
	B HDT	547	1321,50	0,22	0,17	49,42	0,001	1,0	0,05	Sangat Rendah
SPL III	A BL	98	1321,50	0,28	0,16	58,83	0,3	1,0	17,65	Rendah
	B HDR	1356	1321,50	0,28	0,15	54,76	0,005	1,0	0,27	Sangat Rendah
	C HDT	479	1321,50	0,28	0,14	53,28	0,001	1,0	0,05	Sangat Rendah
SPL IV	A LD	52	1321,50	0,36	0,14	67,56	0,95	1,0	64,18	Sedang
	B BL	80	1321,50	0,36	0,27	127,50	0,3	1,0	38,25	Rendah
	C KC	305	1321,50	0,36	0,18	87,06	0,3	1,0	26,12	Rendah
	D HDR	1914	1321,50	0,36	0,21	101,33	0,005	1,0	0,51	Sangat Rendah
	E HDT	180	1321,50	0,36	0,36	172,22	0,001	1,0	0,17	Sangat Rendah
JUMLAH		5951								

Tabel 2. Indeks Laju Erosi yang Masih Dapat Dibiarkan (T).

Variabel	Unit Lahan			
	I	II	III	IV
Kedalaman efektif (mm)	1500	900	850	1500
Sub Order	Udoll	Udoll	Udoll	Udoll
Nilai faktor	1,00	1,00	1,00	1,00
Kedalaman Equivalen(mm)	1500	900	850	1500
Umur guna tanah (thn)	400	400	400	400
Erosi (T) mm / thn	3,75	2,28	2,125	3,75
Bulk Density(gr/cc)	1,23	1,06	1,03	1,25
Erosi (T) ton/ha/thn	46,13	19,35	19,76	46,88

3.1.3 Erosi

Hasil prediksi besarnya Erosi pada Sub DAS Miu meliputi Erosi Potensial (EP) berkisar antara 53,28 ton/ha/th pada satuan unit lahan IIC sampai 172,22 ton/ha/th pada satuan unit lahan IVE dan Erosi Aktual (EA) berkisar antara 0,05 ton/ha/th dengan harkat sangat ringan pada satuan unit lahan IIB sampai 64,18 ton/ha/th dengan harkat ringan pada satuan unit lahan IVA.

3.1.4 Indeks Bahaya Erosi

Hasil analisis nilai Indeks Bahaya Erosi (IBE), menunjukkan bahwa untuk unit lahan I D mempunyai indeks 1,16 dengan harkat sedang sampai dengan 3,67 untuk unit lahan IV E dengan harkat sedang, sebagaimana terlihat pada Tabel 3.

3.1.5 Penurunan Laju Erosi Melalui Perubahan Nilai C.P

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa pola tanam masih dapat dipertahankan, tetapi harus dilakukan konservasi sehingga laju erosi yang terjadi dapat ditekan. Untuk Nilai CP diubah dari kisaran < 0,272 masing-masing pada satuan unit lahan IB dan IVA.pada Tabel 4.

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa pola tanam masih dapat dipertahankan, tetapi harus dilakukan konservasi sehingga laju erosi yang terjadi dapat ditekan. Untuk Nilai CP diubah dari kisaran < 0,272 masing-masing pada satuan unit lahan IB dan IVA.

Pada satuan unit lahan IVA dimana erosi actual yang terjadi 64,18 ton/ha/th dengan harkat sedang, dapat ditekan menjadi 0,54 ton/ha/th dengan perubahan nilai CP < 0,272.

3.2 Pembahasan

Nilai Perhitungan nilai faktor erosi, dimana untuk erosivitas hujan (R) sebesar 1321,50, termasuk kedalam klasifikasi hujan lebat (Kohnke dan Bertrand, 1959 dalam Arsyad, 1989).Erodibilitas tanah (K) pada satuan unit lahan I yaitu 0,22 dengan kriteria sedang dan tertinggi pada satuan unit lahan IV yaitu 0,36 dengan criteria agak tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan pasir yang tinggi dan kedalaman efektif tanah, debu dan liat yang rendah, kandungan bahan organik yang tinggi, struktur tanah yang baik dan tingkat infiltrasi yang tinggi.

Tabel 3. Indeks Bahaya Erosi (IBE)

Unit Lahan	Erosi (T) (ton/ha/thn)	Erosi (EP) (ton/ha/thn)	CP	Indeks Bahaya Erosi (IBE)	Harkat	
I	A	46,13	120,63	<0,382	2,62	Sedang
	B	46,13	58,46	<0,789	1,67	Sedang
	C	46,13	66,23	<0,697	1,44	Sedang
	D	46,13	69,93	<0,660	1,16	Sedang
II	A	19,35	65,41	<0,296	3,38	Sedang
	B	19,35	49,42	<0,392	2,55	Sedang
III	A	19,76	58,83	<0,336	2,98	Sedang
	B	19,76	54,76	<0,361	2,77	Sedang
	C	19,76	53,28	<0,371	2,70	Sedang
IV	A	46,88	67,56	<0,694	1,44	Sedang
	B	46,88	127,50	<0,368	2,72	Sedang
	C	46,88	87,06	<0,538	1,86	Sedang
	D	46,88	101,33	<0,463	2,16	Sedang
	E	46,88	172,22	<0,272	3,67	Sedang

Keterangan : T = Erosi yang masih dapat dibiarkan

Kandungan pasir yang tinggi mengakibatkan indeks Erodibilitas tanah kecil. Menurut Utomo (1989), tanah bertekstur kasar mempunyai kapasitas infiltrasi yang tinggi sehingga resisten terhadap erosi. Pasir dengan ukuran yang lebih besar lebih sukar terhanyutkan.

Nilai faktor panjang dan kemiringan lereng (LS) merupakan dua faktor yang saling terkait dalam mempengaruhi besarnya erosi tanah. Peningkatan kecuraman dan panjang lereng akan meningkatkan volume dan kecepatan aliran permukaan tanah sehingga erosi semakin besar.

3.2.1 Erosi yang Masih Dapat Dibiarkan (T)

Kondisi ini terlihat pada satuan unit lahan IV yang memiliki kedalaman efektif sebesar 1500 mm dimana erosi yang masih dapat dibiarkan yaitu 3,75 mm/thn setara dengan 46,88 ton/ha/thn.

Suatu tanah dalam yang bertekstur sedang dengan permeabilitas

sedang dan memiliki bagian bawah yang baik bagi pertumbuhan tanaman, memiliki nilai (T) yang lebih besar dibanding dengan tanah dangkal (Arsyad, 1989).

3.2.2 Erosi

Hasil evaluasi nilai Erosi Potensial (EP) yang diprediksi berkisar antara 49,42 ton/ha/thn pada satuan unit lahan II sampai 172,22 ton/ha/thn pada satuan unit lahan IV. Tingginya erosi potensial yang terjadi disebabkan oleh besarnya nilai K yaitu 0,22 dan 0,36 dan nilai LS yaitu 0,14 dan 0,36.

Besarnya Erosi Aktual (EA), yang terjadi diprediksi berkisar antara 0,05 ton/ha/thn pada satuan unit lahan III sampai 2,04 ton/ha/thn pada satuan unit lahan IV, masing-masing dengan harkat sangat ringan sampai ringan.

Tanah dengan dengan nilai erodibilitas tanah yang tinggi adalah tanah yang peka atau mudah tererosi, sedangkan nilai erodibilitas yang rendah akan resisten terhadap erosi (Sutedjo dan Karta sapoetra, 1991).

Tabel 4. Analisis Pendugaan Besar Erosi Setelah Perubahan Nilai C dan P

Lahan (Kode)	Luas (Ha)	R	K	LS	Erosi (EP) (ton/ha/thn)	C	P	Erosi (A) (ton/ha/thn)	Harkat
SPL I A	61	1321,50	0,28	0,33	120,63	0,3	0,04	1,45	Ringan
B	93	1321,50	0,28	0,16	58,46	0,2	0,04	0,47	Sangat ringan
C	286	1321,50	0,28	0,18	66,23	0,005	1,0	0,33	Ringan
D	132	1321,50	0,28	0,19	69,93	0,001	1,0	0,07	Sangat ringan
SPL II A	368	1321,50	0,22	0,23	65,41	0,005	1,0	0,33	Ringan
B	547	1321,50	0,22	0,17	49,42	0,001	1,0	0,05	Sangat ringan
SPL III A	98	1321,50	0,28	0,16	58,83	0,2	0,04	0,47	Sangat ringan
B	1356	1321,50	0,28	0,15	54,76	0,005	1,0	0,27	Ringan
C	479	1321,50	0,28	0,14	53,28	0,001	1,0	0,05	Sangat ringan
SPL IV A	52	1321,50	0,36	0,14	67,56	0,2	0,04	0,54	Sangat ringan
B	80	1321,50	0,36	0,27	127,50	0,4	0,04	2,04	Ringan
C	305	1321,50	0,36	0,18	87,06	0,3	0,04	1,39	Ringan
D	1914	1321,50	0,36	0,21	101,33	0,005	1,0	0,51	Ringan
E	180	1321,50	0,36	0,36	172,22	0,001	1,0	0,17	Ringan
JUMLAH	5951								

3.2.3 Indeks Bahaya Erosi (IBE)

Nilai indeks bahaya erosi pada daerah penelitian umumnya sedang dengan kisaran nilai 1,16 sampai 3,67. Indeks bahaya erosi yang terbesar terjadi pada satuan unit lahan IV, dimana hal ini disebabkan oleh tingginya perbandingan antara erosi potensial (EP) dan erosi yang masih dapat dibiarkan (T) yaitu 172,22 ton/ha/thn untuk erosi potensial (EP) dan 46,88 ton/ha/thn untuk erosi yang masih dapat dibiarkan (T).

3.2.4 Penurunan Laju Erosi Melalui Perubahan Nilai C dan P

Laju erosi yang terjadi dapat ditekan dengan perubahan nilai CP seperti pada satuan unit lahan IV yang memiliki erosi aktual (EA) sebesar 3,67 ton/ha/thn dengan harkat nilai C dan P sebesar $< 0,272$ menjadi 0,1 sehingga erosi aktual (EA) yang terjadi menjadi sebesar 0,0,17 ton/ha/thn dengan harkat sangat ringan.

Demikian pula pada satuan unit lahan I dimana erosi aktual (EA) yang terjadi sebelumnya yaitu sebesar 0,07 ton/ha/thn dengan kriteria sangat ringan mampu lebih ditekan dengan perubahan nilai CP sebesar $< 0,660$ menjadi 0,30 yaitu penggunaan mulsa pada permukaan sehingga erosi aktual yang terjadi tinggal 0,07 ton/ha/thn dengan kriteria sangat ringan.

Suatu tanah dalam yang bertekstur sedang dengan permeabilitas sedang dan memiliki bagian bawah yang baik bagi pertumbuhan tanaman, memiliki nilai (T) yang lebih besar dibanding dengan tanah dangkal (Arsyad, 1989). Pola pengelolaan lahan dengan system wana tani, strip cropping, persawahan dengan terracing, pembuatan bangunan pengendali erosi (saluran diversifikasi, saluran pembuang air, rora, bangunan terjun, cek dam) merupakan alternatif yang dapat dipertimbangkan

untuk menurunkan energi kinetik limpasan air permukaan pada kawasan enclave sub DAS Miu (Widjajanto, *dkk*; 2001).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

- Besarnya erosi aktual (EA) yang terjadi diprediksikan sudah melampaui batas maksimum erosi yang masih dapat dibiarkan (T) sebesar 46,88 ton/ha/thn masing-masing pada satuan unit lahan IB dan IVA, kecuali pada satuan unit lahan IA, IC, ID, IIA, IIB, IIIA, IIIB, IVB, IV C, IVD dan IVE belum melampaui batas erosi yang masih dapat dibiarkan (T).
- Penurunan laju erosi aktual (EA) akan dapat diminimalkan dengan perubahan nilai faktor C dan P, tetapi untuk pola yang ada masih dapat dipertahankan, sedangkan tindakan konservasinya yaitu perkebunan dengan penutup tanah yang permanen (kerapatan tinggi) dan penggunaan mulsa pada permukaan.
- Indeks bahaya erosi (IBE) nilainya berkisar antara 1,16 sampai 3,67 dengan harkat sedang.
- Penurunan laju erosi dapat ditekan melalui perubahan nilai CP sehingga erosi actual yang terjadi besarnya 0,05 ton/ha/thn dengan harkat sangat ringan sampai 2,04 ton/ha/thn dengan harkat ringan.

4.2 Saran

Prioritas penanganan Sub DAS Miu hendaknya diarahkan pada unit lahan yang memiliki potensi bahaya erosi yang besar, melalui penerapan sistem konservasi tanah dan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad. 1989. *Konservasi tanah dan air*. Institut Pertanian Bogor (IPB Press), Bogor.
- Asdak.C., 1995. *Hidrologi dan pengelolaan daerah aliran sungai*. Gajah Mada University Press., Yogyakarta.
- Hafif, Sudharto.B, dan Suardjo,H., 1998. *Masalah erosi dan penanggulangannya pada usaha tani tanaman pangan lahan kering kritis Yogyakarta*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Kartasapoetra, A.C., 1989. *Kerusakan tanah pertanian dan usaha untuk merehabilitasinya*. Bina Aksara, Jakarta.
- Manik.K.E.S, Kasio.S, Sutanto dan Afandi., 1997. *Perkiraan erosi yang diperbolehkan pada dua jenis tanah di Lampung*. Jurnal Tanah Tropika, Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.
- Morgan., 1979. *Soil erotions and conservation*. United States With John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Paloloang.A.K., 1989. *Pendugaan besarnya erosi pada tanaman cengkeh di desa Malomba*. Fakultas Pertanian Untad, Palu.
- Rachman, Achmad dan Abdurachman.A., 1996. *Erosi dan perubahan sifat tanah dalam sistem pertanaman lorong pada tanah eutropepts*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Somba.B.E dan Rasak.A., 1990. *Dugaan besarnya erosi pada beberapa pola penggunaan lahan yang diusahakan di kebun kopi (Desa Nupa Bomba, Kecamatan Tavaeli)*. Untad, Palu.
- Widjayanto..., dkk. 2001. *Studi air di daerah aliran sungai gumbasa*. Jurnal Argoland. Vol.10 No. 1 Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu.
- Ramlan dan Salapu Pagiu, 2001. *Prediksi erosi pada areal pertanaman di daerah transmigrasi Sidera Kecamatan Sigi Biromaru*. Jurnal Argoland. Vol. 8 No. 3 Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu.