

KAJIAN POTENSI EROSI DI DAERAH TANGKAPAN AIR DANAU LINDU SULAWESI TENGAH

Muh. Fakhru^{*} & Lukman^{*}

ABSTRAK

Daerah tangkapan air Danau Lindu merupakan kawasan konservasi, namun beberapa bagian wilayah ini telah menjadi pemukiman. Kawasan ini memiliki nilai penting sebagai pengatur tataPP air dari Sungai Gumbasa, yang merupakan sumber irigasi pesawahan di Lembah Palu. Perairan danau itu sendiri adalah tempat lahan mencari nafkah penduduk di sekitarnya yang bermata pencaharian sebagai nelayan. Telah dilakukan kajian erosi di daerah tangkapan Danau Lindu, dengan tujuan mendapatkan nilai-nilai tingkat potensi erosi dari setiap penggunaan lahan sebagai informasi untuk pengelolaan kawasan. Pengkajian dilakukan pada bulan Maret 2001, melalui pengumpulan data primer berupa pengambilan contoh tanah dari 13 lokasi yang mewakili, serta data sekunder berupa peta penggunaan lahan, peta topografi, dan data curah hujan. Penggunaan lahan di daerah tangkapan Danau Lindu yang mempunyai kontribusi erosi cukup besar, yaitu tegalan sebesar 632,1 ton/ha/tahun, perkebunan kopi pada lereng antara 15 - 40 % sebesar 522,2 ton/ha/tahun, dan semak belukar sebesar 257,4 ton/ha/tahun, sedangkan yang paling rendah adalah hutan pada kemiringan 0 – 3% yaitu hanya 6,6 ton/ha/tahun. Sementara itu potensi erosi dari hutan yang menutupi sebagian besar daerah tangkapan air Danau Lindu maksimum 28,4 ton/ha/tahun.

Kata Kunci: Sulawesi Tengah, Danau Lindu, daerah tangkapan air, erosi

ABSTRACT

EROSION POTENTIAL STUDY OF LAKE LINDU CATCHMENTS AREA, CENTRAL SULAWESI. Catchments area of Lake Lindu is zone of conservation, but some a part is enclave of population settlement. Important value of this area is water table regulator of Gumbasa River, which is source of irrigation water for paddy field in Lembah Palu. Water body of the lake is an area fishery activity. Study of erosion in Lake Lindu catchments area was recognized the erosion level based on land utilization as information to future management of the area. Study was conducted on March 2001, by sampling of soil from 13 representative locations, and collection secondary data include land utilization map, topography map, and rain water data. The highest contribution on erosion level of land utilization was dry field 632.1 ton/ha/year, coffee plantation, on topography 15 - 40 %, 522.3 ton/ha/year, brush 257.4 ton/ha/year, and the lowest was forest on topography 0 – 3%, 6.6 ton/ha/year. Maximum erosion potential on forest, which covered most a part of Lindu catchments area, was 28.4 ton/ha/year.

Key words: Central Sulawesi, Lake Lindu, catchments area, erosion

^{*} Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

PENDAHULUAN

Daerah tangkapan air danau (*catchments area*) adalah satu satuan wilayah tata air yang menampung dan menyimpan air hujan yang jatuh di atasnya kemudian mengalirkan melalui satu sungai utama dalam bentuk aliran permukaan, aliran bawah permukaan, serta aliran air tanah, wilayah tersebut dipisahkan dengan areal lainnya oleh batas topografi. Satuan wilayah tata air tersebut terkait dengan perairan danau itu sendiri, dalam arti berbagai kondisinya dan segala aktivitas yang berlangsung di daerah tangkapan akan berpengaruh terhadap perairan danau.

Daerah tangkapan air Danau Lindu berada pada suatu kawasan konservasi Suaka Marga Satwa Lore Kalamanta, yang ditetapkan melalui Surat Keputusan (SK) Menteri Pertanian No. 522/Kpts/Um/10/1973. Berdasarkan SK Menteri Pertanian No. 46/Kpts/Um/1978, areal hutan Danau Lindu seluas 31.000 ha ditetapkan sebagai kawasan dengan fungsi hutan wisata dan hutan lindung. Sedangkan pada tahun 1980/1981 telah ditetapkan bahwa sebagian danau dan perkampungan di sekitar Danau Lindu merupakan suatu *enclave* yang dan tidak termasuk dari kawasan hutan lindung (Anonim, 1981; 2000). Kepentingan wilayah ini sebagai kawasan lindung diantaranya ditujukan pada aspek pengaturan tata air, pencegahan bahaya banjir dan erosi.

Danau Lindu merupakan sumber air dari Sungai Gumbasa, yang memiliki kepentingan sebagai air irigasi untuk 11 000 ha persawahan di lembah Palu (Anonim, 1981). Sedangkan menurut Soleman dan Wijaya (1999), Danau Lindu merupakan potensi air tergenang utama di daerah tangkapan sungai Palu, yang mana inventarisasi data potensinya masih sangat minim. Sementara itu Sungai Palu memiliki kontribusi yang cukup tinggi bagi kebutuhan domestik kota Palu. Danau Lindu juga memiliki nilai penting bagi masyarakat di

sekitarnya sebagai tempat mencari nafkah yaitu melalui penangkapan ikan (Lukman, 2003).

Pemanfaatan daerah tangkapan Lindu menjadi kawasan pemukiman telah berlangsung sejak akhir abad 19, dimulai dengan adanya migrasi penduduk lokal dari arah utara ke wilayah danau. Berdasarkan data tahun 2000, luas desa-desa di kawasan Danau Lindu mencapai 466,54 ha, dengan penduduk 3 860 jiwa (Anonim, 2000). Perkembangan penduduk yang meningkat memungkinkan pemanfaatan lahan terus bertambah baik untuk pemukiman maupun lahan budidaya.

Menurut Sinukaban (1995) ciri pengelolaan daerah tangkapan air danau yang keberlanjutan diukur dari pendapatan, produksi, teknologi, erosi dan hasil air. Teknologi yang dimaksud adalah teknologi yang dapat dilakukan oleh masyarakat setempat dengan pengetahuan yang dimilikinya tanpa intervensi dari pihak luar, dan teknologi tersebut dapat digandakan berdasarkan faktor-faktor sosial budaya itu sendiri.

Pemanfaatan lahan yang tidak tepat di wilayah tangkapan air atau tidak sesuai dengan kemampuan lahan (*land capability*) akan menimbulkan berbagai kerugian, antara lain erosi dipercepat atau erosi yang melebihi batas toleransi. Erosi menyebabkan lapisan atas tanah yang subur hilang serta berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap dan menahan air. Tanah yang terangkut akan diendapkan di dalam sistem perairan dan di atas lahan lainnya, sehingga menimbulkan kerusakan pada tempat erosi maupun pada tempat pengendapan tanah tersebut (Arsyad, 1989).

Danau Lindu yang memiliki luas genangan 3.447,4 ha dan daerah tangkapan air mencapai 54.955,3 ha, atau dengan rasio 16 : 1 (Lukman & Ridwansyah, 2003). Rasio antara daerah tangkapan air dan genangan danau yang tinggi, menunjukkan rentannya kondisi danau terhadap aktivitas di daerah tangkapan air-nya, terutama

dengan adanya perubahan tata guna lahan. Perubahan ini memberi kontribusi yang tidak kecil terhadap pendangkalan danau. Untuk itu diperlukan suatu prediksi potensi erosi di kawasan/daerah tangkapan air Danau Lindu.

Telah dilakukan kajian erosi di daerah tangkapan Danau Lindu, dengan tujuan mendapatkan nilai-nilai prediksi tingkat potensi erosi untuk dari setiap penggunaan lahan dan sebagai informasi untuk pengelolaan daerah tangkapan air Danau Lindu.

BAHAN DAN METODE

Pengumpulan Data

Pengkajian dilakukan pada bulan Maret 2001, melalui pengumpulan data primer dan sekunder. Data sekunder yaitu peta penggunaan lahan dari Peta Rupa Bumi, Bakosurtanal tahun 1991 yang diolah oleh Lukman & Ridwansyah (2003), dan data curah hujan (Anonim, 1990). Data

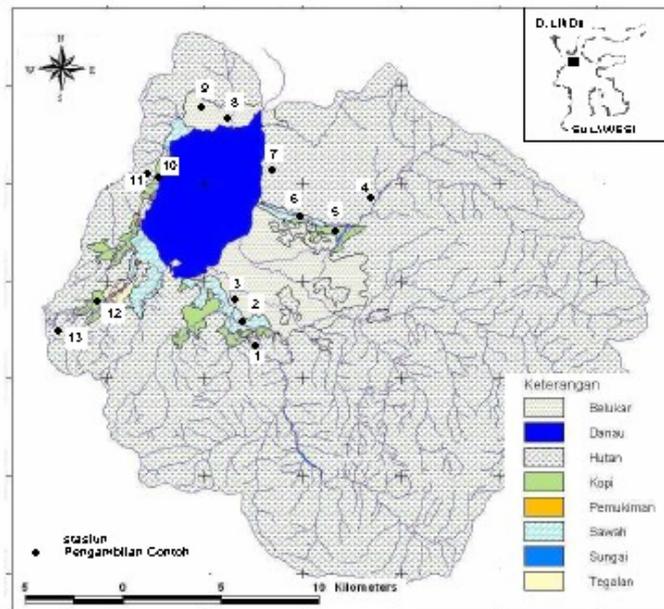
primer dikumpulkan dengan cara dilakukan pengambilan contoh tanah dari 13 lokasi yang mewakili dan tersebar di daerah tangkapan air Danau Lindu (Gambar 1; Tabel 1). Contoh tanah kemudian dianalisis di laboratorium guna mendapatkan sifat-sifat tekstur, struktur, permeabilitas, dan kandungan bahan organiknya (Hidayat, 1988).

Pembuatan Unit Lahan

Unit lahan dibuat berdasarkan informasi kemiringan lereng yang tersedia pada peta kontur skala 1 : 3000 dengan interval kontur satu meter. Kemiringan lereng (S) dihitung berdasarkan rumus:

$$S = \frac{\text{beda tinggi}}{\text{panjang proyeksi lereng}} \times 100\%$$

Panjang proyeksi lereng antar dua kontur diperoleh melalui penghitungan jarak horizontal yang tegak lurus antar dua kontur.



Gambar 1. Peta Stasiun Pengambilan Contoh di Daerah Tangkapan Danau Lindu (Lukman & Ridwansyah, 2003)

Tabel 1. Karakteristik Fisik Stasiun Pengambilan Contoh Tanah

No	Stasiun	Koordinat	Kemiringan	Tipe Tutupan Lahan
1	Kangkuro I	LS. 01°22'58,7" BT.120°06'03,9"	>40°	Hutan
2	Kangkuro II	LS. 01°22'35,2" BT.120°05'52,1"	15 - 40°	Kebun Kopi
3	Kangkuro III	LS. 01°21'54,1" BT.120°05'36,0"	0 - 3°	Hutan
4	Kanawu I	LS. 01°19'13,9" BT.120°09'16,2"	>40°	Hutan
5	Kanawu II	LS. 01°19'52,0" BT.120°08'33,4"	15 - 40°	Kebun Kopi
6	Kanawu III	LS. 01°19'39,5" BT.120°07'38,6"	0 - 3°	Sawah
7	Palili	LS. 01°18'11,9" BT.120°06'24,5"	0 - 3°	Hutan
8	Bamba I	LS. 01°16'51,4" BT. 120°05'13,1"	>40°	Hutan
9	Bamba II	LS. 01°16'57,1" BT.120°05'22,6"	0 - 3°	Belukar
10	Anca I	LS. 01°18'38,6" BT.120°03'17,0"	15 - 40°	Kebun Kopi
11	Anca II	LS. 01°18'42,9" BT.120°03'23,3"	>40°	Hutan
12	Puro I	LS. 01°22'03,6" BT.120°01'41,8"	15 - 40°	Kebun Kopi
13	Puro II	LS. 01°22'27,8" BT.120°00'19,8"	>40°	Hutan

Pendugaan Erosi pada setiap Unit Lahan

Estimasi laju erosi pada masing-masing satuan lahan dihitung dengan menggunakan metoda USLE (*Universal Soil Loss Equation*) yang dikembangkan oleh Wischmeier dan Smith (Ward & Elliot, 1995):

$$A = R K L S C P$$

yang mana :

- A = besarnya erosi (ton/ha/tahun);
- R = faktor hujan (erosivitas hujan);
- S = faktor kemiringan lereng;
- K = erodibilitas tanah;
- C = faktor pengelolaan tanaman;
- L = faktor panjang lereng;
- P = faktor tindakan konservasi tanah.

Analisis Data

Erosivitas Hujan

Erosivitas hujan (kemampuan hujan dalam mengikis tanah) dicerminkan oleh

kombinasi energi kinetik hujan dengan intensitas hujan maksimum 30 menit yang dihitung selama satu tahun. Nilai erosivitas hujan (R) dihitung dengan rumus *Bols* (Arsad, 1989) :

$$EI_{30} = 6,119 (RAIN)^{1,21} (DAYS)^{-0,47} (MAKP)^{0,53}$$

yang mana :

- EI₃₀ = indeks erosi hujan bulanan
- RAIN = curah hujan rata-rata bulanan
- DAYS = jumlah hari hujan rata-rata bulanan
- MAKP = curah hujan maksimum harian pada bulan bersangkutan

Erodibilitas Tanah

Erodibilitas tanah (K) adalah faktor kepekaan tanah terhadap erosi, yang dipengaruhi oleh tekstur, kandungan bahan organik, permeabilitas dan kemantapan struktur tanah. Nilai tersebut didefinisikan sebagai erosi per satuan indek erosi hujan (R), yang diperoleh dari petak standar

(panjang 22 m, kemiringan 9 %, tanpa tanaman), dihitung menggunakan nomograf Wischmeier dan Smith (Ward & Elliot, 1995).

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Faktor panjang lereng (L) dan kemiringan lereng (S), masing-masing adalah nisbah antara besarnya erosi yang terjadi pada suatu lahan dengan panjang lereng dan kemiringan tertentu terhadap erosi pada petak standar. Bila kedua faktor digabung (LS) merupakan nisbah antara besarnya erosi dari sebidang tanah dengan panjang lereng dan kecuraman lereng tertentu terhadap besarnya erosi dari sebidang tanah dengan panjang lereng 22 meter dan kecuraman 9%. Faktor LS dihitung dengan menggunakan rumus:

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

X = panjang lereng (m); S = kecuraman lereng (%) (Arsyad, 1989)

Faktor Pengelolaan Tanaman dan Tindakan Konservasi

Data tindakan konservasi (P) di daerah kajian sangat minim maka diasumsikan tidak ada tindakan konservasi. Sedangkan faktor pengelolaan tanaman (C)

didasarkan pada penggunaan lahan yang ada. Faktor C dari setiap penggunaan lahan adalah 0,004 (hutan), 0,300 (belukar), 0,700 (tegalan), dan 0,200 (kebun kopi) (Arsyad, 1989).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan Unit Lahan

Unit lahan berdasarkan perhitungan peta rupa bumi (Lukman & Ridwansyah, 2003). Mengingat data yang tersedia maka penentuan luas tiap kelas kemiringan lereng hanya disajikan tiga kelas (Tabel 2).

Tabel 2. Kelas kemiringan lahan di daerah tangkapan D. Lindu

Kelas lereng	Lereng (%)	Luas (ha)
I	0 – 3	7.742,01
II	15 – 40	11.473,88
III	> 40	32.240,38

Pendugaan Erosi

Erosivitas Hujan

Penentuan tingkat erosivitas (R) adalah dengan menjumlah EI30 selama setahun, menggunakan data curah hujan Stasiun Gimpu - Kulawi tahun 1987 – 1990 (Anonim, 1990) (Tabel 3). Nilai R yang diperoleh 1035,56.

Tabel 3. Rata-rata Curah Hujan dan EI30 di Stasiun Gimpu Kulawi

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan	Curah Hujan Harian Maksimum	EI30
Januari	257,3	25	41,4	145,50
Februari	113,6	20	31,9	51,39
Maret	113,6	20	31,9	51,39
April	146,2	12	45,1	108,23
Mei	48,8	9	16,5	19,55
Juni	17,8	3	8,9	7,00
Juli	108,6	5	30,9	93,78
Agustus	5,0	8	4	0,62
September	36,3	6	21,2	18,65
Oktober	67,6	4	38,4	65,56
Nopember	206,3	17	56,4	157,40
Desember	322,8	14	63,5	316,49

Erodibilitas Tanah

Berdasarkan faktor karakteristik tanah di tangkapan Danau Lindu, nilai erodibilitas tanah (K)-nya berkisar antara 0,21 – 0,64 (Tabel 4).

Penggunaan lahan yang dikaji nilai K-nya meliputi hutan dengan berbagai kemiringan lereng (contoh tanah 1, 12 dan 13), semak belukar (contoh tanah 7 dan 9), tegalan (contoh tanah 3, 8 dan 11) dan kebun kopi (contoh tanah 2, 4, 5, dan 10).

Hasil rata-rata erodibilitas tanah pada setiap penggunaan lahan disajikan pada Tabel 5.

Faktor Panjang dan Kemiringan Lereng

Karena keterbatasan data maka faktor LS dihitung untuk masing-masing satuan lahan hanya ditentukan berdasarkan interpretasi peta kontur. Pada masing-masing satuan lahan diambil contoh yang dianggap mewakili. Hasil perhitungan LS disajikan pada Tabel 6.

Tabel 4. Data Perhitungan Erodibilitas Tanah (K)

No.	Pasir halus dan debu (%)	Pasir (%)	Bahan organik (%)	Kode Struktur tanah	Kelas Permeabilitas	K
1	64,1	20,2	3,39	2	3	0,21
2	66,5	1,1	4,42	4	4	0,23
3	53,4	36,6	1,67	2	4	0,29
4	90,7	5,7	1,16	4	4	0,64
5	50,1	48,2	0,52	3	2	0,42
6	62,2	27,4	1,02	2	4	0,41
7	42,3	55,2	2,37	3	3	0,31
8	78,6	4,4	2,52	4	5	0,44
9	61,4	26,0	2,16	3	5	0,45
10	62,6	36,1	1,79	2	3	0,42
11	54,6	41,7	1,07	3	4	0,47
12	61,9	34,3	0,64	4	3	0,58
13	64,9	26,1	3,66	4	3	0,38

Keterangan:

Kode Struktur Tanah :

- 1 = granuler sangat halus; 3 = granuler sedang sampai kasar
 2 = granuler halus; 4 = berbentuk blok atau masif

Kode Permeabilitas Tanah :

- 1 = cepat; 3 = sedang; 5 = lambat
 2 = sedang s/d cepat; 4 = lambat s/d sedang; 6 = sangat lambat

Tabel 5. Erodibilitas tanah pada setiap penggunaan lahan

No.	Penggunaan lahan	K		
		0 - 3 %	15 - 40 %	> 40 %
1	Hutan	0,58	0,38	0,21
2	Tegalan	0,40		
3	Semak	0,38		
4	Kopi	0,36	0,64	

Tabel 6. Faktor LS pada setiap Kelas Lereng

Kelas Lereng	Beda Tinggi (m)	Proyeksi Lereng (m)	Lereng (%)	Panjang Lereng (m)	LS
I	25	485	5,1	485,60	2,18
II	25	250	10,0	251,25	3,94
III	25	115	21,7	117,69	9,47

Hasil Perhitungan Erosi

Tingkat erosi di daerah tangkapan Danau Lindu bervariasi antara 6,6 – 522, 2 ton/ha/tahun, terendah di kawasan hutan pada kemiringan 0 – 3% dan tertinggi pada kebun kopi dengan kemiringan 15 - 40% (Tabel 7).

sungai masuk ke danau terjadi reduksi kecepatan aliran, aliran menjadi kecil atau stabil sehingga proses sedimentasi berlangsung sangat efektif. Jika berlangsung terus menerus maka akibatnya danau semakin dangkal atau berkurang kapasitas menampung air.

Tabel 7. Erosi saat ini pada setiap unit lahan

Unit lahan	R	P	LS	K				C				A (ton/ha/th)			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
I	1035,5	1	2,18	0,58	0,38	0,40	0,36	0,005	0,3	0,7	0,2	6,57	257,37	632,11	162,54
II	1035,5	1	3,94	0,38			0,64	0,005	0,3	0,7	0,2	7,75	-	-	522,25
III	1035,5	1	9,47	0,58				0,005	0,3	0,7	0,2	28,44	-	-	-

Keterangan : 1) Hutan; 2) Semak belukar; 3) Tegalan; 4) Kopi

Pada penggunaan lahan untuk hutan menunjukkan angka yang cukup kecil, sehingga keberadaan hutan tidak perlu disangsikan lagi dalam konservasi tanah, yang sekaligus dapat mempertahankan tanah untuk meresapkan air hujan. Pada lahan untuk kebun kopi menunjukkan erosi yang terjadi cukup besar, terutama pada lahan yang mempunyai kemiringan 15 - 40 % yaitu sebesar 522,25 ton/ha/tahun. Lahan tegalan mengakibatkan terjadinya erosi yang tinggi pula, sehingga diperlukan usaha-usaha konservasi tanah, misalnya pembuatan teras, pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur. Tindakan konservasi tanah ini akan mempengaruhi faktor P, misalnya pembuatan teras bangku akan mengurangi erosi sampai dibawah 30 persen, sedangkan pengolahan tanah dan penanaman menurut garis kontur dapat mereduksi erosi sampai 50 %.

Erosi yang terjadi di daerah tangkapan Danau Lindu ini sudah cukup memprihatinkan, yang mana hasil erosi tersebut dibawa oleh aliran air sungai yang masuk ke danau. Walaupun tidak semua hasil erosi tersebut terangkut menuju danau, dalam hal ini tergantung pada apa yang disebut *Sediment Delivery Ratio* (SDR). SDR ini tergantung luas dan bentuk DAS, pola sungai, dan topografi. Pada saat aliran

Tingkat erosi yang cukup tinggi tersebut tampaknya mendukung dugaan adanya pendangkalan danau, sebagaimana dilaporkan oleh Lukman & Ridwansyah (2003) bahwa kedalaman maksimum yang terukur pada tahun 2001 hanya 72,6 meter, sementara berdasarkan laporan Sarnita (1973) kedalaman danau mencapai 100 m. Selama 30 tahun terdapat indikasi pendangkalan danau yang mencapai 30 meter. Kondisi tersebut ditunjang pula oleh rasio yang tinggi antara luas daerah tangkapan dan luas perairan danau yang mencapai 16 : 1.

Diperlukan upaya-upaya pengelolaan yang intensif daerah tangkapan Danau Lindu untuk menyelamatkan perairan Danau Lindu dari proses pendangkalan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan lahan di daerah tangkapan Danau Lindu yang mempunyai kontribusi erosi cukup besar, yaitu masing-masing berupa tegalan sebesar 632,11 ton/ha/tahun, perkebunan kopi, khususnya pada lereng antara 15 - 40 % sebesar 522,25 ton/ha/tahun, dan semak belukar sebesar 257,37 ton/ha/tahun.

Diperlukan tindakan khusus untuk mengurangi erosi pada penggunaan lahan

tersebut, karena dalam jangka panjang dampak erosi akan mengancam kelestarian Danau Lindu. Dalam pemilihan alternatif konservasi tanah dan air (penerapan agroteknologi) disarankan untuk mempertimbangkan keefektifan dalam menekan erosi dan disesuaikan dengan kondisi sosial ekonomi petani. Jenis dan pola tanam yang direkomendasikan disesuaikan dengan kondisi biofisik wilayah (aspek kesesuaian lahan), permintaan pasar dan dapat diterima oleh petani.

Perlu kajian yang lebih optimal untuk dapat menjawab beberapa pertanyaan-pertanyaan: a) Kuantitas sedimen dan air permukaan yang masuk ke dalam Danau Lindu; 2) Usaha-usaha untuk dapat mengurangi erosi dan meningkatkan kualitas air yang masuk Danau Lindu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1981, Laporan Inventarisasi Flora dan Fauna di Hutan Wisata Lindung Danau Lindu dan Sekitarnya, Dirjen Kehutanan, Balai Konservasi Sumberdaya Alam VI Sulawesi, Sub Balai Kawasan Pelestarian Alam Lore Kalamanta, 16 hal.
- Anonim, 1986, Data Debit Air Outlet Danau Lindu, PLN, Jakarta (*Tidak diterbitkan*).
- , 2000, Identifikasi Kawasan Konservasi dan Revitalisasi Kawasan Danau Lindu, Sub Dinas Cipta Karya DPU Prop. Sulawesi Tengah.
- Hidayat, A., 1988, Methods of Soil Chemical Analysis, Japan International Cooperation Agency (JICA) in the Frame Work of The Indonesia-Japan, Joint Food Crop Research Programme, Bogor.
- Lukman dan I. Ridwansyah, 2003, Kondisi Daerah Tangkapan dan Ciri Morfometri Danau Lindu, Sulawesi Tengah, Oseanologi dan Limnologi di Indonesia (*Dalam proses penerbitan*).
- Lukman, 2003, Kondisi Perikanan Danau Lindu, Sulawesi Tengah (*Belum diterbitkan*).
- Sarnita, A., 1973, Laporan Survey Perikanan Danau Lindu dan Poso, Laporan No. 58., Lembaga Penelitian Perikanan Darat, Bogor, 17 hal.
- Schwab, G.O, Frevert, R.K, Edminster, T.W., and Barnes. K.K. 1966. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley & Sons. New York. USA.
- Sinukaban, N., 1995, Manajemen / Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Makalah diskusi Penelitian Erosi dan Sedimentasi di Puslitbang PU., Bandung.
- Soleman, M. K., & J. Wijaya, 1999, Penyusunan Neraca Sumberdaya Air Spasial DAS Palu Propinsi Sulawesi Tengah dengan Memanfaatkan Data Penginderaan Jarak Jauh, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan ke – 8 Masyarakat penginderaan Jarak Jauh Indonesia dan Kongres Mapin 1999, Mapin, Hal. 174 – 181.
- Ward, A.D. and Elliot, W.J. 1995. Environmental Hydrology. Lewis Publishers. New York. USA.