

KONDISI DAERAH TANGKAPAN DAN CIRI MORFOMETRI DANAU LINDU SULAWESI TENGAH

oleh

LUKMAN dan I. RIDWANSYAH¹⁾

ABSTRAK

Daerah tangkapan dan karakteristik morfometri danau memiliki peranan penting pada proses-proses di dalam danau. Daerah tangkapan Danau Lindu meskipun sebagian besar berada di kawasan hutan lindung, namun sebagian diantaranya merupakan *encalve* kawasan pemanfaatan penduduk, yang akan memberikan dampak terhadap kondisi perairan danau. Pada Bulan Maret 2001 telah dilakukan pengamatan kondisi daerah tangkapan dan karakteristik morfometri Danau Lindu untuk mengungkapkan tingkat kepekaan dan potensi produksinya, yang dapat dijadikan sumber informasi untuk pengkajian dan pengelolaan selanjutnya. Telaah daerah tangkapan adalah tinjauan karakteristik cekungan, yang berdasarkan pada tata guna lahan, tipe tanah dan kondisi hidrologisnya. Karakteristik morfometri ditinjau berdasarkan pola kedalaman dari peta bathimetrik, kedalaman relatif (Z_r) dan pengembangan garis pantai (D_r). Sebagian besar daerah tangkapan Danau Lindu adalah hutan lindung (82,3%) yang berada pada kemiringan lahan >40%, selebihnya adalah kawasan pemanfaatan, sebagian besar berada pada kemiringan lahan 0 – 3 %. Kondisi hidrologis didominasi oleh sungai-sungai kecil, sungai terbesar adalah Sungai Katti dengan debit sesaat yang terukur $7,5 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$, dan outlet danau melalui Sungai Rawa. Luas Danau Lindu (3.447 ha) hanya mencakup 6,3% kawasan daerah tangkapannya, sehingga daerah tangkapan akan memberikan pengaruh besar terhadap kondisi perairan danau. Danau Lindu memiliki sifat tidak stabil, dengan kedalaman relatif 1,09%, dan berdasarkan nilai pengembangan garis pantainya yang mencapai 1,27 menunjukkan kecilnya peranan wilayah tepian terhadap produktivitas perairan, sedangkan waktu tinggal air danau relatif pendek, yaitu 2,26 tahun.

ABSTRACT

CATCHMENT AREA CONDITION AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTIC OF LAKE LINDU. *Catchment area and morphometric characteristics of lake play important role on lake processes. Most of Lake Lindu cathment area lies on protected forest, however, a part of it is enclave of utilization area, which will give the impact to lake waters condition. On March 2001, observation on catchment area condition and morphometric characteristic was conducted to explore the lake susceptibility and potency of production, which could be an information for future research and management. Study of*

¹⁾ Pusat Penelitian Limnologi – LIPI.

catchment area is evaluate characteristic of basin, based on land utilization, soil type, and hydrological condition. Evaluation of morphometry characteristic based on lake depth pattern from bathimetric map, relative depth (Z) and shore line development (D_s). Most of Lake Lindu catchment area are forest (82.3%) having land slope $>40\%$, and the other are utilization area with the land slope $0-3\%$. Hydrological condition dominated by streams, and the largest one is Katti river, with immediate measured flow rate of $7.5 \text{ m}^3 \cdot \text{sec}^{-1}$, and the outlet of lake is Rawa River. Lake Lindu (3,447 ha) covered 6.3% of its catchment area, so that catchment area will give the impact considerably on lake waters condition. Lake Lindu has unstable condition, with the relative depth of 1.09%, and base on shore line development that reach the value of 1.27 show small less riparian role on lake productivity. Water retention time of lake is 2.26 years.

PENDAHULUAN

Daerah tangkapan (*catchment area; watershed*) suatu danau merupakan bentang alam yang melingkupi danau, dan kondisinya akan memberikan peranan yang cukup besar dalam menentukan kondisi danau secara keseluruhan. Sedangkan ciri morfometri adalah karakteristik fisik dari badan danau yang dapat menggambarkan berbagai potensinya, sebagai sumber air maupun potensi produksi hayati, serta tingkat kepekaan terhadap pengaruh beban material dari daerah tangkapannya.

Danau Lindu adalah danau yang berada di lingkungan hutan lindung, yang merupakan kawasan Taman Nasional Lore Kalamanta. Namun demikian sebagian dari kawasan tersebut, yaitu perairan danau dan pemukiman penduduk, telah dijadikan suatu *enclave* yang tidak lagi menjadi kawasan taman nasional (ANONIM 1981). Secara administratif Danau Lindu berada di Kecamatan Kulawi, Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah.

Pemanfaatan daerah tangkapan Lindu sebagai daerah *enclave* memiliki potensi dampak terhadap danau. Dilain pihak fungsi penting Danau Lindu sebagai penunjang kelangsungan sistem irigasi Gumbasa yang berada di bagian hilirnya, yang memasok air untuk 11 000 ha persawahan di lembah Palu, akan mengalami ancaman.

Penelitian kondisi daerah tangkapan dan ciri morfometri Danau Lindu bertujuan untuk mengungkapkan tingkat kepekaan dan potensi produksinya, yang dapat dijadikan sebagai dasar penelitian dan pengelolaan selanjutnya.

BAHAN DAN METODE

Telaah kondisi daerah tangkapan Danau Lindu ini adalah tinjauan karakteristik cekungan (*basin*) danau berdasar tata guna lahan, dan kondisi hidrologisnya (Sumber: Peta rupa bumi, Bakosurtanal 1991), peta kemiringan lahan (Sumber: Bappeda Sulawesi Tengah) dan tipe tanah. Tipe tanah berdasarkan contoh tanah yang diambil menggunakan *ring sampel* dari 13 titik yang tersebar di daerah tangkapan danau.

Contoh tanah selanjutnya dianalisis di laboratorium menggunakan metode analisis fraksi sedimen (HIDAYAT 1988).

Ciri morfometri danau ditinjau berdasar pola kedalaman danau, dengan dibuat peta batimetrik menggunakan *echosounder* merk Hondex tipe 760-120 Hz. Ciri-ciri morfometrik danau dilihat dari kedalaman relatif (z_r) dan indeks pengembangan garis pantai (D_l) (WETZEL 1983); dengan rumus :

$$z_r = (50z_m \bar{O} p) / \bar{O} A_0$$

$$D_l = L / (2\bar{O} p A_0)$$

$$z_{mw} = \text{kedalaman maksimum}$$

$$A_0 = \text{luas permukaan}$$

$$L = \text{panjang garis pantai}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi daerah tangkapan

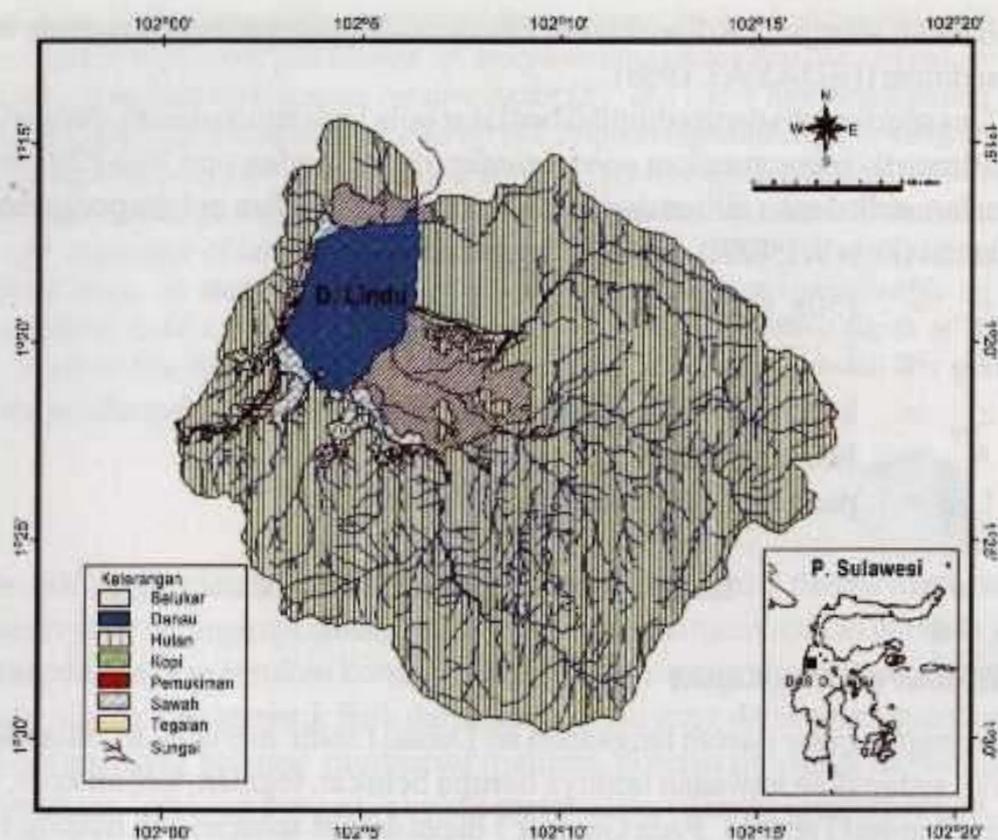
Sebagian besar daerah tangkapan air Danau Lindu merupakan hutan lindung (82,3%), sedangkan kawasan lainnya berupa belukar, tegalan, kebun kopi, sawah dan pemukiman (Tabel 1). Pada Gambar 1 dapat dilihat sebaran dari masing-masing penggunaan lahan di daerah tangkapan Danau Lindu. Curah hujan rata-rata tahunan di dataran Lindu ini mencapai 2300 mm, dan daerah ini merupakan wilayah yang selalu basah (ANONIM 1981).

Kondisi topografi menunjukkan tingkat kemiringan yang bervariasi antara 0 – 3%, 15 – 40%, dan > 40%. Pada kemiringan > 40% merupakan kawasan hutan, pada kemiringan 15 – 40% terdapat kebun kopi dan hutan, sedangkan penggunaan lahan untuk budidaya dan pemukiman umumnya berada pada kemiringan 0 – 3% (Tabel 2). Hamparan lahan yang landai (kemiringan 0 – 3%) sebagian besar berada pada sisi timur danau.

Tabel 1. Tata guna lahan di daerah tangkapan Danau Lindu.

No	Penggunaan	Luas (Ha)	Proporsi (%)
1	Hutan	45.281,43	82,39
2	Belukar	3.900,50	7,10
3	Tegalan	135,77	0,25
4	Kebun Kopi	1.010,03	1,84
5	Sawah	1.098,36	2,00
6	Sungai	51,63	0,09
7	Pemukiman	30,18	0,05
8	Danau	3.447,41	6,28
	Luas DAS Lindu	54.955,31	

Sumber: Perhitungan dari peta rupa bumi, Bakosurtanal 1991.



Gambar 1. Peta penggunaan lahan di wilayah tangkapan Danau Lindu.

Penggunaan lahan untuk kawasan budidaya umumnya berada pada kemiringan $0 - 3^\circ$, menunjukkan penggunaan lahan yang baik dan tidak mengancam kawasan lindung. Namun demikian perlu mendapat perhatian karena kawasan aktivitas manusia yang mencakup tegalan (diduga bekas/wilayah kegiatan pertanian), kebun kopi, sawah dan pemukiman, yang mencapai 4,14% dari kawasan, dan tidak berbeda jauh dengan luas danau (6,28%), memberikan potensi sebagai pemasok utama padatan tersuspensi dan material antropogenik yang dapat mengancam kondisi perairan. Menurut SLY (1978) wilayah tangkapan danau memiliki pengaruh besar terhadap pasokan material sedimen dan material lainnya, termasuk bahan pencemar. Kondisi hidrologis kawasan Lindu dibentuk oleh aliran sungai-sungai yang umumnya berukuran kecil dan tersebar di seluruh sisi danau. Minimal terdapat 16 sungai yang memasok air ke Danau Lindu, diantaranya sungai Katti (debit sesaat, minggu ketiga bulan Maret 2001, $7,510 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$), Lombosa ($1,260 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$), Langko ($0,631 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$), Wongkodono ($0,104 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$), dan Pada ($0,107 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$). Satu-satunya outlet Danau Lindu adalah melalui Sungai Rawa ($29,307 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$).

Debit aliran air keluar Danau Lindu cukup besar jika dibandingkan dengan jumlah debit dari kelima sungai inletnya. Hal ini menunjukkan sumber masukan air ke Danau Lindu cukup banyak dan tersebar dalam jumlah aliran yang kecil-kecil.

Tabel 2. Proporsi (%) tata guna lahan di daerah tangkapan lindu berdasar kemiringan lahan.

Tata Guna Lahan	Kemiringan Lahan		
	0 - 3%	15 - 40%	>40%
Hutan	3,8	25,0	71,2
Kebun kopi	84,8	15,2	-
Belukar	100	-	-
Tegalan	100	-	-
Pesawahan	100	-	-
Pemukiman	100	-	-

Sumber: Perhitungan dari peta rupa bumi, Bakosurtanal 1991.

Tabel 3. Data fisika tanah di daerah tangkapan Danau Lindu.

No.	Stasiun	Koordinat	Tekstur (%)			
			Pasir kasar	Pasir halus	Debu	Liat
1	Kangkuro I*	LS.01°22'58,7" BT.120°06'03,9"	20,2	6,9	57,5	15,4
2	Kangkuro II	LS.01°22'35,2" BT.120°05'52,1"	34,3	31,5	30,4	3,8
3	Kangkuro III	LS.01°21'54,1" BT.120°05'36,0"	1,1	1,3	65,2	32,4
4	Kanawu I*	LS.01°19'13,9" BT.120°09'16,2"	36,6	17,0	36,4	10,0
5	Kanawu II	LS.01°19'52,0" BT.120°08'33,4"	5,7	24,5	66,2	3,6
6	Kanawu III	LS.01°19'39,5" BT.120°07'38,6"	48,2	27,5	22,6	1,7
7	Palili	LS.01°18'11,9" BT.120°06'24,5"	26,1	17,9	47,0	9,0
8	Bamba I*	LS.01°16'51,4" BT.120°05'13,1"	4,4	6,9	71,7	17,0
9	Bamba II	LS.01°16'57,1" BT.120°05'22,6"	26,0	12,8	48,6	12,6
10	Anca I*	LS.01°18'38,6" BT.120°03'17,0"	27,4	14,7	47,5	10,4
11	Anca II	LS.01°18'42,9" BT.120°03'23,3"	55,2	14,8	27,5	2,5
12	Puro I*	LS.01°22'27,8" BT.120°00'19,8"	36,1	17,7	44,9	1,3
13	Puro II	LS.01°22'03,6" BT.120°01'41,8"	41,7	19,3	35,3	3,7

Keterangan: *) kawasan bukit.

Berdasarkan hasil pantauan PLN pada tahun 1985 (ANONIM 1986), debit rata-rata bulanan yang keluar dari Danau Lindu berkisar antara $9,73 \text{ m} \cdot \text{dt}^{-1}$ (Februari) dan $28,92 \text{ m} \cdot \text{dt}^{-1}$ (November), dengan debit rata-rata tahunannya mencapai $18,656 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$.

Karakteristik tanah di daerah tangkapan Danau Lindu memiliki proporsi pasir, liat, debu yang beragam. Tanah dari kawasan bukit umumnya didominasi debu dan liat, sedangkan kawasan yang lebih bawah umumnya pasir (Tabel 3).

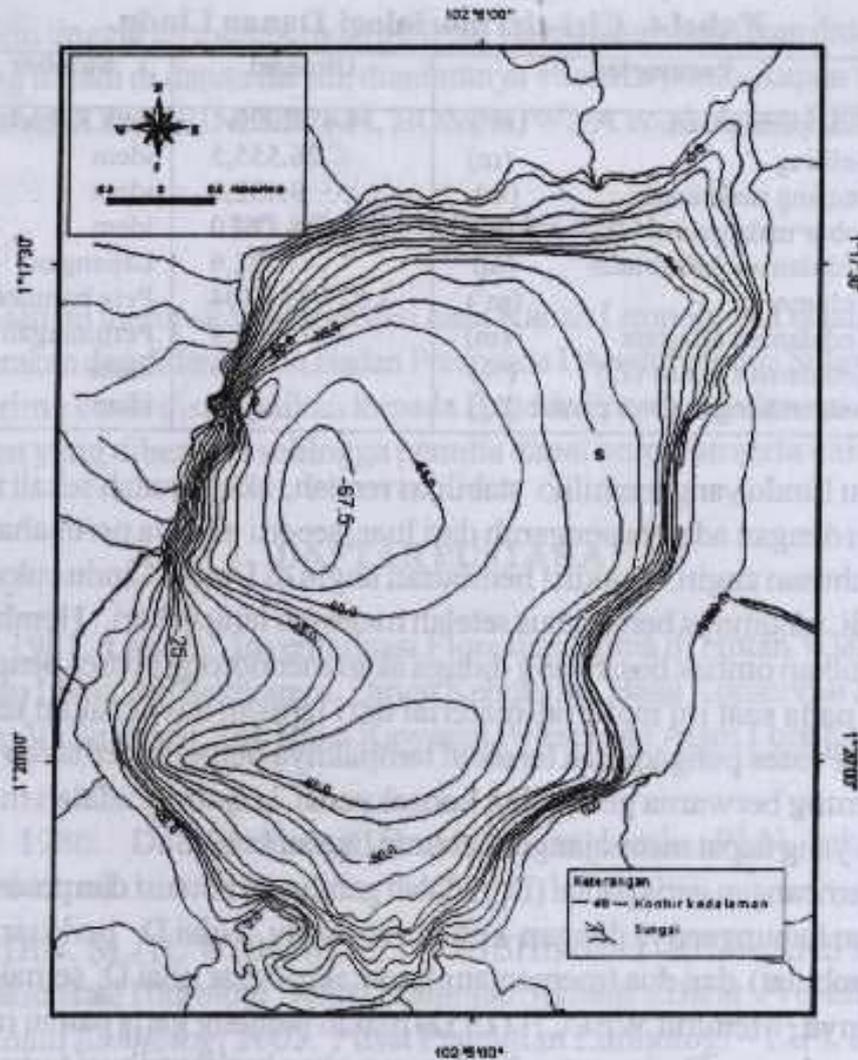
Wilayah-wilayah Kangkuro I, Bamba I, Anca I, dan Puro I merupakan kawasan di atas bukit, memiliki fisik tanah yang didominasi debu dan liat. Meskipun demikian, pada kawasan yang lebih rendah, seperti di Kangkuro III, Kanawu II, Palili, dan Bamba II kondisi fisik tanahnya juga didominasi debu dan liat. Kangkuro III tampaknya merupakan areal luapan Sungai Kati, sehingga akan mendapatkan pasokan partikel tersuspensi dari sungai tersebut. Kanawu II merupakan kawasan pemukiman dengan lahan yang sudah terolah, Palili merupakan wilayah pantai dengan tegakan pohon rapat dan tidak dipengaruhi sungai, sedangkan Bamba II merupakan wilayah dataran rendah di tepian danau.

Wilayah Kangkuro II, Kanawu III, Anca II, dan Puro II memiliki tanah dengan kondisi fisik yang didominasi pasir. Wilayah-wilayah Kangkuro II dan Kanawu III diduga merupakan areal yang sebelumnya menjadi aliran sungai, karena lapisan tanah permukaan cukup tipis sementara di bagian bawahnya merupakan lapisan pasir. Di wilayah Anca II dan Puro II tampaknya terjadi akumulasi pasir yang bersumber dari aliran di atasnya.

Karakteristik morfometrik

Danau Lindu merupakan danau tektonik dan berada pada ketinggian 1000 meter di atas permukaan laut. Profil kedalaman Danau Lindu membentuk dua cekungan dalam, di sisi utara dan selatan. Ke arah pantai sebelah timur dasar danau melandai, sedangkan ke arah barat cenderung curam. Berdasar peta batimetrik ini dapat dilihat pula kecenderungan pola sedimentasi di dasar danau. Kedalaman maksimum danau yang terukur (72,6 m), berada di arah timur laut Anca (Gambar 2).

Data kedalaman maksimum berdasarkan SARNITA (1973) yang mencapai 100 m, tidak pernah ditemukan pada saat pengukuran ini berlangsung. Diperlukan identifikasi ulang untuk mengevaluasi kedalaman tersebut, mengingat dalam kurun waktu hampir tiga puluh tahun terdapat indikasi penurunan kedalaman yang hampir mencapai 30 meter. Kondisi DAS Lindu yang masih cukup baik tampaknya akan memiliki tingkat erosi yang sangat rendah. Menurut GOENADI (2002) laju sedimentasi pada sungai-sungai di luar Jawa berkisar antara $67 - 2.790 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Dengan asumsi sungai-sungai inlet Danau Lindu, yaitu Kati, Lombosa, Wongkodono, Pada dan Langko, memiliki laju sedimentasi minimum, yaitu $67 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dan debit total



Gambar 2. Peta batimetrik Danau Lindu.

sesaatnya yang terukur mencapai $9,612 \text{ m}^3 \cdot \text{dt}^{-1}$, maka laju sedimentasi di DAS Lindu selama 30 tahun adalah 609,3 ton.

Luas Danau Lindu yang mencapai $34.474.090 \text{ m}^2$ (3.447 ha) dan kedalaman maksimum 72,6 m (Tabel 4), relatif kecil dibanding danau-danau Sulawesi lainnya, seperti Poso (A_0 : 32.320 ha; z_{maks} : 450 m), Towuti (A : 56108 ha; z_{maks} 203 m), dan Matano (A : 16.408 ha; z_{maks} : 540 m) (WHITTEN *et al.* 1987).

Luas perairan Danau Lindu hanya mencakup 6,3% dari daerah tangkapannya, dengan rasio antara wilayah tangkapan dan luas Danau Lindu mencapai 15,9 : 1. Berdasarkan tingkat kedalaman relatifnya ($Z_r = 1,09\%$), Danau Lindu memiliki ciri perairan tidak stabil. Menurut WETZEL (1983) sebagian besar danau memiliki nilai Z_r kurang dari dua persen, yang menunjukkan tingkat stabilitas yang rendah. Sedangkan danau-danau yang memiliki stabilitas tinggi umumnya memiliki nilai $Z_r > 4$ persen, dan merupakan danau dalam dengan luas permukaan sempit.

Tabel 4. Ciri-ciri morfologi Danau Lindu.

No.	Parameter	Dimensi	Sumber Data
1	Luas permukaan (m ²)	34.474.090	Peta Rupa bumi
2	Keliling (m)	26.555,5	idem
3	Panjang maksimum (m)	9.632,0	idem
4	Lebar maksimum (m)	4.824,0	idem
5	Kedalaman maksimum (m)	72,6	Lapangan
6	Volume (m ³)	1.327.795.404	Peta batimetrik
7	Kedalaman rata-rata (m)	38,4	Perhitungan
8	Kedalaman relatif (Z _r) (%)	1,09	idem
9	Pengembangan garis pantai (D _L)	1,27	idem

Danau Lindu yang memiliki stabilitas rendah, akan mudah sekali mengalami pengadukan dengan adanya pengaruh dari luar, seperti adanya perubahan suhu dan adanya hembusan angin. Kondisi hembusan angin di Danau Lindu cukup kencang sering terjadi, umumnya berhembus setelah melewati tengah hari. Hembusan angin ini menimbulkan ombak besar yang diduga akan mendorong proses pengadukan air danau, dan pada saat itu material-material dari lapisan bawah akan terangkat ke permukaan. Proses pengadukan tersebut tampaknya berperan terhadap kondisi air yang cenderung berwarna gelap, dan konsekuensi lanjutnya adalah memberikan keuntungan yang dapat menunjang kesuburan Danau Lindu.

Pengembangan garis pantai (D_L) adalah gambaran potensi dan peranan wilayah tepian dalam hubungannya dengan kesuburan danau. Nilai D_L berkisar antara satu (bentuk membulat) dan dua (memanjang), semakin besar nilai D_L semakin panjang garis pantainya. Menurut WELCH (1952) makin panjang garis pantai makin besar produktivitas danau. Garis pantai diantaranya akan berkontribusi terhadap luasan kontak perairan dan daratan, memberikan daerah terlindung, serta luasan dari wilayah litoral danau.

Nilai D_L Danau Lindu cenderung mendekati satu, dengan nilai 1,27. Hal ini menunjukkan bahwa peranan wilayah tepian Danau Lindu sangat rendah dalam mendukung produktivitas perairannya. Nilai D_L Danau Lindu sedikit lebih rendah daripada D_L Danau Maninjau yang mencapai 1,51 (FAKHRUDIN *et al.* 2002) dan nilai D_L Danau Semayang, yang mencapai 2,78 (LUKMAN *et al.* 1998).

Berdasarkan debit keluaran air danau rata-rata untuk tahun 1985 sebesar 18,656 m³.dt⁻¹ dan volume danau 1.327.795 m³ (Tabel 4), maka Danau Lindu diperkirakan akan memiliki waktu tinggal (*retention time*) air dalam waktu 824 hari, atau dalam kurun waktu 2,26 tahun. Masa pergantian air Danau Lindu ini cukup singkat, jika dibandingkan dengan masa simpan air Danau Maninjau yang mencapai 25,05 tahun (FAKHRUDIN *et al.* 2001). Waktu tinggal air Danau Lindu yang relatif cepat tersebut terkait dengan rasio antara wilayah tangkapan dan luas danau yang tinggi (15,9 : 1), yang memiliki andil dalam pemasokan air.

Waktu tinggal air memberikan peranan yang cukup signifikan didalam proses-proses yang terjadi di danau danau, diantaranya efisiensi perangkapan sedimen dan nutrien (RAUSCH, HEINEMANN, BOMBOWNA *et al.* dalam PETTS 1984).

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari hasil Kajian Limnologis Danau Lindu yang diselenggarakan dan didanai oleh Badan Perencana Daerah Propinsi Sulawesi Tengah. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapeda Propinsi Sulawesi Tengah atas kesempatan yang diberikan sehingga penulis dapat berperan serta dalam kegiatan tersebut.

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*).
- FAKHRUDIN, M., H. WIBOWO, L. SUBEHI, dan I. RIDWANSYAH 2002. Karakterisasi Hidrologi Danau Maninjau Sumatera Barat. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2002*. Pusat Penelitian Limnologi – LIPI, 65 – 75.
- GOENADI, S. 2002 Sediment Transport. *Makalah Seminar Nasional Optimalisasi Fungsi Danau sebagai Mikrokosmos*. Perhimpunan Biologi Indonesia Cabang Yogyakarta- Fak. Biologi UGM, 11 hal.
- HIDAYAT, A. 1988. *Methods of Soil Chemical Analysis*. Japan International Cooperation Agency (JICA) in the Frame Work of the Indonesian-Japan Joint Food Crop Research Programme. Bogor, 105 pp.
- LUKMAN, M. FAKHRUDIN, GUNAWAN, dan I. RIDWANSYAH 1998. Ciri Morfometri dan Pola Genangan Danau Semayang. *Laporan Rehabilitasi Lingkungan Danau Semayang*. PEP – LIPI, 15-23.
- PETTS, G. E. 1984. *Impounded Rivers*. Perspectives for Ecological Management. John Wiley & Sons. Singapore. 326 pp.
- SARNITA, A. 1973. Laporan Survey Perikanan Danau Lindu dan Poso. *Laporan No. 58*. Lembaga Penelitian Perikanan Darat. 17 hal.

- SLY, P. G. 1978. *Sedimentary Processes in Lakes*. In: LERMAN, A (Ed.). *Lakes; Chemistry, Geology, Physics*. Springer-Verlag, New York. 65 – 89.
- WELCH, P. S. 1952. *Limnology*. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 538 pp.
- WETZEL, R.G. 1983. *Limnology*. W.B.Saunders College Publ. Philadelphia. 743 pp.
- WHITTEN, A. J., M. MUSTAFA, and G. S. HENDERSON 1987. *The Ecology of Sulawesi*. Gajah Mada University Press. 777 pp.