

KAJIAN MORFOMETRI, ZONA PERAIRAN DAN STRATIFIKASI SUHU DANAU DIATAS SUMATERA BARAT

Iwan Ridwansyah*

ABSTRAK

Danau Diatas merupakan danau bertipe tektonik yang berada pada sesar besar Sumatera, di sebelah barat lautnya terdapat Danau Dibawah. Danau Diatas digunakan Pemerintah Sumatera Barat sebagai daerah wisata, selain itu digunakan juga sebagai sumber air untuk irigasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi karakteristik morfometri danau dan zona perairan D. Diatas. Informasi tentang morfometri danau dan zona perairan dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan danau yang berkesinambungan. Hasil pemetaan batimetri dengan menggunakan metoda akustik dan pengolahan data dengan Sistem Informasi Geografi (SIG) menghasilkan luas danau 1245 Ha dengan kedalaman maksimum 47 m dan kedalaman rata-rata 24,3 m, volume danau $302 \times 10^6 \text{ m}^3$, dan waktu simpan mencapai 7,7 tahun. Luas DAS (Daerah Aliran Sungai) D. Diatas mencapai 4086 ha sehingga mempunyai rasio 1 : 3,03 antara luas permukaan air dengan luas DAS. Berdasarkan pengukuran kecerahan pada September 2005 zona perairan secara lateral terbagi dalam zona litoral dengan luas 410,9 ha (33%) dan zona pelajik 834,2 ha (67%). Secara vertikal zona fotik yang mencapai kedalaman 7,9 m dengan volume 193,8 juta m^3 (64%) dan zona afotik dengan volume 108,4 juta m^3 (35%). Sedangkan berdasarkan profil suhu menunjukkan lapisan epilimnion terdapat sampai kedalaman 12,5 m, metalimnion 12,5 – 25 m dan lapisan hipolimnion dari kedalaman 25m sampai dasar danau.

Kata kunci : Danau, batimetri, morfometri, zona perairan, SIG.

ABSTRACT

MORPHOMETRY, LAKE REGION AND TEMPERATURE STRATIFICATION STUDY IN DIATAS LAKE WEST SUMATRERA. *Diatas Lake is tectonic lake located on sumatera depresión, in Seawest direction find Dibawah lake. The lake is used by West Sumatera goverment as tourism until used for water resources for irrigation. Result of batimetry survey are; lake area is 1245 ha, maximum depth 47 m, mean depth 24.3 m, water valume is $302 \times 10^6 \text{ m}^3$, and retention time is 7.7 years. The area of Diatas Lake attain 4086 ha with the result that have ration 1 : 3.03 between surface water area and catchment area. base on water transparation measurement on September 2005, lateral lake zona is divided by litoral and pelazic zones, lateral zone have 410,9 ha (33%) and pelazic zone is 834.2 ha (67%) and verticaly the depth of euphotic zona reach 7.9 m with volume 193.8 million m^3 (64%) and aphotic zone is 108.4 million m^3 (35,9). Whereas base on temperature profile is divided by ephilimnion layer from surface water to 12.5 m depth, metalimnion from 12.5 – 25 m and hipolimnion from 25 m to bottom of the lake. This research is aim to obtain information about morphometric and lake zona, the information can used for suistainable management.*

Keywords : Batimetric, watershed, morphometric, lake, GIS.

* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

PENDAHULUAN

Danau terbentuk melalui berbagai proses tergantung lokasi geografis, geologi dan proses biologi yang berkembang di daerah tersebut. Beberapa danau ada yang terbentuk akibat proses katastrofik seperti gempa bumi, letusan gunung api, longsor dan bahkan tumbukan meteor. Proses pembentukan danau yang lain akibat proses alam yang bergradasi seperti aktivitas glasial, perubahan dinamika sungai, angin, dan proses pelarutan. Danau juga dapat terbentuk akibat aktivitas manusia, seperti waduk.

Danau Diatas merupakan salah satu danau di Sumatera Barat, danau ini terbentuk oleh aktivitas tektonik (Lehmusluoto & Machbub, 1997), berada di kaki pegunungan Talang yang tergolong gunung api aktif pada ketinggian 1535 mdpl. Danau Diatas mempunyai bentuk cekungan dengan arah memanjang baratlaut-tenggara sebagai hasil proses tektonik tegasan sumatera. Pemerintah Daerah Sumatera Barat tidak hanya mengembangkan danau ini sebagai tujuan pariwisata, tetapi juga sebagai sumber irigasi dan direncanakan dibangun pembangkit tenaga listrik (<http://www.sumbarprov.go.id/>).

Studi tentang ciri-ciri cekungan danau dikenal sebagai morfologi danau dan sangat penting dalam pengelolaan danau. Morfometri danau merupakan 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. Untuk mempelajari morfometri danau dilakukan pemetaan batimetri dengan metoda pemeruman/akustik yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan. Proses penggambaran dasar perairan tersebut (pengukuran, pengelolaan, dan visualisasi) disebut sebagai survey batimetri (Poerbondono, 2005).

Informasi tentang morfometri danau dapat menjadi bahan untuk antisipasi setiap perubahan pada sistem danau dan memprediksi akibatnya terhadap habitat danau. Simulasi dapat juga dilakukan berdasarkan morfologi danau sehingga menambah upaya mitigasi setiap dampak-dampak yang tidak diinginkan dengan melakukan perencanaan dan menerapkan teknik-teknik pengelolaan yang berkelanjutan.

Setiap tipe danau mempunyai pembagian zona perairan yang merupakan hubungan antara komunitas biologi dan struktur fisik danau. Zona litoral biasanya berada dekat pantai dimana batas bawah dibatasi oleh penetrasi sinar matahari sehingga pada zona ini biasanya kaya akan tumbuhan air (makropit). Sekitar 1% cahaya dari permukaan biasanya sampai pada dasar zona ini, nilai ini juga merupakan batas zona eufotik. Pada beberapa danau zona eufotik sama dengan bagian efilimnion (Horne & Goldman, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji morfometri danau dan pembagian zona perairan di Danau Diatas sebagai dasar untuk pengelolaan danau.

BAHAN DAN METODE

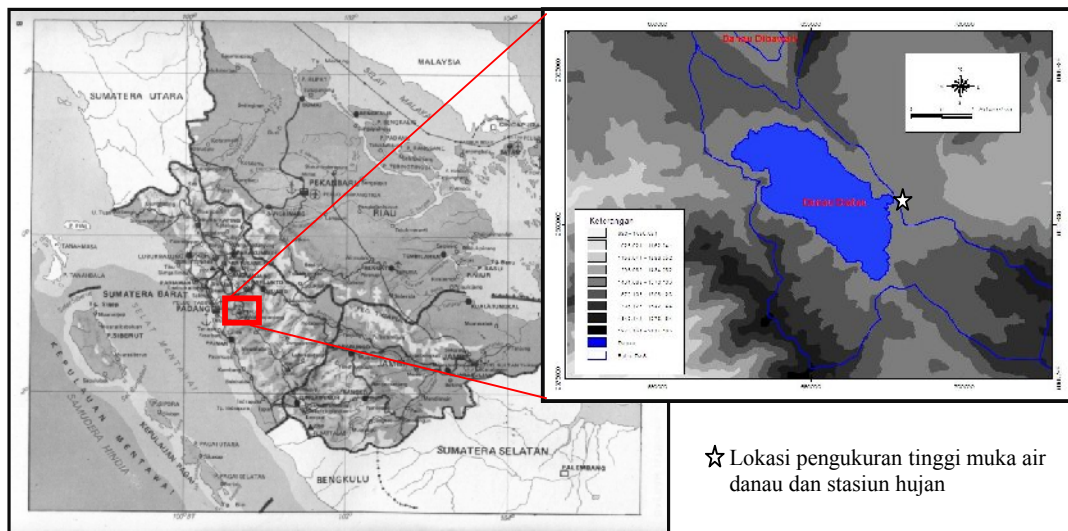
Studi Area

Danau Diatas secara geografis terletak pada koordinat $100^{\circ} 43' 1'' - 100^{\circ} 50' 26''$ BT dan $1^{\circ} 1' 51'' - 1^{\circ} 7' 39''$ LS, merupakan salah satu dari danau kembar. Di sebelah utara dari Danau Diatas dijumpai Danau Dibawah. Kedua danau terletak pada tegasan sumatera yang berarah baratlaut tenggara sehingga dipastikan keduanya terbentuk akibat aktivitas tektonik (Lehmusluoto & Machbub, 1997). Suatu hal yang menarik adalah walaupun kedua danau berdampingan tetapi secara hidrologi batas kedua danau merupakan batas satuan wilayah sungai (SWS) yang mana D. Dibawah mengalir ke SWS Indragiri sedangkan D. Diatas mengalir ke SWS Batanghari.

Secara administratif danau ini terletak pada dua kecamatan; yaitu Kecamatan Lembangjaya dan Lembah Gumanti, Kabupaten Solok. (Gambar 1). Selain digunakan sebagai sumber air irigasi keindahan danau ini juga diminati sebagai sarana rekreasi bagi masyarakat sekitar atau Sumatera Barat pada umumnya. Oleh karena ini Pemda Tingkat II Solok membangun sarana untuk menunjang kegiatan tersebut.

2005. Stasiun pengukuran terletak di outlet danau yang secara administratif masuk ke Kecamatan Lembah Gumanti yang dilakukan oleh PU Pengairan.

Morfometri danau ditinjau berdasar pola kedalaman danau, untuk itu dilakukan pemetaan batimetrik menggunakan metoda akustik. Alat yang digunakan berupa Fishfinder merk *Garmin* tipe *Fishfinder 250* sedangkan frekuensi yang digunakan 200 Hz



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Menurut data PU pengairan Wilayah Sungai Sumatera V, Danau Diatas mempunyai daerah tangkapan 3900 Ha dengan ketinggian maksimal 1995 mdpl. Sungai-sungai yang masuk ke danau berupa sungai-sungai intermiten hanya beberapa sungai saja yang tetap mengalir sepanjang tahun. Sedangkan aliran keluar dari danau diperuntukan bagi irigasi. Tutupan lahan didominasi oleh semak belukar dan di beberapa tempat digunakan sebagai lahan pertanian sayuran oleh penduduk sekitar danau (Peta Rupa Bumi Indonesia, Skala 1 : 50.000, Bakosurtanal).

Untuk mengetahui pola hujan yang mempengaruhi muka air danau didapat dari pengukuran curah hujan dan muka air danau dari Agustus 2002 sampai dengan Agustus

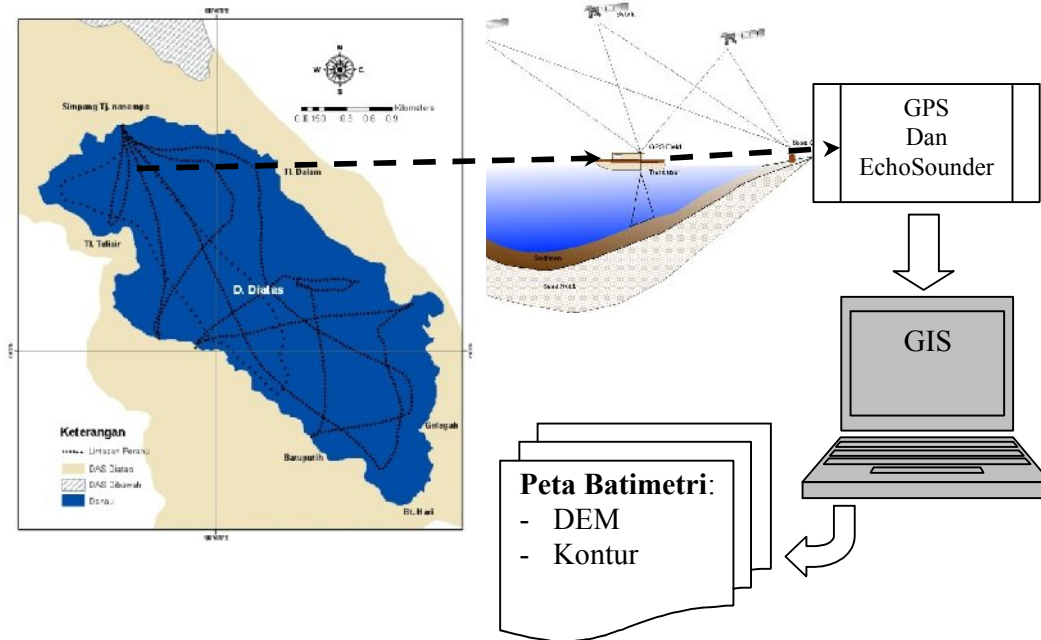
yang mana gelombang akustik dipantulkan pada permukaan sedimen bagian atas (*top sediment*). Pemetaan dilakukan dengan membuat lintasan yang meliputi permukaan danau (Gambar 2). Pada lintasan ini data kedalaman direkam tiap 50 m dari lintasan kapal yang disimpan dan disinkronkan dengan data posisi dan lintasan dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) Garmin 76C.

Data hasil pengukuran diunduh dari GPS berbentuk tabel, baris data berupa titik-titik pengukuran sedangkan kolom data berupa ID, waktu pengambilan data, koordinat, altitude, dan kedalaman. Kemudian data tabel dirubah menjadi bentuk spasial dan diolah dengan menggunakan program Sistem Informasi Geografi (*SIG*)

Arcview 3.1 yang dilengkapi extension *3D Analyst*. Luas danau didapat dari Peta Topografi lembar Alahanpanjang diterbitkan oleh Djawatan Topografi Angkatan Darat (Djantop AD) pada Tahun 1978.

dari lebar dan kedalaman per jarak 0,5 meter pada outlet danau. *Retention time* danau dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Retention\ time\ (Rt) = \frac{Volume}{debit}$$



Gambar 2. Lintasan Pengukuran dan Peralatan yang Digunakan (Fishfinder dan GPS)

Ciri-ciri morfometrik danau dilihat dari kedalaman relatif (z_r) dan indeks pengembangan garis pantai (D_L) (Wetzel, 1983); dengan rumus :

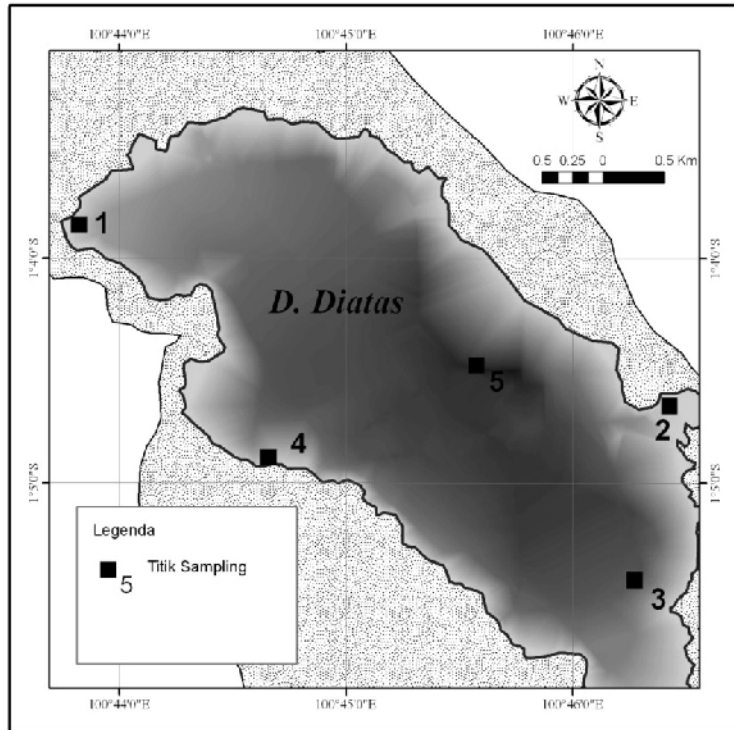
$$z_r = (50z_m \sqrt{\pi}) / \sqrt{A_0}$$

$$D_L = L / (2\sqrt{\pi A_0})$$

z_{max} = kedalaman maksimum
 A_0 = luas permukaan
 L = panjang garis pantai

Untuk mendapatkan nilai *retention time* air danau diperlukan data debit air cakram masuk atau keluar danau dan volume air danau. Debit air keluar danau didapat dari pengukuran kecepatan arus yang diukur dengan menggunakan *Current Meter*, sedangkan penampang basah sungai didapat

Untuk mengetahui zona perairan dilakukan pengukuran kecerahan dengan menggunakan cakram Secchi pada lima titik di perairan danau (Gambar 3). Zonasi danau ditetapkan dengan membagi danau berdasarkan zona litoral dan pelajik secara lateral dan fotik dan afotik secara vertikal. Untuk membatasi zona pada perairan yang jernih hasil pengukuran cakram Secchi dikalikan faktor 2,4 (Koenings & Edmunson, 1991). Sedangkan stratifikasi suhu perairan diukur dengan menggunakan logger suhu YSI Water Checker. Data pengukuran ini kemudian dikolaborasi dengan model elevasi digital danau untuk mendapatkan luasan dan volume.

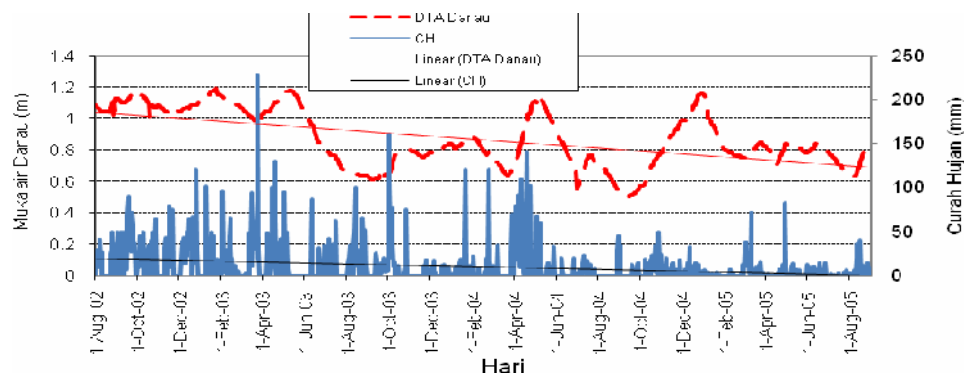


Gambar 3. Lokasi Pengukuran Secchi Disk dan Profil Suhu

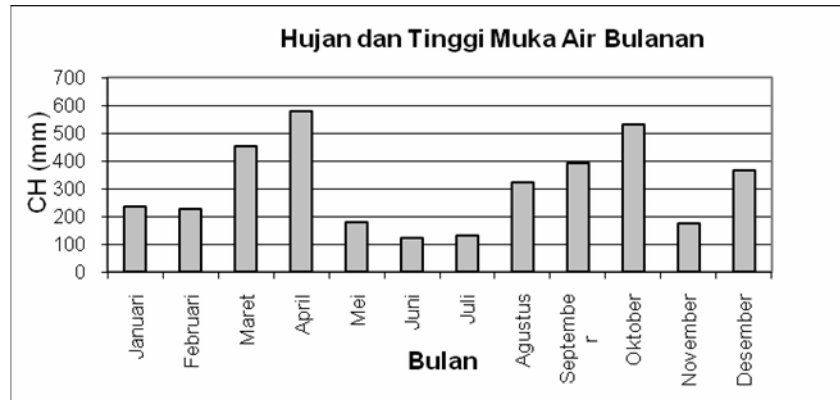
HASIL DAN PEMBAHASAN Iklim dan tinggi muka air

Berdasarkan Data curah hujan dan tinggi muka air dari tahun 2002 sampai dengan 2005 (Gambar 4) secara umum bagian pegunungan Bukit Barisan mempunyai iklim antara superhumid (curah hujan antara 2.500 -3.000 mm/tahun, dan 140 - 170 hari hujan/tahun), dan hyperhumid (curah hujan >3.000 mm/tahun dan 180 -

220 hari hujan/tahun). Dari tiga tahun data pengukuran, curah hujan dan tinggi muka air danau terjadi penurunan. Muka air danau terendah terjadi pada bulan september 2004. Dari data rata-rata curah hujan bulanan menunjukkan puncak musim hujan terjadi pada Bulan April dan Oktober sedangkan musim kemarau terjadi pada Bulan mei sampai Juni (Gambar 5.)



Gambar 4. Curah Hujan dan Tinggi Muka Air Danau Diatas dari Tahun 2002 sampai dengan 2005.



Gambar 5. Rata-rata Hujan Bulanan di Stasiun Lb. Gumanti.

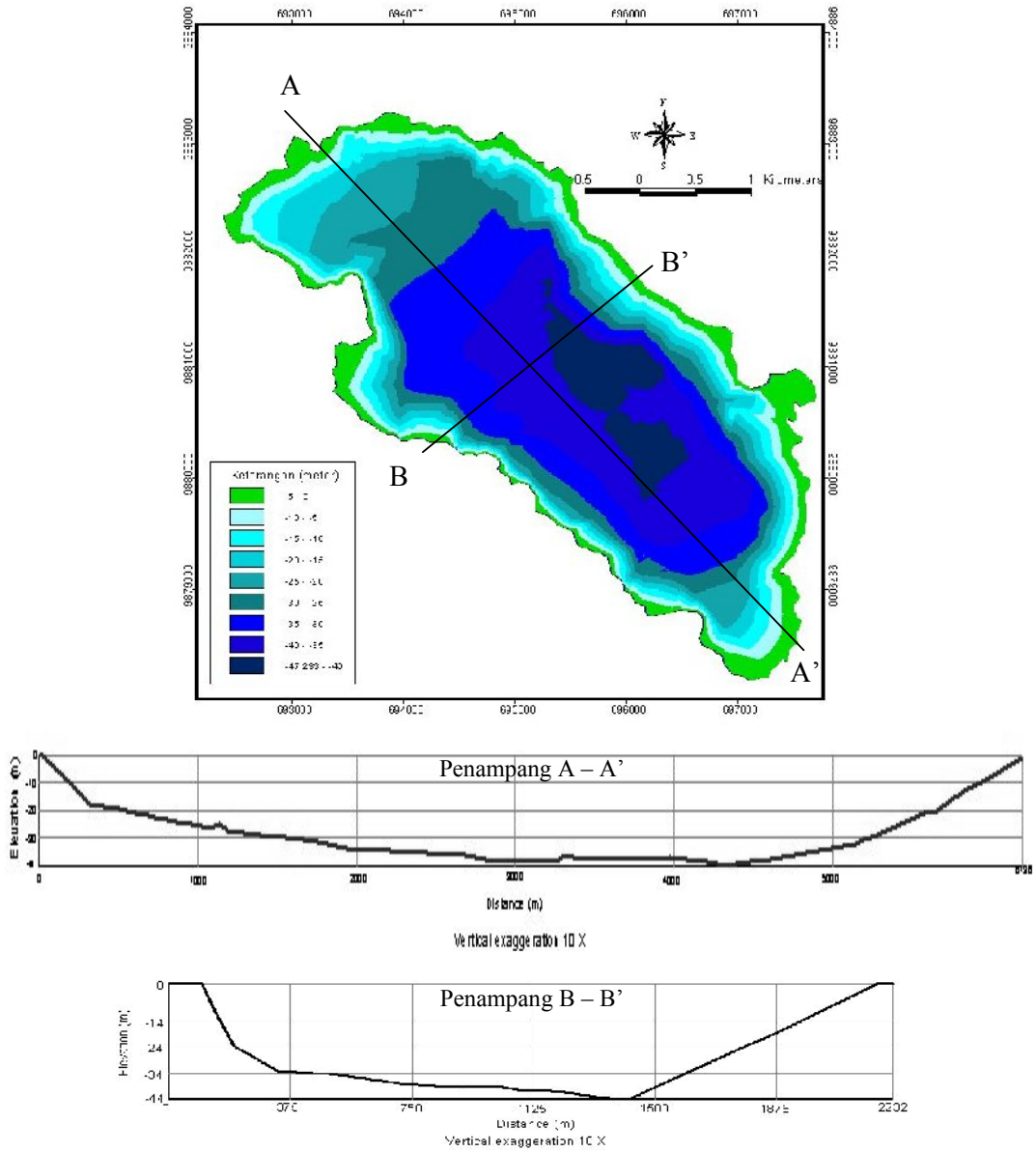
Karakteristik Morfometri Danau Diatas

Berdasarkan pemetaan batimetri danau memperlihatkan distribusi kedalaman, dengan penampang menunjukkan arah barat laut cenderung melandai tetapi arah timurlaut-baratdaya terlihat lebih curam. Tingkat kemiringan pada bagian timurlaut sekitar 75° (Gambar 6). Bagian terdalam terdapat disekitar Telukdalam dengan kedalaman maksimal (Z_{max}) mencapai 47 m hal ini sedikit berbeda dengan hasil pengukuran tim Expedition Indodanau yang menghasilkan kedalaman maksimal (Z_{max}) 44 m (Lehmusluoto & Machbub, 1997). Perbedaan kemungkinan dikarenakan menggunakan metode atau peralatan yang berbeda. Hasil pemetaan batimetri danau yang diolah dengan menggunakan perangkat GIS dengan extension 3DAnalysis memperlihatkan distribusi kedalaman dan ditunjukkan pada gambar 7, dan selanjutnya akan digunakan sebagai dasar perhitungan parameter-parameter morfometri danau.

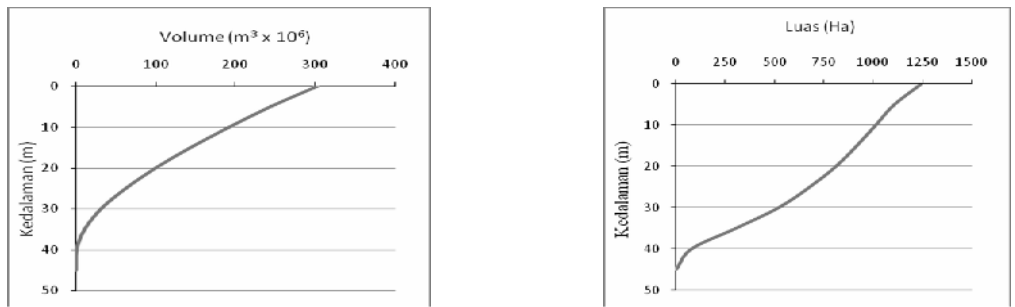
Hasil perhitungan juga memperlihatkan luas permukaan air Danau Diatas (A) didapat sebesar 1245 Ha dan kedalaman rata-rata sebesar 24,3 m. Data luas dan kedalaman danau sangat berpengaruh terhadap perilaku alamiah danau, yang mana pengadukan air danau sangat tergantung kepada kedua parameter tersebut serta

kecepatan angin yang mempengaruhinya. Selain itu dari peta batimetri hasil pengukuran juga diperoleh volume air danau sebesar $302,06 \times 10^6 \text{ m}^3$ (0.302 Km^2) dengan panjang garis pantai 19,9 km. Volume danau dan panjang garis pantai akan berubah sesuai dengan tinggi muka air seperti yang diperlihatkan pada hubungan antara luas, volume dan kedalaman perairan D. Diatas pada gambar 7. Volume danau merupakan faktor penting dalam pengelolaan danau terutama pengaruh terhadap kapasitas pengenceran danau. Danau dengan volume yang besar akan mempunyai kapasitas pengenceran lebih besar. Volume Danau Diatas tergolong kecil bila dibandingkan dengan danau-danau tektonik lain di Pulau Sumatera, seperti Danau Toba atau Danau Maninjau.

Luas dan kedalaman Danau Diatas juga relatif kecil dibandingkan dengan Danau-danau lain di Pulau Sumatera seperti Toba (1130 km^2 dan 529 m), Singkarak (107 km^2 dan 268 m) dan Maninjau ($97,9 \text{ km}^2$ dan 169 m). Sedangkan jika dibandingkan dengan luas danau kembarnya cenderung lebih besar (D. Dibawah luas : 11.2 Ha) tetapi Danau Dibawah mempunyai kedalaman sampai 309 m (P. Lehmusluoto, *et al*, 1995).



Gambar 6. Peta Batimetri dan Penampang Danau Diatas



Gambar 7. Hypostratigrafi Kedalaman, Luas, dan Volume Danau Diatas

Salah satu parameter penting dalam pengelolaan danau adalah *Short Line Development* (SLD) merupakan rasio antara panjang garis pantai dan kebundaran dari permukaan danau. Makin bundar suatu danau seperti danau bertipe *crater* maka nilai SLD akan mendekati nilai minimum, sedangkan danau-danau bertipe dataran banjir akan mempunyai nilai lebih besar karena mempunyai garis pantai yang lebih panjang. Panjang garis pantai D. Diatas mencapai 19.9 m dan luas permukaan 1245 ha maka nilai SLD mencapai 1,56 dan menunjukkan nilai peranan wilayah tepian yang sedang dalam mendukung produktivitas danau. Nilai ini juga hampir sama dengan nilai SLD Danau Maninjau 1,5 (Fakhrudin *et al*, 2002) akan tetapi mempunyai nilai yang lebih besar dari danau Lindu dengan nilai SLD 1,27 yang dikatagorikan memiliki peranan wilayah tepian danau rendah dalam mendukung produktivitas (Lukman, 2006).

Pengukuran sesaat kecepatan arus pada outlet danau (Gambar 8) menunjukkan nilai rata-rata 0,92 m/det dan luas penampang basah pada saat pengukuran 1,25 m². Debit yang terukur di outlet sebesar 1.25 m³/det maka didapat *retention time* (RT)

danau sekitar 7,7 tahun, nilai ini terlihat kecil bila dibandingkan dengan nilai rata-rata *retention time* danau-danau di dunia yang mencapai 17 tahun (Klaff, 2002 dalam ILEC 2005) atau dibandingkan dengan nilai *retention time* Danau Maninjau yang mencapai 25,05 Tahun (Fakhrudin *et al.*, 2002). Kecilnya nilai *retention time* Danau Diatas dikarenakan kecilnya debit outlet danau, diduga terkait karena pengukuran debit dilakukan pada musim kemarau. Dalam pengelolaan danau parameter *retention time* merupakan faktor pembatas, terutama jika danau mengalami degradasi akibat pencemaran yang masuk ke air danau. Nilai *retention time* menunjukkan waktu pemulihan danau dalam memperbaiki dirinya.

Parameter-parameter morfometrik Danau Diatas diperlihatkan pada tabel 1. Data-data tersebut sangat penting sebagai dasar pengelolaan danau, baik digunakan sebagai pertimbangan dalam budidaya perikanan maupun sebagai obyek wisata. Data morfometri memperlihatkan batasan-batasan kemampuan danau. Batasan itu penting dalam hubungannya dengan pemanfaatan danau, dengan tetap memperhatikan pelestarian danau.

Tabel 1. Ciri-ciri Morfologi Danau Diatas

No.	Parameter	Dimensi	Sumber
1	Luas permukaan (m ²)	12451642	Peta Rupa bumi
2	Keliling (km)	19,97	idem
3	Panjang maksimum (m)	6419	idem
4	Lebar maksimum (m)	2878	idem
5	Kedalaman maksimum (m)	47	Lapangan
6	Volume (m ³)	302,06 x 10 ⁶	Peta batimetrik
7	Kedalaman rata-rata (m)	24,3	Perhitungan
8	Kedalaman relatif (Z _r) (%)	1,18	Perhitungan
9	Rasio luas permukaan Air dan luas DAS	1 : 3,03	Perhitungan
10	Pengembangan garis pantai (SLD)	1,56	Perhitungan

Zona dan stratifikasi perairan

Hasil pengukuran kedalaman cakram Secchi pada saat pengukuran memperlihatkan nilai rata-rata kedalaman sebesar 7,9 m (Gambar 8). Sedangkan nilai kedalaman secchi pada tahun 2007 berkisar antara 4,8 – 6,7 m pada bulan Maret dan 4,6 – 5,2 m pada bulan Mei (Trisuryono, 2007).

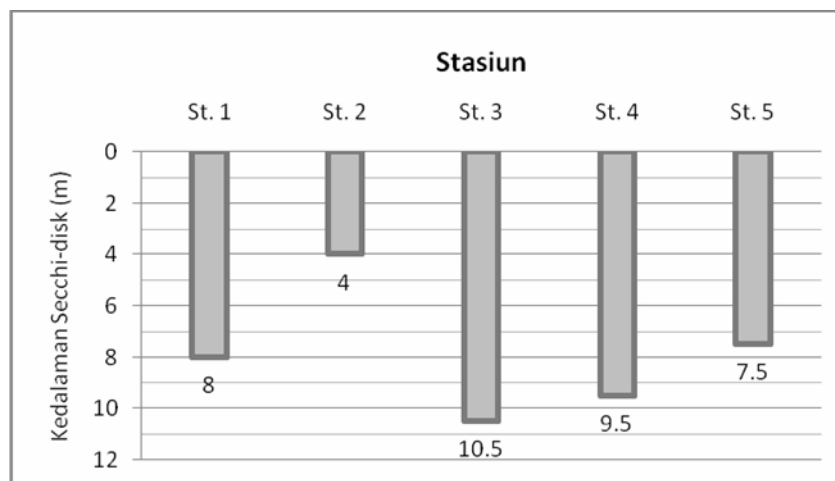
Untuk menghitung nilai Kedalaman Zona Fotik (KZF) digunakan nilai rata-rata pada bulan September 2005 (7,9 m). Nilai rata-rata ini diambil berdasarkan kesamaan waktu dengan pengukuran batimetri, sehingga didapat nilai KZF sebesar 18,96 m. Kemudian nilai KZF ini dianalisis bersama

dengan morfometri danau dengan SIG menghasilkan luas zona litoral danau mencapai 410,9 ha atau 33% dari total luas danau. Zona litoral menggambarkan hubungan antara daerah tangkapan dengan perairan danau (Wetzel, 1990 dalam Wetzel 1996). Kondisi dari zona litoral lebih kompleks dibanding dengan zona pelajik karena distribusi keberadaan makro dan mikro fauna mulai dari vegetasi lahan basah sampai pada tumbuhan air. Sedangkan zona pelajik mencapai luas 834,2 ha atau 67% dari luas danau. Luasan masing-masing zona diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Zona Perairan di Danau Diatas.

Zona	Luas (Ha)	Persentase (%)
Litoral	410.92	33.00
Pelajik	834.24	67.00
Total	1245.16	100.00

Zona	Volume (m ³ x 10 ⁶)	Persentase (%)
Fotik	193.67	64.12
Afotik	108.39	35.88
Total	302.07	100.00

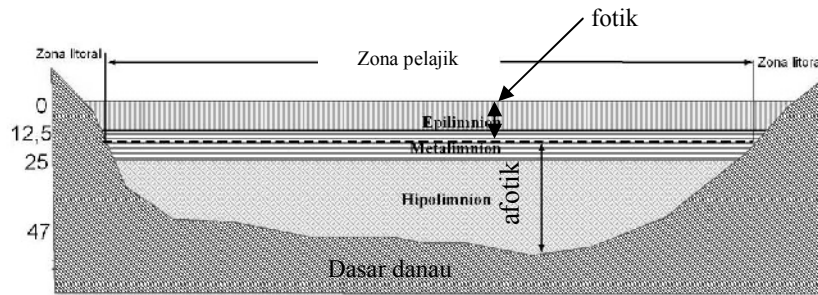


Gambar 8. Grafik Kedalaman Cakram Secchi pada Beberapa Titik Pengamatan di Danau Diatas pada Bulan Juli 2007

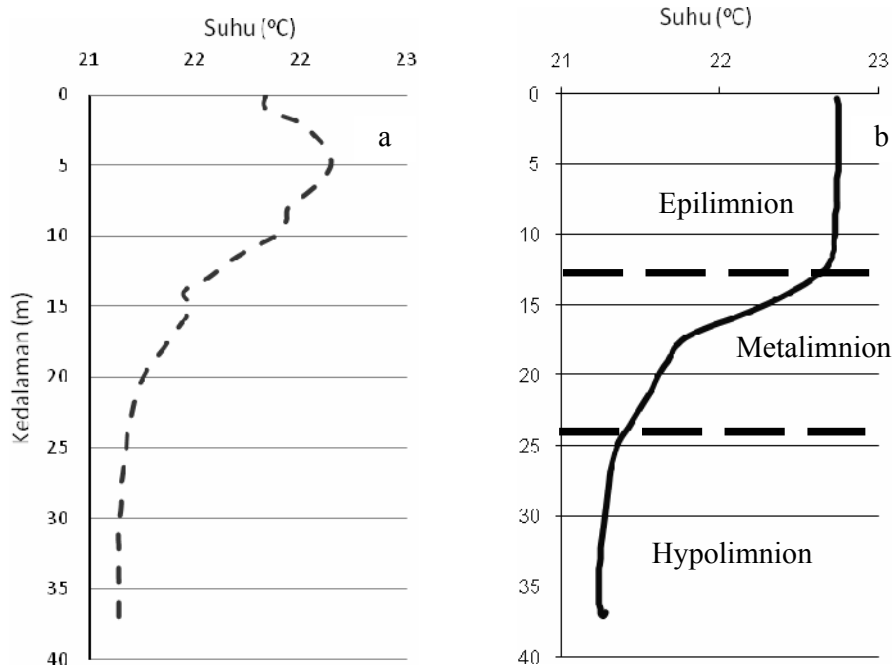
Pengukuran kecerahan juga membagi danau dalam dua zona secara vertikal yaitu zona fotik dengan volume 193,67 juta m³ atau 64%, zona ini merupakan tempat tumbuhan dan fauna berfotosintesis dengan bantuan sinar matahari. Sedangkan zona afotik di Danau Diatas mencapai volume 108,39 juta m³ atau 35.8% dari total volume (Tabel 2).

Profil suhu pada bulan Mei tidak memperlihatkan stratifikasi yang nyata

(Gambar 10a) karena pada saat pengukuran dipengaruhi oleh angin dan ombak. Sementara profil suhu pada bulan Juni menunjukkan stratifikasi danau dibagi dalam tiga bagian (Gambar 10b), yang mana bagian paling atas atau epilimnion dengan kedalaman 12,5 m dan metalimnion yang merupakan strata transisi mencapai kedalaman 25 m, sedangkan bagian paling bawah hypolimnion (Gambar 9).



Gambar 9. Profil Suhu dan Zona Perairan Danau Diatas



Gambar 10. Profil Suhu di Danau Diatas

KESIMPULAN

- Luas Danau Diatas mencapai 1245 ha, dengan panjang maksimum mencapai 6,4 km dan lebar maksimum 2,9 km. Luas DAS mencapai 4086 ha, sehingga rasio antara luas permukaan air dengan luas DAS 1 : 3,03. Volume danau sebesar $302 \times 10^6 \text{ m}^3$ dengan masa retention time mencapai 7,7 tahun. Nilai SLD Danau Diatas mencapai 1,57 yang menunjukkan peranan wilayah pantai yang sedang dalam mendukung sistem danau.
- Trend muka air danau dan curah hujan berdasarkan pengamatan dari tahun 2002 sampai dengan 2005 cenderung menurun.
- Zona litoral danau mencapai 33% dari luas danau sedangkan zona pelajik 67%, secara vertikal zona fotik yang merupakan zona produktif danau mencapai 64% dan sisanya zona afotik sebesar 36%.
- Profil suhu menunjukkan epilimnion yang merupakan bagian danau yang terpengaruh dan teraduk oleh angin dan cuaca terdapat sampai kedalaman 12,5 m, sedangkan metalimnion yang merupakan daerah transisi terdapat dari 12,5 m sampai kedalaman 25 m dan sisanya merupakan lapisan hipolimnion yang cenderung stabil dari pengaruh external.

Ucapan Terimakasih

Menutup kajian singkat tentang morfometri zona perairan danau penulis bermaksud berterimakasih kepada Bapak Lukman dan Trisuryono atas saran dan informasi.

DAFTAR PUSTAKA

- D.N. Poerbondono & E. Djunarsjah, 2005, *Survey Hidrografi*, Refika Aditama, Bandung.
- Fakhrudin, M., H. Wibowo, L. Subehi, & I. Ridwansyah 2002, *Karakterisasi*

Hidrologi Danau Maninjau Sumatera Barat. Prosiding Seminar Nasional Limnologi 2002. Pusat Penelitian Limnologi – LIPI, 65 – 75.

- Horne & Goldman, 1991, Secchi disk and photometer estimates of Light regimes in Alaskan Lakes: Effects of Yellow color and turbidity, *Limnology and Oceanography*, No 36 Volume 1, American Society of Limnology and Oceanography, p 91 – 105.
- ILEC, 2005, *Managing lake and Their Basins for Sustainable Use, A Report for Lake Basin Management and Stakeholders*. International Lake Environment Committee Fondation: Kutsasu, japan.
- Lukman & Iwan R., 2006, *Kondisi Daerah Tangkapan dan Ciri Morfometri Danau Lindu Sulawesi Tengah*, Limnotek, Puslit Limnologi-LIPI.
- Lehmusluoto P. & Badruddin M., 1995, *National Inventory of The Major Lakes and Reservoirs in Indonesia*, Research Institute for Water Resources Development Ministry of Public Works Agency for Research and Development Bandung, Indonesia.
- Trisuryono, 2007, *Kajian dan Pengembangan Karakteristik Limnologis Perairan Darat di Indonesia*, Laporan Teknis DIPA 2007, Puslit Limnologi-LIPI.
- Wetzel, R.G., 1983, *Limnology*. W. B. Saunders College Publ., Philadelphia. 743 pp.
- Wetzel, R. G., 1996, *Limnological Analyses*, Second Edition, Springer-Verlag, Newyork. 389 hal.