



OSEANOLOGI DAN LIMNOLOGI DI INDONESIA

Print ISSN: 0125-9830 Online ISSN: 2477-328X

Nomor Akreditasi: 712/AU3/P2MI – LIPI/10/2015

<http://jurnal-oldi.or.id>



**Morfometri dan Daya Tampung Beban Pencemaran Danau Pondok Lapan
di Kabupaten Langkat, Sumatra Utara**

**Morphometry and Pollution Load Capacity of Lake Pondok Lapan
in Langkat Regency, North Sumatra**

A. Muhtadi, Yunasfi, M. Ma'rufi, dan A. Rizki

Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara

Email: ahmad.muhtadi@usu.ac.id

Submitted 10 March 2016. Reviewed 6 February 2017. Accepted 21 August 2017.

Abstrak

Morfometri sangat diperlukan untuk mengetahui karakteristik fisik suatu danau dan seberapa besar kemampuan danau dalam menerima beban pencemar. Penentuan status mutu air dan daya tampung beban pencemaran air danau sangat penting dilakukan berkaitan dengan pemanfaatan danau oleh masyarakat untuk kegiatan budi daya keramba jaring apung (KJA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik morfometri dan batimetri danau, menentukan status mutu perairan dan daya tampung beban pencemaran danau. Penelitian dilakukan pada bulan Januari–Maret 2015. Pemetaan dilakukan dengan membuat lintasan sebanyak 100 lintasan yang kemudian diolah dengan *ArcView*. Stasiun pengamatan untuk kualitas air terdiri dari 4 stasiun. Status mutu perairan ditentukan dengan metode Indeks Pencemaran dan Storet berdasarkan PerMen LH No. 115 Tahun 2003. Daya tampung beban pencemaran danau mengacu pada PerMen LH No. 28 Tahun 2009. Hasil penelitian menunjukkan bahwa luas Danau Pondok Lapan mencapai 63.472,78 m² (6,35 ha) dengan kedalaman maksimum 4,15 m. Danau ini tergolong perairan yang tertutup, bersifat aerobik, dengan waktu tinggal air 11–12 hari. Kedalaman kompensasi terdapat pada kedalaman 2,61–2,85 m. Debit air yang keluar dari danau ini berkisar 12.963,45– 14.111,71 m³/hari. Status mutu air Danau Pondok Lapan termasuk kategori belum tercemar dengan skor 0 untuk metode Storet dan 0,46–0,86 untuk metode Indeks Pencemaran. Daya tampung beban pencemaran danau adalah sebesar 1,98 kg fosfor/tahun.

Kata kunci: batimetri, Danau Pondok Lapan, daya tampung beban pencemaran, morfometri, status mutu perairan.

Abstract

Morphometry is necessary to know the physical characteristics of a lake and how much the ability of the lake to receive pollutant loads. Determination of water quality status and pollution load capacity of lake water is very important to do with the utilization of lake by the community for cultivation activity of floating net cage (KJA). This study aimed to determine the characteristics of morphometry and bathymetry of the lake, determine the status of water quality and the capacity of lake pollution load. The study was conducted in January–March 2015. Mapping was done by making a path of 100 trajectories which was then processed with *ArcView*. The observation station for water quality consisted of 4 stations. The status of water quality

was determined by the Pollution and Storage Index method based on PerMen LH. No. 115 of 2003. The capacity of lake pollution load refers to PerMen LH. 28 of 2009. The results showed that Lake Pondok Lapan area reached 63,472.78 m² (6.35 ha) with a maximum depth of 4.15 m. This lake is classified as a closed water, aerobic, with a residence time of 11–12 days. The depth of compensation is at a depth of 2.61–2.85 m. The water discharge coming out of the lake ranges 12,963.45–14,111.71 m³ per day. The status of water quality of Lake Pondok Lapan is categorized as uncontaminated with score 0 for the Storet method and 0.46–0.86 for Pollution Index method. Lake pollution load capacity is of 1.98 kg of phosphorus per year.

Keywords: bathymetry, Lake Pondok Lapan, morphometry, pollution load, water quality status.

Pendahuluan

Danau Pondok Lapan merupakan danau buatan yang terletak di Kabupaten Langkat. Pada awalnya, danau ini diperuntukkan untuk irigasi. Namun, seiring dengan peralihan kegiatan masyarakat dari bersawah menjadi berkebun, danau ini tidak lagi berfungsi optimal untuk pengairan (Muhtadi et al. 2015). Penelitian yang pernah dilakukan di Danau Pondok Lapan menunjukkan bahwa struktur komunitas nekton, bentos, dan plankton di danau tersebut tidak stabil dan ada dominansi oleh satu spesies (Muhtadi et al. 2015). Untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai karakteristik danau yang meliputi aspek fisik, kualitas air, dan biologis danau perlu dilakukan penelitian mengenai karakteristik morfometri dan kualitas air Danau Pondok Lapan. Hal ini dimaksudkan guna mendapatkan bentuk pengelolaan yang tepat.

Morfometri danau diperlukan untuk mendapatkan gambaran kondisi fisik perairan danau (Hakanson 1981). Morfometri danau mengatur muatan hara, produksi primer, dan produksi sekunder dari zooplankton, zoobentos, dan ikan (Wetzel dan Liken 2000). Morfometri danau berperan atas perubahan-perubahan yang terjadi dalam proses biologis dan kimia danau (Hakanson 2005). Morfometri juga dapat menggambarkan potensi produksi hayati dan menentukan tingkat kepekaan terhadap pengaruh beban material dari daerah sekitarnya (Hakanson 2005; Barroso et al. 2014).

Morfometri danau diukur berdasarkan strukturnya, seperti kedalaman dan elevasi. Dengan kata lain, morfometri danau merupakan bentuk badan air danau yang meliputi luas permukaan (A), volume (V), dan kedalaman rata-rata (Z). Topografi wilayah sekitar danau juga dapat memengaruhi morfometri danau. Struktur dasar danau dapat disusun membentuk relief dasar perairan yang disebut batimetri (Indrayani et al. 2015). Batimetri merupakan garis khayal yang

menghubungkan titik-titik pada kedalaman yang sama (Anonim 2011). Soeprbowati (2012) menyebutkan bahwa peta batimetri menunjukkan relief dasar danau dengan garis-garis kontur kedalaman, sehingga memberikan informasi tambahan untuk navigasi permukaan. Batimetri diperlukan untuk memahami hidrodinamika suatu perairan (Indrayani et al. 2015). Selain itu, data batimetri juga sangat penting untuk pengelolaan dan pemanfaatan suatu perairan secara berkelanjutan.

Karakteristik kualitas air juga penting untuk pengelolaan danau yang berkelanjutan. Kualitas air yang baik sangat penting untuk mendukung kehidupan biota air. Kondisi kualitas air menentukan ketersediaan pakan alami bagi ikan seperti plankton, bentos, dan tumbuhan air (Astuti et al. 2009). Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan Pedoman Pengelolaan Ekosistem Danau yang memuat parameter yang berpengaruh terhadap status ekosistem perairan danau. Ada beberapa hal penting yang dikemukakan dalam pedoman tersebut, di antaranya status mutu air dan daya tampung beban pencemaran perairan danau. Penentuan status mutu air danau dilakukan dengan metode Storet dan metode Indeks Pencemaran yang telah dibakukan dalam bentuk Pedoman Penentuan Status Mutu Air dalam Surat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003. Penilaian kadar parameter kualitas air mengacu pada Baku Mutu Air (BMA) yang berlaku untuk danau, atau menggunakan Kelas Air pada Lampiran PP No.82 Tahun 2001.

Penghitungan daya tampung beban pencemaran perairan danau berkaitan dengan morfologi dan hidrologi danau, serta kualitas air danau (Machbub 2010). Selain itu, Machbub (2010) juga menjelaskan bahwa penghitungan daya tampung beban pencemaran air danau didasarkan atas kemampuan sumber daya air untuk menerima masukan beban pencemar yang tidak melebihi batas syarat kualitas air untuk berbagai peruntukannya. Penghitungan dan

penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air (DTBPA) danau merupakan kebutuhan yang diatur oleh peraturan perundang-undangan yang berlaku (KLH 2009). Selain itu, penghitungan DTBPA menjadi dasar dalam menentukan daya dukung danau untuk pengembangan budi daya di perairan danau (Lukman 2011). Penghitungan DTBPA danau diperlukan karena masyarakat ingin memanfaatkan Danau Pondok Lapan untuk kegiatan budi daya ikan dalam keramba jaring apung (KJA). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik morfometri dan batimetri danau, mengetahui status mutu perairan, dan menentukan DTBPA Danau Pondok Lapan sebagai dasar pengelolaan danau dan penelitian limnologis lebih lanjut.

Metodologi

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Danau Pondok Lapan, Kecamatan Salapian, Kabupaten Langkat. Pengukuran data morfometri danau dilakukan pada bulan Januari 2015. Pengukuran kualitas air dilakukan pada bulan Februari–April 2015 di empat stasiun (Gambar 1). Penentuan stasiun dilakukan secara *purposive random sampling*. Stasiun 1 dan Stasiun 3 merupakan daerah dekat *outlet* yang langsung berbatasan dengan perkebunan sawit. Stasiun 2 berada di tengah-tengah danau, sedangkan Stasiun 4 merupakan daerah yang dekat dengan rawa-rawa. Secara umum, kondisi lingkungan Danau Pondok Lapan terdapat di daerah perkebunan sawit PT. London Sumatra Plantation. Di daerah dekat pintu air (*outlet* utara) terdapat 2 rumah penduduk yang dibangun tepat di pinggir danau.

Pengukuran Morfometri

Pengukuran dimensi permukaan dilakukan dengan cara mengelilingi pinggiran danau (*track*) dengan menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Pengukuran dimensi bawah permukaan dilakukan dengan cara mengukur kedalaman dengan tali pemberat dan GPS menggunakan kapal kecil. Pemetaan dilakukan dengan membuat lintasan sebanyak 100 lintasan. Lintasan ini dianggap mewakili seluruh perairan Danau Pondok Lapan. Pada lintasan ini data kedalaman direkam tiap jarak 5 m. Data hasil pengukuran kemudian disusun dalam bentuk tabel. Baris data berupa stasiun pengukuran, sedangkan kolom data berupa identitas data (ID), waktu pengambilan data, koordinat, altitud, dan

kedalaman perairan. Kemudian, data tabel diubah menjadi bentuk spasial dan diolah dengan menggunakan program Sistem Informasi Geografi (SIG) *ArcView* yang dilengkapi dengan *extension 3D Analyst* (Soeprbowati 2012). Peta dasar yang digunakan yaitu Peta Rupa Bumi Indonesia tahun 2008 yang diperoleh dari Google Earth tahun 2015.

Parameter morfometri danau merupakan nilai-nilai dimensi permukaan yang meliputi (Hakanson 1981):

1. Panjang maksimum (L_{max}) dinyatakan dalam meter, diperoleh dengan mengukur jarak terjauh antara dua stasiun di tepi danau.
2. Panjang maksimum efektif (L_e) dinyatakan dalam meter, diperoleh dengan mengukur jarak terjauh antara dua stasiun di tepi permukaan danau tanpa melewati pulau (jika ada).
3. Lebar maksimum (W_{max}) dinyatakan dalam meter, diperoleh dengan mengukur jarak dua stasiun terjauh di tepi permukaan danau yang ditarik tegak lurus terhadap L_{max} .
4. Lebar maksimum efektif (W_e) dinyatakan dalam meter, diperoleh dengan mengukur jarak dua stasiun terjauh di tepi permukaan danau yang ditarik tegak lurus terhadap L_e .
5. Luas permukaan (A_o) dinyatakan dalam ha, km^2 , atau m^2 , merupakan luas wilayah permukaan danau. Luas permukaan dari peta batimetri diukur dengan menghitung luas polygon menggunakan program *ArcView*.
6. Panjang Garis Pantai (SL) dinyatakan dalam m atau km, merupakan panjang garis keliling danau. SL diukur dari peta batimetri dengan menggunakan *software ArcView*.
7. Lebar rata-rata (\bar{W}) dinyatakan dalam meter, merupakan rasio antara luas permukaan danau (A_o) dan panjang maksimum:

$$\bar{W} = \frac{A_o}{L_{max}}$$

Keterangan:

\bar{W} = Lebar rata-rata (m)

A_o = Luas permukaan danau (m^2)

L_{max} = Panjang maksimum (m)

8. Indeks perkembangan garis tepi (SDI) tanpa satuan, menggambarkan hubungan antara SL dan luas permukaan. Jika $SDI > 1$, maka bentuk badan perairan tidak beraturan. Jika $SDI \leq 1$, maka bentuk badan perairan beraturan. SDI dihitung dengan persamaan:

$$SDI = \frac{SL}{\sqrt[2]{\frac{22}{7} \times A_o}}$$

Keterangan:

SDI = Indeks perkembangan garis tepi (tanpa satuan)

SL = Panjang garis pantai (m)

A_o = Luas permukaan danau (m²)

Nilai dimensi bawah permukaan meliputi (Hakanson 1981):

1. Kedalaman rata-rata (\bar{Z}) dinyatakan dalam meter, yaitu volume (V) dibagi dengan luas permukaan (A_o):

$$\bar{Z} = \frac{V}{A_o}$$

Keterangan:

\bar{Z} = Kedalaman rata-rata (m)

V = Volume (m³)

A_o = Luas permukaan danau (m²)

2. Kedalaman maksimum (Z_{max}) dinyatakan dalam meter, merupakan kedalaman danau di stasiun terdalam. Pengukuran secara langsung dilakukan dengan *echosounder* dan secara tidak langsung dibaca pada kontur kedalaman peta batimetri.
3. Kedalaman relatif (Z_r) dinyatakan dalam meter, yaitu rasio antara kedalaman maksimum (Z_{max}) dan diameter rata-rata permukaan danau. Kedalaman relatif dihitung dengan persamaan:

$$Z_r = Z_{max} \times 2 \times \frac{\sqrt{A_o}}{\sqrt{n}} \times 100$$

Keterangan:

Z_r = Kedalaman relatif (m)

Z_{max} = Kedalaman maksimum (m)

A_o = Luas permukaan danau (m²)

n = jumlah kontur

4. Kemiringan rata-rata (\bar{S}) dinyatakan dalam %, menggambarkan luas tidaknya perairan yang dangkal:

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \times \left(\frac{1}{2} \times L_o + L_1 + \dots + L_n - 1 + \frac{1}{2} \times L_n \right) \times \frac{Z_{max}}{A_o} \times 100$$

Keterangan:

\bar{S} = Kemiringan rata-rata (%)

L = Panjang garis keliling masing-masing kontur (m)

n = Jumlah kontur pada peta

Z_{max} = Kedalaman maksimum (m)

A_o = Luas permukaan danau (m²)

5. Perkembangan volume danau (*Volume Development*, VD) tanpa satuan, menggambarkan bentuk dasar danau secara umum. Perkembangan volume danau dihitung dengan persamaan:

$$VD = \frac{A_o \times \bar{Z}}{\frac{1}{3} \times (Z_{max} \times A_o)}$$

Keterangan :

A_o = Luas permukaan danau (m²)

\bar{Z} = Kedalaman rata-rata (m)

Z_{max} = Kedalaman maksimum (m)

6. Volume total air danau (V) dinyatakan dalam m³, merupakan jumlah air yang ditampung oleh danau. Volume total dihitung dengan persamaan:

$$V = \frac{h}{3} \times \left[\sum_{i=1}^n \{ (A_i - 1 + A_i) + \sqrt{(A_i - 1) \times A_i} \} \right]$$

Keterangan:

V = Volume total (m³)

H = Interval kontur (m)

A = Luas per lapisan/kontur (m²)

n = Jumlah kontur

7. Debit (Q) dinyatakan dalam m³/jam, merupakan volume yang mengalir pada selang waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan m³/sekon. Debit dihitung dengan rumus dari Wetzel (2001):

$$Q = A \times v$$

Keterangan :

Q = Debit air (m³/sekon)

A = Luas penampang saluran air (m²)

v = Kecepatan arus (m/ sekon)

8. Waktu tinggal air (*Retention time*, Rt) dinyatakan dalam jam, merupakan waktu tinggal air di dalam danau. Waktu tinggal air dihitung menurut Effendi (2003):

$$Rt = \frac{V}{Q}$$

Keterangan :

Rt = Waktu tinggal air (jam)

V = Volume total (m³)

Q = Debit air (m³/sekon)

9. *Morpho Edaphic Index* (MEI) yaitu parameter yang dipakai untuk memprediksi potensi hasil suatu perairan dengan rumus (Henderson dan Welcomme 1974):

$$MEI = \frac{\text{Daya Hantar Listrik}}{\text{Kedalaman rata-rata}}$$

10. Kedalaman kompensasi merupakan kedalaman yang memiliki intensitas cahaya sebesar 1% dari intensitas cahaya di permukaan. Penentuan kedalaman kompensasi dilakukan menggunakan persamaan Beer-Lambertz Law dengan rumus (Effendi, 2003):

$$Z_c = \frac{4,6}{K_d}$$

Pada pendekatan ini dilakukan penghitungan koefisien peredupan yang didasarkan pada kedalaman *Secchi*. Koefisien peredupan (K_d) dihitung dengan:

$$K_d = \frac{1,7}{Z_s}$$

Keterangan:

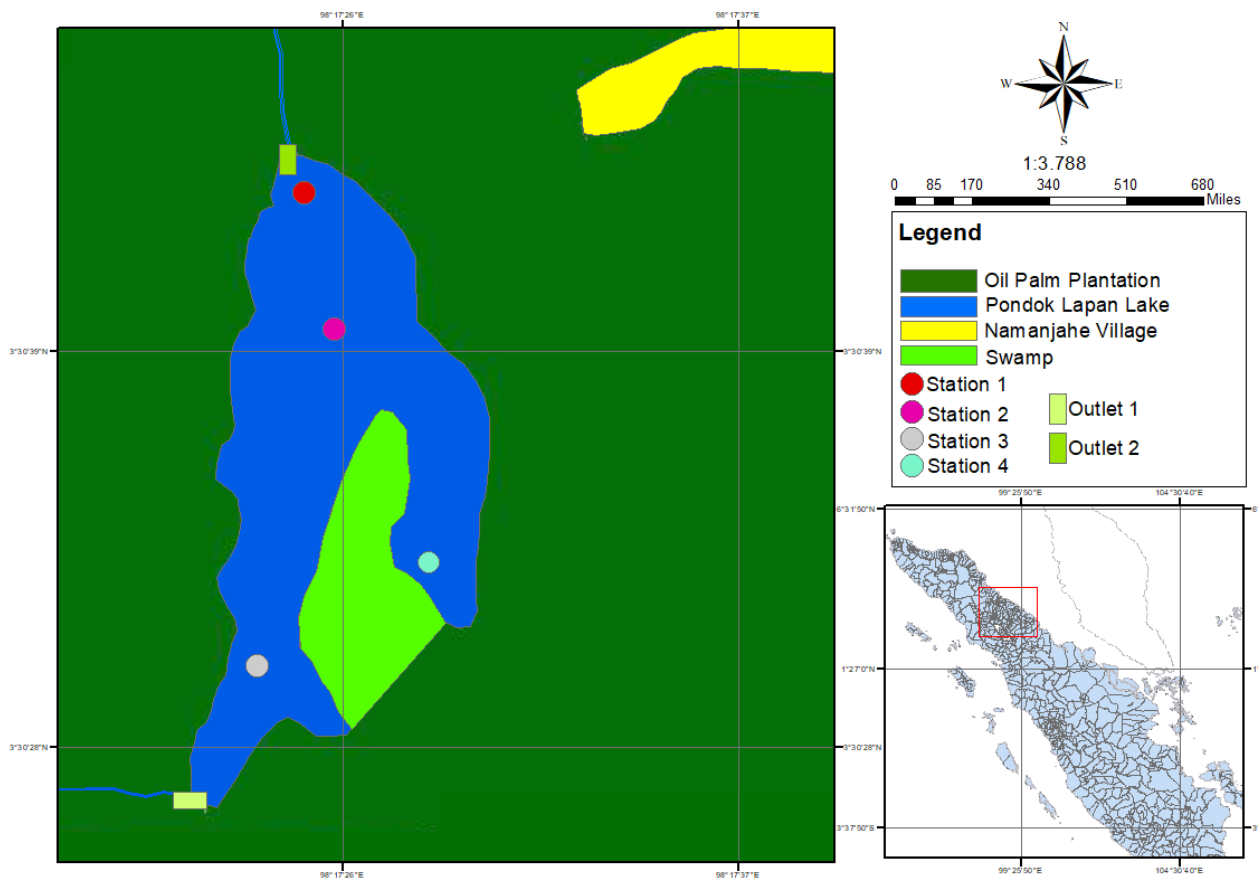
K_d = Koefisien peredupan cahaya matahari

Z_c = Kedalaman kompensasi

Z_s = Kedalaman *Secchi*

Pengukuran Kualitas Air

Sampel air diambil dari kedalaman 50 cm menggunakan *Kemmerer water sampler*. Pengambilan sampel dilakukan tiap bulan dari Februari hingga April 2015. Debit air keluar danau diukur di saluran outlet. Pengukuran parameter fisika dan kimia perairan mengikuti APHA (2012) dan diperlihatkan dalam Tabel 1. Hasil pengamatan parameter fisika dan kimia perairan yang diperoleh dibandingkan dengan kriteria baku mutu air dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi dan kelayakan perairan Danau Pondok Lapan bagi kehidupan organisme perairan. Penentuan status mutu air dengan metode Storet dan Indeks Pencemaran mengacu pada PerMen LH No. 115 Tahun 2003. Daya Tampung Beban Pencemaran Danau ditentukan dengan mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009.



Gambar 1. Lokasi penelitian.
Figure 1. Study location.

Tabel 1. Metode pengukuran parameter kualitas air dan alat ukur yang digunakan.
Table 1. Methods of measuring water quality parameters and instruments used.

Parameter	Quality standard	Method/Tool
Physics		
Temperature (°C)	Natural	Thermometer
Total Suspended Solid (mg/L)	400	Gravimetry
Water transparency (m)	-	Secchi disc
Conductivity (µmhos/cm)	-	SCTmeter
Salinity (‰)	-	Refractometer
Chemical		
Dissolved Oxygen (mg/L)	3	DOmeter
pH	6–9	pHmeter
BOD ₅ (mg/L)	6	DOmeter
COD (mg/L)	50	Reflux method
Nitrate (NO ₃ -N) (mg/L)	20	Brucine
Phosphate (PO ₄ -P) (mg/L)	1	Stannous chloride
Microbiology		
Total Coliform (count/100 mL)	10,000	Most Probable Number

Metode Storet

Secara prinsip, penentuan status mutu air dalam metode Storet dilakukan dengan membandingkan antara data kualitas air dan baku mutu air yang disesuaikan dengan peruntukannya guna menentukan status mutu air. Jika hasil pengukuran memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran \leq baku mutu), maka diberi skor 0. Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran $>$ baku mutu), maka diberi skor yang diperlihatkan dalam Tabel 2.

Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan status mutunya ditentukan

berdasarkan jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai. Status mutu air ditentukan dengan menggunakan sistem nilai dari *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA) yang dimuat dalam PerMen LH No. 115 Tahun 2003 dengan klasifikasi sebagai berikut:

1. Skor 0 : memenuhi baku mutu
2. Skor -1 s/d -10 : tercemar ringan
3. Skor -11 s/d -30 : tercemar sedang
4. Skor \leq -31 : tercemar berat

Tabel 2. Sistem nilai untuk menentukan status mutu air.
Table 2. Value system to determine water quality status.

Sample	Grade	Parameter		
		Physics	Chemical	Biology
< 10	Maximum	-1	-2	-3
	Minimum	-1	-2	-3
	Average	-3	-6	-9
\geq 10	Maximum	-2	-4	-6
	Minimum	-2	-4	-6
	Average	-6	-4	-18

Sumber: PerMen LH No. 115 Tahun 2003

Indeks Pencemaran

Indeks Pencemaran (IP) ditentukan dengan memilih parameter-parameter yang jika bernilai rendah, maka kualitas air akan baik. Langkah-langkah penghitungan IP adalah:

- 1) Memilih parameter baku mutu air yang tidak memiliki nilai kisaran.
- 2) Menghitung nilai Ci/Lij untuk setiap parameter di setiap lokasi pengambilan sampel. Ci merupakan konsentrasi parameter kualitas air, sedangkan Lij adalah nilai baku mutu.
- 3) Khusus untuk konsentrasi oksigen, nilai Ci/Lij hasil pengukuran diganti oleh Ci/Lij hasil penghitungan,

$$(Ci/Lij)_{\text{penghitungan}} = \frac{Cim - Ci(\text{pengukuran})}{Cim - Lij}$$

- 4) Jika nilai baku mutu Lij memiliki nilai kisaran, maka untuk $Ci \leq Lij$ rata-rata:

$$(Ci/Lij)_{\text{penghitungan}} = \frac{[Cim - (Lij)_{\text{rata-rata}}]}{\{(Lij)_{\text{minimum}} - (Lij)_{\text{rata-rata}}\}}$$

sedangkan untuk $Ci \geq Lij$ rata-rata:

$$(Ci/Lij)_{\text{penghitungan}} = \frac{[Cim - (Lij)_{\text{rata-rata}}]}{\{(Lij)_{\text{maksimum}} - (Lij)_{\text{rata-rata}}\}}$$

- 5) Jika nilai (Ci/Lij) hasil penghitungan lebih besar dari 1,0, maka

$$(Ci/Lij)_{\text{penghitungan}} = P \log (Ci/Lij)_{\text{pengukuran}}$$

P adalah konstanta yang nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan atau persyaratan yang dikehendaki sesuai dengan peruntukannya (biasanya digunakan nilai 5).

- 6) Menentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan Ci/Lij ((Ci/Lij)_{rata-rata} dan (Ci/Lij)_{max}), kemudian menentukan nilai Indeks Pencemaran (IPj):

$$IPj = \sqrt{\frac{(Ci/Lij)_{\text{max}}^2 + (Ci/Lij)_{\text{rata-rata}}^2}{2}}$$

Keterangan:

- IPj = Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi Ci/Lij
- Lij = konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu Air
- Ci = konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis percontohan air di suatu lokasi penelitian

Evaluasi hubungan nilai IP dengan status mutu air menurut KepMen LH 115 Tahun 2003 diperlihatkan dalam Tabel 3.

Beban Pencemaran

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 28 Tahun 2009 penghitungan daya tampung beban pencemaran ditentukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Morfologi dan hidrologi danau atau waduk

$$\check{Z} = V / A$$

Keterangan

- Z̄ = Kedalaman rata-rata danau atau waduk (m)
- V = Volume air danau atau waduk (juta m³)
- A = Luas perairan danau atau waduk (ha)

$$\rho = Qo / V$$

Keterangan

- ρ = Laju penggantian air danau /atau waduk(L/tahun)
- Qo = Jumlah debit air keluar danau (juta m³/tahun), pada tahun kering

Tabel 3. Hubungan nilai Indeks Pencemaran dengan status mutu air.
Tabel 3. Relationship between pollution index and water quality status.

Pollution Index	Water quality status
$0 \leq PIj \leq 1.0$	Good
$1.0 < PIj \leq 5.0$	Slightly polluted
$5.0 < PIj \leq 10.0$	Moderately polluted
$PIj > 10.0$	Heavily polluted

Sumber: PerMen LH No. 115 Tahun 2003

2) Alokasi beban pencemaran fosfor (P)

$$[P]_{STD} = [P]_i + [P]_{DAS} + [P]_d$$

$$[P]_d = [P]_{STD} - [P]_i - [P]_{DAS}$$

Keterangan

$[P]_{STD}$ = Syarat kadar parameter P maksimal sesuai baku mutu air atau kelas air (mg/m^3)

$[P]_i$ = Kadar parameter P hasil pemantauan danau atau waduk (mg/m^3)

$[P]_{DAS}$ = Jumlah alokasi beban fosfor (P) dari daerah aliran sungai (DAS) atau daerah tangkapan air (DTA) (mg/m^3)

$[P]_d$ = Alokasi beban P limbah kegiatan di perairan danau atau waduk (mg/m^3)

3) Daya tampung beban pencemaran air parameter P danau atau waduk

$$L = \Delta [P]_d \check{Z} \rho / (1 - R)$$

$$R = 1 / (1 + 0,747 \rho^{0,507})$$

$$La = L \times A / 100 = \Delta [P]_d A \check{Z} \rho / 100 (1 - R)$$

Keterangan

L = Daya tampung limbah P per satuan luas danau atau waduk ($\text{kg P}/\text{m}^2/\text{tahun}$)

La = Jumlah daya tampung limbah fosfor (P) di perairan danau atau waduk ($\text{kg P}/\text{tahun}$)

R = Fosfor total (P) yang tinggal bersama sedimen

Hasil

Morfometri dan Batimetri

Hasil pengukuran parameter morfometri danau terdiri dari dimensi permukaan dan dimensi bawah permukaan yang diturunkan dari peta batimetri. Hasil pengukuran tersebut diperlihatkan dalam Tabel 4. Peta batimetri diperlihatkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan analisis peta batimetri, kedalaman Danau Pondok Lapan bervariasi. Area paling dangkal terdapat di bagian selatan dan terdalam di bagian utara. Kedalaman danau ini bervariasi, disebabkan dasar danau yang berbukit-bukit, bahkan perbedaan kedalaman cukup signifikan di beberapa titik pengukuran (Soeprbowati 2012; Indrayani et al. 2015).

Berdasarkan hasil pengukuran, Danau Pondok Lapan memiliki Lmax dan Le sama, yaitu 548,28 m. Wmax dan We juga sama, yaitu 220,23 m. Panjang efektif dan lebar efektif danau

memiliki nilai yang sama karena tidak ada pulau atau daratan di dalam danau tersebut. Danau Pondok Lapan memiliki Ao sebesar 63.472,78 m^2 atau sekitar 6,35 ha dengan lebar rata-rata 115,76 m. Nilai SL mencapai 2.200,83 m atau sekitar 2,20 km.

Hasil penelusuran tidak menemukan sumber air permukaan yang masuk ke danau. Dengan demikian, sumber air di danau ini diperkirakan berasal dari air tanah dan air hujan. Volume danau tersebut 153.484,43 m^3 . Debit air keluar (Q) yang diukur di dua outlet danau adalah 558,49 m^3/jam .

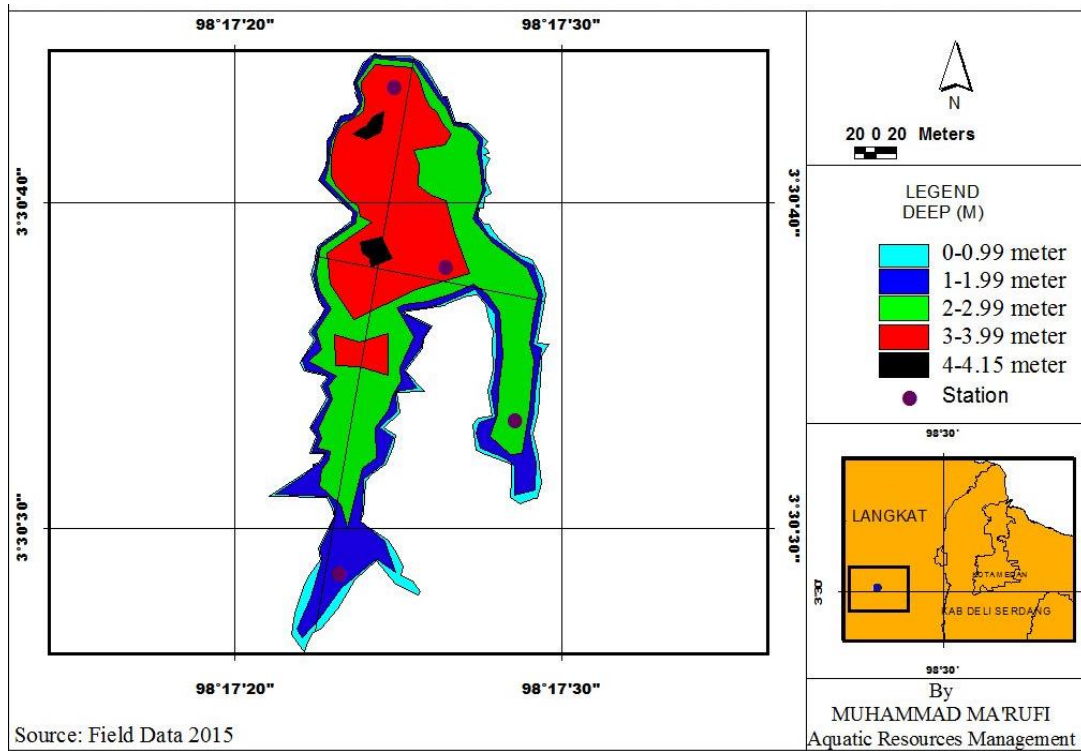
Kualitas Air dan Status Mutu Air

Hasil pengukuran kualitas air Danau Pondok Lapan dari bulan Februari hingga April 2015 menunjukkan nilai yang masih di bawah baku mutu menurut PP No. 82 Tahun 2001. Nilai rata-rata parameter fisika kimia perairan danau diperlihatkan dalam Tabel 5. Penentuan status mutu air berdasarkan metode Storet dan Indeks Pencemaran didapatkan Danau Pondok Lapan termasuk perairan yang tidak tercemar (Tabel 6) dan masih memenuhi baku mutu sesuai peruntukannya sebagai tempat hidup organisme perairan.

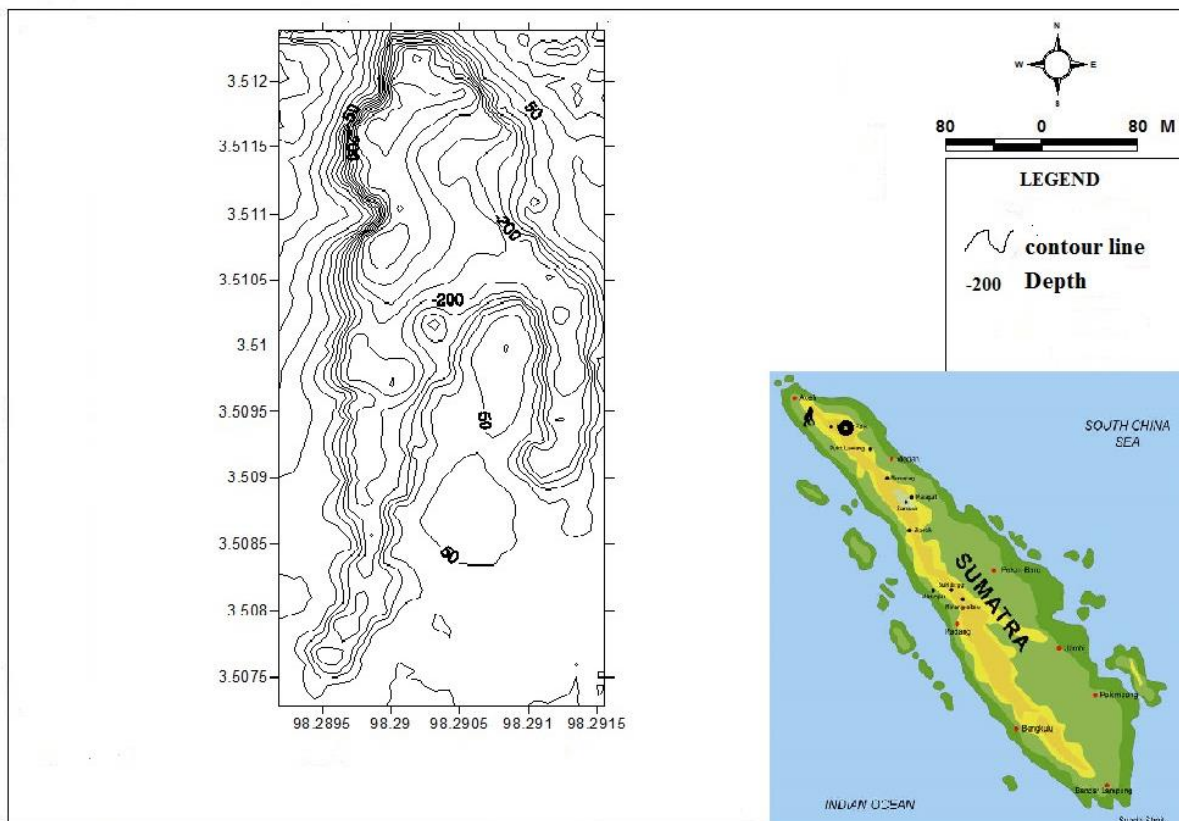
Tabel 4. Morfometri Danau Pondok Lapan.

Table 4. Morphometry of Lake Pondok Lapan.

Parameter	Value
Maximum length (m)	548.28
Maximum effective length (m)	548.28
Maximum width (m)	220.23
Maximum effective width (m)	220.23
Surface area (m^2)	63,472.78
Mean width (m)	115.76
Shoreline development index	4.93
Shoreline length (m)	2,200.83
Maximum depth (m)	4.15
Mean depth (m)	2.42
Relative depth (%)	1.40
Slope (%)	7.35
Volume development	1.75
Volume (m^3)	153,484.43
Debit (m^3/h)	558.49
Retention Time (day)	11–12
Morpho Edhaptic Index	0.77
Compensation depth (m)	2.77



Gambar 2. Peta batimetri Danau Pondok Lapan.
Figure 2. Bathymetry map of Lake Pondok Lapan.



Gambar 3. Peta batimetri 3 dimensi (3D) Danau Pondok Lapan.
Figure 3. Map of 3-dimensional bathymetry (3D) of Lake Pondok Lapan.

Tabel 5. Hasil pengukuran kualitas air Danau Pondok Lapan, Februari–April 2015.

Table 5. The results of water quality measurement of Lake Pondok Lapan, February–April 2015.

Parameter	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Quality standard *
Physics					
Temperature (°C)	30.33	30	30.67	31	30 ± 3
Total Suspended Solid (TSS) (mg/L)	18	20	18	19	50
Total Dissolved Solid (TDS) (mg/L)	308.64	255.68	266.95	76.52	1,000
Transparency (cm)	86.33	106.83	116.67	100.33	-
Conductivity (µm hos/cm)	364.53	188.2	153.6	42.6	
Chemistry					
pH	6.9	6.7	6.93	6.87	6–9
DO (mg/L)	6.73	3.37	5.87	5.73	3
BOD ₅ (mg/L)	2.53	1.27	1.97	1.76	6
COD (mg/L)	10	11.3	9.93	11.57	50
Nitrate (NO ₃ -N) (mg/L)	1	1	1	1	20
Phosphate (PO ₄ -P) (mg/L)	0.037	0.03	0.03	0.03	1
Microbiology					
Total Coliform (cell/100 mL)	839.5	811.5	620	480.9	10,000

* PP No. 82 Tahun 2001 kelas III

Tabel 6. Hasil penghitungan pencemaran dengan Indeks Storet dan Indeks Pencemaran.

Table 6. Results of contamination calculation with Storet Index and Pollution Index.

Method*	Station							
	1		2		3		4	
	Score	Status	Score	Status	Score	Status	Score	Status
Storet Index	0	good	0	good	0	good	0	good
Pollution Index	0.868	good	0.463	good	0.683	good	0.657	good

*PerMen LH No. 115 Tahun 2003

Tabel 7. Beban pencemaran Danau Pondok Lapan.

Table 7. Pollution load of Lake Pondok Lapan.

Parameter	Value
Total volume (V)	153,484.43 m ³
Debit (Q)	558.49 m ³ /hour
Area (Ao)	63,472.78 m ²
Mean depth (Z)	2.42 m
Rho	31.88 /year
[P] _{STD}	0.2 mg/L
[P] _i	0.03 mg/L
[P] _{DAS}	0.13 mg/L
[P] _d	0.03 mg/L
R	0.19 mg/L
L	0.31 kg P/year
Pollution load	1.98 kg P/year

Daya Tampung Beban Pencemar

Beban pencemar maksimal yang dapat diterima oleh perairan Danau Pondok Lapan berdasarkan konsentrasi fosfor adalah sebesar 1,98 kg P per tahun (Tabel 7). Apabila konsentrasi fosfor melewati konsentrasi tersebut, dapat dikatakan perairan sudah tercemar karena konsentrasi fosfor sudah sangat tinggi dan perairan tersebut tidak dapat lagi menerima masukan fosfor. Juantari et al. (2013) melaporkan jika dalam satu tahun terdapat kadar P yang lebih besar daripada beban maksimalnya, maka bagian waduk tersebut sudah dalam keadaan tercemar oleh nutrien.

Pembahasan

Morfometri dan Batimetri

Danau Pondok Lapan termasuk kategori danau sangat kecil menurut Straskraba dan Tundisi (1999), yaitu kurang dari 100 hektare atau 10^6 m^3 . Danau ini jauh lebih kecil dibandingkan danau-danau yang terdapat di Sumatra Utara, bahkan di Indonesia, seperti Danau Toba (112.400 ha) (Lukman dan Ridwansyah 2009; 2010), tetapi sedikit lebih luas daripada Danau Kelapa Gading (1,2 ha) (Ridoan et al. 2016). Nilai SDI danau sebesar 4,93 dengan panjang garis keliling danau 2.200,83 m. Nilai SDI yang semakin besar menunjukkan bentuk danau yang semakin tidak beraturan. Panjang garis keliling dan nilai SDI akan menentukan jumlah nutrien yang masuk. Semakin panjang garis keliling danau dan semakin besar nilai SDI, maka semakin besar pula masukan yang diterima oleh danau. Wetzel (2001) menyatakan bahwa SDI dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat produktivitas suatu perairan. Jika semakin besar nilainya, maka perairan tersebut semakin subur. Tingkat produktivitas perairan sangat berkaitan dengan bentuk danau yang semakin tidak beraturan. Semakin banyak bagian yang berteluk dan berhubungan dengan daratan, akan semakin besar pula kemungkinan nutrien masuk dari daratan. Pada umumnya, perairan danau, baik alami maupun buatan, memiliki SDI yang lebih besar dari 2, seperti Situ Cilala sebesar 2,55 (Pratiwi et al. 2007), Danau Toba sebesar 3,61 (Lukman dan Ridwansyah 2010), Danau Kelapa Gading sebesar 3,55 (Ridoan et al. 2016).

Danau Pondok Lapan termasuk dangkal dengan kedalaman rata-rata sebesar 2,42 m. Hal ini didukung fakta bahwa danau ini hanya memiliki kedalaman maksimum 4,15 m. Daerah

yang paling dalam terdapat di Stasiun 1 di bagian pintu air (*outlet*). Menurut Aldama et al. (2012), Pujiastuti et al. (2013), dan Barroso et al. (2014), perairan yang dangkal biasanya memiliki potensi produktivitas biologi yang tinggi karena lapisan epilimnionnya lebih tebal daripada lapisan hipolimnion. Hal ini didukung oleh nilai kedalaman relatif Danau Pondok Lapan yang lebih kecil dari 2%, yaitu 1,40%. Nilai kedalaman rata-rata dan kedalaman maksimum danau ini tidak jauh berbeda dari kedalaman rata-rata dan kedalaman maksimum Situ Cilala, yaitu sebesar 2,05 m dan 5,09 m (Pratiwi et al. 2007) dan Danau Kelapa Gading sebesar 1,26 m dan 2,15 m (Ridoan et al. 2016). Akan tetapi, kedalaman rata-rata dan kedalaman maksimum Danau Pondok Lapan jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan Danau Poso yaitu 194,7 m dan 384,6 serta Danau Toba 228 m dan 508 m (Lukman dan Ridwansyah 2009; 2010)

Nilai kedalaman rata-rata dan kedalaman maksimum yang rendah mengindikasikan bahwa Danau Pondok Lapan memiliki tingkat stabilitas stratifikasi yang rendah, sehingga mudah mengalami pengadukan. Menurut Wetzel (2001), kedalaman relatif yang kurang dari 2% akan mudah mengalami pengadukan massa air, sehingga lapisan yang cenderung homogen dan nutrien hasil dekomposisi dari zona dekomposisi akan terdistribusi ke lapisan epilimnion. Menurut Straskraba dan Tundisi (1999), kedalaman danau memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kualitas air. Hal ini masih terkait dengan pengadukan di danau (Barroso et al. 2014). Hasil pengukuran kedalaman relatif di danau lain di Indonesia juga mendapatkan kedalaman relatif yang kurang dari 2%, seperti Situ Cilala sebesar 1,39% (Pratiwi et al. 2007), Danau Poso sebesar 1,18% (Lukman dan Ridwansyah 2009), Danau Toba sebesar 1,34% (Lukman dan Ridwansyah 2010), dan Danau Kelapa Gading sebesar 0,17% (Ridoan et al. 2016).

Volume dan debit air Danau Pondok Lapan lebih tinggi daripada Danau Kelapa Gading yang memiliki volume $15.033,52 \text{ m}^3$ dan debit air $3,312 \text{ m}^3/\text{jam}$ (Ridoan et al. 2016). Volume dan debit Danau Pondok Lapan ini masih jauh daripada Danau Poso $71,81 \times 10^6 \text{ m}^3$ dan $1,14 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jam}$ (Lukman dan Ridwansyah 2009) dan Danau Toba yang mencapai $256,2 \times 10^9 \text{ m}^3$ dan $360,000 \text{ m}^3/\text{jam}$ (Lukman dan Ridwansyah 2010).

Nilai perkembangan volume (VD) Danau Pondok Lapan adalah 1,75. Cole (1983) menyatakan bahwa nilai $VD > 1$ menggambarkan dasar perairan yang berbentuk datar. Bentuk dasar

Danau Pondok Lapan yang tergolong datar ini dicirikan dengan peta kontur danau (Gambar 3) di bagian tengah yang jarang (tidak bersinggungan). Apabila bentuk dasar danau curam, maka peta kontur di bagian tengah akan berhimpitan. Selain itu, kemiringan rata-rata sebesar 7,35% menunjukkan kemiringan yang landai (Syah dan Hariyanto 2013). Bentuk dasar danau yang relatif datar ditemukan di daerah litoral atau daerah dangkal yang luas (Gambar 2 dan Gambar 3). Perairan dengan daerah litoral yang luas mempunyai potensi produktivitas biologi yang tinggi. Hal ini disebabkan di wilayah litoral terdapat tumbuhan berakar yang memberi kontribusi terhadap bahan organik di dasar perairan. Bahan organik yang terdekomposisi menjadi sumber nutrisi bagi fitoplankton dan tanaman air dan bahan organik di dasar perairan yang terakumulasi akan dimanfaatkan untuk pertumbuhan bentos (Welch 1952).

Hasil penghitungan waktu tinggal air (R_t) Danau Pondok Lapan adalah 11–12 hari. Artinya, air yang ada di dalam danau akan berganti setiap 11–12 hari. Hal ini juga berhubungan dengan laju pembilasan unsur hara yang masuk dan bertahan di dalam danau selama 11–12 hari. Waktu tinggal air danau ini lebih lama daripada Situ Cilala yang 8 hari (Pratiwi et al. 2007). Sebaliknya, waktu tinggal air danau ini lebih singkat daripada Danau Kelapa Gading yang berkisar 225–226 hari (Ridoan et al. 2016), dan jauh lebih singkat daripada Danau Poso dan Danau Toba, yakni 7,21 dan 81,24 tahun (Lukman dan Ridwansyah 2009; 2010). Menurut Pratiwi et al. (2007), semakin lama waktu tinggal air dalam suatu danau, kesempatan bahan organik dan nutrisi berada di danau akan semakin besar.

Nilai *Morpho Edhaptic Index* (MEI) Danau Pondok Lapan adalah 0,77. MEI merupakan pendugaan potensi perikanan, semakin tinggi nilai MEI, maka potensi produksi perikanan akan semakin tinggi pula (Pratiwi et al. 2007). Nilai MEI Danau Pondok Lapan lebih rendah dibandingkan Situ Cilala yang bernilai 36,05 (Pratiwi et al. 2007).

Kualitas Air dan Status Mutu Air

Hasil pengukuran suhu air di empat stasiun penelitian berkisar 30–31°C. Nilai ini berada dalam kisaran normal. Boyd (1990) serta Aisyah dan Subehi (2012) menyatakan bahwa di perairan tropis ikan akan tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 25–32°C. Berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, tentang baku mutu air golongan C (untuk kegiatan perikanan), maka suhu air Danau Pondok

Lapan masih berada dalam kisaran yang ditetapkan.

Nilai TSS berkisar 18–20 mg/L. TSS berperan sebagai penentu nilai kejernihan air yang dapat memengaruhi kedalaman eufotik, sehingga secara tidak langsung memengaruhi produktivitas perairan. Menurut Effendi (2003), TSS dapat menghambat penetrasi cahaya ke perairan, sehingga menurunkan aktivitas fotosintesis. Jumlah penetrasi cahaya matahari yang masuk ke perairan dinyatakan sebagai kejernihan, yaitu nilai kedalaman Secchi. Nilai TSS di Danau Pondok Lapan lebih rendah daripada nilai TSS di Danau Kelapa Gading yang mencapai 78,9 mg/L (Muhtadi et al. 2016b).

Kejernihan yang terukur di Danau Pondok Lapan adalah berkisar 86,33–116,70 cm. Nilai kejernihan ini termasuk rendah dan hanya 10–20% dari kedalaman. Kondisi ini didukung oleh nilai TSS yang mencapai 20 mg/L (Tabel 5). Nilai TSS yang tinggi disebabkan oleh massa air yang terbawa dari *run off* pada saat hujan banyak mengandung lumpur. Nilai kejernihan yang rendah ini akan berdampak pada penetrasi cahaya yang masuk ke perairan, sehingga proses fotosintesis menjadi terganggu (Effendi 2003). Berdasarkan data kejernihan, kedalaman kompensasi yang didapat berkisar 2,61–2,86 m. Hal ini menandakan bahwa cahaya matahari masih ada sebesar 1% di kedalaman 2,61–2,86 m.

TDS yang terukur di Danau Pondok Lapan adalah 76,52–308,64 mg/L. Nilai TDS terendah diperoleh di Stasiun 4 dan tertinggi di Stasiun 1. Nilai TDS di Stasiun 4 jauh berbeda dari ketiga stasiun yang lain. Hal ini diduga karena Stasiun 4 jauh dari daerah perkebunan, sedangkan lokasi Stasiun 1–3 dekat dengan perkebunan. Pada saat sebelum sampling pertama dan ketiga terjadi hujan yang diduga membawa padatan terlarut yang berasal dari mineral-mineral yang bersifat elektrolit kuat dari pupuk KCl yang ditebar di perkebunan sekitar Danau Pondok Lapan. Dugaan ini didukung oleh pernyataan Chandra et al. (2012) bahwa dalam air alami terdapat padatan terlarut yang terutama terdiri dari karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, kalium, besi, dan mangan.

Daya hantar listrik (DHL) yang terukur di Danau Pondok Lapan berkisar dari 42,6 hingga 364,5 $\mu\text{mhos/cm}$. Nilai DHL berhubungan erat dengan nilai TDS (Effendi 2003). Hal ini diperlihatkan dalam Tabel 5 yang menunjukkan bahwa nilai TDS yang tinggi diiringi oleh nilai konduktivitas yang juga tinggi. Stasiun 4 memiliki nilai DHL yang rendah, yaitu 42,6 $\mu\text{mhos/cm}$ dan

nilai TDSnya juga rendah, yaitu 76,52 mg/L. Nilai DHL Danau Pondok Lapan lebih tinggi jika dibandingkan dengan danau lain seperti Situ Cilala, dengan nilai DHL yang berkisar 70,0–79,7 $\mu\text{mhos/cm}$ (Pratiwi et al. 2007) dan Danau Kelapa Gading dengan nilai DHL 89,3–94,3 $\mu\text{mhos/cm}$ (Muhtadi et al. 2016b). Akan tetapi, nilai DHL Danau Pondok Lapan jauh lebih rendah daripada nilai DHL Danau Siombak yang mencapai 1.386,05 $\mu\text{mhos/cm}$ (Muhtadi et al. 2006a). Hal ini karena Danau Siombak merupakan danau yang dipengaruhi oleh pasang-surut dan nilai DHL air laut lebih tinggi daripada air tawar.

Derajat keasaman (pH) di Danau Pondok Lapan tergolong netral, yaitu berkisar 6,70–6,93 dan masih termasuk dalam kisaran normal berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001 dengan baku mutu pH 6–9. Kondisi perairan yang memiliki pH netral sangat baik bagi ekosistem dan baik untuk pertumbuhan dan perkembangan organisme perairan (Effendi 2003). Nilai oksigen terlarut yang terukur di Danau Pondok Lapan adalah berkisar 3,67–6,73 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi ini masih sesuai bagi kehidupan organisme/biota. Nilai DO yang rendah di Stasiun 2 diduga karena nilai TSS yang tinggi yang menghalangi cahaya yang masuk ke perairan, sehingga proses fotosintesis menjadi terganggu.

Nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD_5) yang terukur di Danau Pondok Lapan adalah 1,27–2,53 mg/L. Nilai ini berada di bawah ambang batas baku mutu air yang telah ditetapkan oleh PP No. 82 Tahun 2001, yaitu 6 mg/L. Jadi, konsentrasi BOD tersebut masih termasuk dalam kondisi perairan yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan organisme perairan. Nilai BOD yang rendah ini diduga karena bahan organik yang masuk ke perairan sangat sedikit. Hal ini dikarenakan sumber bahan organik, terutama dari kegiatan rumah tangga sangat sedikit karena hanya ada satu rumah penduduk yang terdapat di pinggir danau tersebut dekat Stasiun 4. Nilai BOD di Danau Pondok Lapan ini masih lebih rendah dibanding Danau Siombak yang mencapai 3,5 mg/L dan Danau Kelapa Gading yang mencapai 6,0 mg/L (Muhtadi et al. 2016a,b).

Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang didapat dari keempat stasiun berkisar 9,93–11,57 mg/L. Nilai tersebut masih di bawah ambang batas baku mutu air (Tabel 2). Nilai COD yang rendah ini dikarenakan Danau Pondok Lapan berada jauh dari kegiatan industri. Effendi (2003) menyatakan nilai COD di perairan dipengaruhi oleh masukan dari kegiatan limbah industri yang banyak menggunakan bahan organik sintesis

dalam produksinya. Nilai COD di Danau Pondok Lapan lebih rendah dibanding Danau Kelapa Gading yang mencapai 16,08 mg/L (Muhtadi et al. 2016b) dan Danau Siombak dengan COD 29,2 mg/L (Muhtadi et al. 2016b). Nilai BOD dan COD di Danau Pondok Lapan menunjukkan kandungan bahan organik yang masih rendah dan ada pengaruh dari daerah sekitar yang berupa lingkungan perkebunan, sementara Danau Siombak dan Danau Kelapa Gading dipengaruhi oleh permukiman dan kegiatan budi daya ikan.

Kandungan nitrat yang terukur di Danau Pondok Lapan adalah 1,00 mg/L. Nilai ini berada di bawah ambang batas baku mutu air (Tabel 2). Nilai nitrat yang rendah di Danau Pondok Lapan ini disebabkan aliran masuk dari sungai tidak ada. Akan tetapi, nilai ini cukup tinggi jika dibandingkan dengan Danau Kelapa Gading yang hanya 0,5 mg/L (Muhtadi et al. 2016b).

Kandungan fosfat yang terukur di perairan danau ini berkisar 0,03–0,037 mg/L, yang masih berada di bawah ambang batas baku mutu air berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001, yaitu 1 mg/L. Perairan yang memiliki kandungan nitrat dan fosfat yang cukup tinggi akan mengakibatkan pencemaran dan menyebabkan eutrofikasi (Effendi 2003). Danau Pondok Lapan dikelilingi oleh perkebunan sawit dan kandungan nutrisi nitrat dan fosfat di perairan tersebut tidak tinggi. Hal ini dikarenakan pupuk yang digunakan untuk perkebunan sawit pada umumnya adalah KCl, bukan yang mengandung nitrogen atau fosfat. Selain itu, kandungan nutrisi (N dan P) yang rendah di danau ini dikarenakan lokasinya yang jauh dari permukiman ataupun pertanian.

Coliform total yang terdeteksi di Danau Pondok Lapan berkisar 480,9–839,5 sel/100 mL. Coliform total yang terukur di danau ini berasal dari bagian dekat *outlet* (Stasiun 1) dari rumah penduduk yang membuang limbahnya ke danau, termasuk tinja. Bakteri Coliform merupakan salah satu indikasi keberadaan feses atau kotoran manusia dan hewan di dalam perairan. Keberadaan bakteri ini di dalam air tidak dikehendaki, baik ditinjau dari segi kesehatan, estetika, kebersihan, maupun kemungkinan terjadi infeksi yang berbahaya (Pujiastuti et al. 2013).

Penghitungan status mutu air menunjukkan bahwa Danau Pondok Lapan belum tercemar, baik dengan metode Storet maupun dengan Indeks Pencemaran. Hal ini disebabkan oleh aktivitas manusia yang dapat menyebabkan pencemaran di Danau Pondok Lapan masih rendah. Posisi danau di daerah perkebunan juga menyebabkan sumber pencemar yang terutama dari domestik menjadi

rendah. Dengan demikian, danau ini dapat dikatakan masih alami dan sangat layak untuk kehidupan biota perairan.

Daya Tampung Beban Pencemaran (DTBP)

Penghitungan daya tampung beban pencemaran ini perlu dilakukan karena ada usulan masyarakat sekitar untuk membuat keramba jaring apung (KJA). Berdasarkan nilai daya tampung beban pencemaran, maka jumlah KJA yang layak dibangun di danau tersebut dapat diketahui. Hal ini penting agar keberlanjutan danau tetap terjaga. Berdasarkan penghitungan, daya tampung beban pencemaran Danau Pondok Lapan termasuk rendah, yaitu 1,98 kg P/tahun (Tabel 7). Hal ini tidak terlepas dari volume danau dan kedalaman yang rendah. Oleh karena itu, pemanfaatan Danau Pondok Lapan perlu memperhatikan aspek daya tampung karena nilai DTBP danau ini sangat rendah. Sementara itu, beberapa danau lain seperti Danau Limboto sudah tercemar ringan (Suryono et al. 2010), Waduk Sutami sudah tercemar dalam tingkat sedang hingga parah, baik itu di lokasi hulu maupun hilir (Juantari et al. 2013), Danau Siombak telah tercemar ringan (Muhtadi et al. 2016a), dan Danau Kelapa Gading telah tercemar ringan hingga sedang (Muhtadi et al. 2016b).

Kesimpulan

Karakteristik morfometri Danau Pondok Lapan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu luas mencapai 6,35 ha dengan kedalaman maksimum 4,15 m. Danau Pondok Lapan tergolong perairan tertutup, bersifat aerobik, dengan waktu tinggal air 11–12 hari. Kedalaman kompensasi di Danau Pondok Lapan adalah pada kisaran 2,61–2,85 m. Debit air yang keluar dari Danau Pondok Lapan berkisar 12.963,46–14.111,71 m³/hari. Kondisi batimetri danau tergolong landai dengan kemiringan 7,35% dan kedalaman relatif 1,40%. Penghitungan dengan metode Storet dan Indeks Pencemaran menunjukkan bahwa Danau Pondok Lapan belum tercemar, dengan daya tampung beban pencemaran danau sebesar 1,98 kg P/tahun.

Persantunan

Terima kasih diucapkan kepada tim peneliti Danau Pondok Lapan yang telah membantu dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Arief Persadanta Bangun atas

kesediaannya membantu dalam mengolah data. Dana penelitian berasal dari dana mandiri.

Daftar Pustaka

- Aisyah, S., and L. Subehi. 2012. Pengukuran dan Evaluasi Kualitas Air dalam Rangka Mendukung Pengelolaan Perikanan di Danau Limboto. Prosiding Seminar Nasional Limnologi VI. Pusat Penelitian Limnologi LIPI, Jakarta.
- Anonim. 2011. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 tentang Informasi Geospasial. Jakarta.
- Aldama, G. R., J. T. Ponce Palafox, L. F. G Cruz, D. O. Hernández, J. A. Díaz, dan J. L. Arredondo-Figueroa. 2012. Morphometric Characteristics of Tropical Shallow Reservoir Used for Aquaculture and Agriculture in the Mexican Plateau. *Revista Bio Ciencias* Enero 2(2):83–88.
- APHA (American Public Health Association). 2012. Standard method for the examination of water and wastewater. 22th edition. Washington DC.
- Astuti, L. P., A. Warsa, dan H. Satria. 2009. Kualitas Air dan Kelimpahan Plankton di Danau Sentani, Kabupaten Jayapura. *Journal Fisheries Sciences* 9(1):66–77.
- Barroso, G. F., M. A. Goncalves, dan F. C. Garcia. 2014. The Morphometry of Lake Palmas, a Deep Natural Lake in Brazil. *Plos One* 9(11):1–13.
- Boyd, C. E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. First Printing. Auburn University of Agriculture Experiment Station. Alabama. USA.
- Chandra, S., A. Singh, dan P. K. Tomar. 2012. Assessment of Water Quality Values in Porur Lake Chennai Hussain Sagar Hyderabad and Vihar Lake Mumbai India. *Chemical Science Transactions* 1(3):508–515.
- Cole, G. A. 1983. Textbook of limnology. Third Edition. Waveland Press, Inc. USA.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Hakanson, L. 1981. A Manual of lakemorphometry. Spinger-Verlag. Berlin. Heiderberg.
- Hakanson, L. 2005. The Importance of Lake Morphometry and Catchment Characteristic in Limnology – Rangkaing Based on Statistical Analyses. *Hydrobiologia* 541:117–137.

- Henderson, H. F., dan R. L. Welcomme. 1974. The Relationship of Yield to Morpho-Edaphic Index and Numbers of Fishermen in African Inland Fisheries. CIFA Occasional Paper No. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [http://www.fao.org/docrep/008/e6645b/E6645B01.htm] Diunduh 05 Mei 2015.
- Indrayani, E., K. H. Nitimulyo, S. Hadisusanto, dan Rustadi. 2015. Peta batimetri Danau Sentani Papua. *Depik* 4(3):116–120.
- Juantari, G. Y., R.W. Sayekti, dan D. Harisuseno. 2013. Status Trofik dan Tampung Beban Pencemaran Waduk Sutami. *Jurnal Teknik Pengairan* 4(1):61–66.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Lukman. 2011. Pertimbangan Ciri Hidrologi dan Morfometri dalam Penentuan Daya Dukung Perairan Danau Toba untuk Budi Daya Perikanan. *Prosiding Simposium Nasional Ekohidrologi*. Jakarta.
- Lukman, dan I. Ridwansyah. 2009. Telaah Kondisi Fisik Danau Poso dan Prediksi Ciri Ekosistem Perairannya. *Limnotek* 14(2):64–73.
- Lukman, dan I. Ridwansyah. 2010. Kajian Kondisi Morfometri dan Beberapa Parameter Stratifikasi Perairan Danau Toba. *Limnotek* 17(2):158–170.
- Machbub, B. 2010. Model Perhitungan Daya Tampung Beban Pencemar Air Danau dan Waduk. *Jurnal Sumberdaya Air* 6(2):103–204.
- Muhtadi, A. Yunasfi, F. F. Rais, N. Azmi, dan D. Ariska. 2015. Struktur komunitas Biologi di Danau Pondok Lapan, Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. *Acta Aquatica* 2(2): 83–89.
- Muhtadi, A., Yunasfi, R. Leidonald, S. D. Sandy, A. Junaidy, dan A. T. Daulay 2016a. Status Limnologis Danau Siombak, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 1(1):39–55.
- Muhtadi, A., H. Wahyuningsih, N. Zaharuddin, dan A. Sihaloho. 2016b. Status Kualitas Air dan Kesuburan Perairan Danau Kelapa Gading Kota Kisaran Provinsi Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Nasional USU ke-64*:131–137.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009 tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau dan/atau waduk. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Sekretariat Negara RI. Jakarta.
- Pratiwi, N. T. M., E. M. Adiwilaga, J. Basmi, M. Krisanti, O. Hadijah, dan P. K. Wulandari. 2007. Status Limnologi Situ Cilala Mengacu pada Kondisi Parameter Fisika, Kimia dan Biologi Perairan. *Jurnal Perikanan* 9(1):82–94.
- Pujiastuti, P., Ismail, B., dan Pranoto., 2013. Kualitas dan Beban Pencemaran Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Ekosains* 5(1):45–46.
- Ridoan, R., A. Muhtadi, dan P. Patana. 2016. Morfometri Danau Kelapa Gading Kota Kisaran, Kabupaten Asahan Provinsi Sumatera Utara. *Depik* 5(2):77–84.
- Ryder, R. A. 1965. A Method for Estimating the Potential Fish Production of North-Temperate Lakes. *Transactions of the American Fisheries Society* 94:214–218.
- Soeprobawati, T. R. 2012. Peta Batimetri Rawa Pening. *Bioma* 14(2):75–78.
- Straskraba, M., dan J. G. Tundisi. 1999. Guidelines of Lake Management Volume 9, Management of Inland Saline Water. International Lake Environment Committee Foundation. Shiga, Jepang: 29–34.
- Suryono, T., S. Sunanisari, E. Mulyana, dan Rosidah. 2010. Tingkat Kesuburan dan Pencemaran Danau Limboto, Gorontalo. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 36(1):49–61.
- Syah, M. W., dan T. Haryanto. 2013. Klasifikasi Kemiringan Lereng dengan Menggunakan Pengembangan Sistem Informasi Geografis sebagai Evaluasi Kesesuaian Landasan pemukiman berdasarkan Undang-Undang Tata Ruang dan Metode *Fuzzy*. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Teknik Pomits* 10(10):1–6.
- Welch, P. S. 1952. *Limnology*. Second edition. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York.
- Wetzel, R. G. 2001. *Limnology Lake and River Ecosystems*. Academic Press. California.
- Wetzel, R. G., dan G. E. Liken. 2000. *Limnological Analysis*. 3rd edition. Springer Science Business Media New York.