

## KAJIAN DAYA DUKUNG PERAIRAN DANAU TUTUD, TOMBATU, MINAHASA TENGGARA, UNTUK AKUAKULTUR DENGAN PARAMETER FOSFOR [P]

*(Study Of The Carrying Capacity Of The Tutud Lake, Tombatu, South-East Minahasa, For Aquaculture Production, Using [P] Parameter).*

Firamitha Suban<sup>1</sup>, Indra R.N. Salindeho<sup>2</sup> and Novie P.L. Pangemanan<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115 Sulawesi Utara, Indonesia

<sup>2</sup>Staf Pengajar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115, Sulawesi Utara, Indonesia

Corresponding Authors: [salindeho.ray@gmail.com](mailto:salindeho.ray@gmail.com)

### ABSTRACT

The research is aimed to assess the carrying capacity of the Tutud Lake waters, to ensure a sustainable aquacultural production. The carrying capacity of the Tutud lake was assessed using the method developed by Beveridge (2004), where several parameters of water quality, aquacultural production, and the physical condition of the lake physic such as, the dimensions of the Lake, flushing rate, total phosphate [P], total aquacultural production per year and Food Conversion Ratio (FCR), were required in the assessment. Collected data were, then, analyzed using the procedures of calculation, which were combined with the several assumptions and modeling based on the previous research (Beveridge, 2004). Water sample for phosphate [P] analysis were collected four times with an interval of 7 days, and undertaken at four different positions which representing the overall water condition of the lake. Ammonia, Nitrite and Nitrate content of the waters were measured twice with an interval of 1 month. Daily fluctuation measurements were undertaken for DO, pH and temperature. Aquacultural protocols and production data were collected using questionnaire and by direct observation at the farm.

The result shows that the average phosphate [P] content of the waters of Tutud lake is as high as 1,068 mg/L, which surpasses the maximum recommended value for waters used for aquacultural production. DO is at the range of 2,2 – 5,0 mg/L, while temperature ranges from 25,3°C to 29°C, and pH value varies between 6,38 and 7,89. Average Nitrite content, 0,004mg/L, and Nitrate content, 4,51mg/L, of the waters of Tutud Lake are at the safe level for aquaculture. On the contrary, Ammonia content, 0,34mg/L, and H<sub>2</sub>S content, 0,681mg/L, of the Lake are at the insecure level for aquaculture animals. Total aquacultural production per year in Tutud Lake, around 22,5 tons of fish per year, is also surpasses the carrying capacity of the waters of the Tutud Lake which is only as high as 21,48tonnes. Hence, the total production for the coming year must be reduced as many as 1,02 tones.

*Keywords: carrying capacity, water quality, production, Lake Tutud, Tombatu*

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas produksi optimal untuk menunjang aktivitas akuakultur yang berkelanjutan di danau Tutud dengan menggunakan parameter fosfor. Penelitian dilakukan di danau Tutud, Tombatu, Minahasa Tenggara, selama tiga bulan yang dimulai dari bulan September 2018 sampai bulan Januari 2019. Penentuan daya dukung untuk menunjang aktivitas

akuakultur di danau Tutud menggunakan metode yang diberikan oleh Beveridge (2004), dimana dalam tahapan-tahapan prosedur penentuan daya dukung diperlukan sejumlah data menyangkut kondisi fisik danau, kandungan fosfor [P] perairan, tingkat pergantian air danau (flushing rate), produksi ikan total per tahun serta data operasional akuakultur seperti jenis pakan, jumlah pakan dan FCR. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan tahapan-tahapan kalkulasi yang dikombinasikan dengan beberapa asumsi hasil pemodelan penelitian sebelumnya (Beveridge, 2004). Pengambilan sampel untuk pengukuran fosfor dilakukan empat kali selama penelitian, pada empat titik yang mewakili keseluruhan danau, yaitu lokasi di dekat inlet (titik I), diluar lokasi KJT (titik II), di lokasi KJT (titik III) dan di dekat outlet (titik IV). Pengukuran fluktuasi harian dilakukan untuk parameter kualitas air DO, pH, suhu, sementara amoniak, nitrit, nitrat dan H<sub>2</sub>S diukur dua kali selama penelitian. Data operasional dan produksi akuakultur dikumpulkan menggunakan kuesioner serta observasi langsung.

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kandungan fosfat perairan danau Tutud adalah 1,068 mg/l, sudah melewati batas maksimum baku mutu kualitas air untuk akuakultur. Hasil pengukuran untuk beberapa parameter kualitas air lainnya: DO berada pada kisaran 2,2 – 5,0 mg/l, suhu berada pada kisaran 25,30 °C – 29 °C, pH berada pada kisaran 6,38 – 7,89, rata-rata kandungan amoniak 0,34 mg/l, nitrit 0,004 mg/l, nitrat 4,51 mg/l, serta H<sub>2</sub>S 0,681 mg/l. Total produksi ikan per tahun di danau Tutud, sebesar 22,5 ton, sudah melebihi daya dukung perairan danau Tutud. Hasil analisis daya dukung perairan menurut Beveridge (2004), produksi akuakultur di danau Tutud harus diturunkan sebesar 1,02 ton untuk produksi tahun ke depan.

*Kata kunci: daya dukung, kualitas air, Produksi, Danau Tutud, Tombatu*

## PENDAHULUAN

Kabupaten Minahasa Tenggara merupakan salah satu daerah pengembangan usaha perikanan akuakultur di Sulawesi Utara yang cukup potensial baik pada perairan laut maupun tawar. Untuk akuakultur tawar, komoditas yang dibudidayakan adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan nila (*Oreochromis niloticus*), dan ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*). Pengembangan akuakultur tawar difokuskan di danau-danau yang ada di Kabupaten Minahasa Tenggara, dimana aktivitas budidaya yang paling signifikan adalah usaha pada kurungan jaring tancap (KJT) dan kurungan jaring apung (KJA).

Danau Tutud merupakan salah satu danau kecil yang terletak di desa Tombatu Tiga, Kabupaten Minahasa Tenggara, dimana masyarakat setempat melakukan aktivitas budidaya ikan pada kurungan jaring tancap (KJT) dan kurungan jaring apung (KJA). Komoditas yang dikultur adalah ikan nila, mujair dan mas, meskipun yang

paling dominan dikultur adalah ikan nila (BKI-PMKHP, 2010; Tokah, 2017). Aktivitas akuakultur yang ada di Danau Tutud, diharapkan dapat dipraktekkan dengan mengikuti prosedur akuakultur yang ramah lingkungan sehingga usaha tersebut dapat berkelanjutan.

Untuk menjamin agar usaha akuakultur di suatu perairan dapat berlangsung secara berkelanjutan, maka harus diketahui status kondisi badan air dan daya dukung perairan tersebut terhadap aktivitas akuakultur (Nastiti, dkk., 2001; Beveridge, 2004). Kegiatan akuakultur yang tanpa memperhatikan daya dukung perairan akan menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan tersebut, sehingga dapat mempengaruhi operasional akuakultur, dan pada akhirnya dapat menurunkan produksi bahkan gagalnya usaha akuakultur (Murtiono dkk., 2016).

Berdasarkan hasil kajian awal pada penelitian ini, belum didapatkan informasi dari berbagai pemangku kepentingan menyangkut daya dukung

perairan perairan danau Tutud untuk akuakultur. Informasi yang tersedia adalah berupa laporan tentang adanya aktivitas akuakultur pada KJT, serta hasil pengukuran beberapa parameter kualitas air (Tokah *dkk.*, 2017). Dilaporkan juga bahwa pernah terjadi kematian massal ikan akuakultur di danau Tutud. Oleh karena itu sangat penting dilakukan penelitian secara komprehensif menyangkut kondisi fisik danau, kondisi kualitas air danau, aktivitas akuakultur yang ada saat ini di Danau Tutud serta daya dukung perairan danau Tutud untuk aktivitas akuakultur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung perairan danau Tutud untuk akuakultur, sehingga dapat ditetapkan kapasitas produksi akuakultur optimal untuk menunjang aktivitas akuakultur yang berkelanjutan di danau Tutud.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di danau Tutud, Kabupaten Minahasa Tenggara, mulai dari bulan Oktober 2018 sampai bulan Januari 2019. Penentuan daya dukung untuk menunjang aktivitas akuakultur di Danau Tutud menggunakan metode yang diberikan oleh Beveridge (2004), dimana dalam tahapan-tahapan prosedur penentuan daya dukung diperlukan sejumlah data menyangkut kondisi fisik danau, kandungan fosfor [P] perairan, tingkat pergantian air danau (*flushing rate*), produksi ikan total per tahun serta data operasional akuakultur seperti jenis pakan, jumlah pakan dan FCR. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan tahapan-tahapan kalkulasi yang dikombinasikan dengan beberapa asumsi hasil pemodelan penelitian sebelumnya (Beveridge, 2004).

#### Kondisi Fisik Danau

Data kondisi fisik danau yang diperlukan untuk menentukan daya dukung danau Tutud adalah:

- Luas danau (L): diperoleh menggunakan aplikasi Google Maps.
- Kedalaman danau (T): diukur langsung di lokasi perairan pada 25 titik pengukuran dengan menggunakan tali yang sudah ditandai dengan ketelitian 1 cm (Gambar-....).
- Volume air danau (V): diperoleh dengan menggunakan formula :  $V = A \cdot T$  dimana : V = volume air danau ( $m^3$ ); A = luas danau ( $m^2$ ); T = rata-rata kedalaman danau (m).
- *Inlet* dan *Outlet*: observasi langsung dilapangan. (Gambar....).
- Luas penampang melintang dari saluran outlet ( $L_{outlet}$ ): diperoleh dengan formula :  $A = l \cdot t$ , dimana: A = luas penampang melintang ( $m^2$ ); l = Lebar saluran (m); t = tinggi air pada saluran (m).
- Kecepatan air pada saluran *outlet* (v): diukur dengan metode sederhana, yakni menggunakan bola pancing yang dilewatkan melalui suatu area dengan panjang 1 meter pada saluran, dan dihitung waktu tempuhnya menggunakan *stopwatch*.
- Debit air pada outlet danau dihitung dengan formula :  $Q = A \cdot V$ , dimana, Q = debit air pada saluran outlet ( $m^3/detik$ ); A = luas penampang melintang saluran ( $m^2$ ); V = Kecepatan air pada outlet (m/detik).

#### Tingkat Pergantian Air Danau (*flushing rate*)

Tingkat pergantian air (*flushing rate*) di Danau Tutud adalah suatu parameter untuk mengetahui berapa kali dalam satu tahun massa air Danau Tutud tergantikan secara keseluruhan. Formula untuk menghitung *flushing rate* :

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

dimana :

$\rho$  = *flushing rate* ;

Q = debit air danau ( $m^3/tahun$ );

V = volume air danau ( $m^3$ ).

### Kandungan Fosfor

Kandungan fosfor perairan Danau Tutud diukur pada empat titik lokasi, dimana titik-titik tersebut mewakili keseluruhan badan air danau. Empat titik tersebut mewakili area danau dekat *inlet* (titik 1), lokasi KJT (titik 2), diluar lokasi KJT (titik 3), dan dekat *outlet* (titik 4). Pada tiap titik, sampel air diambil pada kedalaman 0 meter (permukaan) dan pada dasar perairan. Air di permukaan diambil langsung dari atas perahu dengan menggunakan botol sampel. Sedangkan air dekat dasar perairan diambil dengan botol *lamouth*. Pada penelitian ini dilakukan tiga kali pengukuran fosfat [P] untuk waktu yang

berbeda. Sampel air dianalisis di Balai Riset dan Standardisasi Industri (BARISTAN) Manado, Water Laboratory Nusantara Manado, dan Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Manado. Data hasil analisis kandungan fosfat perairan Danau Tutud selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu kualitas air menurut PP RI Nomor 82 Tahun 2001, dan merupakan data utama dalam mengestimasi kapasitas produksi akuakultur sesuai daya dukung lingkungan perairan Danau Tutud (Beveridge, 2004).



Gambar 1. Danau Tutud dan titik-titik pengukuran Fosfat [P].  
Sumber : Google Maps (2018)

### Operasional dan Produksi Akuakultur

Data menyangkut operasional akuakultur diperoleh melalui observasi langsung dilapangan juga melalui wawancara dan pengisian kuesioner. Data prosedur akuakultur meliputi : jumlah pembudidaya, jumlah kepemilikan kurungan tiap pembudidaya, ukuran kurungan jaring, jumlah kurungan jaring beroperasi, ukuran benih, kepadatan ikan dalam kantong, prosedur pemberian pakan, ukuran ikan saat panen, lama pemeliharaan ikan dan kontrol terhadap ikan selama pemeliharaan. Data produksi akuakultur diperoleh dengan

merujuk pada aspek-aspek prosedur akuakultur tersebut di atas.

### Food Conversion Ratio (FCR)

Food Conversion Ratio (FCR) dihitung menggunakan formula :

$$FCR = \frac{F_{total}}{W}$$

dimana,

$F_{total}$  = jumlah pakan yang dikonsumsi (gr);  
W = pertambahan berat ikan (gr)

Data jumlah pakan dan pertambahan berat ikan diperoleh dari

hasil wawancara dan pengisian kuesioner.

### Kualitas Air Pendukung

#### Suhu, DO, pH dan kecerahan

Suhu, DO dan pH diukur secara *in situ* dengan menggunakan alat pengukur kualitas air merek Horiba. Pengukuran dilakukan pada empat titik lokasi seperti pada pengambilan sampel untuk pengukuran fosfat [P] dan dilakukan pada pukul 07:00, 12:00, 18:00, 22:00 dan 04:00.

#### Amoniak (NH<sub>3</sub>), Nitrit(NO<sub>2</sub>), Nitrat (NO<sub>3</sub>) dan Hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S)

Pengukuran kandungan amoniak, nitrit, nitrat dan hidrogen sulfida perairan danau Tutud dilakukan dua kali selama penelitian yakni, pada penelitian pendahuluan dan pada pengambilan sampel air yang terakhir. Sampel air diambil hanya pada satu titik yakni didekat lokasi budidaya. Prosedur pengambilan sampel dilakukan sama seperti prosedur pengambilan sampel untuk pengukuran fosfat [P].

Amoniak, Nitrit, Nitrat dan Hidrogen sulfida dianalisis di laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado, dan di laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I, Manado.

### Analisa Data

#### Daya dukung danau Tutud untuk akuakultur

Analisis penentuan daya dukung danau Tutud untuk akuakultur menggunakan metode yang diberikan oleh Beveridge (2004) sebagai berikut:  
Langkah 1 : Mengetahui informasi kondisi danau :

- Luas Danau Tutud, A = 4,1 (ha)
  - Rata-rata kedalaman Danau Tutud, Z = 1,71 m
  - Tingkat pergantian air Danau Tutud per tahun,  $\rho = 1,11$  per tahun
- Langkah 2 :  $[P]_i = 1,068$  ppm  
Langkah 3 :  $[P]_f = 1,00$  ppm  
Langkah 4 :

Tentukan  $\Delta [P]$ ,  $\Delta P = [P]_f - [P]_i$

$$= (1,00 - 1,068) \\ = 0,068 \text{ ppm (68 mg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Langkah 5 : } R = (1 + 0,747 \rho^{0,507})^{-1} \\ = (1 + 0,747 \times 1,11^{0,507})^{-1} \\ = (1,787)^{-1} \\ = 0,559$$

$$R_{\text{fish}} = x + [(1-x)R] \\ = 0,5 + [(1 - 0,5) 0,559] \\ = 0,5 + 0,279 \\ = 0,779$$

$$L_{\text{fish}} = \Delta P Z \rho / (1 - R_{\text{fish}}) \\ = 68 \times 1,71 \times 1,11 / (1 - 0,779) \\ = 584,03 \text{ mg m}^{-2} \text{ per tahun} \\ = 0,584 \text{ g m}^{-2} \text{ per tahun}$$

Langkah 6 : Tentukan total P loading yang dapat diterima pertahun.

$$P_{\text{Load}} = L_{\text{fish}} \times A \\ = 0,584 \times 41.000 \\ = 23.944 \text{ g per tahun}$$

Langkah 7 : Tentukan jumlah produksi yang dapat diterima oleh lingkungan dalam setahun yang dihitung dari  $P_{\text{Load}}$  dibagikan dengan jumlah P yang hilang ke lingkungan untuk setiap produksi satu ton ikan.

$$X = P_{\text{Load}} / P_{\text{loss}} \\ = 23.944 / 23,38 \\ = 1.02 \text{ ton per tahun}$$

Langkah 8 : Total produksi yang aman = total produksi sekarang - 'X'

$$= 22,5 - 1,02 \\ = 21,48 \text{ ton/tahun.}$$

#### Data kandungan fosfat [P] dan parameter kualitas air penunjang

Data semua parameter kualitas air yang diperoleh pada penelitian ini dilakukan analisis komparasi dengan baku mutu kualitas air menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 tahun 2001 dan beberapa referensi lainnya. Data hasil penentuan daya dukung lingkungan danau Tutud untuk akuakultur dianalisis secara deskriptif dengan mempertimbangkan semua aspek lingkungan dan teknis budidaya untuk merekomendasikan sejauh mana kapasitas produksi optimal dari Danau Tutud.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Fisik Danau

Danau Tutud berbentuk segitiga dengan salah satu sudut berada di Selatan danau, dan kedua sudut lainnya membentang dari Timur ke Barat, dengan kecenderungan menjulur ke arah Barat (gambar-1). Luas Danau Tutud kurang lebih 4,1 Ha, dengan kedalaman air rata-rata 1,7 meter, dan bagian yang terdalam ada dibagian tengah danau yang kedalamannya 2,5 meter. Dengan demikian volume total air Danau Tutud diperkirakan sebanyak  $70.110 \text{ m}^3$ .

Saluran *inlet* berada dibagian Timur dari danau dan saluran *outlet* berada dibagian Barat dari danau. Luas penampang melintang dari saluran outlet ( $L_{\text{outlet}}$ ) adalah  $1,25 \text{ m}^2$ . Kecepatan air pada saluran *outlet* ( $v$ ) adalah  $202,23 \text{ m/detik}$ , sehingga debit air pada saluran *outlet* adalah  $0,00247 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Dengan mengetahui debit air pada outlet dan volume total air Danau Tutud, maka tingkat pergantian air danau Tutud (*flushing rate*) dapat diketahui yakni sebesar 1,11 per tahun. Nilai ini mengindikasikan bahwa air Danau

Tutud tergantikan secara keseluruhan sebanyak 1,11 kali setiap tahun.

### Kandungan Fosfat [P].

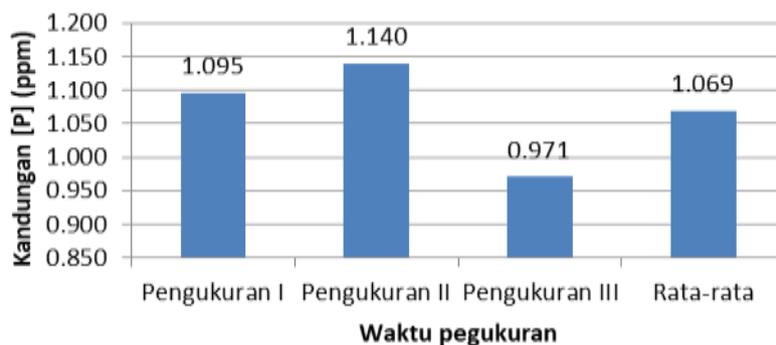
Pada pengukuran yang pertama, yakni pada pengambilan sampel untuk penelitian pendahuluan, diperoleh nilai rata-rata fosfat [P] perairan Danau Tutud sebesar 1,095 ppm. Kandungan fosfat [P] perairan Danau Tutud untuk pengukuran kedua disajikan dalam Gambar-2, dimana dapat dilihat bahwa nilai fosfat [P] pada permukaan air berada pada kisaran antara 0,99 ppm – 1,36 ppm, sedangkan pada dasar perairan berada pada kisaran antara 1,001 ppm – 1,388 ppm. Pada semua titik pengambilan sampel, nilai fosfat [P] pada dasar perairan lebih tinggi dari permukaan, sehingga secara rata-rata kandungan fosfat dekat dasar perairan (1,18 ppm) lebih tinggi 0,08 ppm dibandingkan pada permukaan (1,1 ppm). Kandungan fosfat [P] tertinggi berada pada titik dekat outlet, sedangkan kandungan fosfat [P] terendah berada pada titik dekat inlet. Nilai rata-rata kandungan fosfat [P] pada pengukuran kedua adalah 1,143 ppm.



Gambar-2. Kandungan [P] pada permukaan dan dasar perairan Danau Tutud pada 4 titik pengambilan sampel (pengukuran kedua).

Pada pengukuran kandungan fosfat [P] yang ketiga, diperoleh rata-rata kandungan fosfat perairan danau Tutud sebesar 0,971 ppm. Gambar-3 menunjukkan rata-rata nilai kandungan fosfat [P] pada pengukuran pertama sampai ketiga, serta rata-rata dari semua

pengukuran. Hasil rata-rata pengukuran kedua memiliki kandungan ortofosfat tertinggi (1,14 ppm). Nilai rata-rata kandungan fosfat [P] Danau Tutud pada pengukuran pertama sampai ketiga adalah 1,069 ppm.



Gambar-3. Nilai rata-rata kandungan fosfat [P] perairan Danau Tutud pada pengukuran pertama sampai ketiga.

### Operasional dan Produksi Akuakultur

Jumlah pembudidaya yang melakukan aktifitas budidaya ikan di danau Tutud hanya ada 3 orang, namun tiap pembudidaya mengoperasikan lebih dari 20 unit KJT, sehingga jumlah total KJT di danau Tutud ada sekitar 64 unit. Ada 2 ukuran kantong jaring yang dioperasikan yakni, 4m x 4m x 2m (panjang x lebar x tinggi) dan 5m x 5m x 2m. Semua tahapan operasional kultur dilaksanakan di Danau Tutud, mulai dari pembenihan, pendederan dan pembesaran. Kepadatan benih ikan yang dikultur dalam satu kantong jaring bervariasi antara 1000 – 10.000 ekor, tergantung dari tahapan budidayanya. Untuk tahapan pembesaran, kepadatan ikan dalam satu kantong kurang lebih 1500 ekor, dengan ukuran benih 8-12 cm.

Metode pemberian pakan tidak mempertimbangkan total biomassa ikan dalam kurungan serta persentasi bobot tubuh biomassa ikan. Peningkatan bobot tubuh ikan selama periode pemeliharaan juga tidak diperhitungkan dalam dosis pemberian pakan. Secara umum, pemberian pakan dilakukan 2-3 kali sehari, yakni pada pagi dan sore hari, dan secara *ad libitum*. Rata-rata jumlah pakan yang disuplai antara 52 kg sampai 75 kg per hari untuk tiap pembudidaya. Jumlah pakan yang disuplai ke perairan Danau Tutud selama satu tahun oleh ketiga

pembudidaya tersebut diperkirakan sebanyak 46.355 kg.

Lamanya masa kultur sampai panen adalah 5 bulan, dengan ukuran ikan saat panen antara 200-300 gr/ekor ikan. Secara rata-rata, tingkat kelangsungan hidup ikan sejak masuk pendederan-1 sampai panen kurang lebih 50%. Total produksi ikan akuakultur di danau Tutud tahun 2018 diperkirakan sebesar 22.500 ton.

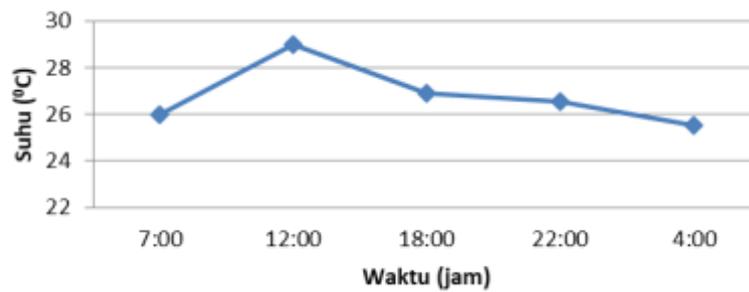
### Food Conversion Ratio

Nilai Food Conversion Ratio untuk sistem akuakultur ikan Nila di Danau Tutud adalah sebesar 2,06. Nilai ini mengindikasikan bahwa untuk memproduksi 1 kg ikan, pembudidaya harus memberikan pakan sebanyak 2,06 kg.

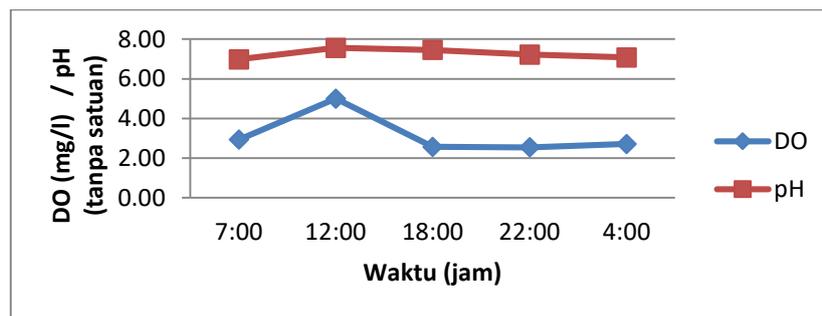
### Kualitas Air Pendukung Suhu, pH, kecerahan dan DO

Hasil pengukuran suhu perairan Danau Tutud disajikan pada gambar-4. Kisaran suhu sepanjang hari bervariasi antara 25,30° C sampai 29° C.

Hasil pengukuran pH perairan Danau Tutud disajikan pada gambar-5. Pada grafik dapat dilihat bahwa kisaran pH bervariasi antara 6,38-7,89. Hasil pengukuran kandungan oksigen terlarut (DO) disajikan pada gambar-5, dimana pada grafik dapat dilihat bahwa kisaran DO perairan Danau Tutud sepanjang hari bervariasi antara 2,2 mg/l – 5 mg/l.



Gambar 4. Fluktuasi suhu harian perairan Danau Tutud



Gambar 10. Fluktuasi harian kandungan oksigen terlarut (DO) (mg/L) dan pH perairan Danau Tutud.

**Amoniak, Nitrit, Nitrat dan Hidrogen Sulfida**

Sulfida perairan Danau Tutud disajikan pada table.

Hasil pengukuran kandungan Amoniak, Nitrit, Nitrat dan Hidrogen

Tabel 1 . Data hasil kandungan Amoniak, Nitrit, Nitrat dan H<sub>2</sub>S perairan Danau Tutud.

No	Parameter	Pengukuran pertama (Penelitian Pendahuluan)		Pengukuran ke-2 (pengambilan sampel ke-4)	Rata-rata	Baku mutu (PP RI NO. 82 Tahun 2001)
		Sampel I	Sampel II			
1.	Amoniak	0,37 mg/l	0,31 mg/l	-	0,34 mg/l	0,02mg/L
2.	Nitrit (NO <sub>2</sub> )	0,002 mg/l	0,006 mg/l	0,004 mg/l	0,004 mg/l	0,06mg/L
3.	Nitrat (NO <sub>3</sub> )	2,65 mg/l	1,88 mg/l	9 mg/l	4,51 mg/l	10mg/L
4.	H <sub>2</sub> S	0,8 mg/l	1,2 mg/l	0,043 mg/l	0,681 mg/l	0,002mg/L

**Daya Dukung Danau Tutud untuk Akuakultur**

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata kandungan fosfat [P] perairan danau Tutud sudah melebihi 0,068 ppm dari ambang batas baku mutu kualitas air untuk akuakultur dimana nilai rujukan maksimalnya adalah 1ppm (PP RI No. 82 Tahun 2001). Oleh karena itu, hasil analisis daya dukung perairan danau Tutud

untuk akuakultur menunjukkan bahwa produksi optimal sesuai daya dukung adalah 21,48 ton/tahun, sementara produksi akuakultur perairan danau Tutud saat ini sebesar 22,5 ton/tahun. Oleh karena itu, produksi akuakultur pada tahun ke depan harus diturunkan sedikitnya 1.02 kg/tahun.

Hasil pengukuran kandungan fosfat [P] perairan danau Tutud yang ditampilkan pada gambar-2 dan 3

menunjukkan bahwa, nilai fosfat [P] perairan danau Tutud sudah dapat dikategorikan sangat tinggi, dimana nilai rata-rata adalah 1,068 mg/l. Nilai ini sudah di atas nilai rujukan fosfat [P] maksimum menurut standar baku mutu kualitas air untuk kegiatan akuakultur ikan air tawar, yakni 1 mg/l (PP RI No. 82 Tahun 2001). Dengan status kandungan fosfat setinggi 1,068 mg/l, maka perairan danau Tutud sudah masuk dalam kategori perairan hypereutrofik (Rondo *dkk.*, 2014).

Nilai rata-rata kandungan fosfat perairan danau Tutud juga jauh lebih tinggi dari nilai kandungan fosfat dari beberapa danau di Indonesia yang pernah dilaporkan. Fachriza, *dkk.* (2016) melaporkan bahwa, perairan danau Lut, provinsi Aceh memiliki kandungan fosfor 0,14 mg/l, sementara menurut Shaleh, *dkk.* (2014), waduk Sempor, Kebumen memiliki kandungan fosfor 0,02–0,41 mg/l. Selanjutnya Silalahi (2009) melaporkan bahwa, kandungan total fosfor di danau Toba adalah 0,01–0,02 mg/l, sementara menurut Rismawati (2010), jumlah total kandungan fosfor di perairan danau Toba yaitu 0,172 – 0,2 mg/l. Namun demikian, ada juga laporan penelitian yang menunjukkan beberapa danau dengan kandungan fosfat yang lebih tinggi dari kandungan fosfat danau Tutud. Perairan Danau Sentani di Jayapura misalnya, memiliki kandungan fosfor 1,2 mg/l (Indrayani, 2013), dan perairan perairan Situ Cilala, Bogor memiliki nilai kandungan fosfat sebesar 2,4 mg/l (Novita, *dkk.*, 2015).

Pada gambar-2 dapat dilihat bahwa, kandungan fosfat [P] perairan danau Tutud bervariasi secara horisontal maupun secara vertikal. Kandungan fosfat pada dasar perairan lebih tinggi dari permukaan untuk semua titik pengambilan sampel. Ada beberapa faktor yang menyebabkan adanya variasi kandungan fosfat [P] secara vertikal pada perairan danau. Faktor kedalaman perairan dan besarnya flushing rate pada danau sangat menentukan stratifikasi

kandungan fosfat secara vertikal. Pada areal danau yang dangkal, perbedaan kandungan fosfat sangat kecil, karena air pada dasar akan lebih mudah tercampur dengan permukaan. Sebaliknya pada area danau yang dalam, seperti pada bagian tengah danau Tutud (titik-3), perbedaan kandungan fosfat akan cukup besar antara permukaan dan dasar perairan, karena pencampuran air membutuhkan *flushing-rate* yang cukup besar, sementara *flushing rate* Danau Tutud hanya sebesar 1,1 per tahun. Jika dibandingkan dengan *flushing rate* Danau Bulilin yang nilainya 6,47 per tahun (Ombong, 2016), *flushing rate* danau Tutud dikategorikan sangat kecil. Padahal ukuran danau Bulilin yang luasnya 24 ha (Ombong, 2016), jauh lebih besar dari ukuran danau Tutud yang hanya 4 ha.

Tingginya pasokan material organik ke badan air dan mengendap di dasar perairan adalah faktor penting lain yang dapat menyebabkan tingginya nilai fosfat suatu perairan serta adanya perbedaan kandungan fosfat secara vertikal pada perairan tersebut. Menurut Midlen *and* Redding (1998), total fosfor yang masuk ke suatu sistem perairan lentik, seperti danau atau kolam, bagian terbesarnya akan terikat pada sediment dalam bentuk P yang tidak larut. Keberadaan fosfat terlarut (*soluble phosphate*) pada suatu perairan, akan segera digunakan oleh tumbuhan, atau bereaksi dengan  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  atau koloid tanah, dalam bentuk ikatan yang kuat. Oleh karena itu, ion-ion  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  pada substrat dasar perairan, sangat berperan untuk mengontrol keberadaan fosfor di kolom air (Rondo, *dkk.*, 2015; Kusen, *dkk.*, 2016). Akan tetapi, substrat yang sudah ditumpuk dengan material organik berlebihan, kemampuannya untuk mengabsorpsi fosfor menjadi tidak efektif, karena  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  sudah terikat lemah (kompleks) dengan bahan organik (Midlen *and* Redding, 1998). Oleh karena itu, akumulasi bahan organik di dasar perairan menyebabkan

sebagian besar fosfor yang masuk ke perairan tidak akan terikat di sedimen dasar, melainkan akan tetap terbebas di kolom air, terutama di dekat dasar perairan.

Aktivitas akuakultur merupakan penyumbang fosfat [P] yang signifikan pada perairan. Pakan pellet yang diberikan kepada ikan tidak semua dapat dimakan oleh ikan, lainnya hanyut terbawa arus dan turbulensi air yang disebabkan oleh pergerakan ikan ataupun karena ukurannya yang kecil karena hancur dalam karung pada saat pengepakan. Sedangkan pakan yang dapat dimakan oleh ikan hanya sebagian kecil yang dapat diretensi menjadi daging atau digunakan untuk pertumbuhan karena sisanya langsung dibuang melalui feces dan urine (Kibria *et al*, 1995 dalam Nastiti *dkk*, 200; Arifin, 2003). Menurut Beveridge (2004), pakan untuk kelompok ikan Tilapia mengandung P sebesar 1,3 %, sementara kandungan P pada tubuh kelompok ikan Tilapia adalah sebesar 0,34 % dari bobot basah ikan. Jika FCR pada kultur ikan di danau Tutud sebesar 2,06 dan produksi ikan sebesar 22.500 kg per tahun, maka total P yang akan terbangun ke Danau Tutud setiap tahun adalah sebanyak 566,11 kg. Buangan-buangan ini yang sepanjang tahun terakumulasi pada sedimen yang ada di bawah sistim KJT di Danau Tutud, dan secara konsisten mempengaruhi kandungan fosfat [P] perairan danau.

Faktor lain yang menyebabkan unsur [P] pada dasar perairan cenderung lebih tinggi dari permukaan, adalah ketersediaan DO pada perairan tersebut. Midlen *and* Redding (1998), menyatakan bahwa hampir seluruh unsur P di perairan tidak dapat larut di badan air dan dengan demikian tidak dapat digunakan oleh tumbuhan air, dikarenakan 99,81% total-P dalam perairan terikat pada sedimen tanah dasar perairan. Dalam kondisi aerobik atau dalam kondisi ketersediaan oksigen yang memadai, fosfor yang ada pada sedimen dasar tersebut (Kibria *et al*, 1995 dalam Nastiti *dkk*, 2001) terikat

kuat dengan partikel mineral lainnya. Dalam kondisi kekurangan oksigen, fosfat yang terikat dengan besi dalam bentuk tak terlarut akan menjadi fosfat yang terlarut dalam air dan terlepas bebas. Hal ini disebabkan karena dalam kondisi anoxic unsur P yang terikat dengan unsur lain akan terbebas di perairan. Ion fosfat dan ion besi yang terlarut dalam air secara bebas akan terikat kembali pada saat mencapai lapisan air dengan kandungan DO yang tinggi (kondisi aerobik), yang kemudian ikatan tersebut (ferifosfat) akan jatuh kembali ke dasar perairan. Jika lapisan air di atas juga mengalami kekurangan DO, maka fosfat akan tetap terlarut dalam badan air (Midlen *and* Redding, 1998; Kusen, *dkk.*, 2016). Oleh karena itu, DO sangat berpengaruh terhadap keberadaan fosfat pada badan air danau, terlebih kandungan DO pada lapisan dasar perairan yang bersentuhan langsung dengan substrat. Rentang nilai fluktuasi harian DO perairan danau Tutud yang berkisar antara 2,2 dan 5 mg/l, dapat dikategorikan rendah, terlebih jika dilihat dalam konteks akuakultur yang umumnya mensyaratkan nilai DO diatas 4 mg/l. Nilai rata-rata harian DO yang berada disekitar 2 mg/l menjadi faktor penyebab lebih tingginya nilai fosfat pada dasar perairan dibanding fosfat di permukaan.

Variasi kandungan fosfat [P] secara horisontal pada perairan Danau Tutud dapat dilihat pada gambar-2. Nilai fosfat pada *inlet* sudah sangat tinggi karena nilai rata-ratanya sudah mencapai 1 mg/l, dan ini mengindikasikan bahwa sumber air danau Tutud memang sudah mengandung fosfat yang tinggi. Pada areal sekitar tengah danau, baik di dekat dan di luar lokasi KJT, nilai kandungan fosfat semakin tinggi, dan peningkatan ini mengindikasikan adanya pengaruh dari buangan-buangan aktivitas akuakultur. Kandungan fosfat tertinggi ada di sekitar outlet, dan nilai ini merupakan akumulasi dari semua sumber fosfat yang ada di perairan danau Tutud, baik dari aktivitas

akuakultur dan dari penguraian bahan organik yang berasal dari hutan nipah yang ada di sepanjang sisi Utara dari danau Tutud.

Jumlah produksi ikan Danau Tutud pada saat ini diperkirakan sebesar 22,5 ton per tahun. Hasil analisis daya dukung menunjukkan jumlah produksi tersebut sudah melampaui batas kapasitas produksi maksimum yang dapat didukung oleh perairan danau Tutud. Oleh karena itu, jumlah produksi ikan akuakultur untuk danau Tutud harus dikurangi, dan hasil perhitungan besarnya produksi yang harus dikurangi adalah sebesar 1,02 ton untuk produksi tahun berikut.

Data parameter kualitas air pendukung yang dipaparkan pada gambar-4 dan 5, menunjukkan bahwa fluktuasi harian dari suhu dan pH berada dalam rentang yang layak untuk aktivitas akuakultur. Akan tetapi, fluktuasi DO harian, khususnya pada malam hari dan menjelang pagi, berada pada kisaran yang cukup rendah, yakni lebih kecil dari 3 mg/l. Kondisi DO yang rendah, selain dapat berdampak langsung pada kesehatan ikan, tetapi juga dapat mempengaruhi kandungan fosfat perairan.

Data parameter kualitas air pendukung untuk kandungan amoniak, nitrit, nitrat, dan H<sub>2</sub>S yang dipaparkan pada tabel, menunjukkan bahwa rata-rata nilai amoniak (0,34 mg/l) dan H<sub>2</sub>S (0,681 mg/l) perairan danau Tutud sudah jauh melewati batas maksimum baku mutu kualitas air untuk akuakultur. Sebaliknya, rata-rata nilai kandungan nitrit (0,004 mg/l) dan nitrat (4,5 mg/l) dapat dikategorikan sangat rendah, karena nilainya masih jauh di bawah batas maksimum untuk akuakultur menurut baku mutu kualitas air, PP RI Nomor 82 Tahun 2001.

Tingginya nilai amoniak perairan Danau Tutud dapat disebabkan oleh dua faktor utama yakni, terakumulasi buangan-buangan organik dari aktivitas akuakultur dan tidak efektifnya proses nitrifikasi oleh bakteri pengurai amoniak menjadi nitrit. Amoniak diproduksi

melalui proses dekomposisi yang dilakukan mikroba terhadap nitrogen organik, yang berasal dari buangan-buangan aktivitas akuakultur yang mengendap di dasar perairan danau. Semakin bertumpuknya buangan-buangan organik tersebut, mengakibatkan nilai amoniak akan meningkat. Dalam kondisi dimana proses nitrifikasi berjalan efektif, maka amoniak akan secara konsisten dirubah menjadi nitrit kemudian nitrat (Forteath, *et al.*, 1993; Midlen *and* Redding, 1998), sehingga nilai amoniak terjaga tetap rendah dan nilai nitrit dan nitrat akan menjadi cukup tinggi. Akan tetapi, nilai nitrit perairan danau Tutud sangat rendah, sementara nilai amoniak sangat tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses nitrifikasi amoniak menjadi nitrit kemudian nitrat tidak efektif bekerja pada dasar perairan danau Tutud.

Nilai H<sub>2</sub>S perairan Danau Tutud yang sangat tinggi juga dapat disebabkan oleh bertumpuknya buangan-buangan organik dari aktivitas akuakultur, dan diperburuk dengan kandungan DO yang rendah. Menurut Tungka *dan* Manus (1985), keberadaan sulfur dalam perairan berada dalam dua bentuk yakni Sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) dan Sulfida (S<sup>2-</sup>). Sulfat memiliki peranan penting karena terlibat dalam metabolisme protein dan pertumbuhan organisme nabati, sehingga Sulfat sangat dibutuhkan dalam suatu perairan. Sebaliknya Sulfida, H<sub>2</sub>S, merupakan gas yang sangat berbahaya pada suatu perairan karena bersifat racun bagi ikan, terutama pada ikan-ikan akuakultur yang dipelihara dengan kepadatan tinggi. Midlen *and* Redding (1988) menyatakan bahwa pada kondisi anaerobik, Sulfat digunakan sebagai pengganti oksigen pada proses metabolisme mikroba, dan proses ini melepaskan gas H<sub>2</sub>S ke perairan. Selanjutnya Midlen *and* Redding (1998) menjelaskan bahwa, peningkatan produksi H<sub>2</sub>S oleh aktivitas metabolisme mikroba merupakan karakteristik dari dasar perairan yang terakumulasi oleh

buangan material organik pada sedimen anoksik yang ada di bawah kurungan-kurungan akuakultur ikan.

Dari diskusi yang diuraikan di atas dapat disimpulkan bahwa aktivitas akuakultur di danau Tutud harus dievaluasi secara konsisten baik dari aspek teknologi akuakultur, juga dari aspek manajemen lingkungan internal dan eksternal akuakultur. Dari aspek daya dukung lingkungan danau Tutud untuk akuakultur, hasil analisisnya menunjukkan bahwa total produksi akuakultur saat ini sudah melampaui batas kemampuan daya dukung perairan danau Tutud. Oleh karena itu rekomendasinya adalah, diperlukan penurunan produksi akuakultur sebesar 1,02 ton untuk produksi tahun kedepan. Kemudian, dari aspek kualitas air danau Tutud, ada dua parameter yang sangat penting yakni, amoniak dan  $H_2S$  berada pada level yang jauh diatas nilai rujukan untuk akuakultur, sementara kedua parameter kualitas air ini sangat berbahaya untuk biota perairan, terlebih khusus untuk organisme akuakultur. Tingginya nilai amoniak dan  $H_2S$ , juga merupakan dampak dari nilai produksi akuakultur yang sudah melampaui daya dukung perairan danau Tutud. Permasalahan ini merupakan implikasi dari rendahnya nilai DO perairan serta *flushing rate* danau Tutud yang kecil.

Aktivitas akuakultur di danau Tutud saat ini masih berlangsung, dan produksi ikan masih tetap konsisten. Akan tetapi untuk mengatasi permasalahan yang ada, para pembudidaya sudah mengaplikasikan pompa air untuk melakukan sirkulasi air pada kurungan-kurungan ikan untuk meningkatkan DO perairan dan mengoksidasi sedimen dasar perairan. Peningkatan DO pada lokasi KJT dapat membantu mengontrol nilai fosfat [P], amoniak dan  $H_2S$ . Produksi akuakultur dapat terus dilakukan dengan teknologi intensif dengan mempraktekkan operasional akuakultur yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

-Kandungan fosfat [P] di perairan danau Tutud sebesar 1,068 mg/l telah melewati ambang batas yang telah ditentukan baku mutu kualitas air untuk kegiatan akuakultur air tawar, sebesar 1 mg/l.

-Daya dukung perairan danau Tutud sebesar 21,48 ton.

-Total produksi ikan akuakultur di danau Tutud saat ini yang sebesar 22,5 ton, telah melebihi daya dukung perairan Danau Tutud dan harus dikurangi sebesar 1,02 ton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, H. 2003. Daya Dukung Perairan Danau Tondano dengan Parameter Fosfor [P] Untuk Menunjang Kegiatan Budidaya Ikan. Skripsi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi. 48 hal.
- Badan Karantina Ikan, Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan. 2010. Laporan Pemantauan Hama dan Penyakit Ikan. 65 hal.
- Beveridge, M.C.M. 2004. Cage Aquaculture. Third Edition. Ltd. Blackwell. 368 pgs.
- Dontes, N. 2015. Parameter Fisika dan Kimia dalam Air. Palangkaraya. 20 hal.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan. Kanisius. Yogyakarta. 258 hal.
- Fachriza F., Yusni E dan Nurmatias. 2016. Analisis Kandungan Fosfor Terhadap Daya Dukung Perairan Danau Lut Tawar Untuk Budidaya Sistem Keramba Jaring Apung. Jurna Aquacoastmarine. 11 (1): 1-9.
- Firmanyah, V. 2016. Parameter Kualitas Air. Universitas Airlangga. Surabaya. 18 hal.

- Google Maps. 2018. Diunggah 5 Oktober 2018, dari <https://www.google.com/maps/place/Luah+Tutud/@1.0447436,124.6928448,1567m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x32874ded5ba98ac5:0xa459a7262d65984a!8m2!3d1.0447222!4d124.6972222>.
- Hamuna B., R.H.R Tanjung., Suwito., H.K Maury dan Alianto. 2018. Kajian Kualitas Air dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 16 (1): 35-43.
- Indrayani, E. 2013. Daya Dukung Perairan Danau Sentani Untuk Perikanan Berdasarkan Konsentrasi Karbon (C), Nitrogen (N), Dan Fosfor (P). Tesis, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. 32 hal.
- Kusen, J.D., L.J.L. Lumingas., dan M. Rondo. 2016. Ekologi Laut Tropis. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT.
- Midlen, A dan Redding. 1998. *Environmental Management for Aquaculture*.
- Murtiono H.L., Noerbaeti, E dan H. Pattah. 2016. Analisis Daya Dukung Lingkungan Perairan Untuk Budidaya Laut Sistem Keramba Jaring Apng Di Teluk Ambon Dalam. *Jurnal Teknologi Budidaya Laut*. 6: 17-30.
- Nastiti A.S., Krismono dan E.S. Kartamihardja. 2001. Dampak Budidaya Ikan Dalam Jaring Apung Terhadap Peningkatan Unsur N dan P di Perairan Waduk Saguling, Cirata dan Jatiluhur. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 7(2):22-30.
- Nazir, M. 1988. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. 597 hal.
- Novita M.Z., S Soewardi dan N.T.M Pratiwi. 2015. Penentuan Daya Dukung Perairan Untuk Perikanan Alami (Studi Kasus: Situ Cilala, Kabupaten Bogor). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 20 (1): 66-71.
- Ombong, F. 2016. Daya Dukung Perairan Danau Bulilin Kabupaten Minahasa Tenggara, Untuk Akuakultur Dengan Parameter Fosfor [P]. Skripsi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi. 43 hal.
- Pierce. 2002. *Sustainability of Cage Aquaculture Ecosystem For Large Scale Resettlement From Hydropower Dams: An Indonesia*. Blackwell Publishing Company. Iowa. 313 pgs.
- Rismawati. 2010. Analisis Daya Dukung Perairan Danau Toba Terhadap Kegiatan Perikanan Sebagai Dasar Dalam Pengendalian Pencemaran Keramba Jaring Apung. Tesis, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan. 102 hal.
- Rondo, M., J. Sampekalo., dan J.S.W Tamanampo. 2014. Ekologi dan Manajemen Danau Tondano. Fakultas Perikanan dan Kelautan. UNSRAT.
- Shaleh R., K. Soewardi dan S. Hariyadi. 2014. Kualitas Air dan Status Kesuburan Perairan Waduk Sempor, Kebumen. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 19 (3) : 169 – 173.
- Silalahi J. 2009. Analisis Kualitas Air dan Hubungannya dengan Keanekaragaman Vegetasi Akuatik di Perairan Balige Danau Toba. Tesis, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan. 100 hal.
- Tambunan, F. 2010. Daya Dukung Perairan Danau Lido Berkaitan Dengan Pemanfaatannya Untuk Kegiatan Budidaya Perikanan Sistem Keramba Jaring Apung. Skripsi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. 76 hal.
- Tian, Y.N. dan H.Q. Wang. 2013. *Progress of Resources and*

- Environmental Carrying Capacity. Journal of Clean Energy Technologies. 1 (2): 132-135.
- Tokah C., S.L. Undap dan S.N.J. Longdong. 2017. Kajian kualitas air pada area budidaya kurungan jaring tancap (KJT) di Danau Tutud Desa Tombatu Tiga Kecamatan Tombatu Kabupaten Minahasa Tenggara. Jurnal Budidaya Perairan. 5(1):1-11.
- Tungka, F. dan O.A. Manus. 1985. Limnologi Dasar. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNSRAT.
- Wetzel, R.G. dan G.E. Likens. 2001. Limnological Analyses. Spring Velg. New York. 391 pgs.

[ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax](http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax)