

Kajian daya dukung perairan Danau Bulilin, Tombatu, Minahasa Tenggara, untuk akuakultur dengan parameter [P]

(Study of the carrying capacity of the Bulilin Lake, Tombatu, South-East Minahasa, for aquaculture production, using [P] parameter)

**Frandy Ombong<sup>1</sup>, Indra R.N. Salindeho<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan FPIK, UNSRAT.

<sup>2)</sup> Staf Pengajar pada Program Studi Budidaya Perairan FPIK, UNSRAT.

Penulis korespondensi: I.R.N. Salindeho, [indra.salindeho@unsrat.ac.id](mailto:indra.salindeho@unsrat.ac.id)

**Abstract**

The research were aimed to assess the carrying capacity of the Bulilin Lake waters, to ensure a sustainable aquacultural production. The research was carried out from September to Desember 2016. The carrying capacity of the Bulilin 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 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. Water samples for phosphate [P] analysis were collected from 6 different points on the surface and and at a depth of three meters, representing the overall water condition of the lake. Aquacultural protocols and production data were collected using questionnaires and by direct observation at the farm. The result shows that the area of Bulilin Lake is around  $\pm 244,562 \text{ m}^2$ , with an average depth of 3.11 meters. The phosphate [P] content ranged from 0.0263 mg/L to 0.0843 mg/L, with an average of 0.0490 mg/L, which is still below the maximum recommended value for waters used for aquacultural production. Flushing rate value of Bulilin lake waters was as high as 6.479 per year, meaning that there was a total water exchange of Bulilin lake in every 2 months. Total aquacultural production per year in Bulilin Lake was estimated around 268,959 tonnes of fish per year, which was below the carrying capacity of the waters of the Bulilin Lake. In conclusion, the total production for the coming year could be increased as many as 92.12 tonnes per year, provided that sustainable culture technology is applied.

**Keywords:** Bulilin, ortophosphate, carrying-capacity, aquaculture

**PENDAHULUAN**

Kabupaten Minahasa Tenggara merupakan salah satu daerah pengembangan usaha perikanan di Sulawesi Utara yang cukup potensial untuk perikanan laut maupun perikanan

darat. Khusus untuk perikanan darat, komoditas yang dikembangkan adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*), ikan nila (*Oreochromis niloticus*), dan ikan mujair (*Oreochromis mosambicus*) (BKI-PMKHP, 2010). Pengembangan usaha perikanan darat difokuskan pada usaha

akuakultur di danau-danau yang ada di Kabupaten Minahasa Tenggara, dan yang paling signifikan adalah usaha akuakultur pada karamba jaring apung (KJA) dan karamba jaring tancap (KJT) di Danau Bulilin, yang merupakan danau terbesar di Kabupaten Minahasa Tenggara.

Danau Bulilin merupakan danau terbesar yang terletak di Kabupaten Minahasa Tenggara, Provinsi Sulawesi Utara, dengan luas kira-kira 24,46 Ha, panjang kira-kira 4,24 km dan terletak pada posisi antara 1<sup>o</sup>02'20.90" – 1<sup>o</sup>02'49.29" LU dan 124<sup>o</sup>40'18.50" – 124<sup>o</sup>40'40.06" BT (Google Maps, 2016). Bagian Utara merupakan daerah hutan nipah dari Desa Betelen I, bagian Timur merupakan pemukiman Desa Betelen dan Desa Tombatu I, bagian Selatan merupakan pemukiman Desa Kali Oki, sedangkan dibagian Barat merupakan kawasan hutan. Berdasarkan wawancara dengan para pembudidaya ikan yang ada di Danau Bulilin kedalaman danau berkisar 2-4 m. Sumber air danau berasal dari mata air yang berada di sekitar danau dan mempunyai satu sungai sebagai out-let yang terletak di bagian Utara danau.

Perkembangan unit karamba jaring apung/karamba jaring tancap (KJA/KJT) pada areal akuakultur di Danau Bulilin merupakan hasil implementasi dari program pemerintah tersebut di atas. Dampak positif yang diharapkan adalah peningkatan produksi akuakultur yang maksimal dari para pembudidaya ikan di Danau Bulilin, sehingga mampu meningkatkan produksi perikanan Kabupaten Minahasa Tenggara dan meningkatkan kesejahteraan pembudidaya ikan. Akan tetapi pengembangan jumlah KJA/KJT harus dikendalikan karena dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan danau itu sendiri.

Keberhasilan usaha akuakultur pada KJA/KJT dipengaruhi oleh kondisi perairan danau. Sebaliknya, kualitas air danau sangat dipengaruhi oleh aktivitas akuakultur yang berlangsung di danau tersebut (Erlania *dkk.*, 2010).

Dalam suatu sistem akuakultur, akan selalu terjadi penumpukan bahan organik berupa feses dan sisa pakan, serta bahan anorganik berupa amonia, nitrit, nitrat, yang merupakan sisa dari proses pencernaan dan buangan metabolik (Pillay, 1993). Supaya ikan kultur bertumbuh pesat, maka pakan harus diberikan dalam jumlah yang optimal. Semakin banyak jumlah pakan, maka semakin banyak buangan-buangan organik dan anorganik yang akan tertampung dalam air (Beveridge, 2004). Jumlah total pakan yang diberikan, hanya sebagian kecil saja yang dimanfaatkan oleh ikan untuk pertumbuhan, karena sebagian tidak ditangkap oleh ikan, dan jatuh ke dasar perairan. Pakan yang berhasil ditangkap dan masuk ke lambung, sebagian diasimilasi lewat usus dan sebagian tidak digunakan dan dibuang sebagai *feces* ke perairan. Nutrien pakan yang telah diasimilasi dalam tubuh, sebagian dimanfaatkan secara efektif untuk pertumbuhan namun bagian lainnya diekskresi lewat urine (Ekasari, 2009). Untuk mengontrol semua buangan yang bersumber dari pakan, manajemen pakan merupakan faktor yang sangat krusial, karena kultur intensif sangat bergantung pada pakan buatan berupa pellet (Suryaningrum, 2012).

Untuk menjamin produksi yang optimal dan berkelanjutan dari aktivitas akuakultur di Danau Bulilin, kontrol terhadap berbagai aspek akuakultur wajib dilakukan. Prinsip-prinsip dasar teknologi kultur sistem KJA/KJT seperti tata letak

kurungan, daya dukung lingkungan, kepadatan ikan dan cara pemberian pakan, harus dikontrol dan dilaksanakan dengan disiplin (Nastiti *dkk.*, 2001). Aktivitas pemanfaatan Danau Bulilin khususnya untuk akuakultur semakin berkembang pesat. Perkembangan ini akan berlangsung terus, dan jika tidak dikendalikan secara bijaksana, dapat memberikan dampak negatif seperti yang sudah diuraikan di atas. Oleh karena itu, sangat penting dilakukan penelitian menyangkut daya dukung perairan Danau Bulilin untuk kegiatan akuakultur, agar dapat diketahui berapa kapasitas produksi akuakultur yang optimal Danau Bulilin tiap tahun, dengan tanpa merusak lingkungan. Informasi ini akan menuntun pembudidaya untuk mempraktekkan teknologi akuakultur yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung Danau Bulilin terhadap aktivitas budidaya ikan di keramba jaring apung/keramba jaring tancap sehingga dapat mengestimasi kapasitas produksi optimal untuk menunjang aktivitas akuakultur yang berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Danau Bulilin, Kabupaten Minahasa Tenggara mulai bulan September 2016 sampai bulan Desember 2016. Penentuan daya dukung untuk menunjang aktivitas akuakultur di Danau Bulilin menggunakan metode yang diberikan oleh Beveridge (2004). Dalam menentukan daya dukung diperlukan sejumlah data, dimana prosedur pengumpulan data sebagai berikut:

### (1) Kondisi Fisik Danau

Data kondisi fisik danau yang diperlukan dalam penentuan daya dukung adalah luas danau dan kedalaman rata-rata

danau. Luas danau diukur menggunakan aplikasi Google Map Pro, sementara kedalaman rata-rata danau diukur dengan menggunakan alat meteran pada 18 titik pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Setiap titik berjarak kurang lebih 20 m dari titik pengukuran lainnya dan dimulai dari pesisir danau ke bagian tengah danau.

### (2) Tingkat Pergantian Air Danau

Tingkat pergantian air di Danau Bulilin diestimasi berdasarkan dua variable yakni, volume air danau dan debit air yang keluar melalui out-let. Volume air danau diestimasi menggunakan data luas total area danau dan kedalaman rata-rata danau, sementara debit air pada out-let danau diestimasi dengan mengacu pada data kecepatan arus (m/det) pada area sekitar outlet dan luas penampang out-let danau. Pengukuran kecepatan arus menggunakan tali (panjang 5m), stopwatch, meteran dan bola pingpong, dimana waktu yang ditempuh oleh bola pimpong pada jarak yang telah ditentukan dianggap sebagai kecepatan arus pada lokasi tersebut. Luas penampang out-let diukur dengan menggunakan tali, pemberat, dan meteran. Pengukuran kedalaman out-let dilakukan pada bagian kiri, bagian tengah dan bagian kanan out-let, dengan bantuan tali dan meteran. .

### (3) Kandungan Fosfor Perairan

Kandungan fosfor perairan Danau Bulilin diukur pada 6 titiki, dimana titik-titik tersebut diasumsikan mewakili keseluruhan badan air danau. Keenam titik tersebut ada di sekitar perairan Desa Betelen-1, Desa Betelen, Desa Tombatu I, dan Desa Kali Oki (Gambar 2). Pada tiap titik, sampel air diambil pada kedalaman 0 m (permukaan) dan pada kedalaman 3m (dasar) (Effendi, 2000). Pengambilan air

sampel pada kedalaman 3m dilakukan dengan menggunakan botol Lamouth, sedangkan sampel air pada permukaan langsung diambil dari atas perahu.

Sampel air dimasukan dalam botol yang telah diberi label, kemudian dimasukan ke dalam kotak pendingin (cool box) yang telah diberi es. Botol yang berisi air sampel tersebut segera dibawa ke Balai Riset dan Standardisasi Industri

(BARISTAN) Manado untuk dianalisis kandungan fosfat (ortofosfat).

Data kandungan fosfat perairan Danau Bulilin dikomparasikan dengan standar 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 Bulilin (Beveridge, 2004).



Gambar 1. Hasil pengukuran kedalaman Danau Bulilin pada 18 titik pengamatan. (Keterangan: Gambar merupakan modifikasi dari Google Maps, 2016).



Gambar 2. Enam lokasi titik pengambilan sampel air. (Keterangan: Gambar dimodifikasi dari Google Maps, 2016)

**(4) Produksi Akuakultur**

Data produksi ikan akuakultur yang ada di Danau Bulilin diperoleh dari wawancara dengan para pembudidaya dan dengan pengisian kuesioner. Data yang diperoleh meliputi, jumlah pembudidaya, jumlah KJA/KJT masing-masing pembudidaya, kepadatan ikan, ukuran kantong jaring, metode pemberian pakan, lama pemeliharaan, ukuran panen, siklus panen per tahun, tingkat kelangsungan hidup rata-rata, harga jual ikan. Data tersebut kemudian dikonversikan menjadi Rasio Konversi Pakan, produksi ikan setiap siklus dan setiap tahun.

**(5) Rasio Konversi Pakan.**

Food Conversion Ratio dihitung menggunakan formula :

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

dimana,  $F_{total}$  = Jumlah pakan yang dikonsumsi (g)

$W$  = Pertambahan mutlak berat ikan (g).

Nilai FCR merupakan faktor penting dalam mengestimasi kapasitas produksi akuakultur sesuai daya dukung lingkungan perairan Danau Bulilin (Beveridge, 2004).

**(6) Kualitas Air Pendukung**

Data kualitas air pendukung yang diukur adalah DO, pH, kecerahan dan suhu. Pengukuran dilakukan secara *in situ* dengan menggunakan DO meter (merek WinLab) untuk mengukur DO dan suhu, piring seci (*sechi disc*) untuk mengukur kecerahan, dan pH-indikator untuk mengukur pH.

**(7) Analisis Laboratorium**

Kadar ortofosfat [P] pada sampel air Danau Bulilin dianalisis di Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado,

Kementerian Perindustrian dengan metode analisis yang disertifikasi SNI 06-6989.31-2005.

**(8) Buangan fosfor pakan ke perairan**

Kandungan fosfor pada pakan untuk keluarga ikan *Tilapia* secara rata-rata adalah 1,3%, sementara tubuh ikan *Tilapia* mengandung fosfor sebanyak 0,34% (Beveridge, 2004). Data manajemen pakan yang dikumpulkan dari pembudidaya ikan menunjukkan bahwa rasio konversi pakan secara rata-rata pada kultur ikan nila di Danau Bulilin adalah sebesar 2,15. Buangan fosfor ke perairan danau yang berasal dari pakan ikan dapat disetimasi menurut prosedur yang diberikan oleh Beveridge (2004) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

(1) Jumlah fosfor dalam 1 ton pakan ikan = 1,3% x 1000kg = 13 kg.

(2) Jika FCR 2,15, untuk produksi 1 ton ikan, fosfor yang disuplai = 2,15 x 13kg = 27,95kg.

(3) Fosfor dalam 1 ton tubuh ikan *Tilapia* = 0,34% x 1000kg = 3,4kg.

(4) Fosfor yang terbuang ke perairan untuk produksi 1 ton ikan = 27,95kg - 3,4kg = 24,55kg.

**(9) Daya Dukung Danau Bulilin untuk Akuakultur.**

Penentuan kapasitas produksi maksimal akuakultur sesuai daya dukung lingkungan perairan Danau Bulilin diestimasi menggunakan prosedur yang diberikan oleh Beveridge (2004).

Penentuan daya dukung lingkungan mengikuti beberapa tahapan penghitungan sebagai berikut:

Langkah 1 : Mengetahui informasi kondisi danau :

a. Luas Danau Bulilin,  $A = 24,46$  ha

b. Rata-rata kedalaman Danau Bulilin,  $\bar{Z}$   
= 3,11 m

c. Tingkat pergantian air Danau Bulilin  
per tahun,  $\rho = 6,479$  per tahun

Langkah 2 :  $[P]_i = 0,0490$  ppm ( $49\text{mg}/\text{m}^3$ )

Langkah 3 :  $[P]_f = 0,2$  ppm ( $200\text{mg}/\text{m}^3$ )

Langkah 4 : Tentukan  $\Delta[P]$ ,

$$\begin{aligned}\Delta[P] &= [P]_f - [P]_i \\ &= 200\text{mg}/\text{m}^3 - 49\text{mg}/\text{m}^3 \\ &= 151\text{mg}/\text{m}^3.\end{aligned}$$

Langkah 5 :  $R = (1 + 0.747\rho^{0.507})^{-1}$

$$\begin{aligned}&= (1 + 0,747 \times 6,479^{0,507})^{-1} \\ &= (2,926)^{-1} \\ &= 0,342\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_{\text{fish}} &= x + [(1-x)R] \\ &= 0,50 + [(1 - 0,50) 0,342] \\ &= 0,671\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_{\text{fish}} &= \Delta P \bar{z} \rho / (1 - R_{\text{fish}}) \\ &= 151 \times 3,11 \times 6,479 / (1 - 0,671) \\ &= 3.042,6/0,329 \\ &= 9.248,03 \text{ mg m}^{-2} \text{ per tahun} \\ &= 9,248 \text{ g m}^{-2} \text{ per tahun}\end{aligned}$$

Langkah 6 : Tentukan total P loading yang dapat diterima per tahun.

$$\begin{aligned}P_{\text{Load}} &= L_{\text{fish}} \times A \\ &= 9,248 \times 244.562 \\ &= 2.261.717\text{g per tahun}\end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned}X &= P_{\text{load}}/P_{\text{loss}} \\ &= 2.261.717\text{g} / 24.550\text{g} \\ &= 92,12 \text{ ton/tahun.}\end{aligned}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Fisik Danau

Kondisi fisik danau merupakan data awal yang diperlukan untuk menghitung daya dukung lingkungan danau. Luas Danau Bulilin yang diperoleh dengan menggunakan aplikasi Google Maps adalah sekitar  $244.56 \text{ m}^2$  atau  $24,56$  ha, dan berdasarkan pengukuran langsung di lapangan kedalaman rata-rata Danau Bulilin adalah  $3,11$  m, dengan titik paling dalam,  $3,75\text{m}$ , ada pada bagian tengah danau.

### Tingkat Pergantian Air Danau

Hasil pengukuran dan kalkulasi menunjukkan bahwa debit air pada bagian *out-let* danau Bulilin adalah  $4.928.151,18 \text{ m}^3/\text{tahun}$ , sementara volume total air danau Bulilin adalah  $760.587,82 \text{ m}^3$ . Dengan demikian tingkat pergantian air Danau Bulilin mencapai  $6,479$  per tahun. Ini berarti bahwa hampir setiap dua bulan seluruh massa air danau Bulilin terganti dengan air yang baru, dan dalam satu tahun seluruh massa air yang ada di Danau Bulilin dapat terganti sampai lebih dari enam kali.

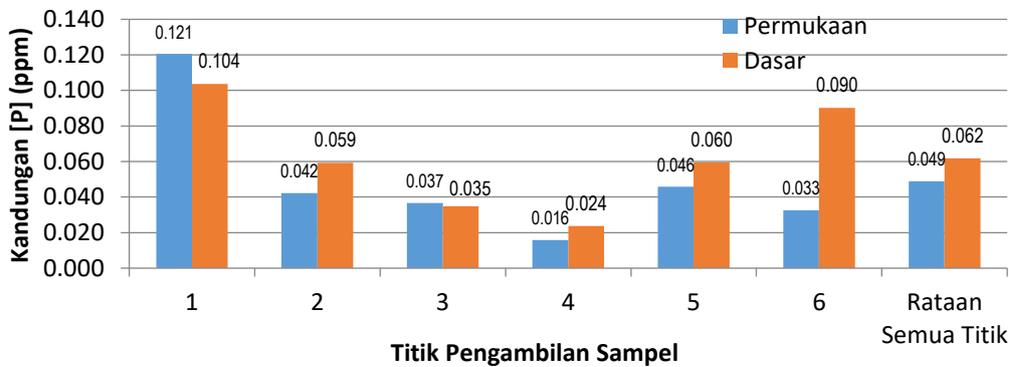
### Kandungan Fosfor

Kandungan ortofosfat perairan Danau Bulilin untuk pengukuran pertama disajikan pada Gambar 3. Nilai ortofosfat [P] untuk 6 titik pengambilan sampel pada permukaan perairan berada pada rentang antara  $0,016$  ppm –  $0,121$  ppm, sedangkan pada dasar perairan berada pada rentang antara  $0,024$  ppm –  $0,104$  ppm. Permukaan perairan pada titik 1 memiliki kandungan ortofosfat tertinggi ( $0,121\text{ppm}$ ), dan permukaan perairan pada titik 4 memiliki kandungan ortofosfat terendah ( $0,016$ ). Rataan kandungan ortofosfat pada

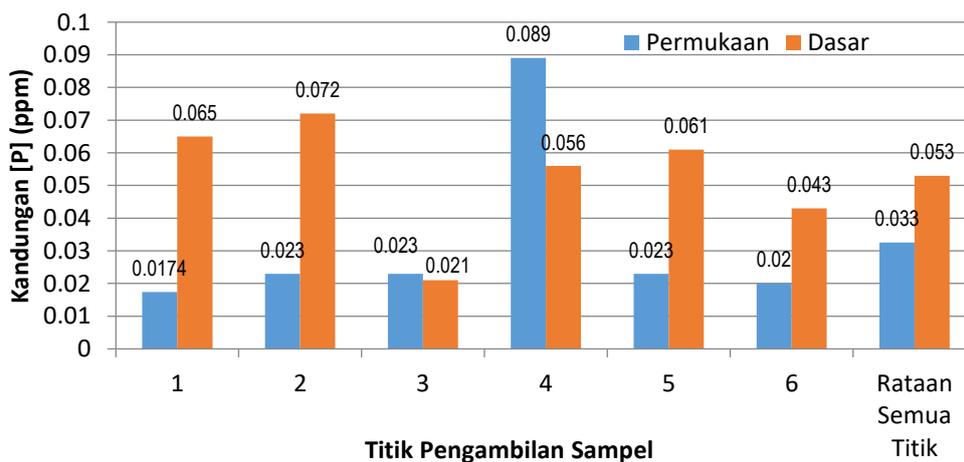
permukaan perairan adalah 0.049 ppm, dan rata-rata kandungan ortofosfat pada dasar perairan adalah 0.062 ppm. Nilai rata-rata kandungan ortofosfat pada pengukuran pertama adalah 0.055 ppm.

Kandungan ortofosfat perairan Danau Bulilin untuk pengukuran kedua disajikan pada Gambar 4. Nilai ortofosfat [P] untuk 6 titik pengambilan sampel pada permukaan perairan berada pada rentang antara 0,0174 ppm – 0,089 ppm, sedangkan pada dasar perairan berada pada

rentang antara 0,021 ppm – 0,066 ppm. Permukaan perairan pada titik 1 memiliki kandungan ortofosfat terendah (0,0174 ppm), dan permukaan perairan pada titik 4 memiliki kandungan ortofosfat tertinggi (0,089 ppm). Rataan kandungan ortofosfat pada permukaan perairan adalah 0.033 ppm, dan rata-rata kandungan ortofosfat pada dasar perairan adalah 0.053 ppm. Nilai rata-rata kandungan ortofosfat pada pengukuran kedua adalah 0.043 ppm.



Gambar 3. Kandungan ortofosfat pada permukaan dan dasar perairan Danau Bulilin pada 6 titik pengambilan sampel, untuk pengukuran pertama



Gambar 4 . Kandungan ortofosfat pada permukaan dan dasar perairan Danau Bulilin pada 6 titik pengambilan sampel, untuk pengukuran kedua

Nilai rata-rata dari pengukuran pertama dan kedua, kandungan ortofosfat perairan Danau Bulilin disajikan pada Gambar 5. Nilai rata-rata ortofosfat [P] untuk 6 titik pengambilan sampel pada permukaan perairan berada pada rentang antara 0,026 ppm – 0,069 ppm, sedangkan pada dasar perairan berada pada rentang antara 0,028 ppm – 0,084 ppm.

Dasar perairan pada titik 1 memiliki kandungan ortofosfat tertinggi (0,084 ppm), dan dasar perairan pada titik 6 memiliki kandungan ortofosfat terendah (0,026 ppm). Rataan kandungan ortofosfat pada permukaan perairan adalah 0.041 ppm, dan rata-rata kandungan ortofosfat pada dasar perairan adalah 0.057 ppm. Nilai rata-rata kandungan ortofosfat Danau Bulilin 0.049 ppm.

### **Produksi Akuakultur**

Berdasarkan hasil wawancara dan data yang diperoleh dari kuesioner yang diisi oleh para pembudidaya, produksi ikan akuakultur di Danau Bulilin tahun 2016 diestimasi sebesar 268,96 ton per tahun. Jumlah pembudidaya yang ada 46 orang, dengan total jumlah kantong kurungan 397 unit dan rata-rata setiap pembudidaya memiliki 6,5 keramba jaring apung/keramba jaring tancap. Kepadatan dalam satu kantong jaring berkisar antara 2000 sampai 3000 ekor, dengan ukuran jaring yang bervariasi, yaitu : 3m x 3m x 3m, 4m x 3m x 2,5m, dan 4m x 4m x 3m. Lamanya waktu yang dibutuhkan sampai ukuran panen adalah 3 – 6 bulan dengan ukuran ikan saat panen adalah 250–300 g.

Hasil panen dijual di daerah sekitar Kecamatan Tombatu dengan harga jual Rp. 30.000/kg untuk ikan nila dan Rp. 55.000/kg untuk ikan mas.

Prosedur penentuan kepadatan ikan dalam kurungan, penyeragaman ukuran, kontrol kesehatan ikan dan kondisi ikan serta prosedur pemberian pakan yang dilakukan pembudidaya masih harus diperbaiki dan disempurnakan sesuai dengan protokol ‘cara budidaya ikan yang baik’.

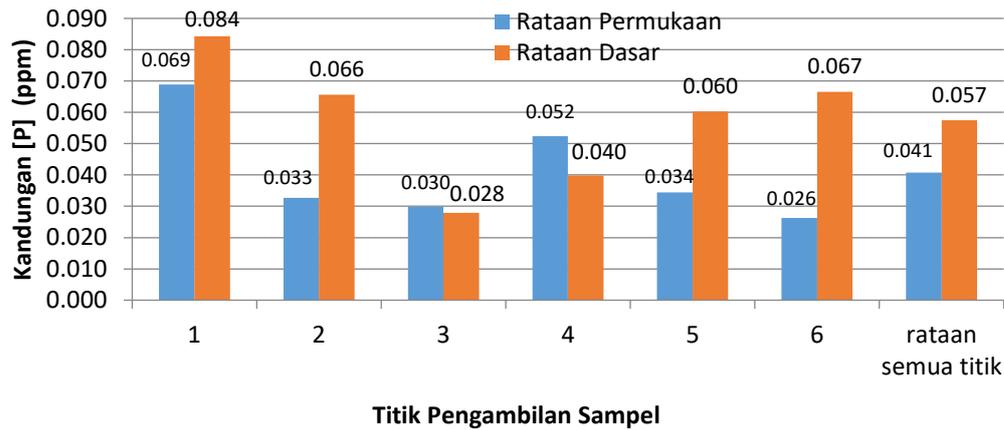
### **Nilai Konversi Pakan (FCR)**

Data yang diperoleh lewat kuesioner dan pengamatan langsung di lokasi budidaya dan kemudian dikonversikan menjadi nilai konversi pakan menunjukkan bahwa FCR untuk sistem budidaya di danau bulilin masih cukup tinggi, yakni sebesar 2,15.

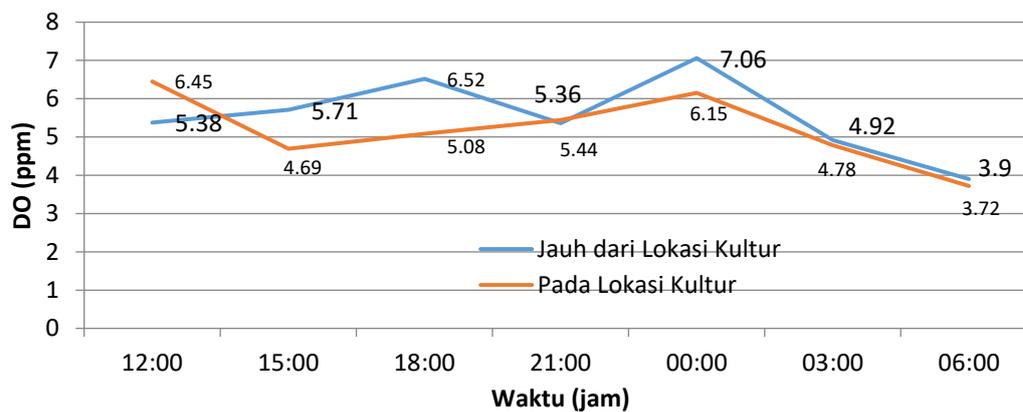
Hasil pengamatan di lapangan serta hasil wawancara mengindikasikan bahwa pembudidaya belum menerapkan praktek manajemen pakan yang memperhitungkan dosis pemberian, prosedur pemberian, nilai nutrisi, serta pengamatan efisiensi pakan.

### **Kualitas Air Pendukung**

Hasil pengukuran kualitas air pendukung menunjukkan bahwa, oksigen terlarut (DO) berada pada kisaran 4,58 mg/l – 7,94 mg/l, pH berada pada kisaran 7-9, suhu berada pada kisaran 27°C – 31,41°C dan tingkat kecerahan berada pada kisaran 53,5 cm – 71,5 cm. Fluktuasi harian DO ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Nilai rata-rata dari pengukuran pertama dan kedua, kandungan ortofosfat permukaan dan dasar perairan Danau Bulilin pada 6 titik pengambilan sampel



Gambar 6. Fluktuasi harian oksigen terlarut (DO) perairan Danau Bulilin

### Daya Dukung Danau Bulilin untuk Akuakultur.

Daya dukung perairan Danau Bulilin untuk akuakultur ditentukan dengan menggunakan parameter fosfor [P], seperti yang dikemukakan oleh Beveridge (2004). Hasil pengukuran kandungan rata-rata ortofosfat [P] perairan Danau Bulilin adalah 0,049 ppm. Sementara ambang batas baku mutu kualitas air untuk akuakultur sesuai PP RI Nomor 82 Tahun 2001, adalah sebesar 1 ppm. Namun menurut Beveridge (2004) kandungan fosfor perairan yang layak

untuk akuakultur ikan Mas dan Tilapia adalah sebesar 0,2ppm. Dengan mengacu pada batasan kandungan fosfat yang diberikan oleh Beveridge (2004) maka masih ada selisih sebesar 0,151 ppm (151 mg/m<sup>3</sup>), antara rata-rata nilai [P] Danau Bulilin dan ambang batas baku mutu kualitas air. Selain itu, massa air Danau Bulilin juga tergantikan lebih dari 6 kali setiap tahun. Dengan nilai selisih [P] sebesar itu dan ada pergantian massa air secara terus menerus di badan danau, maka diasumsikan bahwa total '*P-loading*' yang dapat diterima per tahun oleh Danau

Bulilin masih sebesar 2.261.717gram. Sehingga perairan Danau Bulilin masih mampu mendukung pengembangan produksi akuakultur sebesar 92,12 ton per tahun. Jika ditambahkan dengan estimasi produksi yang sudah ada pada tahun 2016 sebesar 268,959 ton per tahun, maka total produksi akuakultur Danau Bulilin dapat diitngkatkan menjadi 361,08ton per tahun.

Nilai rata-rata kandungan ortofosfat Danau Bulilin 0.049 ppm, relatif tidak berbeda jauh dengan kandungan fosfat yang berada di beberapa danau atau waduk di Indonesia. Fachriza *dkk.* (2016) melaporkan bahwa, perairan danau Lut, provinsi Aceh memiliki kandungan fosfor 0,14 mg/l. Siagian (2010), melaporkan bahwa Waduk PLTA Koto Panjang Kampar, yang ada di Provinsi Riau memiliki kandungan total fosfor 0.110 mg/l – 0.143 mg/l sementara Shaleh *dkk.* (2014), melaporkan bahwa Waduk Sempor, Kebumen memiliki kandungan total fosfor 0.02 mg/l – 0.41 mg/l dan kandungan ortofosfat 0.002 mg/l – 0.2 mg/l. Tambunan (2010) melaporkan bahwa Danau Lido, Bogor memiliki kandungan fosfat 0.02 mg/l – 0.96 mg/l. Selanjutnya menurut Silalahi (2009), kandungan total fosfor yang ada di Danau Toba, Sumatera Utara adalah 0.01 mg/l – 0.02 mg/l. Sedangkan menurut Tobing (2014), kandungan fosfat yang ada di Danau Toba, adalah 0.11 mg/l – 0.024 mg/l.

Danau-danau di atas memperlihatkan kandungan fosfor yang berada di bawah ambang batas baku mutu kualitas air untuk kegiatan budidaya ikan air tawar (PP RI Nomor 82 Tahun 2001), namun ada juga danau yang memiliki kandungan fosfor melebihi ambang batas baku mutu kualitas air yaitu, Danau Siais, Sumatera Utara dengan kandungan fosfat

1.4 mg/l – 1.7 mg/l (Harahap, 2013). 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). Sementara Rismawati (2010) melaporkan data yang berbeda dengan data dari Silalahi (2009) dan Tobing (2014) menyangkut kandungan [P] danau Toba, dimana menurut Rismawati (2010), kandungan rata-rata fosfor yang ada di Danau Toba, Sumatera Utara adalah 1.172 mg/l, melebihi ambang batas untuk akuakultur.

Kandungan fosfat pada dasar perairan Danau Bulilin jauh lebih tinggi dibandingkan kandungan fosfat pada permukaan perairan. Gambar 3, 4 dan 5 menunjukkan bahwa baik pada pengukuran pertama dan kedua serta rataannya, kandungan fosfat dasar lebih tinggi 40% dibandingkan dengan fosfat pada permukaan. Kandungan fosfat pada dasar perairan cenderung lebih tinggi dari lapisan permukaan disebabkan karena bagian terbesar fosfat terikat di sedimen dasar perairan. Dinamika yang terjadi antara sedimen dasar dan lapisan air tepat di atasnya menentukan besarnya kandungan fosfat di badan air (Rondo *dkk.*, 2015).

Midlen and Redding (1998), menyatakan bahwa 99,81% total-P dalam perairan terikat pada sedimen tanah dasar perairan. Oleh karena itu sebagian besar P di perairan tidak terlarut di badan air dan tidak dapat digunakan oleh tumbuhan. Fosfor yang ada pada sedimen dasar, terikat kuat dengan partikel mineral lainnya hanya pada kondisi aerobik, dimana oksigen tersedia banyak. Selanjutnya menurut Midlen and Redding (1998), kondisi ini akan berubah jika pada

lapisan air di atas substrat menjadi anoxic. Fosfat yang terikat dengan besi dalam bentuk tak terlarut akan menjadi fosfat yang terlarut dalam air dan terlepas bebas. Ion fosfat dan ion besi yang terlarut dalam air secara bebas akan terikat kembali pada saat mencapai lapisan air dengan kandungan DO tinggi (Midlen and Redding, 1998; Rondo *dkk.*, 2015). 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).

Dengan demikian kandungan DO perairan Danau Bulilin sangat berpengaruh pada keberadaan fosfat pada badan air danau. Terlebih kandungan DO pada lapisan dasar perairan yang bersentuhan langsung dengan substrat, karena terlepasnya fosfat ke perairan ditentukan oleh kondisi anaerobik lapisan ini. Gambar 6 menunjukkan fluktuasi DO harian perairan Danau Bulilin, dimana pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa kandungan oksigen pada siang hari sampai tengah malam jam 00:00 berada di atas 4,6 ppm. Nilai ini masuk dalam kategori yang baik untuk akuakultur. Kandungan oksigen Danau Bulilin mulai turun setelah jam 03:00 pagi, dimana nilai terendah, 3,72 ppm, diukur pada pagi jam 06:00.

Kisaran nilai DO sepanjang hari seperti yang diuraikan di atas, masih berada pada level yang aman untuk organisme kultur, termasuk untuk ikan nila, ikan mujair dan ikan mas. Sehingga kemungkinan untuk terjadinya kondisi anoxic pada lapisan dasar perairan sangat kecil. Nilai DO yang rendah pada pukul 06:00 pagi juga tidak terlalu mengkhawatirkan, karena pada waktu tersebut sinar matahari sudah mulai bersinar dan proses fotosintesis yang

menghasilkan oksigen sudah aktif. Dengan demikian nilai DO akan segera meningkat setelah pukul 06:00, dan kondisi anaerobic yang dapat menyebabkan terlepasnya ion fosfat ke badan air tidak akan terjadi.

Kecenderungan lebih tingginya kandungan fosfat pada dasar perairan, juga dipengaruhi oleh tingginya pasokan material organik ke badan air, dan mengendap di dasar perairan danau. Rondo *dkk.* (2015) menyatakan bahwa, suplai fosfat dalam bentuk terlarut dalam air ke suatu perairan akan segera digunakan oleh tumbuhan, atau bereaksi dengan  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  atau koloid tanah, dengan ikatan yang kuat. Hal ini menunjukkan bahwa ion-ion  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  berperan penting dalam mengikat fosfor di dasar perairan. Selanjutnya menurut Midlen and Redding (1988), substrat yang disuplai dengan material organik berlebihan, memiliki kapasitas yang lebih kecil dalam mengabsorpsi fosfor, karena  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  sudah terikat lemah (kompleks) dengan bahan organik. Dengan demikian bertumpuknya bahan organik di dasar perairan, mengakibatkan fosfor yang masuk ke perairan sulit untuk terikat di sedimen dasar dan akan tetap terbebas di kolom air.

Lebih tingginya kandungan fosfor di dasar perairan Danau Bulilin, juga dapat disebabkan oleh tingginya pasokan sisa pakan, faeces dan material organik lainnya dan mengendap di dasar danau. Bahan-bahan organik tersebut dalam proses penguraiannya akan terikat kompleks (secara sederhana) dengan  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ca^{2+}$  serta koloid tanah. Akibatnya peluang fosfat terlarut untuk terikat pada sedimen dasar menjadi kecil dan tetap terlarut di lapisan air dekat dasar.

Menurut Siagian (2010), sumber fosfor [P] di perairan berasal dari sisa pakan yang tidak ditangkap oleh ikan saat pemberian pakan dan sisa metabolisme ikan. Sedangkan menurut Arifin (2003), pakan yang diberikan berupa pellet kepada ikan tidak semua dapat dimakan atau ditangkap, lainnya akan hanyut terbawa arus dan turbulensi air yang disebabkan oleh pergerakan ikan atau karena ukuran pellet yang kecil karena hancur dalam karung pada saat pengepakan. Sedangkan dari jumlah pakan yang dimakan oleh ikan hanya sedikit yang dapat diretensi menjadi daging atau digunakan untuk pertumbuhan karena sisanya langsung dibuang melalui *feces* dan urin.

Menurut Beveridge (2004), pemberian pakan pellet dengan nilai ubah pakan (FCR) 2, hanya sekitar 60% dari jumlah pakan yang diberikan dapat dikonsumsi oleh ikan, sementara 40% lainnya terbuang ke dalam perairan. Berdasarkan hasil wawancara langsung dengan para pembudidaya di Danau Bulilin, diperkirakan untuk tahun 2016 hasil produksi ikan akukultur berkisar 268,96 ton/tahun dan FCR sebesar 2,15. Dengan demikian dapat dikalkulasi jumlah pakan yang terbuang ke dalam perairan adalah 231,3ton/tahun. Hasil analisis  $[P]_{\text{loss}}$  pada penelitian ini menunjukkan bahwa buangan [P] untuk setiap produksi 1 ton ikan di Danau Bulilin adalah 24,55kg. Dengan demikian, jika produksi ikan sebesar 268,96ton/tahun di tahun 2016, suplai  $[P]_{\text{loss}}$  ke badan air Danau Bulilin sekitar 6,6 ton.

Daya tampung beban pencemaran fosfor danau adalah kemampuan air danau untuk menerima masukan beban pencemaran fosfor tanpa mengakibatkan air danau menjadi cemar berdasarkan karakteristik dan kondisi lingkungan di

sekitarnya yaitu morfologi dan hidrologi danau yang meliputi luas, volume, kedalaman dan debit air; kualitas air dan status trofik; syarat baku mutu air dan alokasi beban pencemaran dari berbagai sumber dan jenis air (Samudra *dkk.*, 2012). Sementara menurut Beveridge (2004), daya dukung merupakan tingkat maksimum produksi ikan yang dapat didukung oleh perairan pada tingkat perubahan konsentrasi total fosfat yang masih dapat diterima oleh badan perairan. Sedangkan menurut Harahap (2013), daya dukung dapat diartikan sebagai kondisi maksimum dari ekosistem untuk menampung komponen biotik yang terkandung di dalamnya. Di atas level daya dukung ini tidak akan terjadi peningkatan populasi yang berarti. Defenisi lain menyebutkan bahwa daya dukung merupakan batasan untuk banyaknya organisme hidup dalam jumlah atau massa yang dapat didukung oleh suatu habitat.

Ditinjau dari luas danau yang hanya sekitar 24,46 ha serta kedalaman rata-rata hanya 3,11 m, dengan kisaran dari yang terdalam 3,75 m, maka dapat diasumsikan bahwa Danau Bulilin memiliki kapasitas yang kecil untuk menampung beban pencemaran fosfor atau dengan kata lain kemampuan air danau untuk menerima masukan beban pencemaran fosfor sangat kecil. Akan tetapi, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ‘flushing rate’ atau tingkat penggantian air ( $\rho$ ) Danau Bulilin mencapai 6,479 per tahun, atau dalam satu tahun air danau tergantikan hampir 6,5 kali. Ini berarti, dalam hampir setiap 2 bulan air danau secara keseluruhan tergantikan. Fakta ini yang memungkinkan perairan Danau Bulilin mampu mengeliminasi beban pencemaran yang masuk ke badan air danau, baik berasal

dari kegiatan akuakultur maupun lingkungan sekitar perairan danau. Dengan demikian, daya dukung Danau Bulilin untuk aktifitas akuakultur masih dapat dikembangkan.

Daya dukung Danau Bulilin masih lebih besar dibandingkan total produksi akuakultur saat ini. Ini mengindikasikan bahwa pengembangan usaha keramba jaring apung/keramba jaring tancap (KJA/KJT) dapat dilakukan sehingga akan terjadi peningkatan produksi akuakultur. Peningkatan jumlah produksi dapat dilakukan dengan melakukan usaha secara intensif. Jumlah produksi ikan Danau Bulilin pada saat penelitian adalah 268,959 ton per tahun dan menurut perhitungan daya dukung perairan jumlah produksi masih dapat dikembangkan sebesar 92,12 ton per tahun, maka jumlah produksi maksimal Danau Bulilin sebesar 361,08 ton per tahun. Produksi akuakultur dapat dilakukan dengan teknologi intensif dengan mempraktekkan protokol 'cara budidaya ikan yang baik' sehingga menjamin suatu sistim produksi ikan akuakultur yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kandungan ortofosfat (total fosfat sebagai P) yang ada di perairan Danau Bulilin sebesar 0,0490 mg/l, berada jauh di bawah ambang batas yang telah ditentukan baku mutu kualitas air untuk kegiatan budidaya ikan air tawar yakni sebesar 1 mg/l (PP RI Nomor 82 Tahun 2001) atau sebesar 0,2 mg/L menurut Beveridge (2004)

2. Parameter pendukung lainnya seperti DO, pH, suhu, tingkat kecerahan berada pada level yang layak untuk akuakultur ikan air tawar.
3. '*Flushing rate*' atau tingkat pergantian air ( $\rho$ ) Danau Bulilin mencapai 6,479 per tahun, atau dalam satu tahun air danau tergantikan hampir 6,5 kali, maka perairan Danau Bulilin mampu mengeliminasi beban pencemaran yang masuk ke badan air danau, baik berasal dari kegiatan akuakultur maupun lingkungan sekitar perairan danau. Dengan demikian, daya dukung Danau Bulilin untuk aktivitas akuakultur masih cukup besar.
4. Total produksi akuakultur danau Bulilin tahun 2016 sebesar 268,959 ton per tahun masih di bawah daya dukung perairan danau Bulilin, sehingga total produksinya masih dapat dikembangkan sebesar 92,12 ton per tahun, menjadi 361,08 ton per tahun.

### 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 MCM. 2004. Cage aquaculture (Third edition). Blackwell Publishing Ltd. Oxford. 368 pgs.

- Effendi H. 2000. Telaahan kualitas air. Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. 255 hal.
- Ekasari. 2009. Teknologi bioflok: Teori dan aplikasi dalam perikanan budidaya sistem intensif. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 8(2): 117-126.
- Erlania, Rusmaedi, Prasetyo AB, Haryadi J. 2010. Dampak manajemen pakan dari kegiatan budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di keramba jaring apung terhadap kualitas perairan Danau Maninjau. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*.
- Fachrizza F, Yusni E, Nurmatias. 2016. Analisis kandungan fosfor terhadap daya dukung perairan Danau Lut Tawar untuk budidaya sistem keramba jaring apung. *Jurnal Aquacoastmarine* 11 (1): 1-9.
- Google Maps. 2016. Diunggah 10 Agustus 2016, dari [www.google.co.id/maps/@1.0416329,124.6763566,210m/data=!3m1!1e3?hl-id](http://www.google.co.id/maps/@1.0416329,124.6763566,210m/data=!3m1!1e3?hl-id).
- Harahap IS. 2013. Daya dukung lingkungan (*carrying capacity*) Danau Siais terhadap kegiatan keramba jaring apung. Tesis, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan. 94 hal.
- 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.
- Midlen AB, Redding TA. 1998. Environmental management for aquaculture. Chapman & Hall. London. 238 pages.
- Nastiti AS, Krismono, Kartamihardja, ES. 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.
- 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.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pillay TVR. 1993. *Aquaculture: Principles and practices*. Fishing News Books. London. 575 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, Sampekalo J, Tamanampo JFSW. 2015. Ekologi dan manajemen Danau Tondano. Makalah pada Seminar Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau Tondano.
- Shaleh FR, Soewardi K, Hariyadi S. 2014. Kualitas air dan status kesuburan perairan Waduk Sempor, Kebumen. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 19(3): 169-173.
- Siagian M. 2010. Daya Dukung Waduk PLTA Koto Panjang Kampar,

- Provinsi Riau. Jurnal Perikanan dan Kelautan 15(1): 25-38.
- 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.
- Suryaningrum FM. 2012. Aplikasi teknologi bioflok pada pemeliharaan benih ikan Nila. Program Pascasarjana. Universitas Terbuka. 123 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. 67 hal.
- Tobing SL. 2014. analisis kualitas air akibat keramba jaring apung di Danau Toba Dusun Sualan Desa Sibaganding Kabupaten Simalungun Sumatera Utara. Ringkasan Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.