

HUBUNGAN BERAT-PANJANG DAN FAKTOR KONDISI
IKAN GABUS *Channa striata* (Bloch, 1793) DI DANAU TONDANO

(Weight-Length and Condition Factor of Snakehead Fish
Channa striata (Bloch, 1793) from Tondano Lake North Sulawesi)

Musa Amanpoktis¹, John L. Tombokan², Nego Elvis Bataragoa², Fransine B.
Manginsela²

¹Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Universitas Sam Ratulangi, Jl.
Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115 Sulawesi Utara, Indonesia

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

Corresponding Authors: nebgoa@unsrat.ac.id

ABSTRACT

Sampling was done in two places, Tolour village and Kaweng village. Samples were taken from fishermen in July and August 2018. Total samples collected were 35 individuals, 20 individuals from Tolour and 15 from Kaweng. Furthermore, the fish were brought to the Faculty of Fisheries and Marine Science, and data recording was in the Freshwater Bioecology Laboratory. They consisted of 16 males and 19 females. Male length ranged from 25.8 to 43.2 cm, and female from 22.0 to 39.6 cm. The weight of males ranged from 157-755 g and female between 38-422g. Weight-length relationship in this study was $W = 0.0017L^{3.4517}$ for sex combination, $W = 0.0116L^{2.9161}$ for males and $W = 0.0009L^{3.6426}$ for females. The growth pattern for combined sex was isometric ($b = 3.457$). The growth pattern was isometric ($b = 2.9161$) for male and allometric positive ($b = 3.6426$) for females. The relative condition factor (Kn) of all individuals was 1.06 ± 0.44 , 1.01 ± 0.13 for males and 1.01 ± 0.58 for female

Key Words: Tondano Lake, Snakehead Fish, Weight-length, condition factor

ABSTRAK

Pengambilan sampel dilakukan di dua tempat yaitu, Kelurahan Tolour Kecamatan Tondano Timur dan Desa Kaweng Kecamatan Kakas. Sampel diambil dari hasil tangkapan nelayan pada Bulan Juli dan Agustus 2018. Sampel yang terkumpul sebanyak 35 ekor, 20 sampel dari Tolour dan 15 dari Kaweng. Selanjutnya ikan dibawa ke Laboratorium Bioekologi Air Tawar FPIK untuk pengambilan data. Sampel yang digunakan sebanyak 35 individu yang terdiri atas jenis kelamin jantan 16 individu dan betina 19 individu. Ukuran panjang ikan jantan berkisar antara 25,8-43,2 cm, dan ikan betina berkisar antara 22,0-39,6 cm. Ukuran berat ikan jantan berkisar antara 157-755 g dan ikan betina beratnya berkisar antara 38-422g. Hubungan panjang berat ikan gabus dalam penelitian ini adalah $W = 0,0017L^{3,4517}$ untuk gabungan jantan betina, $W = 0,0116L^{2,9161}$ untuk jenis kelamin jantan dan $W = 0,0009L^{3,6426}$ untuk jenis kelamin betina. Pola pertumbuhan untuk gabungan jantan dan betina adalah isometrik ($b=3,457$). Pola pertumbuhan ikan gabus adalah pola pertumbuhan isometrik ($b=2,9161$) untuk jantan dan allometrik positif ($b=3,6426$) untuk jenis kelamin betina. Faktor kondisi relative (Kn) seluruh individu adalah $1,06 \pm 0,44$. Faktor Kondisi jantan adalah $1,01 \pm 0,13$. Jenis kelamin betina faktor kondisi adalah $1,01 \pm 0,58$.

Kata kunci: Tondano, ikan gabus, berat-panjang, factor kondisi

PENDAHULUAN

Ikan gabus (*Channa striata*) merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang hidup di perairan sungai, danau, rawa banjir, dan lebung atau cekungan di daerah rawa (Utomo et al, 1992), dan tersebar di Indonesia, seperti Sungai Musi Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Papua, Jawa Timur maupun di beberapa daerah lainnya di Indonesia. Ikan gabus juga di temukan di Danau Tondano Minahasa Sulawesi Utara (Makmur et al, 2015 dan Rondo et al, 2015), ikan gabus di Minahasa di sebut ikan kabos. Ikan gabus di Indonesia merupakan ikan asli di wilayah perairan umum daratan di paparan Sunda (Sumatera, Jawa, dan Kalimantan) sedangkan ikan gabus yang terdapat di wilayah perairan umum daratan Wallacea (Sulawesi, Sunda Kecil, Maluku) dan Paparan Sahul (Papua) merupakan ikan introduksi (Couternay dan Williams, 2004; Imawati et al, 2018). Beberapa Spesies dari ikan gabus, termasuk *Channa striata*, sangat bernilai bila dijadikan makanan, terutama di India, Asia tenggara, China, dan Madagaskar Afrika (Courtenay dan Williams, 2004).

Introduksi ikan gabus di Danau Tondano tidak diketahui secara pasti, namun sesuai informasi dari masyarakat ikan ini telah ditemukan sejak puluhan tahun lalu (sebelum Indonesia merdeka dar penjajahan Belanda) dan menjadi bahan makanan yang digemari masyarakat disekitar danau. Aspek biologi ikan gabus di Danau Tondano sampai saat ini belum diketahui, dan informasi hanya terbatas pada kehadiran ikan ini di danau sebagai mana yang dilaporkan oleh Rondo et al, (2015) dan Makmur et al, (2015). Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui hubungan panjang berat, pola pertumbuhan dan faktor kondisi ikan gabus di Danau Tondano.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Danau Tondano, Kelurahan Tolour Kecamatan Tondano Timur, dan Desa Kaweng Kecamatan Kakas (Gambar 4). Lokasi pengambilan sampel dan Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Juli sampai Agustus 2018.



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 (NH₃), Nitrit(NO₂), Nitrat (NO₃) dan Hidrogen sulfida (H₂S)

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 :

- a. Luas Danau Tutud, A = 4,1 (ha)
- b. Rata-rata kedalaman Danau Tutud, Z = 1,71 m
- c. Tingkat pergantian air Danau Tutud per tahun, ρ = 1,11 per tahun

Langkah 2 : [P]_i = 1,068 ppm

Langkah 3 : [P]_f = 1,00 ppm

Langkah 4 :

Tentukan Δ [P], ΔP = [P]_f - [P]_i
 = (1,00 - 1,068)
 = 0,068 ppm (68 mg/m³)

Langkah 5 :

R = (1 + 0,747 ρ^{0,507})⁻¹
 = (1 + 0,747 x 1,11^{0,507})⁻¹
 = (1,787)⁻¹
 = 0,559

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

L_{fish} = ΔP Z ρ / (1 - R_{fish})
 = 68 x 1,71 x 1,11 / (1 - 0,779)
 = 584,03 mg m⁻² per tahun
 = 0,584 g m⁻² per tahun

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

P_{Load} = L_{fish} X 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_{Load} dibagikan dengan jumlah P yang hilang ke lingkungan untuk setiap produksi satu ton ikan.

$$X = P_{Load}/P_{loss}$$

$$= 23.944/23,38$$

$$= 1.02 \text{ ton per tahun}$$

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 m³.

Saluran *inlet* berada dibagian Timur dari danau dan saluran *outlet* berada dibagian Barat dari danau. Luas penampang melintang dari saluran

outlet (L_{outlet}) adalah 1,25 m². Kecepatan air pada saluran *outlet* (v) adalah 202,23 m/detik, sehingga debit air pada saluran *outlet* adalah 0,00247 m³/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.

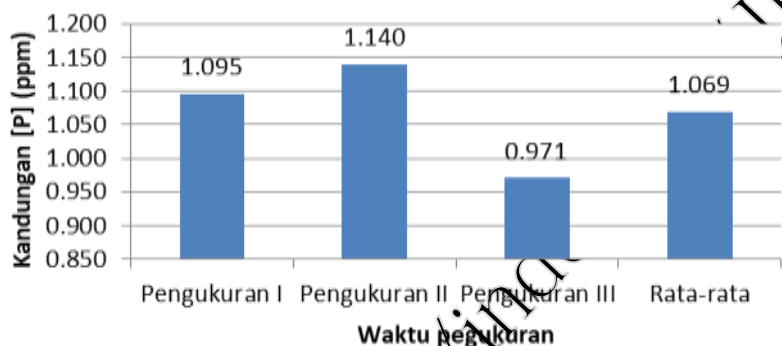
Kandungan Fosfat [P].

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.

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



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 pembenthan, pendederan dan pembesaran. Kepadatan benih ikan yang dikultur dalam satu kantong jaring bervariasi antara 1000 – 10.000 ekor, tergantung dari tahapan kulturnya. 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.

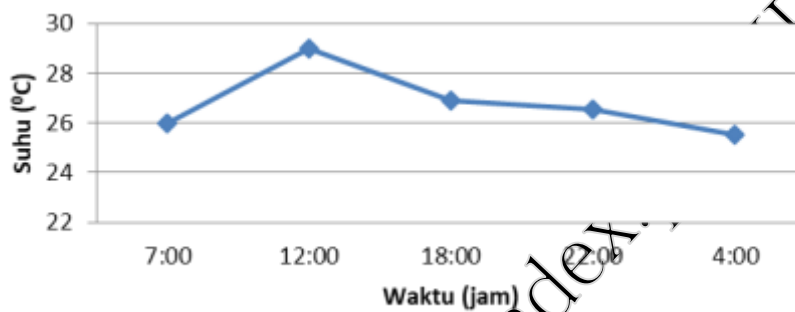
Food Conversion Ratio

Nilai Food Conversion Ratio untuk sistim 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.

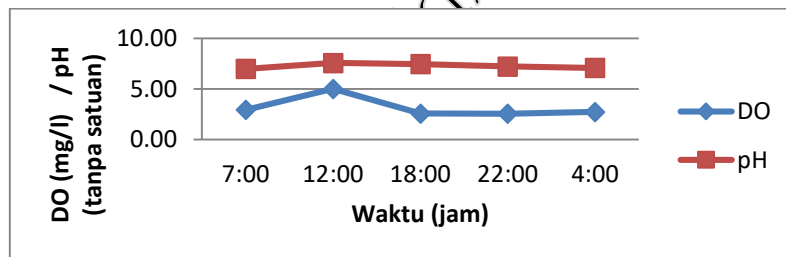
Kualitas Air Pendukung Suhu, pH, kecerahan dan DO

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

Hasil pengukuran kandungan Amoniak, Nitrit, Nitrat dan Hidrogen Sulfida perairan Danau Tutud disajikan pada table.

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.

Tabel 1 . Data hasil kandungan Amoniak, Nitrit, Nitrat dan H₂S 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 ₂)	0,002 mg/l	0,006 mg/l	0,004 mg/l	0,004 mg/l	0,06mg/L
3.	Nitrat (NO ₃)	2,65 mg/l	1,88 mg/l	9 mg/l	4,51 mg/l	10mg/L
4.	H ₂ S	0,8 mg/l	1,2 mg/l	0,043 mg/l	0,681 mg/l	0,002mg/L

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 terbuang ke Danau Tutud setiap tahun adalah sebanyak 566,11 kg. Buangan-buangan ini yang sepanjang tahun terakumulasi pada sedimen yang ada di bawah sistem 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-ran 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-rannya 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 H₂S yang dipaparkan pada tabel, menunjukkan bahwa rata-rata nilai amoniak (0,34 mg/l) dan H₂S (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 akan 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_2S 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_4^{2-}) dan Sulfida (S^{2-}). Sulfat memiliki peranan penting karena terlibat dalam metabolisme protein dan pertumbuhan organisme nabati, sehingga Sulfat sangat dibutuhkan dalam suatu perairan. Sebaliknya Sulfida, H_2S , 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_2S ke perairan. Selanjutnya Midlen *and* Redding (1998) menjelaskan bahwa, peningkatan produksi H_2S 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.
- Tuncka, 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.