Jurnal ILMU LINGKUNGAN

ISSN 1978-5283

Haryanto, H., Thamrin., Sukendi
2014:8 (2)

STATUS TROFIK DAN DAYA TAMPUNG BEBAN PENCEMARAN AIR LIMBAH BUDIDAYA IKAN KJA DI WADUK KOTO PANJANG

Hari Haryanto
Staf SKIPM Kelas I Pekanbaru Jl. Rawa Indah Marpoyan Damai Pekanbaru
h4ri_haryanto@yahoo.co.id.Telp. 0761-673563

Thamrin
Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau,
Jl. Pattimura No. 09 Gobah, 28131. Telp. 0761-23742

Sukendi
Dosen Pascasarjana Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau,
Jl. Pattimura No. 09 Gobah, 28131. Telp. 0761-23742

Trophic Status and Pollution Load Carrying Capacity of Floating Cage Culture in Koto Panjang Reservoir

Abstract

The aims of this research are to identify water quality concerning to chemical-physical and biological aspects and the present trophic condition of Koto Panjang Reservoir and its pollution load carrying capacity to support freshwater floating net cage aquacultureand total phosphate concentration to determine load carrying capacity. These ranges of values showed that this area is classifed as an eutroph to hypereutroph waters. Pollution load carrying capacity of the Koto Panjang reservoir when the annual productivity is estimated as high as 2.186 ton/year. The conclusion of this research is optimum number of floating net cage that can operated in research location are 182 unit.

Keywords: pollution, aquaculture, capacity.

PENDAHULUAN

Kabupaten Kampar memiliki potensi perairan umum yang cukup besar berupa perairan waduk seluas 12.400 ha yaitu Waduk Koto Panjang.Perairan waduk mempunyai sifat yang spesifik yang dikenal dengan akses terbuka (*open access*), memberikan anggapan bahwa setiap orang/individu merasa memiliki sumberdaya tersebut secara bersama (*common property*), karena sifatnya tersebut semua individu merasa mempunyai hak untuk mengeksploitasi sumberdaya perairan waduk sesuai dengan kemampuan masing-masing hingga nilai rente dari sumberdaya terbagi habis, sebaliknya tidak satupun pihak merasa berkewajiban untuk menjaga kelestariannya.

Hal tersebut dapat dilihat dengan pertumbuhan kegiatan budidaya ikan sistem Keramba Jaring Apung (KJA) di Waduk Koto Panjang yang berkembang sangat pesat dan cenderung tidak terkontrol/terkendali. Selama proses produksinya, ikan yang dibudidayakan diberi pakan ikan buatan (pelet). Salah satu dampak negatif dari kegiatan budidaya ikan sistem KJA di waduk adalah menurunnya kualitas air sehingga dapat merubah status trofik waduk yang diakibatkan oleh pencemaran limbah pakan yang terbuang ke perairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi *eksisting* parameter kualitas air Waduk Koto Panjang yang dihasilkan oleh kegiatan budidaya ikan sistem KJA, mengetahui kriteria status trofik perairan waduk, menghitung DTBPA Waduk dengan menggunakan metoda penentuan sesuai Permen LH No. 28/2009 serta mengetahui jumlah KJA dan produksi optimum yang dapatdikembangkan sesuai DTBPA Waduk Koto Panjang.

METODE PENELITIAN

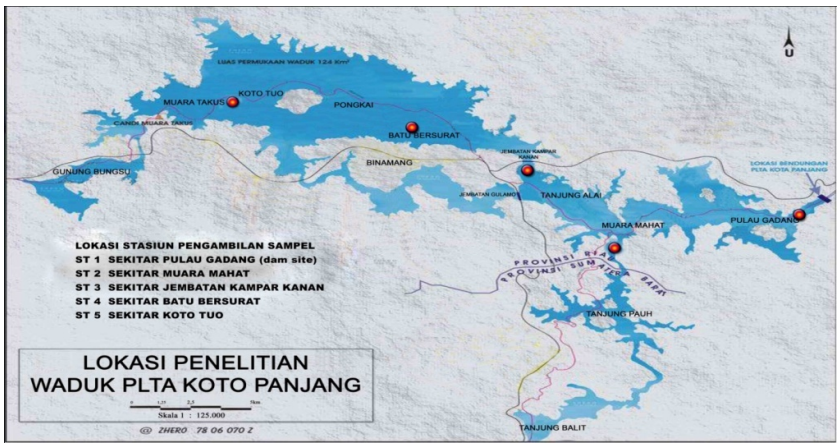
Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di perairan waduk PLTA Koto Panjang, Kabupaten Kampar, Propinsi Riau. Kegiatan pengambilan sampel dilakukan sebanyak 5 (lima) kali per triwulan dengan interval waktu 2 (dua) bulan selama 12 (dua belas) bulan, yaitu dimulai pada bulan Maret 2012 sampai dengan bulan Maret 2013. Lokasi penelitian berada di perairan waduk meliputi 5 (lima) stasiun pengamatan seperti terlihat pada Gambar 1.

Penentuan titik sampel dilakukan dengan cara *purposive sampling*, dan teknik pengambilan sampel secara *composite sampling*. Parameter fisika dan kimia perairan waduk yang diukur, metode serta peralatan yang digunakan, mengikuti pedoman *standar methods for examination of water and waste water* (APHA, 1995).

Pengolahan dan Analisa Data

Metoda penelitian yang digunakan adalah metoda survey dengan pendekatan observasi lapangan. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran, pengamatan dan telaah dari aspek fisika, kimia dan biologi yang didasarkan kepada parameter kualitas air kelas I sesuai dengan PP No. 82/2001.Kualitas air dianalisis dengan menggunakan Metoda STORET yang bertujuan untuk menentukan status mutu air. Uji anova dua arah digunakan untuk mengetahui ada/tidaknya perbedaan rata-rata secara signifikan dari konsentrasi total N dan total P pada masing-masing stasiun pengamatan (permukaan, pertengahan, dasar) sedangkan uji regresi linear sederhana, untuk mengetahui besar tidaknya pengaruh jumlah KJA terhadap konsentrasi total N dan total P pada masing-masing stasiun pengamatan.



Gambar 1. Lokasi pengambilan pampel di perairan Waduk Koto Panjang

Cara menentukan status mutu air menggunakan sistem nilai dari US-EPA dengan mengklasifikasikan mutu air ke dalam 4 kelas. Metoda ini juga dapat diketahui parameter-parameter apa saja yang telah melampaui atau tidak memenuhi syarat baku mutu. Analisis data kualitas air berdasarkan baku mutu air dilakukan dengan cara membandingkan nilai dari masing-masing parameter fisika-kimia air dengan Peraturan Pemerintah yang berlaku (KNLH, 2001) tentang Baku Mutu Air Tawar. Parameter yang digunakan adalah suhu, pH, DO dan total P, (Tabel 1).

Tabel 1. Penentuan Status Mutu Air berdasarkan Metoda STORET

No.	Kelas	Status Mutu Perairan	Jumlah Skor	Keterangan
1	A	Baik Sekali	0	Memenuhi baku mutu air
2	B	Baik	-1 s.d. -10	Cemar ringan
3	C	Sedang	-11 s.d. -30	Cemar sedang
4	D	Buruk	≥ -31	Cemar berat

Sumber : Kepmen LH No. 115/2003

Kondisi kualitas air waduk diklasifikasikan berdasarkan eutrofikasi yang disebabkan adanya peningkatan kadar unsur hara dalam air. Faktor pembatas sebagai penentu eutrofikasi adalah unsur Fosfor (P) dan Nitrogen (N). Eutrofikasi diklasifikasikan dalam empat kategori status trofik yaitu oligotrof, mesotrof, eutrof dan hipereutrof/hipertrof, (Tabel 2).

Tabel 2. Kriteria status trofik waduk

Status Trofik	Kadar Rata-rata Total-N (µg/l)	Kadar Rata-rata Total-P (µg/l)	Kadar Rata-rata Khlorofil-a (µg/l)	Kecerahan Rata-rata (m)
Oligotrof	= 650.0	< 10.0	< 2.0	= 10.0
Mesotrof	= 750.0	< 30.0	< 5.0	= 4.0
Eutrof	= 1900.0	<100.0	< 15.0	= 2,5
Hipereutrof	> 1900.0	= 100.0	= 200.0	< 2,5

Sumber: Modifikasi OECD 1982, MAB 1989; UNEP -ILEC, 2001 *dalam* KLH, 2009

Jumlah KJA yang beroperasi dan produksi ikan per tahun berupa data primer yaitu dengan melakukan wawancara yang didukung dengan data sekunder dari instansi terkait lainnya. Perhitungan untuk menentukan DTBPA untuk budidaya perikanan mengacu pada kadar total-P sesuai dengan KNLH (2009), (Tabel 3).

Tabel 3. Daya Tampung Waduk Koto Panjang

No.	Parameter Hitung	Rumus	Keterangan
A	Morfologi dan hidrologi waduk		
1	Kedalaman rata-rata waduk	$\check{Z} = 100 \times V / A$	$\check{Z}$: kedalaman rata-rata danau (m) V : volumeair waduk (juta m^3) A : luas perairan waduk (Ha)
2	Laju pergantian air waduk	$\rho = Q_o / V$	**ρ**: laju penggantian air waduk (/thn) Q : jmlh debit air keluar waduk (juta m^3/thn)
B	Alokasi beban pencemaran unsur P		
1	Alokasi beban P-total budidaya ikan	$\Delta [P]_d = [P]_f - [P]_i$	$\Delta[P]_d$: alokasi beban P-total budidaya ikan (mg P/m^3) $[P]_f$: syarat kadar P-total maks. sesuai dgn jenis ikan yang dibudidayakan (mg P/m^3) $[P]_I$: kadar parameter P-total hasil pemantauan waduk (mg/m^3)
C	Daya tampung beban pencemaran air limbah budidaya ikan		
1	Daya tampung P-total limbah ikan per satuan luas waduk	$L_{ikan} = \Delta [P] \check{Z} \rho / (1 - R_{ikan})$	L_{ikan}: daya tampung P-total limbah ikan per satuan luas waduk (gr P/m^2 thn)
2	Proporsi P-total yang larut ke sedimen setelah ada KJA	$R_{ikan} = x + [(1-x)R]$	La_{ikan}: jumlah daya tampung P-total limbah ikan pada perairan waduk(gr P/thn) R : P total yang tinggal bersama sedimen
3	P total yang tinggal bersama sedimen	$R = 1 / (1 + 0{,}747\ \rho^{0{,}507})$	R_{ikan}: proporsi P-total yang larut ke sedimen setelah ada KJA
4	Jumlah daya tampung P-total limbah ikan pada perairan waduk	$La_{ikan} = L_{ikan} x\ A$	x : proporsi total P-total yang secara permanen masuk ke dasar, 45-55%.
D	Pakan dan limbah P budidaya ikan KJA		
1	P-total yang masuk waduk dari limbah ikan	$P_{LP} = FCR \times P_{pakan} - P_{ikan}$	P_{LP}:P-total yang masuk waduk dari limbah ikan (Kg P/ton ikan) FCR : *Feed Conversion Ratio*(ton pkn/ton ikan) P_{pakan}: kadar P-total dlm pakan (Kg P/ton pkn) P_{ikan}: kadar P-total dlm ikan (Kg P/ton ikan)
C	Jumlah Budidaya Perikanan		
1	Jumlah Produksi Ikan KJA	$LI = La_{ikan} / P_{LP}$	LI : jmlh Produksi Ikan KJA (ton ikan/thn) LP : jmlh Pakan Ikan KJA (ton pakan/thn)
2	Jumlah Pakan Ikan KJA	$LP = LI \times FCR$	La_{ikan}: jmlh daya tampung P-total limbah ikan pada perairan waduk (gr P/thn)

Sumber: Permen NLH No. 28/2009

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil dan Hidromorfometrik Waduk

Waduk Koto Panjang secara administratif berada pada dua wilayah kewenangan yaitu Kecamatan Koto Kampar (Propinsi Riau), dan Kecamatan Limapuluh Kota (Propinsi Sumatera Barat), atau tepatnya berada pada koordinat 100°40'BT - 101°00'BT dan 00°10'LU - 00°24'LU.

Waduk Koto Panjang merupakan salah satu waduk terluas di Indonesia (± 124 km^2 atau 12.400 Ha) dengan kapasitas genangan efektif sekitar 1.545 juta km^3 dan ketinggian

muka air maksimal ± 85 m dpl pada kondisi persediaan penuh (*full supply*). Total *inflow* ke waduk ± 180,4 m^3/dtk dan *outflow* ± 178 m^3/dtk. Waduk dioperasikan pada ketinggian maksimal 82–83 m, dengan kapasitas penampungan aktif sekitar 1.040 juta m^3.

Parameter Kualitas Air

Kondisi eksisting parameter kualitas air Waduk Koto Panjang, meliputi aspek fisik, kimia dan biologi perairan yang dibandingkan dengan baku mutu air kelas I, PP No. 82/2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran.

- Suhu

Profil vertikal suhu di semua stasiun memiliki kecenderungan yang sama, yaitu suhu berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Umumnya perbedaan suhu secara vertikal, relatif kecil masih berkisar 2 °C. Berdasarkan kriteria baku mutu deviasinya berada di bawah 3 °C sehingga masih berada diambang batas yang diperbolehkan. Pola distribusi yang demikian merupakan indikator bahwa suhu perairan di waduk masih bersifat alami dan stabil (Gambar 2A).

- Kecerahan dan Kekeruhan

Hasil pengukuran kecerahan diseluruh stasiun pengamatan mempunyai variasi yang relatif kecil dan hampir menyebar merata dengan nilai berkisar antara 0,8 m – 2,0 m. Tingkat kecerahan terendah terpantau pada ST2 yang diduga Muara Mahat mendapatkan peningkatan padatan tersuspensi yang berasal dari lingkungan sekitar seperti erosi tanah dan dari partikel-partikel lumpur yang dibawa oleh aliran sungai. Sedangkan nilai rata-rata untuk tingkat kekeruhan (NTU) tertinggi terjadi di dasar perairan ST1. Hal ini diduga terakumulasinya limbah pakan ikan yang disebabkan oleh tingginya aktifitas budidaya KJA di ST1 maupun limpahan limbah pakan dan akumulasi partikel-partikel lumpur dari ST2, ST3, ST4 dan ST5.Berdasarkan nilai rata-rata tingkat kecerahan dan kekeruhan diperairan Waduk Koto Panjang, secara umum masih berada dalam batas yang baik, (Gambar 2B).

- Derajat Keasaman (pH)

Hasil pengamatan pH di waduk Koto Panjang berkisar antara 6,4 – 7,0 (permukaan), 6,0 – 6,6 (pertengahan), dan 5,4 – 6,3 (dasar). Nilai pH di permukaan air pada umumnya masih berada dalam kisaran nilai ambang batas yang ditetapkan dan memperlihatkan ada kecenderungan menurun sejalan dengan meningkatnya kedalaman. Kondisi tersebut disebabkan oleh aktivitas fotosintesis di permukaan karena pada proses fotosintesa terjadi penyerapan CO_2 sehingga pH akan meningkat. Nilai rata-rata pH mencapai titik terendah 5,6 di dasar lokasi ST1 (*dam site*). Hal ini dimungkinkan karena tingginya intensitas kegiatan KJA di ST1 sehingga proses dekomposisi anaerob dari sisa pakan yang terakumulasi di dasar perairan lebih besar dari pada di stasiun lain, (Gambar 2C).

- Oksigen terlarut (DO)

Hasil pengukuran konsentrasi DO berkisar antara 5,2 – 6,8 mg/l, dengan nilai rata-rata 6,0 mg/l. Rata-rata konsentrasi kandungan oksigen terlarut di seluruh stasiun adalah 6,5 mg/l (permukaan air). Hal ini menunjukkan bahwa perairan waduk pada lapisan permukaan masih sesuai dengan baku mutu. Umumnya konsentrasi DO di permukaan relatif lebih besar dibandingkan dibawahnya dan menunjukkan pola yang sama yaitu nilainya berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Kadar DO terendah terpantau di ST1 (*dam site*) dan ST3 (Jembatan I) yang dibawah ambang batas baku mutu, diduga karena padatnya pemanfaatan lahan waduk terutama untuk kegiatan KJA, (Gambar 2D). Menurut Beveridge, (1996), laju konsumsi oksigen pada budidaya KJA dua kali lebih tinggi dari pada laju konsumsi oksigen di perairan yang tidak ada KJA-nya. Menurunnya kandungan oksigen terlarut juga diduga disebabkan oleh banyaknya limbah organik (sisa pakan) dan limpasan pupuk perkebunan disekitar daerah sempadan waduk dan hulu sungai yang mengalami dekomposisi di dasar perairan. Proses penguraian yang dilakukan oleh mikroorganisme membutuhkan oksigen terlarut dalam air, sehingga hal ini mengakibatkan semakin kearah dasar semakin rendah kandungan oksigennya.

- Total N (Nitrogen)

Data hasil pengamatan kisaran nilai kandungan total N pada ST1 (1.458 – 1792 µg/l), ST2 (1.228 – 1.336 µg/l), ST3 (1.682 – 1.790 µg/l), ST4 (1.213 – 1.405 µg/l), dan di ST5 (1.473 – 1.618 µg/l). Secara keseluruhan dari gambaran tersebut dapat dilihat bahwa kandungan rata-rata total N mempunyai distribusi vertikal yang meningkat sejalan dengan meningkatnya kedalaman (Gambar 2E).

Data konsentrasi total N berdasarkan uji anova pada permukaan, pertengahan dan dasar waduk) di setiap stasiun ditemukan perbedaan yang sangat signifikan. Sedangkan untuk konsentrasi total N pada bagian permukaan perairan semua stasiun memiliki perbedaan yang signifikan kecuali ST1 dengan ST5 dan ST2 dengan ST4. Pada bagian pertengahan, konsentrasi total N di semua stasiun yang tidak memiliki perbedaan yang signifikan adalah ST2 dengan ST4, sisanya antar stasiun semuanya memiliki perbedaan. Sedangkan pada bagian dasar, semua stasiun memiliki perbedaan kecuali konsentrasi total N pada ST1dengan ST3. Berdasarkan nilai konsentrasi total N, ST1 dan ST3 memberikan nilai tertinggi, diduga karena selain mendapat beban limbah yang masuk bersamaan dengan aliran air maupun dari kegiatan budidaya KJA, juga dikarenakan faktor terakumulasinya bahan organik di ST1 dan ST3 sehingga nilainya mencapai lebih dari 1.750 µg/L.

- Total Fosfat (P)

Data hasil analisis kualitas air menunjukan nilai kandungan total P diseluruh stasiun pengamatan berkisar antara 463 – 1.127 µg/L. Hasil pengamatan di ST1 (723 – 1.127 µg/l), ST2 (369 - 564µg/l), ST3 (572 – 786 µg/l), di ST4 (462 – 582 µg/l), dan di ST5 (463 – 623 µg/l). Menurut baku mutu air Kelas I, kandungan maksimum total P yang

dianjurkan adalah <200 µg/l), dengan demikian kandungan total P sudah melewati nilai ambang batas yang telah ditetapkan, (Gambar 2F).

Data pengamatan konsentrasi total P antar stasiun pada setiap permukaan, pertengahan dan dasar perairan terdapat perbedaan yang signifikan. Konsentrasi total P pada bagian permukaan semua stasiun memiliki perbedaan yang signifikan kecuali ST4 dengan ST5. Pada bagian pertengahan, konsentrasi total P di semua stasiun yang tidak memiliki perbedaan signifikan adalah ST2 dengan ST4, ST2 dengan ST5 dan ST4 dengan ST5, sisanya antar stasiun semuanya memiliki perbedaan. Sedangkan pada bagian dasar perairan, semua stasiun pengamatan memiliki perbedaan kecuali konsentrasi total P pada ST2 dengan ST4.

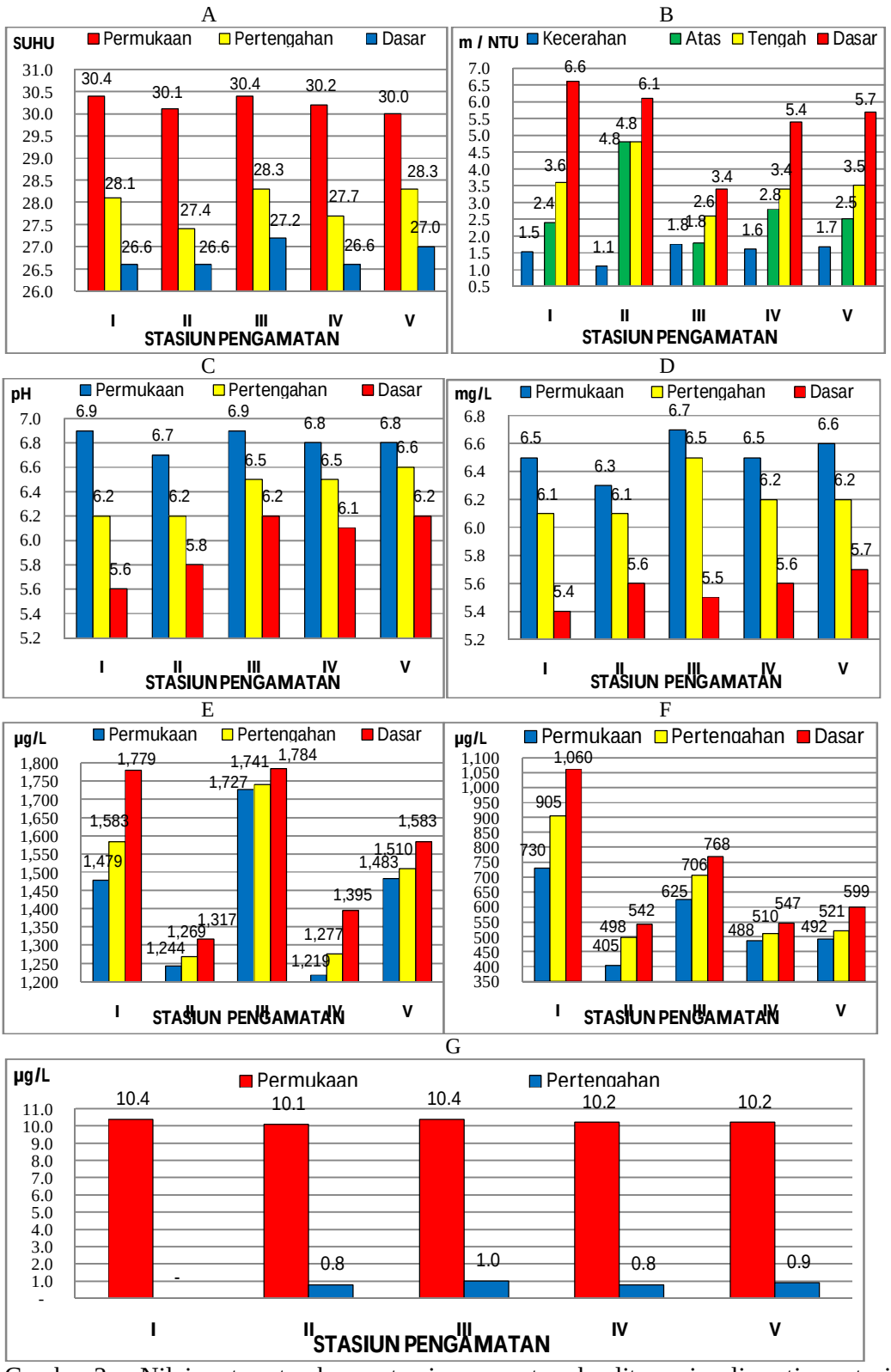
Konsentrasi total P tertinggi didapat pada permukaan ST1 yang mencapai 1.060 µg/L dan ST3 mencapai 768 µg/L yang terpantau pada saat musim kemarau. Secara keseluruhan dari penjelasan tersebut diatas dapat dilihat bahwa kandungan rata-rata total P mempunyai distribusi vertikal yang meningkat sejalan dengan tingginya tingkat kedalaman perairan. Dinamika fosfor juga dipengaruhi oleh suhu dan pH. Hujan menyebabkan kondisi suhu dan pH berubah.Tingginya konsentrasi total P di ST1 dan ST3 diduga sangat kuat karena pengaruh aktifitas budidaya ikan di KJA.

Diterangkan oleh Anonim, 2001 *dalam* Garno, 2004 bahwa proses peningkatan kesuburan air yang berlebihan yang disebabkan oleh masuknya nutrien dalam badan air, terutama fosfat inilah yang disebut eutrofikasi. Peningkatan kesuburan perairan Waduk Koto Panjang telah terjadi, salah satu penyebabnya diduga berasal dari limbah aktifitas budidaya KJA berupa pakan buatan. Henderson, 1987*dalam* Garno, (2004) mengatakan bahwa peningkatan konsentrasi nutrien yang berkelanjutan dalam badan air, apalagi dalam jumlah yang cukup besar akan menyebabkan badan air menjadi sangat subur atau eutrofik.

- Klorofil-a

Perkiraan sebaran vertikal dari konsentrasi klorofil-a menentukan dalam tingkat kesuburan suatu perairan.Kandungan klorofil-a pada setiap stasiun terlihat stabil selama masa pengamatan. Hasil pengamatan nilai kandungan klorofil-a pada ST1 berkisar antara 9,9 – 10,7 µg/L di permukaan, ST2 9,9 – 10,3 µg/L di permukaan dan 1,0 – 1,1 µg/L di pertengahan, ST3 10,0 – 10,6 µg/L di permukaan dan 1,2 – 1,3 di pertengahan, ST4 10,0 – 10,3 µg/L dan diST5 berkisar antara 10,1 – 10,4 µg/L sedangkan di pertengahan antara 1,1 – 1,2 µg/L, (Gambar 2G).

Kandungan Klorofil-a di setiap stasiun pada permukaan cenderung lebih tinggi. Pada tingkat lebih dalam, kandungan klorofil menurun sesuai dengan tingkat kedalamannya. Kandungan klorofil-a pada ST1 dan ST3 mendapatkan nilai klorofil yang tertinggi dibanding stasiun yang lain. Hal ini berhubungan dengan tingkat kesuburan perairan (total N dan P) sehingga tingkat produktivitas perairan pada ST1 dan ST3 cenderung tinggi karena pada daerah tersebut banyak dimanfaatkan oleh kegiatan budidaya ikan di KJA.



Gambar 2. Nilai rata-rata konsentrasi parameter kualitas air di setiap stasiun pengamatan pada Waduk Koto Panjang.

Berdasarkan hasil pengamatan parameter fisik, kimia dan biologi perairan Waduk Koto Panjang masih berada pada level yang aman tetapi limbah N dan P yang dihasilkan oleh kegiatan budidaya ikan di KJA mempunyai potensi yang besar untuk menurunkan kualitas lingkungan perairan. Belum adanya informasi ilmiah tentang pola arus perairan Waduk Koto Panjang dapat menjelaskan bahwa ada kemungkinan limbah yang dihasilkan dari kegiatan KJA terbawa arus dan menyebar ke daerah lain yang mengakibatkan parameter kualitas air di sekitar KJA masih dalam batas toleransi walaupun konsentrasi limbah N dan P yang dihasilkan KJA sudah tinggi setiap harinya. Tingginya kandungan nutrien (N dan P) di Waduk Koto Panjang akan berdampak buruk pada kualitas perairan dan akan memacu ledakan pertumbuhan fitoplankton (*blooming*) dan gulma air seperti eceng gondok (*Eichornia crassipes*), serta umbalan air dari dasar danau (*upwelling*) yang bisa mengakibatkan kematian massal pada ikan yang ada diatasnya.

Terpusatnya budidaya ikan KJA di sekitar *Dam site*, memberikan kontribusi terhadap tingginya konsentrasi total P dikarenakan kegiatan tersebut umumnya menggunakan pakan buatan komersial (pelet) sebagai pakan utama. Hal ini sesuai dengan pendapat Yosmaniar (2010) bahwa pakan ikan merupakan bahan utama yang mempengaruhi lingkungan perairan. Kelebihan *input* pakan dalam proses produksi akan masuk ke perairan dan terurai menjadi bahan organik. Ditambahkan oleh Kibria *et al*. (1995) *dalam* Yosmaniar (2010), tingginya unsur hara di lokasi KJA terjadi akibat dari akumulasi sisa pakan yang terbuang, *feces* dan ikan yang mati. Selain daripada itu, ST 1 merupakan lokasi akhir terakumulasinya konsentrasi total P dari setiap stasiun pengamatan.

Status Mutu Air

Parameter yang digunakan dalam perhitungan nilai Indeks Storet pada pengamatan ini adalah suhu, DO, pH dan Total P. Hasil penelitian menunjukkan dariperhitungan indeks STORET, skor pada setiap stasiunberturu-turut adalah sebesar-12; -10;-10; -10 dan -10. Skor tersebut secara umum masih menunjukkan kondisi status mutu air yang tergolong baik/memenuhi baku mutu dengan klasifikasi Kelas B (baik) dan menunjukkan perairan yang tercemar ringan (skor -1 sampai-10) pada ST2, ST3, ST4 dan ST5. Sedangkan kondisi mutu perairan pada ST1 di lokasi *dam site* masuk pada klasifikasi Kelas C (sedang), dengan kriteria cemar sedang dengan nilai -12, (Tabel 4).

Tabel 4. Nilai Indeks Storet pada Tiap Stasiun Hasil Pengukuran di Air Waduk.

STASIUN	I	II	III	IV	V
Nilai Indeks Storet	-12	-10	-10	-10	-10
Status Mutu Air	Sedang	Baik	Baik	Baik	Baik

Evaluasi kualitas air pada masing-masing stasiun pengamatan menunjukan bahwa kontribusi pencemar pada masing-masing stasiun adalah total P yang nilainya tidak memenuhi baku mutu air. Pada ST1 dengan indikasi cemar sedang terlihat jelas bahwa kondisi tersebut merupakan efek dari keberadaan KJA yang banyak dari pada di stasiun lainnya.

Status Trofik

Evaluasi kualitas perairan pada suatu lokasi pengamatan dapat dilakukan dengan mengklasifikasikan kondisi kualitas perairan berdasarkan eutrofikasi yang disebabkan oleh peningkatan kadar unsur hara dalam air. Faktor pembatas sebagai penentu eutrofikasi adalah unsur P dan N. Klasifikasi berdasarkan eutrofikasi bisa menentukan status trofik suatu perairan. Penetapan status trofik suatu perairan waduk berdasarkan Permen NLH No.28/2009 ditentukan berdasarkan rata-rata dari kadar total N, total P, Klorofil-a dan kecerahan perairan waduk.

Status trofik pada setiap stasiun berdasarkan kadar rata-rata dari total N masuk pada klasifikasi eutrof (permukaan, pertengahan, dasar). Masing-masing stasiun pengamatan mempunyai kadar rata-rata nilai dari total N lebih dari 1.219µg/l dan kurang 1.800 µg/l. Sedangkan untuk kadar rata-rata dari total P, setiap stasiun masuk pada klasifikasi hipereutrof. Masing-masing stasiun memiliki nilai lebih dari 400 µg/l untuk kadar total P dan kecerahan kurang dari 2,0 m. Sedangkan berdasarkan klasifikasi dari kadar rata-rata klorofil-a, semua stasiun masuk pada klasifikasi eutrof dengan nilai masing-masing stasiun kurang dari 15 µg/l dan lebih dari 5 µg/l. Pada setiap stasiun menunjukkan bahwa perairan Waduk Koto Panjang telah mengalami eutrofikasi sampai pada tingkat hipereutrof berdasarkan kadar total P terukur. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Krismono, *et al.* (2006) bahwa Waduk Koto Panjang berdasarkan kelimpahan plankton termasuk perairan eutrofik menuju hipertrofik. Hal ini dapat menunjukkan bahwa kegiatan budidaya ikan sistem KJA sangat berpengaruh pada tingkat kesuburan perairan waduk.

Analisis DTBPA Waduk untuk Budidaya Perikanan

Jumlah KJA yang melebihi kapasitas daya tampung akan menimbulkan dampak pada lingkungan yaitu penurunan kualitas air. Keberadaan KJA di Waduk Koto Panjang dari tahun ke tahun semakin meningkat jumlahnya. Perkembangan KJA yang pesat di Waduk Koto Panjang ternyata berdampak pada penurunan kualitas air waduk, karena teknik budidaya yang dilakukan secara intensif menghasilkan limbah organik berupa sisa pakan dan kotoran ikan yang terakumulasi di dasar perairan. Permasalahan yang terjadi pada budidaya ikan di KJA adalah pemberian pakan dengan menggunakan pakan komersial yang memiliki kandungan nutrisi, terutama protein yang cukup tinggi (kandungan unsur P dan N). Selain itu para pembudidaya juga seringkali memberikan pakan dalam jumlah yang besar (sistem pompa) dengan tanpa mengikuti kaedah ilmiah ataupun petunjuk teknis budidaya yang seharusnya diikuti.

Data pada bulan Maret tahun 2013, jumlah KJA yang beroperasi di Waduk Koto Panjang berjumlah 1.662 petak atau sekitar 415 unit KJA, jumlah ini meningkat menjadi tiga kali lipat dari tahun 2006 sebanyak 513 petak (128 unit). Pada umumnya ukuran setiap unit KJA adalah 6 x 6 x 3 m (108 m^3) dan sebagian besar terkonsentrasi di sekitar ST1 (*dam site*) dan ST3 (Jembatan I Kampar Kanan). Ikan yang dipelihara rata-rata adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*). Padat tebar benih sekitar 600 kg/unit KJA (± 12.000 ekor). Masa pemeliharaan sekitar ± 3 bulan dengan perkiraan *survival rate*

(SR) antara 80 - 85%, maka akan menghasilkan ikan sekitar 3 ton/siklus dengan berat rata-rata mencapai ± 3 ons/ekor, (Tabel 5).

Tabel 5. Rata-Rata Padat Tebar, Jumlah Pakan dan Hasil Panen Setiap Unit KJA di Waduk Koto Panjang.

Ukuran KJA (m)	Padat Tebar (.000 ek)	Berat benih (kg)	Jumlah Pakan (ton)	Pakan Terbuang (30 %*)	Panen/ Periode (ton)	Jumlah Prosentase di waduk
8 x 8	16	800	9,9	2,97	4 – 5	5 %
8 x 6	14	700	8,1	2,43	3,5 – 4	15 %
6 x 6	12	600	5,4	1,62	3	60 %
6 x 4	10	500	3,9	1,17	2 – 2,5	15 %
4 x 4	8	400	3,2	0,96	1,5 - 2	5 %

Sumber data : Hasil wawancara dan pengamatan lapangan (data primer), FCR = 1,8*) BPPAT (1997)

Apabila jumlah KJA yang ada di Waduk Koto Panjang adalah 1.662 petak, dan yang beroperasi sekitar 80%, maka jumlah ikan di dalam KJA tersebut sebanyak 199,2 ton pada saat pertama kali tebar benih. Dengan demikian jumlah pakan yang diberikan untuk 1.329 petak KJA (80%) adalah 7.171,2 ton/tahun. Pada pemberian pakan dengan sistem pompa, pakan yang akan terbuang jumlahnya cukup banyak, yakni pada KJA yang berukuran 6 x 6 x 3 m^3, pakan yang terbuang ke perairan sekitar 30% - 40% (BPPAT, 1997), sehingga berdasarkan estimasi tersebut, jumlah pakan yang terbuang adalah 2.151,4 ton/tahun atau 5,98 ton/hari.

Menurut Garno dan Adibroto, (1999) dan Sukimin (2008), dengan kandungan total P yang ada dalam pakan komersial sebesar 1,2 %, maka pakan yang ada di Waduk Koto Panjang berpotensi menghasilkan total P dalam perairan sebesar 239,04 kg/hari. Limbah beban P yang berasal dari pakandan terbuang ke perairan diperkirakan sebanyak 53,64 ton/tahun. Atas dasar perhitungan tersebut maka jumlah pakan yang terbuang ke perairan dari tahun 2009 – 2013 diperkirakan sekitar 7.970 ton atau berpotensi memberikan limbah P dari pakan sebanyak 318,82ton. Hasil data pengamatan pada Waduk Koto Panjang, jumlah pakan yang digunakan mencapai 19,92 ton/hari. Pakan yang digunakan tersebut hanya 70% yang dimakan oleh ikan. Berdasarkan perhitungan tersebut, perairan waduk menerima buangan limbah organik dari KJA sebanyak 53.611,9 kg yang mengandung fosfor, atau dengan kata lain setiap liter air di waduk dicemari limbah organik dari KJA sebesar 0,0572 µgP/lt air waduk setiap harinya, (Tabel 6).

Adapun besarnya daya tampung lingkungan Waduk Koto Panjang adalah 2.186,07 ton ikan per tahun artinya telah terjadi kelebihan produksi sebesar 1.797,93 ton ikan/tahunnya. Menurut perhitungan daya tamping di Waduk Koto Panjang, apabila pola pemeliharaan pembesaran ikan di KJA seperti yang dilakukan sekarang ini, jumlah unit KJA yang dapat beroperasimaksimal berjumlah 182 unit saja.Hal ini berarti saat ini terjadi kelebihan jumlah KJA sebanyak 150 unit KJA. Akan tapi jika jumlah siklus/periode pemeliharaan dikurangi menjadi 3 siklus per tahunnya, maka jumlah KJA dapat ditingkatkan maksimal menjadi 243 unit KJA atau sekitar 972 petak, (Tabel 7).

Begitu pula halnya dengan pengurangan jumlah padat tebar dan konversi pakan yang diberikan lebih optimum akan meningkatkan jumlah unit KJA. Misalkan apabila 1 unit

KJA maksimal dapat memproduksi 4,5 ton ikan/tahunnya, maka jumlah KJA bisa mencapai jumlah optimum yaitu sebanyak 485 unit KJA. Apabila jumlah KJA yang jauh di atas daya tampung waduk dapat mengakibatkan jumlah pakan yang terbuang juga sangat berlimpah, sehingga akan melebihi kapasitas asimilasi waduk dan pada akhirnya akan berdampak negatif pada kualitas air.

Tabel 6. Prediksi Pasokan Total-P dari Aktivitas KJA di Waduk Koto Panjang.

No	Parameter	Sat.	Waduk	Keterangan
	Data Pakan			
1	FCR : Kisaran		1,4 – 2,2	
	Rata-rata		1,8	
	Kisaran : Rata-rata	kg/unit	5.400	
2	Total Pakan/tahun	kg/thn	7.171.200	(70% termakan, 30% terbuang) [1)]
	Total Pakan terbuang	kg/thn	2.151.360	
	Data Total-P			
3	P pada pakan [2)]	kg	86.054,4	1,2 % dari berat pakan
4	P pada ikan (P teretensi) [3)]	kg	32.442,5	37,7% dari kadar P pakan
5	P dibuang lewat feses [3)]	kg	18.071,4	21% dari kadar P pakan
6	P terbuang terlarut sisa metabolit [3)]	kg	35.540,5	41,3% dari kadar P pakan
7	Limbah Beban P yang terbuang ke Waduk	kg/thn	53.611,9	P pakan – P ikan
		kgP/ton	13,4568	ikan yang diproduksi
		µg/lt/thn	20,6	0,0572 µgP/lt/hari

Keterangan : 1) BPPAT, (1997), 2) Garno dan Adibroto, (1999) dan Sukimin; 3) Rismeyer, 1998 *dalam* Azwar *et al*, (2004).

Tabel 7. Perhitungan Daya Tampung Perairan Waduk Koto Panjang.

No	Parameter	Satuan	Nilai	Keterangan
1.	Kedalaman rata-rata waduk (Ž)	M	21	Data sekunder
2.	Volume air waduk (V) (10^6 m^3)	juta m^3	2.604	Data sekunder
3.	Luas perairan waduk (A)	Ha	12.400	Data sekunder
4.	Laju pergantian air waduk (ρ)	/tahun	13,672	Data sekunder
5.	Jumlah debit air keluar waduk (Q)	juta m^3/thn	35.601,54	Data sekunder
6.	Syarat kadar P total maksimal sesuai dengan ikan yg dibudidayakan ($[P]_f$), asumsi P_f = 250 mg/m^3	mg P/m^3	250	Beveridge, (1996)
7.	Kadar P total hasil pemantauan waduk ($[P]_i$)	mg P/m^3	555,8	Data primer
8.	Alokasi beban P total budidaya ikan ($\Delta[P]$)	mg P/m^3	305,8	$[P]_f - [P]_i$
9.	P total yg tinggal bersama sedimen (R)	mg P/m^3	0,26225	$\frac{1}{(1 + 0{,}747\rho^{0{,}507})}$
10.	Proporsi P total yang larut ke sedimen setelah ada KJA (R_{ikan}), asumsi x=0,5	mg P	0,63	x + [(1 - x) R]
11.	Daya tampung P total limbah ikan per satuan luas waduk (L_{ikan})	gr P/m^2	237,2942	$\frac{\Delta[P]\,Ž\,\rho}{(1 - R\,ikan)}$
12.	Jumlah daya tampung P total limbah ikan pd perairan waduk (La_{ikan})	gr P/thn	29.424,5 x 10^6	L_{ikan} x A
13.	Kadar P total yang masuk waduk dari limbah ikan (P_{LP})	kg P/ton pakan	13,46	FCR x P_{pakan} - P_{ikan}
14.	Jumlah produksi ikan KJA (LI)	ton ikan/thn	2.186,07	La_{ikan} / P_{LP}
15.	Jumlah pakan ikan KJA (LP)	ton pkn/thn	3.934,93	LI x FCR

Strategi Pengembangan Budidaya Ikan dalam KJA Sesuai dengan Daya Tampung Beban Pencemaran Air

Hasil perhitungan daya tampung Waduk Koto Panjang terhadap budidaya ikan dalam KJA menunjukkan potensi waduk yang cukup besar telah berkurang manfaatnya untuk pengembangan usaha budidaya ikan di KJA, karena menurut Siagian (2010) berdasarkan daya dukung Waduk Koto Panjang, rata-rata jumlah KJA yang dapat dioperasikan berkisar antara 22.343 – 33.515 petakan atau sekitar 5.585 – 8.378 unit KJA jika satu unit KJA berukuran 6 x 6 m^2terdiri dari 4 petak, dengan asumsi bahwa kadar fosfor antara 0,104 – 0,146 mg/l bisa dipertahankan. Sedangkan menurut hasil studi zonasi LPUPB, (1996), peruntukan zona atau kawasan yang ideal untuk budidaya perikanan sistem KJA adalah 275 Ha dari 12.400 Ha luas area genangan waduk atau sekitar 2,22% bagian waduk, luas tersebut berbeda dengan pendapat Soermarwoto (1987) *dalam* Siagian (2010) yang menyarankan dalam pemanfaatan waduk untuk kegiatan budidaya hanya 1% dari luas waduk atau sekitar 124 Ha kawasan Waduk Koto Panjang, agar kegiatan tersebut dapat berkelanjutan.

Pengembangan budidaya ikan sistem KJA akan bernilai positif selama dalam batas kapasitas daya tampung waduk dan penempatan lokasi yang tidak berbenturan dengan kepentingan lain. Peningkatan KJA yang berlebihan akan menimbulkan dampak yang buruk pada masa yang akan datang, seperti halnya petani ikan di Waduk Koto Panjang saat ini sudah merasakan dampaknya yaitu menurunnya jumlah produksi ikan dan tingginya kasus kematian ikan. Hal tersebut menurut Kartamihardja (1998), perkembangan KJA yang pesat dan kurang terkendali telah menyebabkan berbagai permasalahan yang mengganggu kelestarian sumberdaya perairan dan usaha perikanan itu sendiri, dimana beban yang masuk dari kegiatan KJA telah melampaui daya tampung waduk dilihat dari kemampuan pulih dirinya (*self recovery*).

Strategi yang dapat dilakukan adalah pengurangan jumlah unit KJA yang beroperasi saat ini sesuai dengan perhitungan jumlah unit KJA dan produksi ikan optimum yang masih bisa dikembangkan sesuai dengan DTBPA Waduk Koto Panjang yaitu sebanyak 182 unit.Mengurangi jumlah padat tebar ikan disetiap unit KJA sesuai dengan kapasitas optimum per m^3nya atau strategi pemberian pakan buatan (pelet) yang sesuai dengan kaidah budidaya ikan yang baik, sehingga FCR (*food conversion ratio*) yang didapat lebih optimal. Penataan kembali lokasi KJA sesuai dengan zonasi yang telah ditetapkan dan pengaturan jarak antar unit KJA dengan unit KJA lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan kondisi *eksisting* parameter kualitas air Waduk Koto Panjang diketahui bahwa kondisi perairan secara umum masih dalam kondisi yang cenderung baik. Namun untuk kandungan total-P sudah melewati ambang batas yang telah ditetapkan yaitu sebesar <200 µ/l, yang nilainya mencapai 555,5 µ/l ±186,5. Hasil pengamatan perairan waduk nampak adanya tren menuju arah penurunan kondisi kualitas perairan. Perairan Waduk Koto Panjang tergolong kelas 2 yang tidak dapat digunakan sebagai sumber air baku air minum. Tingginya kandungan fosfat diduga sangat kuat berasal dari kegiatan KJA yang berlangsung di perairan waduk.

Kegiatan perikanan sistem KJA di Waduk Koto Panjang jumlahnya telah melebihi DTBPA waduk. Limbah budidaya ikan yang berasal dari pakan memberikan kontribusi buangan limbah beban pencemaran air dari total-P sebanyak 53.611,9 kg/tahun (0,0572 µg/lt/hari) atau sebanyak 13,46 kgP/ton ikan yang diproduksi. Penurunan kualitas air terutama diakibatkan oleh berlimpahnya sisa pakan yang tidak termakan (35.540,5 kgP/tahun) dan berasal dari feses ikan (18.071,4 kgP/tahun). Jumlah unit KJA di Waduk Koto Panjang telah melebihi daya tampung waduk dengan jumlah 1.329 petak atau 332 unit (80% KJA aktif) dengan total produksi 3.984.000 ton ikan/tahun (11,1 ton/hari) yang seharusnya hanya diperbolehkan sebanyak 182 unit KJA dengan total produksi 2.186 ton ikan/tahun.

Hasil perhitungan nilai indeks Storet, secara umum kondisi perairan Waduk Koto Panjang masuk pada klasifikasi kelas B (baik), kriteria cemar ringan dengan nilai -10, sedangkan ST1 masuk pada klasifikasi kelas C (sedang), kriteria cemar sedang dengan nilai -12. Pada ST1 terlihat jelas bahwa kondisi tersebut merupakan efek dari keberadaan KJA yang lebih banyak dari pada lokasi pengamatan lainnya.Status trofik Waduk Koto Panjang sudah mencapai tingkat eutrofik (perairan yang cukup subur) menuju hipereutrofik (perairan yang sangat subur), dimana status ini menunjukan bahwa air waduk menuju status tercemar berat oleh peningkatan kadar nitrogen dan fosfat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada civitas akademika UNRI, khususnya Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana UNRI yang telah memberikan informasi dan revisi atas tulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

APHA (American Publik Health Association). 1995. Standard Method for The Examination of Water and Wastewater. 17th ed. APHA.AWWA.WPCF. Washington D.C. 3464p.

BPPAT, 1997.Sistem Usaha Perikanan Keramba Jaring Apung Dengan Strain Unggul dan Teknologi Jaring Apung. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta. P 23

Garno, Y. S. dan T. A. Adibroto.1999. Dampak Penggemukan Ikan di Badan Air Waduk Multiguna pada Kualitas Air dan Potensi Waduk.Preseding Semiloka Nasional Pengelolaan dan Pemanfaatan Danau dan Waduk.IPB-Ditjen Pengairan-Men KLH. XVII: 1-10.

Kartamihardja, E. S. 1998. Pengembangan dan Pengelolaan Budidaya Ikan Dalam Keramba Jaring Apung Ramah Lingkungan di Perairan Waduk dan Danau Serbaguna. Prosiding simposium perikanan indonesia II:174-182. Ujung pandang.

Krismono, A. S. N., S. Nurdawati,D.W.H. Tjahjo, dan A. Nurfiarini. 2006. Status Terkini Sumberdaya Ikan di Waduk Koto Panjang Propinsi Riau. Prosiding Seminar Nasional Ikan IV.Hal. 273-291

Siagian, M. 2010. Daya Dukung Waduk PLTA Koto Panjang Kampar Provinsi Riau. Jurnal Perikanan dan Kelautan 15,1 (2010) : 25-38

Sukimin, S. 2008. The Application of a phosphorus loading model estimating the carrying capacity for cage culture and its productivity of Saguling Reservoir, West Java. Indonesia. 36 pp.

Yosmaniar.2010. Hubungan Konversi Pakan dengan Beban Limbah Hara N dan P yang Dibuang ke Air Pemeliharaan.Proseding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2010.Hal. 681 – 688.