

## PENYISIHAN NUTRIEN DENGAN KULTUR *Eichornia Crassipes* DALAM AIR LIMBAH KOLAM IKAN RESIRKULASI SEMI TERTUTUP

**Awalina Satya, Tjandra Chrismadha, Fachmijany Sulawesty,  
Gunawan P. Yoga, dan Yayah Mardiyati**

***Pusat Penelitian Limnologi LIPI***

E-mail: awalina@gmail.com

**Diterima Redaksi: 6 Maret 2014, Disetujui Redaksi: 16 September 2014**

### ABSTRAK

*Air Limbah kolam ikan resirkulasi memiliki karakteristik yang mirip dengan perairan eutrofik sehingga tidak aman untuk dibuang ke perairan umum secara langsung. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi kemampuan tiga variasi kepadatan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) untuk memperbaiki kualitas air limbah kolam ikan resirkulasi tersebut. Tujuan penelitian adalah untuk 1) mengungkapkan dinamika kualitas air dalam “batch culture” 2) kinetika laju reduksi nutrisi nitrogenik-fosforik dan konstituen pencemar lainnya, dan 3) efektifitas penyisihan nutrisi. Eksperimen terdiri atas empat bak plastik, B1, B2, B3 dan B4. Bak B1 merupakan kontrol, hanya berisi air limbah tanpa eceng gondok. Bak B2, B3 dan B4 berisi eceng gondok dengan kepadatan awalnya berturut-turut adalah 1.618,40 gram/m<sup>2</sup>; 2.436,51 gram/m<sup>2</sup>; dan 3.243,93 gram/m<sup>2</sup>. Percobaan dilakukan selama empat hari. Pengukuran pH, Oksigen terlarut (Dissolved Oxygen, DO), konduktivitas, suhu, Total Dissolved Solid (TDS), dan % DO saturation dilakukan tiga kali sehari pada jam 09.00-09.30; 12.00-12.30 dan 16.00-16.30, sedangkan Senyawa nutrisi nitrogenik ( $N-NH_3^+$ ;  $N-NO_2^-$ ;  $N-NO_3^-$ , Total Nitrogen (TN)), fosfor (TP), Total Suspended Solid (TSS) dan Total Organic Matter (TOM) dianalisis dua kali sehari pada pagi dan sore hari. Reduksi parameter konduktivitas, TDS, nutrisi, nitrogenik, dan fosforik dalam bak-bak yang ditumbuhi eceng gondok mengikuti model kinetika order pertama. Kepadatan eceng gondok ideal adalah 2.436,51 gram/m<sup>2</sup> (bak B3) karena menghasilkan penambahan densitas yang paling tinggi (147,13 gram/m<sup>2</sup>). Bak berisi eceng gondok paling efektif menyisihkan turbiditas (94,28%-100%), N-nitrit (98,21%-98,93%), TP (92,86%-93,62%), N-nitrat (58,33%-83,33%), TN (59,46%-66,06%), N-amonia (18,82%-46,88%) dan konduktivitas (16,34%-23,54%). Seluruh perlakuan dan kontrol terbukti tidak efektif untuk menyisihkan material organik.*

**Kata kunci:** eceng gondok, *Eichornia crassipes*, penyisihan nutrisi, nitrogenik, fosforik

### ABSTRACT

**NUTRIENTS REMOVAL IN SEMI CLOSED SYSTEM FISH POND'S WASTE WITH *Eichornia Crassipes* CULTURE.** *Waste water of semi closed system fish pond has characteristics similar to eutrophic waters so it is not safe to be discharged directly into public waters. This study evaluated the ability of three varied density of the water hyacinth (*Eichornia crassipes*) to improve the quality of waste water in the recirculation fish pond. The objectives of the study were to 1) reveal the dynamics of water quality in batch culture 2) kinetics of the reduction rate of nitrogenic and phosphoric nutrient and other pollutants, and 3) the removal effectiveness. Experiment was consisted of four plastic tanks, B1, B2, B3 and B4. B1 tank was the control containing waste water only without the waste water hyacinth. B2, B3 and B4 tanks contained water hyacinth with initial density were 1618.40 g/m<sup>2</sup>; 2436.51 g/m<sup>2</sup>; and 3243.93 g/m<sup>2</sup> respectively. Experiments was conducted for four days. Measurement of pH, Dissolved Oxygen (DO), conductivity, temperature, Total Dissolved Solid (TDS), and % DO saturation performed three times a day at 9:00 to 9:30; 12:00 to 12:30 and 16:00 to 16:30, while nitrogen as  $N-NH_3^+$ ,  $N-NO_2^-$ ,  $N-NO_3^-$ , Total Nitrogen (TN), phosphorus (TP) nutrient compounds, Total Suspended Solid (TSS) and Total Organic Matter (TOM) were analyzed twice a day in the morning and afternoon. The first-order kinetics was used to describe the reduction of conductivity parameters, TDS, nitrogen, and phosphorus nutrients. Ideal density of water hyacinth was 2436.51 g/m<sup>2</sup> (B3 tank) because it produced the highest density enhancement (147.13 g/m<sup>2</sup>). Water hyacinth tanks effectively eliminated turbidity (94.28% -100%), N-nitrite (98.21% -98.93%), TP (92.86% -93.62%), N-nitrate (58.33% -83.33%), TN (59.46% -66.06%), N-ammonia (18.82% -46.88%) and conductivity (16.34% -23.54%). All treatment and control proved ineffective to remove organic material.*

**Key words:** water hyacinth, *Eichornia crassipes*, nutrient removal, nitrogenous, phosphorous

## PENDAHULUAN

Budidaya perikanan sangat penting untuk memenuhi kebutuhan protein masyarakat. Namun keterbatasan ketersediaan sumber air yang memadai baik secara kuantitas maupun kualitasnya memerlukan upaya untuk mengatasinya.. Teknik resirkulasi air dengan memanfaatkan pengolahan biologis setelah melalui biological treatment dan atau filtrasi diharapkan menjadi salah satu pemecahannya. Kandungan nutrisi nitrogenik (N), nutrisi fosforik (P), unsur lain dan material organik dalam air limbah budidaya perikanan sebagai konsekuensi produk metabolit dan pakan ikan yang tak termakan, harus diolah dan atau dibuang agar tidak mengganggu metabolisme ikan yang dibudidayakan. Sistem akuakultur menghasilkan sejumlah besar senyawa pencemar tersebut dan merusak keseimbangan lingkungan perairan bila langsung dibuang ke perairan. Hal ini karena pemuatan material organik akan mereduksi level oksigen terlarut (DO; *Dissolved Oxygen*) dan mendorong terakumulasinya bahan organik di bagian dasar serta pemuatan senyawa nutrisi N dan P dapat merusak kualitas air dengan merangsang terjadinya produksi fitoplankton yang berlebihan (Joyner dalam Ghaly et al. 2005; Li & Li, 2009; Ruenglertpanyakul et al., 2004).

Sistem pengolahan limbah dengan menggunakan tanaman air yang mengapung (FAMTS; *floating aquatic macrophyte-based treatment system*) diantaranya adalah dengan menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Teknik ini sudah dikenal luas untuk mengolah limbah cair dan menjadi alternatif yang prospektif diterapkan dalam mengatasi masalah limbah cair yang mengandung kotoran hewan/limbah ternak sapi maupun aktifitas agrikultur lainnya. (Sooknah & Wilkie, 2004; Jafari, 2010; Snow & Ghaly, 2008). Namun demikian penelitian terkait penggunaan tumbuhan eceng gondok untuk mengolah limbah budidaya perikanan masih jarang dilakukan di Indonesia. Menurut penelitian Snow & Ghaly (2008) dibutuhkan

setidaknya 200-600 m<sup>3</sup> air untuk setiap satu kilogram ikan yang diproduksi oleh aktifitas budidaya perikanan. Pemulihan air limbah dengan menggunakan tumbuhan air berdasarkan pada kemampuan biota ini sebagai medium untuk pertumbuhan bakteri yang berperan dalam proses filtrasi dan absorpsi material partikulat dan enyisihkan nutrisi anorganik dari air limbah (Jafari, 2010; Schultz et al., 2003; Schwartz & Boyd, 1995; Siddiqui, 2003).

Pada penggunaan eceng gondok sebagai medium filtrasi tersebut, diduga terdapat kepadatan optimum yang memberikan penyisihan maksimum nutrisi nitrogenik-fosforik dan penyusutan pencemar lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja eceng gondok sebagai sistem filter dalam memperbaiki kualitas air kolam budidaya ikan, dengan membandingkan: 1) dinamika level setiap parameter dalam *culture batch* dan kinetika laju reduksi beberapa parameter, 2) uji efektifitas kemampuan penyisihan nutrisi nitrogenik-fosforik dan konstituen lain yang terkandung dalam limbah budidaya perikanan oleh tumbuhan eceng gondok yang divariasikan kepadatannya dalam medium hidupnya.

## BAHAN DAN METODE

### Studi *Batch Culture*

Percobaan dilakukan secara *batch culture* dilakukan pada 8-11 Mei 2012, menggunakan empat bak plastik dengan masing-masing luas permukaan 0,196 m<sup>2</sup> dan kedalaman berisi air 0,18 m. Air limbah budidaya perikanan, yang berasal dari kolam ikan sistem semi resirkulasi yang berisi berbagai jenis ikan antara lain nila (*Oreochromis niloticus*) dan lele (*Clarias batrachus*) dimasukkan kedalam bak-bak tersebut.

Eceng gondok yang digunakan pada percobaan ini berasal dari perairan di sekitar Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Sebelum dilakukan percobaan, eceng gondok ini diaklimatisasikan di kolam ikan yang menjadi sumber air limbah, sehingga dapat diasumsikan bahwa eceng gondok selama masa percobaan ini tidak lagi memerlukan fase adaptasi untuk proses penyerapan unsur

hara dari air limbah tersebut. Perlakuan yang diberikan adalah tanpa dan dengan eceng gondok, yaitu kontrol bak tanpa eceng gondok, dengan kepadatan eceng gondok sebesar (B1) 1.618,4 gram/m<sup>2</sup>, (B2) 2.436,5 gram/m<sup>2</sup>, dan (B3) 3.243,9 gram/m<sup>2</sup>. Variasi kepadatan populasi berkorelasi positif dengan persentase tutupan permukaan air oleh tumbuhan eceng gondok, dan memberikan konsekuensi pada kesempatan penyerapan unsur hara dan proses metabolisme selanjutnya oleh tumbuhan ini.

### Pengambilan Contoh dan Analisis

Percobaan dilakukan selama empat hari, dengan pertimbangan kisaran laju tumbuh spesifik rata-rata tumbuhan eceng gondok 6%/hari, sehingga tumbuhan eceng gondok selama masa percobaan akan menghasilkan sintesa biomassa sekitar 25-30% dari biomassa awalnya. Sintesa biomassa berkorelasi positif dengan jumlah serapan unsur hara dari air media tumbuhnya. Jumlah sintesa biomassa selama empat hari ini diperkirakan sudah dapat memberikan dampak pengurangan unsur hara dalam air yang terlihat nyata sehingga laju serapnya dapat dihitung. Masa percobaan empat hari juga mempertimbangkan ketersediaan unsur hara dalam air limbah agar masih dalam kondisi cukup untuk proses pertumbuhan eceng gondok, sehingga selama masa percobaan ini eceng gondok dalam kondisi pertumbuhan yang normal.

Parameter pengamatan meliputi pH, oksigen terlarut (DO; *Dissolved Oxygen*), konduktifitas, suhu, padatan total tersuspensi (TDS; *Total Dissolved Solid*), dan tingkat kejenuhan oksigen terlarut (% DO *saturation*). Pengamatan dilakukan tiga kali sehari, yaitu: pagi (09.00-09.30); siang (12.00-12.30); dan sore (16.00-16.30). Hal ini didasarkan pada karakter eceng gondok sebagai organisme autotrof, yang melakukan proses fotosintesis di siang hari. Dengan demikian dinamika proses penyerapan nutrisi yang terkait dengan proses fotosintesis dapat diamati dalam orde harian. Pengukuran *in situ* dilakukan dengan alat YSI *Multiparameter Professional Plus*, Ohio-USA. Turbiditas diukur dengan

*Turbidity meter* Model TU 2016, Taiwan. Untuk pengamatan nutrisi, contoh air diambil dua kali sehari pada jam 09.00 dan 14.00 selama empat hari. Parameter nutrisi meliputi N-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>; N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dan Total Nitrogen (TN) serta Total P (TP), diukur dengan Portable Spektrofotometer UV-Vis HACH DR2800, Germany. Sementara itu *Total Suspended Solid* (TSS) dan *Total Organic Matter* (TOM) dilakukan secara Gravimetri sesuai APHA (1995).

### Pengolahan Data

Persamaan kinetika order pertama digunakan untuk menggambarkan reduksi parameter konduktifitas, TDS, N-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>; N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>; N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; TN, TP dalam bak-bak yang ditumbuhi eceng gondok. Konstanta laju reaksi order pertama dihitung dari regresi linear menggunakan persamaan laju terintegrasi sebagai berikut:

$$\ln \frac{C_0}{C_t} = kt$$

Dimana C<sub>0</sub> dalam mg/L adalah konsentrasi awal parameter dalam bak berisi eceng gondok, C<sub>t</sub> juga dalam mg/L adalah konsentrasi pada waktu t hari, dan k adalah konstanta laju order pertama (per hari).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Percobaan

Karakteristik rerata kualitas air limbah kolam ikan sistem resirkulasi selama pengamatan adalah seperti yang tersaji dalam Tabel 1 berikut ini.

Nilai pH dalam kisaran 6,5 – 9,0 yang berarti masih mendukung kehidupan biota perairan darat, sedangkan nilai DO dikategorikan sebagai perairan yang terpolusi berat karena nilainya berada di bawah 4,0 mg/L (Weiner, 2008), demikian juga nilai tingkat kejenuhan DO karena dibawah nilai 60 % (Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999). Begitu pula nilai turbiditas yang berada di atas nilai 5 NTU merupakan kondisi yang buruk. Menurut WHO dalam Utang and Akpan (2011) nilai 5 NTU merupakan nilai baku maksimum untuk biota akuatik agar tetap bertahan hidup. Weiner (2008) menyebutkan bahwa level turbiditas 9 NTU sangat terkait erat dengan adanya partikel tanah

tersuspensi sebesar 12 mg/L dan hal ini juga terkait dengan keberadaan alga yaitu setara dengan 10 µg klorofil-a/L. Akan tetapi, level konduktifitas dan TDS masih dalam batas aman berdasarkan kriteria WHO dalam Utang and Akpan (2011) untuk mendukung kehidupan biota akuatik. Sedangkan TOM, TP dan TN masih dalam kisaran rerata untuk tipe perairan eutrofik (Wetzel,2001). Kandungan senyawa nitrogenik terutama N-ammonia berada hampir 13 kali di atas batas aman untuk kehidupan biota akuatik yang menurut Weiner (2008) adalah 0.5 mg/L. Meskipun kandungan N-nitrit dan N-nitrat masih dalam batas aman untuk biota akuatik (1,0-2,0 mgN/L) akan tetapi kedua spesies nitrogen anorganik ini dapat saja meningkat bila kondisi lingkungan akuatik sangat kondusif untuk berlangsungnya proses nitrifikasi. Kondisi seperti ini merupakan ciri khas untuk perairan yang mengalami input senyawa nitrogenik dan fosfor yang berasal dari kotoran hewan.

Produksi Biomassa eceng gondok pada percobaan ini, tampak bahwa bak B3 yang berisi 1,5 kali lebih padat dibandingkan bak B2, memiliki hasil pertambahan biomassa yang lebih tinggi (Tabel 2). Perbedaan kepadatan biomassa pada B3 mencapai 147,13 gram /m<sup>2</sup> lebih tinggi dibandingkan bak B2 dibandingkan dengan bak B4 yang hanya berbeda 83,49 gram/m<sup>2</sup> dari bak B2. Hal ini menunjukkan bahwa kepadatan eceng gondok dalam bak B3 (2.436,51 gram/m<sup>2</sup>) merupakan kepadatan optimum dalam hal produktifitas tumbuhan ini pada luasan permukaan tertentu. Kondisi optimal pada kepadatan di B3 (2.436,51 gram/m<sup>2</sup>) juga tercermin dari tingkat kenaikan laju pertumbuhan dari kepadatan eceng gondok dalam bak B2 kearah kepadatan eceng gondok pada bak B3 juga lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat kenaikan laju tumbuh eceng gondok dari kepadatan pada B3 kearah B4.

Tabel 1. Karakteristik rerata kualitas air limbah kolam ikan resirkulasi selama pengamatan

Catatan :

\*) Kelas III : Peraturan Pemerintah no 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Tabel 2. Biomassa eceng gondok yang dihasilkan pada *batch culture*

No	Bak perlakuan	biomassa awal (gram/m <sup>2</sup> )	biomassa akhir (gram/m <sup>2</sup> )	biomassa hasil (gram/m <sup>2</sup> )	Produktifitas (gram/m <sup>2</sup> /hari)	laju tumbuh (**) (gram/hari)
1	Kontrol (B1)	0	0	0	0	0
2	B2	1,618.40	1,971.20	352.80	117.60	23.05
3	B3	2,436.51	2,936.44	499.93	166.64	32.66
4	B4	3,243.93	3,827.35	583.42	194.47	38.12
rerata						31.28

Biomassa dalam bobot basah

\*\*) Luas permukaan 0.196 (m<sup>2</sup>)

**Reduksi Nutrien dan Parameter Lainnya**

Terdapat perubahan kondisi parameter yang diamati pada uji batch culture antara level awal dan level akhir (Tabel 3) dan reduksi nutrient (Tabel 4) dari bak dengan kepadatan eceng gondok yang berbeda.

Persentase reduksi nutrient dalam bak yang berisi eceng gondok dengan kepadatan yang bervariasi dalam percobaan ini dapat dilihat seperti pada Tabel 3. Sementara itu level awal dan akhir parameter yang diamati disajikan dalam Tabel 4. Pola perubahan level DO, pH, turbiditas, konduktifitas dan TDS teramati dalam tiga kali pengamatan per hari yaitu jam 09.00-09.30, jam 12.00-12.30 dan jam 16.00-16.30 (Tabel 5). Sedangkan perubahan level untuk spesies nutrient senyawa nitrogenik dan senyawa fosforik seperti yang tersaji pada Gambar 4. Sementara itu untuk konstituen senyawa organik (TOM dan TSS) seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa rerata kisaran persentase reduksi beberapa parameter yang diamati dengan level tertinggi terjadi dalam bak B3. Bak B4

menempati urutan kedua sedangkan B2 hanya menempati urutan ketiga. Sebaliknya bak kontrol memiliki kisaran rerata persentase reduksi yang terendah. Urutan efektifitas penyisihan dilihat dari aspek besarnya persentasi reduksi beberapa parameter yang diamati adalah sebagai berikut: turbiditas>N-nitrit>TP>N-nitrat> TN >N-ammonia>konduktifitas>TDS >TOM.

Seperti yang tersaji dalam Tabel 4, kuantitas pH baik pada awal maupun akhir dalam bak kontrol maupun bak yang berisi tanaman masih pada kisaran pH yang mendukung kehidupan biota akuatik menurut Weiner (2008). Kecuali pada bak kontrol, level DO dan DO saturation cenderung menurun pada bak yang berisi eceng gondok. Level konsentrasi N-ammonia, N-nitrit, N-nitrat, TN, Turbiditas, konduktifitas dan TDS pada bak kontrol maupun bak yang ditumbuhi eceng gondok cenderung menurun dan lebih besar pengurangannya pada bak yang berisi tanaman. Satu-satunya parameter yang justru cenderung meningkat pada akhir observasi adalah TOM, hal ini jelas terlihat baik dalam bak kontrol maupun bak yang berisi eceng gondok (Tabel 3 dan Tabel 4).

Tabel 3. Persen reduksi beberapa parameter yang diamati dalam *batch culture*

Tabel 4. Kuantitas awal dan akhir beberapa parameter yang diamati dalam *batch culture*

Pada Tabel 5, terlihat bahwa level DO sepanjang observasi ini dilakukan, berkisar pada 0.88-3.32 mg/L dengan rerata kisaran tertinggi dijumpai pada bak kontrol dan yang terendah adalah B4. Bak kontrol merupakan bak tanpa eceng gondok dan hanya berisi kultur konsorsium alga sedangkan B4 merupakan bak dengan biomassa eceng gondok terpadat. Nilai pH dan turbiditas pada B3 (yang merupakan bak dengan kepadatan eceng gondok dengan pertumbuhan biomassa optimum) selalu paling rendah dibandingkan B4, B2 dan kontrol. Hal ini dapat dikaitkan dengan perkembangan komunitas fitoplankton dan proses fotosintesis yang lebih rendah karena tutupan permukaan yang lebih rapat. Level turbiditas menurun drastis pada hari ke-4 pada ketiga bak yang ditumbuhi eceng gondok terutama pada B3. Penurunan pada ketiga bak tersebut mulai teramati pada hari kedua dan berlanjut sampai pada level 0,00 NTU. Bak kontrol meskipun terjadi pola penurunan tetapi tidak sebesar lajunya seperti ketiga bak lainnya. Level tertinggi konduktifitas dan TDS dijumpai pada bak kontrol sedangkan untuk bak yang ditumbuhi eceng gondok, urutan level kedua parameter tersebut adalah kontrol >B2>B3>B4. Ketiga bak ini menunjukkan trend penurunan pada akhir observasi yang lebih besar bila dibandingkan dengan bak kontrol.

Tabel 5 menyajikan hasil pengamatan pada tengah hari (12.00-12.30) dimana level DO, pH, turbiditas, konduktifitas dan TDS selalu dalam urutan bak kontrol >B2>B3>B4. Level DO pada hari pertama hanya berkisar 1.55 -2.98 mg/L yang berarti sangat tidak mendukung kehidupan biota akuatik menurut Weiner (2008) karena kurang dari 4,0 mg/L. Tetapi terlihat adanya kecenderungan peningkatan level DO yang cukup tajam (6.69 mg/L) di bak kontrol pada akhir pengamatan, sedangkan bak yang berisi eceng gondok

peningkatan level DO hanya 1.55 mg/L (B2), 1.76 mg/L (B3) dan 0.73 mg/L (B4). Level pH dalam bak kontrol selalu cenderung lebih sedikit basa dibandingkan ketiga baklainnya yang berisi eceng gondok dengan pola makin padat eceng gondok dalam bak makin lebih rendah pula kisaran level pH yang teramati. Turbiditas pada hari pertama yang teramati dalam bak kontrol maupun ketiga bak lainnya selalu merupakan level yang tertinggi akan tetapi seiring dengan bertambahnya waktu terjadi penurunan yang sangat tajam hingga mencapai 0,00 NTU (pada bak B3 dan B4), 0,01 NTU pada bak B2 dan 1,92 NTU pada bak kontrol.

Pengamatan pada jam 16.00-16.30 menunjukkan bahwa kisaran level DO, pH, turbiditas, konduktifitas dan TDS pada bak kontrol selalu cenderung lebih dibandingkan ketiga bak lainnya yang berisi eceng gondok. Level kisaran ke lima parameter tersebut menurun seiring dengan bertambahnya kepadatan eceng gondok dalam masing-masing bak mulai dari B2, B3 dan B4. Penurunan drastis level turbiditas hingga mencapai hanya 0,00 NTU teramati pada bak B3 dan B4 sedangkan untuk B2 penurunan hanya mencapai pada level 0.42 NTU saja. Bila hasil pengamatan harian ini dibandingkan Tabel 5, maka tampak adanya pola kecenderungan bahwa level DO, pH, konduktifitas dan TDS tertinggi justru dijumpai pada pengamatan sore hari (jam 16.00-16.30). Sebaliknya turbiditas justru paling rendah levelnya pada pengamatan di sore hari dan tertinggi pada pengamatan pagi hari (jam 09.00-09.30). Pada pagi hari ternyata level DO, pH dan konduktifitas justru paling rendah. Pengamatan pada tengah hari (jam 12.00-12.30) menunjukkan hasil kisaran *moderate level* untuk DO, pH, turbiditas dan konduktifitas. Pada saat siang hari ini pula level TDS justru cenderung paling rendah sepanjang pengamatan.

Tabel 5. Level DO, pH, turbiditas, dan TDS dalam *batch culture* eceng gondok

	DO (mg/L)			pH			Turbiditas (NTU)			Konduktivitas ( $\mu$ S/cm)			TDS (mg/L)		
	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore	Pagi	Siang	Sore
<b>Kontrol</b>															
Hari-1	3,12	2,98	2,80	7,67	7,60	7,71	8,40	7,06	6,61	516,00	520,00	521,00	338,00	338,00	338,00
IIari-2	1,95	2,18	1,38	7,90	7,97	7,98	5,10	3,93	3,45	499,00	516,00	518,00	325,00	338,00	338,00
Hari-3	2,70	3,88	5,31	8,12	8,19	8,58	1,85	1,92	4,67	497,00	511,00	502,00	323,00	331,50	325,00
Hari-4	3,32	8,88	12,33	8,31	8,87	9,34	2,40	2,72	5,47	485,30	466,00	441,00	315,25	305,50	286,00
<b>B2</b>															
IIari-1	3,18	2,33	1,25	7,64	7,64	7,47	8,56	7,42	6,70	517,00	516,00	513,00	338,00	338,00	331,50
Hari-2	1,20	1,28	1,06	7,47	7,54	7,49	2,97	3,43	1,71	475,10	474,00	482,00	308,75	305,50	312,00
IIari-3	2,50	2,29	2,16	7,82	7,53	7,76	0,59	0,01	0,00	445,10	446,80	444,00	284,25	289,90	286,00
IIari-4	2,93	2,83	3,19	7,86	7,84	8,19	0,17	0,49	0,42	431,00	432,50	431,40	280,15	280,80	280,15
<b>B3</b>															
IIari-1	2,93	1,57	0,92	7,59	7,54	7,41	9,60	9,00	7,87	517,00	517,00	511,00	338,00	338,00	331,50
IIari-2	0,96	0,54	0,81	7,53	7,30	7,26	2,43	1,89	1,38	468,20	464,00	459,00	304,20	299,00	299,00
Hari-3	2,19	2,30	1,94	7,57	7,28	7,35	0,00	0,00	0,00	431,80	434,00	428,80	280,80	282,10	275,82
Hari-4	2,44	1,66	2,36	7,52	7,26	7,64	0,17	0,00	0,04	412,00	410,50	410,80	267,80	265,50	267,15
<b>B4</b>															
Hari-1	2,93	1,56	0,63	7,58	7,54	7,30	10,25	7,16	7,28	517,00	516,00	511,00	338,00	338,00	331,50
Hari-2	0,88	1,00	0,68	7,24	7,26	7,15	2,05	1,60	2,24	461,90	458,70	452,00	300,30	298,35	292,50
IIari-3	2,43	2,04	1,58	7,41	7,10	7,22	0,00	0,00	0,00	421,90	421,00	418,90	274,30	274,30	272,35
Hari-4	2,36	1,73	2,00	7,35	7,23	7,36	0,17	0,00	0,05	397,60	396,90	359,00	258,70	258,05	256,75

Gambar 1 menunjukkan bahwa konsentrasi N-ammonia justru meningkat dua kali lipat pada lima jam pertama pengamatan dan cenderung menurun pada jam ke 29. Kenaikan N-ammonia kembali terjadi pada jam ke-48 hanya pada bak B3 dan B4 tapi menurun hingga tinggal 30 % mulai pada jam ke 53 sampai pada akhir masa observasi. Bak kontrol dan B2 selalu menunjukkan persamaan level konsentrasi sepanjang pengamatan. Level kandungan N-nitrit cenderung meningkat pada jam ke 5 dan meningkat hingga lebih dari tiga kali lipat (pada bak kontrol) pada jam ke 29. Pada jam ke 29 ini, hanya B4 yang mengalami sedikit penurunan level N-nitrit. Penurunan sangat drastis N-nitrit teramati pada jam ke 48 hingga mencapai hanya 0,02 mg N-nitrit/L di bak B3 dan 0,01 mg N-nitrit/L di bak B4. Penurunan level N-nitrit pada B3 dan B4 ini stabil pada titik terendah sampai pada akhir pengamatan. Bak B2 mulai menurun pada jam ke 53 dan terus menurun hingga pada titik terendahnya pada akhir observasi, sedangkan bak kontrol justru mengalami peningkatan kembali kandungan N-nitrit hingga dua kali lipat dari awal masa pengamatan.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa N-nitrat yang merupakan produk akhir dari oksidasi N-ammonia, secara keseluruhan lebih rendah dibandingkan dengan N-

ammonia yaitu hanya rerata 25 % dari konsentrasi N-ammonia. Level rerata N-nitrat ini pun hanya 14,2 % dari TN. Tampaknya TN bila dilihat dari komposisinya, lebih banyak didominasi oleh senyawa N-ammonia dan nitrogen organik dibandingkan oleh senyawa spesies N anorganik (N-nitrit dan N-ammonia). Pengamatan pada jam ke-24 menunjukkan bahwa kecuali bak kontrol yang relatif konstan level konsentrasi N-nitratnya sampai akhir masa observasi, terlihat adanya peningkatan N-nitrat pada B2, B3 dan B4. Peningkatan tersebut (teramati pada jam ke 24 dan ke 29) mencapai rerata hampir dua kali lipat dari konsentrasi N-nitrat awal (jam ke 0). Setelah itu terjadi penurunan konsentrasi N-nitrat secara perlahan mulai pada jam ke 48 sampai akhirnya mencapai level terendah pada akhir periode observasi. Pola pada N-nitrat ini sebenarnya hampir serupa dengan N-nitrit hanya saja pada N-nitrit kisaran level konsentrasinya lebih rendah dibandingkan N-nitrat.

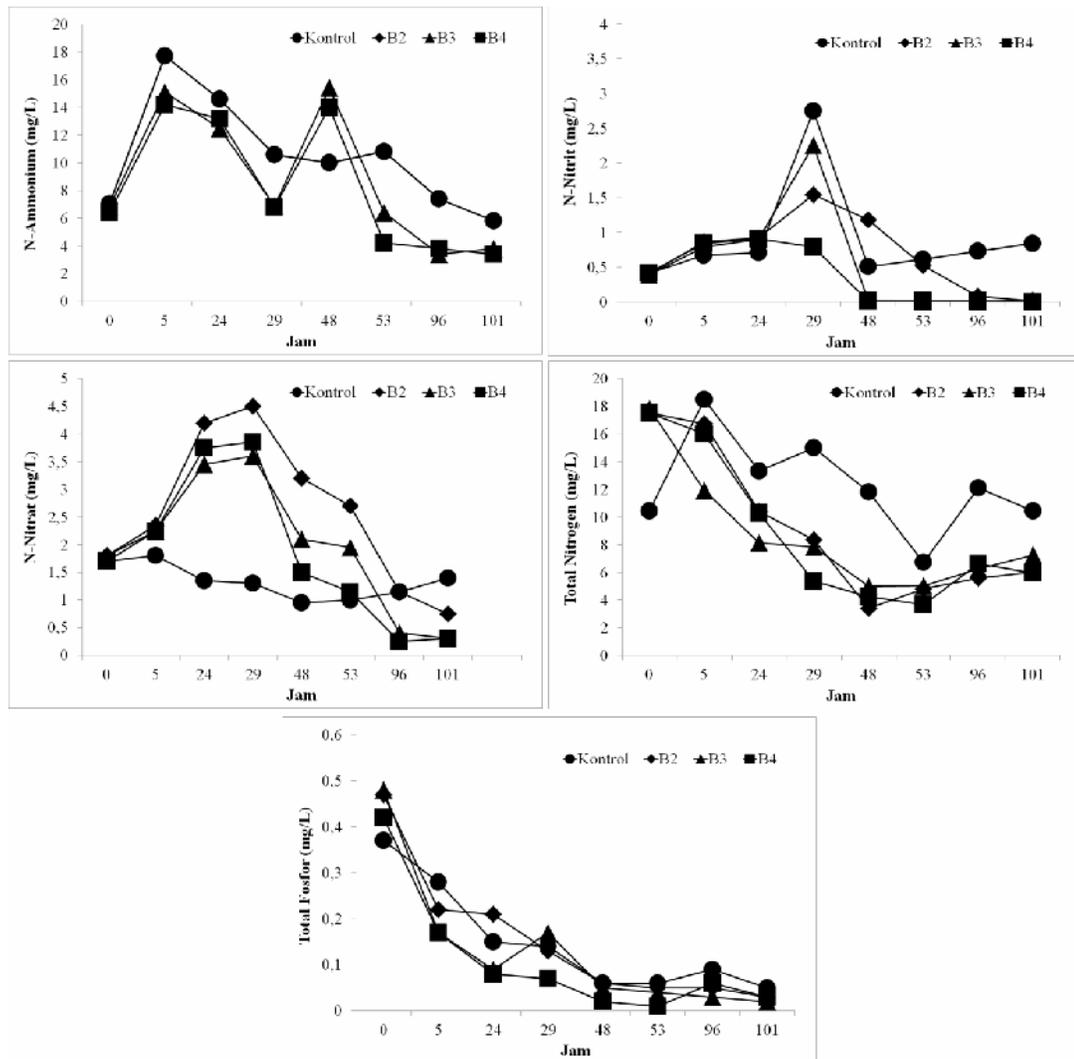
TN pada Gambar 1 mengindikasikan adanya dominasi senyawa N organik dibandingkan senyawa N anorganik pada awal masa observasi (jam ke 0) dan jam ke 5. Kisaran rerata TN sampai pada jam ke 0 dan jam ke 5 ini jauh diatas kriteria perairan eutrofik (5,5-9,5 kali) menurut Wetzel (2001) yang hanya 1,875 mg/L. Kecuali

level TN dalam bak kontrol yang relatif stabil pada kisaran 6.74-14.99 mg/L, setelah jam ke 24 hingga akhir masa observasi telah terjadi reduksi TN yang cukup besar pada bak B2,B3 dan B4. Meskipun begitu, level konsentrasi TN ini masih 3,0-3,8 kali lebih besar dari kriteria perairan eutrofik menurut Wetzel (2001) tetapi ini masih jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan bak kontrol yang mengandung TN 5,6 kali lebih besar dari nilai ambang tersebut.

Level TP pada perairan eutrofik menurut Wetzel (2001) adalah 0.084 mg/L. Gambar 1 menunjukkan penurunan level TP hingga dibawah nilai tersebut sudah terjadi pada jam ke 24 pada bak B3 dan B4. Sementara itu kontrol dan bak B2 baru

menurun level TP nya setelah pada jam ke 48. Sampai pada akhir masa observasi terlihat bahwa Bak B3 dan B4 relatif lebih efektif dalam menurunkan TP dibandingkan bak B2 dan bak kontrol. Akhir periode pengamatan menunjukkan bahwa level TP dalam air limbah budidaya ikan ini sudah cukup aman untuk dilepaskan ke perairan umum.

TOM dalam bak kontrol selalu cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan bak yang berisi eceng gondok. Hal ini dapat dikaitkan dengan kondisi permukaan bak kontrol yang lebih terbuka, sehingga penetrasi cahaya matahari yang lebih besar mendorong perkembangan komunitas fitoplankton dan meningkatkan kandungan



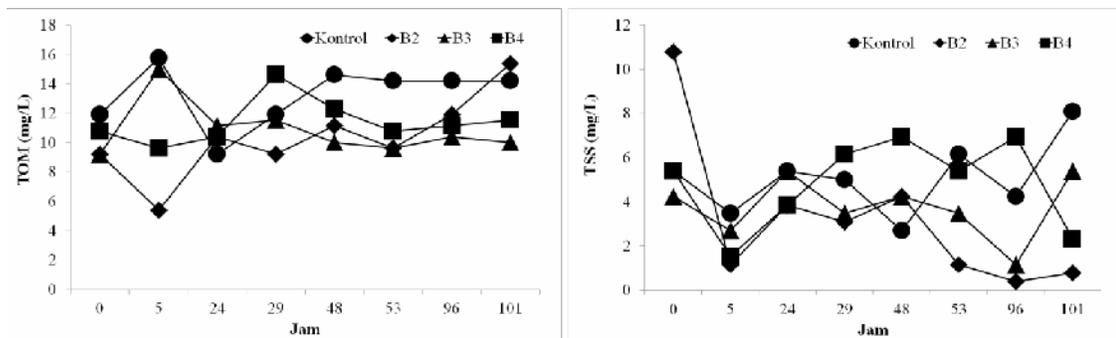
Gambar 1. Level nutrisi senyawa nitrogenik dan fosforik pada *batch culture* eceng gondok

suspensi bahan organik dalam air. Bak B2 dan bak B3 relatif tidak memiliki perbedaan dalam hal level TOM, sedangkan bila dibandingkan dengan bak B4 kedua bak tersebut masih sedikit lebih tinggi. Bak kontrol dan bak B2 juga cenderung lebih banyak mengalami peningkatan kandungan TOM pada akhir observasi dibandingkan kedua bak lainnya. Level TSS pada bak B2 cenderung sedikit lebih tinggi sekalipun dibandingkan dengan bak kontrol akan tetapi justru pada bak ini penurunan TSS terlihat paling baik dibandingkan bak kontrol dan kedua bak lainnya karena menyisakan hanya 7,1% dari level semula (Gambar 2).

Tabel 6 menyajikan fakta bahwa konduktifitas, TDS, N-ammonia, N-nitrit, N-nitrat, TN dan TP mengikuti model peluruhan orde pertama (*first-order decay model*). Konstanta laju reaksi (k) yang terjadi pada bak yang ditumbuhi eceng gondok tampak lebih besar dibandingkan dengan bak kontrol, dengan urutan B4>B3>B2>kontrol. Menurut model kinetika laju orde pertama ini, secara umum

N-nitrit tereduksi sangat baik dalam bak yang ditumbuhi eceng gondok dimana B4 merupakan bak dengan kinerja terbaik diikuti berturut-turut oleh B2 dan B3. Sementara itu, N-ammonia tereduksi paling baik dalam bak B3 dan kemudian B2. Reduksi N-nitrat paling cepat terjadi pada bak B3 diikuti oleh B4 dan B2. Reduksi TN sama sekali tidak berlangsung dengan baik di bak kontrol sedangkan di bak B2 dan bak B4 relatif sama sedangkan B3 sedikit lebih lambat. Reduksi TP tercepat terjadi di bak B3, sedangkan bak B2 dan bak B4 relatif sama kecepatannya.

Eceng gondok yang tumbuh dalam Bak B2 menunjukkan kemampuan terbesar dalam eliminasi N-ammonia, N-nitrit, N-nitrat, TN, TP dan TDS. Meskipun bak B2 bukan lah bak dengan kepadatan optimum dalam hal untuk memproduksi biomassa, tapi ternyata justru memiliki kemampuan terbesar dalam menyisihkan senyawa N dan P serta TDS dalam medium hidupnya. Kepadatan awal eceng gondok dalam B2 adalah 1,618.40 gram/m<sup>2</sup> (Tabel 2.). Secara



Gambar 2. Level Tom dan TSS pada *batch culture* eceng gondok

Tabel 6. Konstanta laju orde pertama reduksi nutrient dalam *batch culture* yang diamati

No	Parameter	Kontrol (B1) k (per hari)	B2 k (per hari)	B3 k (per hari)	B4 k (per hari)
1	Konduktifitas (μS/cm)	0.025	0.045	0.058	0.067
2	TDS (mg/L)	0.025	0.046	0.060	0.069
3	N-NH <sub>3</sub> (mg/L)	0.048	0.145	0.158	0.052
4	N-NO <sub>2</sub> (mg/L)	-0.179	1.030	1.005	1.134
5	N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	0.049	0.219	0.448	0.434
6	TN (mg/L)	0.000	0.267	0.226	0.270
7	TP (mg/L)	0.500	0.688	0.795	0.660

umum, diestimasikan bahwa eceng gondok ini sangat baik dalam hal menyisihkan parameter yang diamati dengan urutan TDS>TN>N-ammonia>N-nitrat>TP masing-masing dengan rerata eliminasi berturut-turut 15,8 kg TDS; 2,6 kg TN; 0,554 kg N-ammonia; 0,295 kg N-nitrat; dan 0,100 kg TP untuk setiap kg eceng gondok yang tumbuh dalam luasan satu meter persegi dalam sehari (Tabel 7).

maupun bak yang ditumbuhi eceng gondok sepanjang pengamatan. Bak kontrol yang hanya berisi konsorsium alga memiliki level TSS tertinggi sedangkan bak B3 dengan kepadatan optimum memiliki level TSS terendah.

Secara umum kinerja bak yang ditanami eceng gondok ini sangat potensial untuk pengolahan limbah kolam resirkulasi pemeliharaan ikan. Diestimasikan bahwa

Tabel 7. Kemampuan eliminasi senyawa N, P dan TDS untuk setiap kilogram eceng gondok yang tumbuh dalam satu meter persegi setiap hari

Bak	gr N-NH <sub>3</sub> /kg/m <sup>2</sup> /hari	gr N-NO <sub>2</sub> /kg/m <sup>2</sup> /hari	gr N-NO <sub>3</sub> /kg/m <sup>2</sup> /hari	gr TN/kg/m <sup>2</sup> /hari	gr TP/kg/m <sup>2</sup> /hari	gr TDS/kg/m <sup>2</sup> /hari
B2	899	118	316	3,455	132	17,198
B3	216	88	297	2,457	83	15,383
B4	545	70	273	1,931	84	14,772

## KESIMPULAN

Kepadatan eceng gondok yang ideal adalah bak B3 (2.436,51 gram/m<sup>2</sup>) karena menghasilkan penambahan densitas yang paling tinggi (147,13 gram/m<sup>2</sup>) dibandingkan bak B2 dan B1. Secara umum bak berisi eceng gondok ini paling efektif menyisihkan turbiditas (94,28%-100%), N-nitrit (98,21%-98,93%), TP (92,86%-93,62%), N-nitrat (58,33%-83,33%), TN (59,46%-66,06%), N-ammonia (18,82%-46,88%) dan konduktivitas (16,34%-23,54%). Bak kontrol maupun bak yang ditumbuhi eceng gondok dalam semua variasi kepadatan terbukti tidak efektif sama sekali menyisihkan material organik. Reduksi mengikuti kinetika reaksi order pertama dengan laju tertinggi dijumpai pada reduksi N-nitrit dan urutan kedua adalah reduksi TP teramati pada semua bak yang ditumbuhi eceng gondok.

Level DO, pH, turbiditas, konduktivitas dan TDS yang diamati selama 4 hari observasi pada jam 09.00-09.30; 12.00-12.30 dan 16.00-16.30 menunjukkan pola dimana kontrol >B2>B3>B4. Kecuali untuk turbiditas, pengamatan pada sore hari menunjukkan bahwa level parameter tersebut selalu lebih tinggi dibandingkan siang hari dan paling rendah pada pagi hari. Kisaran level TOM relatif hampir sama baik pada bak kontrol

eceng gondok ini sangat baik dalam hal menyisihkan konstituen pencemar dengan urutan sbb: TDS>TN>N-ammonia>N-nitrat>TP masing-masing dengan rerata eliminasi berturut-turut 15,8 kg TDS; 2,6 kg TN; 0,554 kg N-ammonia; 0,295 kg N-nitrat; dan 0,100 kg TP untuk setiap kg eceng gondok yang tumbuh dalam luasan satu meter persegi dalam sehari. Agar potensi aplikasi eceng gondok ini pada perairan eutrofik dapat lebih terungkap sebaiknya juga dilakukan penelitian serupa terkait implementasinya secara langsung dalam sistem terkontrol yang diletakkan secara in situ di perairan eutrofik.

## DAFTAR PUSTAKA

- APHA / American Water Work Association / Water Environment Federation. 1995. *Standard methods for examination of water and wastewater*, 19<sup>th</sup> ed, Washington DC, USA, ISBN.0875532233 DDC:628.161
- Canadian Council of Ministers of the Environment. 1999. Dissolved Oxygen (Freshwater). Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.page:1-6
- Ghaly, A.E, Kamal, M., & Mahmoud, N.S., 2005. Phytoremediation of aquaculture wastewater for water

- recycling and production of fish feed. *Environment International* 31 (2005) 1-13. Science direct. Elsevier.
- Li, W., & Li Z., 2009. In situ Removal from Aquaculture Wastewater by Aquatics Vegetable *Ipomoea Aquatica* on Floating Beds. *Water science & Technology*. IWA Publishing 2009. doi:10.2166.
- Ruenglertpanyakul, W., Attasat, S., & Wanichpongpan, P., 2004. Nutrient Removal from Shrimp Farm Effluent by Aquatic Plants. *Water sci. Technol.* 50(6),321-330.
- Sooknah, R.D., & Wilkie, A.C.2004. `Nutrient Removal by Floating Aquatic Macrophytes Cultured in Anaerobically Digested Flushed Dairy Manure Wastewater, *Ecological Engineering*,22:27-42.
- Snow, A.M., & Ghaly, AE., 2008. A Comparative Study of the Purification of Aquaculture Wastewater Using Water Hyacinth, Water Lettuce and Parrot's Feather. *American Journal of Applied Sciences* 5 (4):440-453.ISSN 1546-9239.
- Jafari, N., 2010. Ecological and Socio-Economic Utilization of Water Hyacinth (*Eichornia crassipes* Mart Solms). *J.Appl.Sci.Envirn.Manage.* Vol 14 (2) ;43-49. JASEM ISSN 1119-8362
- Utang, P.B., & Akpan, H.E., 2012. Water Quality Impediments to Sustainable Aquaculture Development Along selected Segments of the New Calabar River, Niger Delta, Nigeria. *Research Journal of Environmental and earth Sciences* 4 (1):34-40.ISSN:2041-0492. Maxwell Scientific Organization.
- Weiner, E.R., (2008). *Applications of Environmental Aquatic Chemistry. A Practical Guide.* Second edition. CRC Press. Taylor and Francis Group.
- Wetzel, R.G., (2001). *Limnology.* 3 th Ed. W.B. Saunders College Company Publishing. Philadelphia. London. 743 p.
- Schneider, O., Seret, V., Edin, E.H., & Verreth, J.A.J., 2005. Analysis of Nutrient Flows in Integrated Intensive Aquaculture Systems. *Aquac. Eng.* 32, 379–401
- Schulz, C., Gelbrecht, J., & Rennert, B., 2003 Treatment of Rainbowtrout Farm Effluents in Constructed Wetland with Emergent Plants and Subsurface Horizontal Water Flow. *Aquaculture* 217,207–221
- Siddiqui, S.A., 2003 Wastewater Treatment Technology in Aquaculture. *World Aquac.* 34, 49–52.