

# Kemampuan Beberapa Tumbuhan Air dalam Menurunkan Pencemaran Bahan Organik dan Fosfat untuk Memperbaiki Kualitas Air

## Ability Aquatic Plants to Reduce Organic Matters and Phosphate Pollution for Improve Water Quality

LISMINING PUJIYANI ASTUTI DAN INDRIATMOKO

Balai Riset Pemulihan Sumber Daya Ikan, Kementerian Kelautan dan Perikanan  
lisminingastuti@gmail.com

### ABSTRACT

*Aquatic plants are important part of aquatic ecosystem that can be used as an phytoremediation agent, trapping organic matter in eutrophic waters as well as cleaning and controlling heavy metal pollution, pesticides and oil. The aim of research to assess the ability of some aquatic plants to organic matter and phosphate reduction for improve water quality. Research conducted at the Greenhouse of Institution Research for Fishes Resources Rehabilitation in May 2016. The study using factorial completely randomized and all treatment were conducted in triplicate. Aquatic plants are used Azolla sp., Spirodela sp., Duckweed (Lemna sp.), Salvinia sp., Water lettuce (Pistia sp), and water hyacinth (Eicchornia crassipes). Water media used are high stock solution of organic matter derived from fish farming waste water containing undigested, food, faeces and urine of fish. Water sampling was conducted on day 0 (T<sub>0</sub>), 2<sup>nd</sup> (T<sub>2</sub>), 5<sup>th</sup> (T<sub>5</sub>) and 9<sup>th</sup> (T<sub>9</sub>) after planting. The results showed that the total organic matter) and P-PO<sub>4</sub> significantly different based on day of sampling, while the aquatic plant treatment significantly different at P-PO<sub>4</sub> concentration, but not significantly different from the organic matter. However, based on the percentage change showed that the wood lettuce (Pistia sp) capable of lowering the BOT and P-PO<sub>4</sub> as much as 55.52% and 60.62%, and the water hyacinth can lower both BOT and P-PO<sub>4</sub> as much as 23.38 % and 92.68%. Relative growth rate (RGR) was higher in the aquatic plants that tend to be small as Spirodela sp, Lemna sp and with doubling time (DT) is relatively short. Water hyacinth plants tend to have a lower RGR values and DT are relatively long. The value of RGR and DT related to the availability of nutrients.*

**Keywords:** Aquatic Plants, Water Quality, Relative Growth Rate (RGR), Doubling Time (DT)

### ABSTRAK

Tumbuhan air merupakan bagian penting dari ekosistem perairan yang dimanfaatkan sebagai agen fitoremediasi, perangkap bahan organik di perairan eutrofik serta membersihkan dan mengontrol pencemaran logam berat, pestisida dan minyak. Tujuan penelitian untuk mengkaji kemampuan beberapa tumbuhan air dalam mengurangi pencemaran bahan organik dan fosfat dalam upaya memperbaiki kualitas perairan. Penelitian dilakukan di laboratorium rumah kaca Balai Riset Pemulihan Sumberdaya Ikan pada bulan Mei 2016. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan tiga ulangan. Tumbuhan air yang digunakan *Azolla sp.*, *Spirodela sp.*, Mata lele (*Lemna sp.*), Kiambang (*Salvinia sp.*), Kayu apu (*Pistia sp.*), dan Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes*). Media air yang digunakan adalah larutan stok tinggi bahan organik berasal dari air limbah budidaya ikan yang mengandung sisa pakan yang tidak tercerna, feses dan urin ikan. Pengambilan sampel air dilakukan pada 0 hari (T<sub>0</sub>), 2 hari (T<sub>2</sub>), 5 hari (T<sub>5</sub>) dan 9 hari (T<sub>9</sub>) setelah penanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan organik total (BOT) dan P-PO<sub>4</sub> berbeda nyata pada perlakuan hari, sementara perlakuan jenis tumbuhan air berbeda nyata pada konsentrasi P-PO<sub>4</sub> namun tidak berbeda nyata pada BOT. Persentase perubahan menunjukkan bahwa kayu apu mampu menurunkan BOT dan P-PO<sub>4</sub> sebesar 55,52% dan 60,62% serta eceng gondok mampu menurunkan BOT dan P-PO<sub>4</sub> sebesar 23,38% dan 92,68%. Nilai *relative growth rate* (RGR) lebih tinggi pada tanaman air yang cenderung kecil seperti *Lemna sp* dan *Spirodela sp* dengan *doubling time* (DT) yang relatif pendek. Tanaman eceng gondok cenderung mempunyai nilai RGR rendah dan DT yang relatif lama. Besarnya nilai RGR dan DT berkaitan dengan ketersediaan nutrisi.

**Kata kunci:** Tumbuhan Air, Kualitas Air, Relative Growth Rate (RGR), Doubling Time (DT)

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tumbuhan air adalah tumbuhan yang tumbuh di air atau sebagian besar siklus hidupnya di air dan merupakan salah satu bagian penting dari ekosistem perairan. Kehadiran tumbuhan air dalam jumlah tertentu/terbatas dan perkembangan populasinya terkendali akan membentuk mikrohabitat yang dibutuhkan oleh ikan sebagai tempat berlindung, mencari makan (*feeding ground*), memijah (*spawning ground*) dan mengasuh anakan (*nursery ground*).

Selain berfungsi menciptakan mikrohabitat bagi ikan, tumbuhan air juga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas perairan. Manfaat tumbuhan air sebagai agen pembersih lingkungan sudah tidak diragukan lagi, namun demikian apabila populasi tumbuhan air telah mengalami *blooming* akan menjadikannya sebagai gulma air. Tumbuhan air mempunyai kemampuan sebagai agent fitoremediasi, akumulator logam berat dan bio filter. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan termasuk pepohonan, rerumputan dan tumbuhan air. Pencucian diartikan penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan menjadi bentuk yang tidak berbahaya<sup>(1)</sup>. Teknologi fitoremediasi ini mudah, murah dan memberikan efek negatif yang kecil. Bahkan teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk lokasi KJA dengan memanfaatkan tumbuhan air yang dapat berfungsi sebagai pakan ikan sekaligus sebagai penyerap nutrisi yang berlebih seperti jenis *Lemna sp.*<sup>(2)</sup>.

Tumbuhan air juga bermanfaat sebagai perangkap bahan organik pada perairan eutrofik serta mempunyai sifat *luxury uptake* yaitu mampu menyerap zat atau nutrisi tertentu melebihi kebutuhannya<sup>(3)</sup>. Tumbuhan air juga dapat berfungsi untuk membersihkan dan mengontrol pencemaran oleh logam berat, pestisida dan minyak<sup>(4)</sup>. Eceng gondok (*Eicchornia crassipes*) mempunyai kemampuan dalam menyerap ion logam seperti cadmium (Cd), timbal (Pb) dan besi (Fe), senyawa organik dari suatu larutan, menurunkan TSS dan BOD<sup>(5,6,7)</sup>.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan beberapa tumbuhan air untuk mengurangi bahan organik dan fosfat dalam upaya memperbaiki kualitas perairan.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium rumah kaca Balai Riset Pemulihan Sumberdaya Ikan pada bulan Mei 2016. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan tiga ulangan. Faktor dalam penelitian ini adalah jenis tumbuhan dan hari. Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

#### 1. Pembuatan larutan stok air tinggi bahan organik

Larutan stok tinggi bahan organik berasal dari air limbah budidaya ikan yang mengandung sisa pakan yang tidak tercerna, feses dan urin ikan. Pembuatan stok air limbah dengan pemeliharaan ikan sebanyak 3 kg ikan nila dalam kolam tertutup yang volumenya sekitar 1000 L. Ikan diberi pakan berupa pellet sebanyak 90 g per hari. Pemberian pakan dilakukan berturut-turut tanpa pemindahan sisa pakan dan feses ikan dari dasar kolam yang digunakan. Setelah air kelihatan keruh, berbau, berwarna hitam maka dilakukan uji kadar bahan organik total. Stok air tinggi bahan organik kemudian didistribusikan ke dalam 21 kolam kaca berdimensi 30 x 30 x 40 cm ( p x l x t) masing-masing sebanyak 30 L. Kolam kaca yang digunakan dilapisi plastik gelap untuk mencegah paparan cahaya matahari sehingga mengurangi potensi pertumbuhan alga.

#### 2. Penanaman tumbuhan air

Pemilihan tumbuhan sebagai penyerap nutrisi yang potensial berdasarkan kriteria yaitu (1) kecepatan tumbuh yang tinggi, (2) dapat memproduksi biomassa yang besar dalam luasan tertentu, (3) dapat menimbun nutrisi yang banyak, (4) relatif mudah dipanen, (5) mempunyai kandungan nutrisi yang cukup untuk dimanfaatkan sebagai pakan dan pupuk<sup>(3)</sup>. Berdasarkan hal tersebut maka, tumbuhan air yang terpilih untuk digunakan dalam penelitian ini meliputi *Azolla sp.*, *Spirodela sp.*, Mata lele (*Lemna sp.*), Kiambang (*Salvinia sp.*), Kayu apu (*Pistia sp.*), dan eceng gondok (*Eicchornia crassipes*). Tanaman yang akan digunakan dalam penelitian dibersihkan menggunakan air bersih mengalir untuk menghilangkan partikel pengotor dan alga yang memungkinkan berkontribusi dalam peningkatan bias data. Tanaman yang sudah dibersihkan kemudian di inisiasi dalam air bersih selama 3 hari sebelum ditempatkan di kolam kaca untuk pengujian. Setelah itu tumbuhan air ditempatkan ke kolam kaca dengan ulangan 3. Pengambilan sampel air dilakukan pada 0 hari (saat penanaman), 2, 5

dan 9 hari setelah penanaman. Parameter kualitas air yang diamati adalah oksigen terlarut menggunakan *Water quality chekcer*, bahan organik total (BOT) dengan metode kalium permanganat dan P-PO<sub>4</sub> dengan metode asam askorbat.

## 2.2. Analisis Data

Perhitungan *relative growth rate* (RGR)<sup>(8,9)</sup> untuk mengetahui laju pertumbuhan harian yang berdasarkan persamaan :

$$RGR = (\ln MT_2 - \ln MT_1)/(T_2-T_1).....(1)$$

Perhitungan *doubling time* (DT) yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menjadi dua kali lipat biomasnya<sup>(8,9)</sup>.

$$DT = \ln 2/RGR.....(2)$$

Keterangan

RGR	: <i>relative growth rate</i> (g/hari)
T	: Waktu
MT <sub>1</sub>	: biomassa pada saat T <sub>1</sub>
MT <sub>2</sub>	: biomassa pada saat T <sub>2</sub>
DT	: <i>Doubling time</i> (hari)

Persentase perubahan

$$\% \text{ perubahan} = \frac{(C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{C_{\text{awal}}} \times 100..... (3)$$

Keterangan:

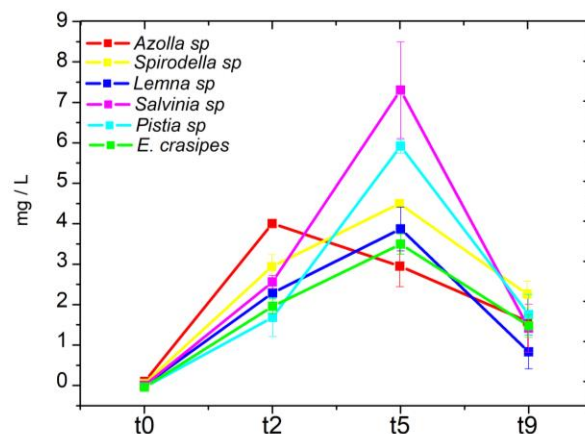
C <sub>awal</sub>	: konsentrasi awal sebelum perlakuan
C <sub>akhir</sub>	: konsentrasi akhir sesudah perlakuan
Nilai (-)	menunjukkan penurunan dan (+) menunjukkan peningkatan

Selanjutnya untuk mengetahui beda nyata perlakuan pada kualitas air pada masing-masing jenis tumbuhan air dan hari dianalisis dengan uji anova dengan tingkat kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple range test* (DMRT).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Kualitas Air (O<sub>2</sub>, P-PO<sub>4</sub>, Bahan Organik Total)

Oksigen terlarut merupakan indikator pencemaran lingkungan perairan. Oksigen yang tinggi menandakan perairan yang baik, sebaliknya oksigen yang rendah menandakan adanya pencemaran perairan. Keberadaan oksigen terlarut sangat penting dalam ekosistem perairan untuk menunjang kehidupan organisme di dalamnya<sup>(10)</sup>.



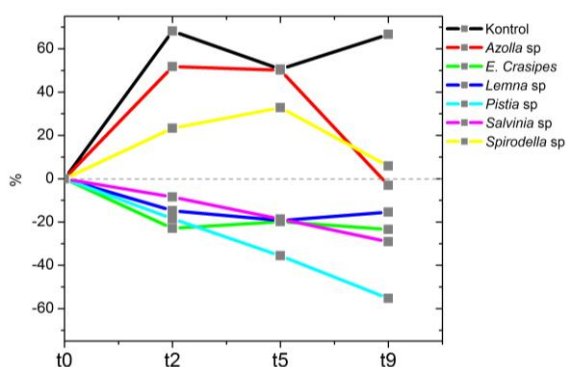
Gambar 1. Nilai DO air yang digunakan selama perlakuan

Pengamatan terhadap perubahan konsentrasi oksigen terlarut selama perlakuan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai oksigen terlarut (DO) hingga titik optimum T<sub>5</sub> untuk hampir semua tanaman air yang digunakan kecuali *Azolla sp* yang mencapai titik optimum DO pada T<sub>2</sub> (Gambar 1). Penurunan nilai DO diduga karena sebagian tumbuhan air telah menutupi perairan sehingga organisme kecil lainnya tidak mampu berfotosintesis. Tanaman air yang digunakan sebagai tumbuhan uji merupakan tumbuhan air mengapung sehingga produksi oksigen dari fotosintesisnya akan ke udara atmosfer. Dan juga ada sebagian biomassa dari tumbuhan air telah mati yang menyebabkan peningkatan bahan organik perairan. Pada pemanfaatan eceng gondok dan kayu apu mengalami peningkatan DO berturut-turut 0,4 – 2,8 mg/L dan 1,0 – 2,6 mg/L<sup>(11)</sup>.

Pengamatan nilai bahan organik total (BOT) dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang bervariasi antar tanaman air yang digunakan. Masing-masing tanaman air menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam merespon bahan organik. Tumbuhan tidak secara langsung menyerap bahan organik namun tumbuhan air memberikan kondisi yang memungkinkan terjadinya proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Gambar 2 menunjukkan konsentrasi bahan organik pada media tanaman uji. Konsentrasi bahan organik meningkat pada perlakuan kontrol sedangkan tanaman *Azolla sp* dan *Spirodela sp* cenderung berfluktuasi dan pada T<sub>9</sub> lebih tinggi dibanding T<sub>0</sub>. Terjadi peningkatan persentase perubahan BOT pada kolam kontrol (Gambar 3) dari kondisi awal (T<sub>0</sub>) hingga T<sub>9</sub>. Hal ini menunjukkan selama perlakuan, proses dekomposisi masih terus berlangsung. Terjadi fluktuasi peningkatan BOT pada T<sub>2</sub> dan T<sub>5</sub> pada tanaman uji *Azolla sp* dan *Spirodela sp*. yang artinya bahwa tanaman tersebut kurang mampu berkontribusi secara

signifikan untuk mengurangi total bahan organik. Diduga tanaman *Azolla* sp dan *Spirodela* sp berukuran relatif kecil dan pertumbuhan cepat<sup>(28,29)</sup>, sehingga sebagai tanaman yang mati menjadi sumber bahan organik perairan. Fenomena ini menunjukkan bahwa tanaman air berukuran kecil dan telah menutupi sebagian permukaan perairan akan menghambat proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Adanya perbedaan konsentrasi awal bahan organik ( $t_0$ ) pada kisaran 15 – 30 mg/L diduga karena air limbah dari kolam ikan masih mengandung butiran sisa pakan yang yang merupakan sumber bahan organik dan belum terdekomposisi.

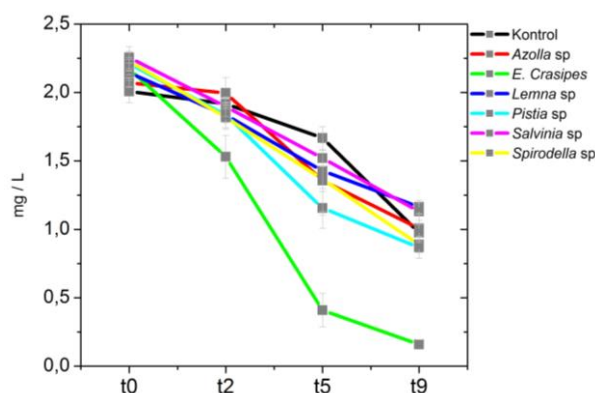
Penurunan persentase BOT dari nilai awal diketahui terjadi pada penggunaan tanaman *Lemna* sp., *Salvinia* sp., *Pistia* sp., dan *Eichhornia crassipes*. Namun demikian, diantara ke empat tanaman tersebut yang penurunannya paling tinggi adalah *Pistia* sp (55,52%) kemudian *Salvinia* sp (29,35%) yang lebih rendah dari 86,53%<sup>(25)</sup>. dan *Eichhornia crassipes* (23,38%) dan yang terakhir *Lemna* sp (15,51%) sehingga *Pistia* sp dapat direkomendasikan sebagai tanaman air yang secara signifikan mampu mereduksi bahan organik dalam perairan. *Pistia* sp dapat menurunkan BOD limbah batik yaitu dari 582 mg/L menjadi 208 mg/L selama sembilan hari pengamatan<sup>(27)</sup>. Eceng gondok mampu mengurangi pencemaran oleh zat organik<sup>(12)</sup>. Penurunan BOD juga dapat disebabkan oleh proses fitodegradasi yaitu penyerapan kontaminan organik pada air limbah yang melewati rhizospere oleh akar dan mengalami penguraian melalui proses metabolik dalam tumbuhan<sup>(25)</sup>.



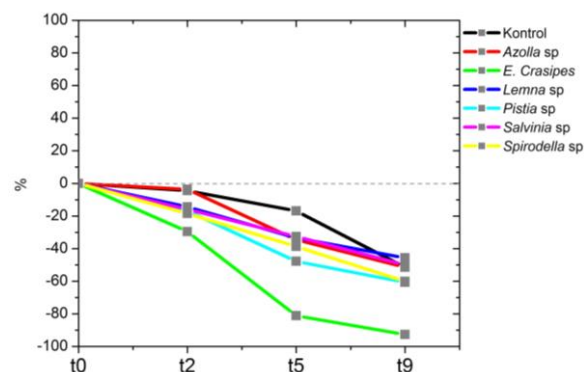
Gambar 2. Persentase perubahan bahan organik total

Secara alami, fosfat sendiri merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan bagi tanaman dalam pertumbuhan<sup>(13)</sup>. Salah satu nutrisi hasil dekomposisi bahan organik adalah P-PO<sub>4</sub>. Konsentrasi P-PO<sub>4</sub> pada saat awal cukup tinggi mencapai > 2 mg/L yang menunjukkan

perairan bersifat eutrofik. Tanaman eceng gondok mampu mengurangi P-PO<sub>4</sub> hingga di bawah 0,25 mg/L (Gambar 4). Penurunan P-PO<sub>4</sub> pada T<sub>9</sub> tanaman eceng gondok mencapai 92,68% dan paling tinggi diantara tanaman uji lainnya kemudian *Pistia* sp mencapai 60,75% (Gambar 5). Eceng gondok mampu mengurangi total fosfor hingga 98,5%.<sup>(11)</sup>. Efisiensi penurunan fosfor oleh eceng gondok berkisar 72 – 85%<sup>(14)</sup>. Dalam 1 kg eceng gondok mampu menyerap 5,0 mg/L P-PO<sub>4</sub><sup>(15)</sup>. Ini berarti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mempunyai kemampuan yang signifikan dalam mengurangi konsentrasi fosfat yang ada dalam perairan. Eceng gondok mampu menyerap logam berat, kontaminan organik dan nutrisi dari kolom air<sup>(16)</sup>. *Pistia stratoites* mampu menurunkan P-PO<sub>4</sub> dari 47,5 mg/L menjadi 12,4 mg/L selama 30 hari atau penurunannya sekitar 73,9%<sup>(17)</sup>. Sementara tumbuhan *Spirodela* sp mampu menurunkan P-PO<sub>4</sub> sebesar 60,14% selama 9 hari dan jenis *Spirodela oligorrhiza* mampu menurunkan total fosfor limbah peternakan babi sebesar 89,4% setelah delapan minggu pemeliharaan pada kolam percobaan dengan media limbah ternak babi<sup>(18)</sup>. *Spirodela oligorrhiza* merupakan jenis *Spirodela* yang tahan pada perairan bernutrisi tinggi, suhu rendah dan menghasilkan protein yang tinggi<sup>(18)</sup>.



Gambar 3. Konsentrasi P-PO<sub>4</sub> selama penelitian



Gambar 4. Persentase perubahan P-PO<sub>4</sub> selama penelitian

Hasil uji beda nyata perlakuan hari dan jenis tumbuhan menunjukkan bahwa perlakuan hari memberikan signifikansi yang nyata pada konsentrasi P-PO<sub>4</sub> dan BOT. Perlakuan hari terjadi perbedaan yang sangat nyata pada hari ke-9 (untuk P-PO<sub>4</sub> dan BOT) dan berbeda nyata pada hari ke 5 untuk BOT (Tabel 1). Sementara perlakuan tumbuhan air memberikan signifikansi yang nyata pada konsentrasi P-PO<sub>4</sub> namun tidak berbeda nyata pada konsentrasi BOT (Tabel 2). Pada T<sub>9</sub> menunjukkan konsentrasi P-PO<sub>4</sub> dan BOT dengan nilai terkecil dibandingkan pada T<sub>0</sub>, T<sub>2</sub> dan T<sub>5</sub>. Hal ini diduga bahwa semakin lama waktunya maka semakin terdekomposisi bahan organiknya sehingga BOT semakin kecil dan hasil dekomposisi telah dimanfaatkan oleh tumbuhan sehingga P-PO<sub>4</sub> juga semakin kecil. Perlakuan tumbuhan air menunjukkan bahwa konsentrasi P-PO<sub>4</sub> pada jenis eceng gondok berbeda sangat nyata dengan tumbuhan uji lainnya. Ini menunjukkan jenis eceng gondok mampu menyerap P-PO<sub>4</sub> lebih baik dibanding tumbuhan uji lainnya.

Tabel 1. Hasil uji DMRT perlakuan hari

No	Hari	P-PO <sub>4</sub>	BOT
1	0	2,156 <sup>b</sup>	27,455 <sup>b</sup>
2	2	1,833 <sup>b</sup>	26,879 <sup>b</sup>
3	5	1,273 <sup>b</sup>	26,158 <sup>ab</sup>
4	9	0,884 <sup>a</sup>	23,667 <sup>a</sup>

Keterangan: huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT 5%

Tabel 2. Hasil uji DMRT perlakuan tumbuhan air

No	Tumbuhan air	P-PO <sub>4</sub>
1	Kontrol	1,642 <sup>b</sup>
2	<i>Eicchornia crassipes</i>	1,068 <sup>a</sup>
3	<i>Salvinia</i> sp	1,705 <sup>b</sup>
4	<i>Pistia</i> sp	1,517 <sup>b</sup>
5	<i>Lemna</i> sp	1,643 <sup>b</sup>
6	<i>Azolla</i> sp	1,608 <sup>b</sup>
7	<i>Spirodela</i> sp	1,576 <sup>b</sup>

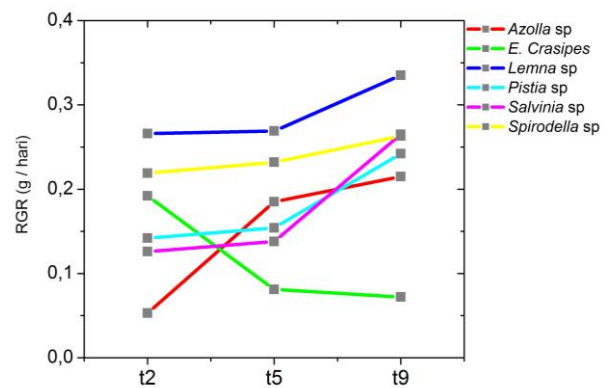
Keterangan: huruf yang sama menunjukkan tidak ada beda nyata pada uji DMRT 5%

Berdasarkan persentase perubahan dan hasil uji Anova dan DMRT menunjukkan bahwa jenis *Pistia* sp mampu menurunkan bahan organik dengan persentase 55,52% dan P-PO<sub>4</sub> sebesar 60,62%; eceng gondok mampu menurunkan P-PO<sub>4</sub> sebesar 92,68% selama 9 hari serta berbeda nyata dengan tanaman uji lainnya maka jenis eceng gondok dan *Pistia* sp dapat direkomendasikan menjadi tumbuhan air yang mampu memperbaiki kualitas air. *Pistia* sp dapat menurunkan orthofosfat limbah deterjen sebesar 15,35% pada hari ke 6<sup>(26)</sup> dan 39,5% selama 14 hari<sup>(30)</sup> dan ini lebih rendah dari hasil penelitian ini yang mencapai 40% pada hari ke lima. Perbedaan ini diduga karena konsentrasi orthofosfat awal lebih tinggi penelitian ini yaitu >

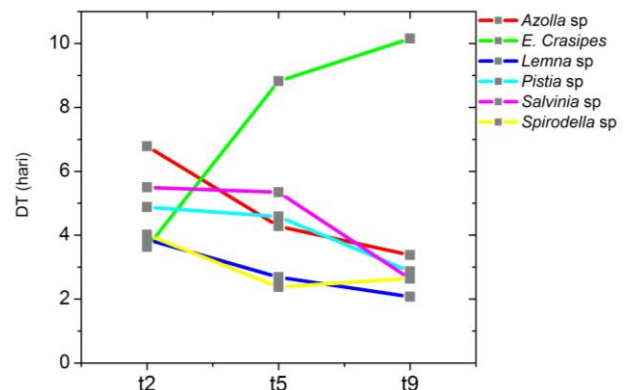
2 mg/L. Tanaman genjer (*Limnocharis flava* L) mampu menurunkan konsentrasi fosfat limbah deterjen sebesar 31,8 % selama 14 hari yaitu dari konsentrasi 2,90 mg/L menjadi 1,98 mg/L<sup>(30)</sup>. Kondisi akar, morfologi tanaman yang baik dan nilai pH perairan berpengaruh pada penyerapan fosfat<sup>(26,30)</sup>. pH yang baik untuk penyerapan fosfat adalah 6 – 7, apabila nilai pH lebih tinggi ataupun lebih rendah dari nilai 6-7 maka penyerapan P dapat terganggu<sup>(30)</sup>.

### Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman air yang digunakan selama penelitian ini dihitung berdasarkan biomasa (g) pada kondisi awal (T<sub>0</sub>) hingga T<sub>9</sub>.



Gambar 6. Besarnya nilai *relative growth rate* (RGR) tumbuhan air uji



Gambar 7. *Doubling time* (DT) tumbuhan air uji

Secara umum, laju pertumbuhan relatif (RGR) tanaman uji mengalami peningkatan kecuali eceng gondok (Gambar 6). Perlambatan pertumbuhan pada tanaman pada umumnya berkorelasi positif terhadap menurunnya asupan nutrisi pada media tanam yang dalam penelitian ini adalah air media yang digunakan<sup>(19)</sup>. Hal tersebut juga menunjukkan kecepatan serap tanaman dalam menyerap nutrisi dalam air. Nilai RGR yang tinggi menunjukkan kemampuan tumbuh yang besar masing-masing tanaman selama perlakuan. Nilai RGR yang tinggi pada

tanaman *Lemna* sp, *Spirodela* sp, dan *Salvinia* sp. *Salvinia* sp merupakan jenis tumbuhan air yang dapat tumbuh baik apabila didukung dengan intensitas cahaya tinggi, suhu lebih tinggi dan kecukupan nutrisi terutama nitrogen dan fosfor. Kondisi eutrofik yang kaya akan nutrisi dapat mempercepat pertumbuhan dan kolonisasi<sup>(20)</sup>. Besarnya nilai *doubling time* (DT) secara umum menurun, kecuali eceng gondok (Gambar 7), yang diduga berkaitan dengan ketersediaan nutrisi.

*Azolla* sp merupakan tumbuhan air mengapung, ukuran daun kecil, tersebar di daerah tropis dan sub tropis. Pertumbuhan *Azolla* sp termasuk cepat dengan *doubling time* (DT) berkisar 2 - 5 hari<sup>(21)</sup>; 4,9 hari<sup>(22)</sup> dan nilai selama penelitian berkisar 3,3 – 6,7 hari. Peningkatan fosfor dan kerapatan tumbuhan dapat mengakibatkan peningkatan sporulasi yaitu pembentukan spora pada sel induk yang akhirnya spora berkembang menjadi individu baru. Konsentrasi fosfor 0,06 ppm cukup untuk pertumbuhan *Azolla* sp secara sustain di laboratorium, namun di lapangan membutuhkan fosfor 0,3 – 1 ppm<sup>(21)</sup>. Konsentrasi P-PO<sub>4</sub> pada T<sub>9</sub> sekitar 1 mg/L sehingga cukup untuk pertumbuhan *Azolla* sp.

*Lemna* sp merupakan tumbuhan air monokotil yang kecil, bunga sangat sederhana pertumbuhan cepat, serta mengapung bebas di perairan air tawar dan menjadi tanaman indikator untuk mengkaji pencemaran perairan<sup>(2,18)</sup>. Nilai RGR *Lemna* sp berkisar 0,266 – 0,335 dengan DT berkisar 2,1 – 3,9 hari dan tidak jauh berbeda dari nilai RGR berkisar 0,153 – 0,539 g/hari dengan DT berkisar 1,34 – 4,54 hari<sup>(18)</sup> dan nilai DT hampir sama dengan 3,8 hari<sup>(22)</sup>. Jenis *Spirodela* sp mempunyai nilai DT berkisar 2,4 – 4,0 hari tidak jauh beda dari nilai 2,7 hari<sup>(22)</sup>.

Laju pertumbuhan spesifik eceng gondok di delta Sungai Nil pada bulan April – Mei adalah 0,004 g/hari dengan total biomassa 196 – 960

g/m<sup>2</sup> dan menurun menjadi 0,001 g/hari ketika terjadi peningkatan total biomassa menjadi 1088 g/m<sup>2</sup>. Rendahnya laju pertumbuhan relatif eceng gondok pada saat terjadi peningkatan biomassa diduga karena adanya naungan sendiri akibat padat atau terjadi kompetisi intraspesifik untuk cahaya dan ruang. Pertumbuhan eceng gondok dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, kerapatan tanaman, cahaya dan musim. Penelitian di Chiba, Jepang menunjukkan bahwa eceng gondok mempunyai nilai RGR lima kali lebih besar dan nilai DT empat kali lebih cepat dimusim panas daripada musim dingin<sup>(23)</sup>. Selain itu penambahan pupuk dapat meningkatkan kesuburan sehingga meningkatkan nilai RGR menjadi delapan kali lebih tinggi dan nilai DT menjadi lima kali lebih pendek. Beberapa nilai DT eceng gondok berkisar antara 10 – 64 hari di bendungan di Mexico<sup>(24)</sup>; sekitar 13,8 hari<sup>(22)</sup> dan hasil penelitian ini berkisar 3,6 – 10,15 hari.

Tumbuhan air mengapung yang kecil seperti *Azolla*, *Lemna*, *Pistia* dan *Spirodela* mempunyai *doubling time* yang lebih kecil atau sama dengan jenis *Egeria densa* sebesar 5-12 hari, *Egeria najas* sebesar 7 – 27 hari dan *Ceratophyllum demersum* sebesar 15 – 51 hari. Keuntungan tumbuhan air mengapung adalah cahaya tidak menjadi faktor pembatas sementara untuk tumbuhan air sub merged terdapat efek naungan<sup>(22)</sup>. Beberapa nilai RGR dan DT dari beberapa penelitian yang dirangkum oleh Pistori *et al* (2004) tersaji pada Tabel 3. Nilai RGR *Salvinia* sp selama penelitian berkisar 0,126 – 0,265 g/hari. Nilai DT *Salvinia* sp adalah 2,6 – 5,5 hari yang tidak jauh berbeda dengan nilai 5,9 hari<sup>(22)</sup> dan lebih cepat dibanding hasil laboratorium<sup>(8)</sup>. Nilai RGR *Pistia* sp berkisar 0,142 – 0,242 g/hari lebih besar dibanding hasil laboratorium<sup>(8)</sup>. Nilai DT *Pistia* sp berkisar 2,9 – 4,9 hari dan lebih cepat dibanding hasil laboratorium<sup>(8)</sup>.

Tabel 3. Nilai RGR dan DT beberapa tumbuhan air<sup>(8)</sup>

No	Tumbuhan air	RGR	DT	Keterangan	Referensi
1	<i>Salvinia molesta</i>	0,059	8,6	Lapangan	Michell & Tur (1975)
2	<i>Salvinia molesta</i>	0,5	1,4	Lapangan	Finlayson (1984)
3	<i>Salvinia molesta</i>	0,20-0,11	3,5 – 7,1	Lapangan	Rubim & Camargo (2001)
4	<i>Salvinia molesta</i>	0,07 – 0,01	9,9-69,3	Laboratorium	Usha Rani & Bhambie (1983)
5	<i>Salvinia molesta</i>	0,031 - 0,01	22,4 – 69,3	Laboratorium	Henry-Silva <i>et al.</i> (2002)
6	<i>Eichhornia crassipes</i>	0,025 - 0	27,7	Laboratorium	Henry-Silva <i>et al.</i> (2002)
7	<i>Eichhornia crassipes</i>	0,06-0,01	11,6 - 69,3	Laboratorium	Reddy & DeBusk (1984)
8	<i>Pistia stratoites</i>	0,18 – 0,003	3,9 - 231	Laboratorium	Reddy & DeBusk (1984)
9	<i>Pistia stratoites</i>	0,031- 0	22,4	Laboratorium	Henry-Silva <i>et al.</i> (2002)
10	<i>Egeria densa</i>	0,063 – 0,009	12 - 194	Laboratorium	Pistori <i>et al.</i> (2004)

#### 4. KESIMPULAN

Tumbuhan air mempunyai manfaat sebagai fitoremediator untuk perbaikan lingkungan perairan. Kemampuan kayu apu (*Pistia* sp) dan eceng gondok (*Eicchornia crassipes*) dalam menurunkan bahan organik total secara berturut-turut sebesar 55,52% dan 23,38% serta penurunan P-PO<sub>4</sub> sebesar 60,62% dan 92,68% lebih tinggi dari kemampuan *Salvinia* sp, *Lemna* sp dan *Spirodela* sp. Nilai *relative growth rate* (RGR) lebih tinggi pada tanaman air yang cenderung kecil seperti *Lemna* sp dan *Spirodela* sp dengan *doubling time* (DT) yang relatif pendek. Tanaman eceng gondok cenderung mempunyai nilai RGR rendah dan DT yang relatif lama. Besarnya nilai RGR dan DT berkaitan dengan ketersediaan nutrisi. Berdasarkan penelitian ini, tumbuhan air yang efektif menurunkan bahan organik dan fosfat perairan adalah kayu apu dan eceng gondok.

#### PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan hasil dari kegiatan Penelitian Pemulihan Populasi dan Rehabilitasi Habitat Sumber Daya Ikan, Daya Dukung dan Daya Pulih Perairan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum pada sub kegiatan Penelitian Uji Serap Polutan Organik oleh Bahan Aktif Tanaman Air, Pengendalian Eceng Gondok dan Uji Kelayakan Smart KJA tahun anggaran 2016.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator (*Phytoremediation and Potency of Hyperaccumulator Plants*). *Hayati* 12 (1) : 35 – 40.
2. Umarudin, J. Nur, A. Wulandari, M. Izzati. 2015. Efektivitas Tanaman Lemna (*Lemna perpusilla* Torr) Sebagai Agen Fitoremediasi Pada Keramba Jaring Apung (KJA) Disekitar Tanjungmas Semarang. *Bioma* 17 (1): 1-8.
3. Erlania. 2010. Pengendalian limbah budidaya perikanan melalui pemanfaatan tumbuhan air dengan sistem *constructed wetland*. *Media Akuakultur Vol 5 (2)*: 129-137.
4. Zhanga, B.Y., J.S. Zhenga, R.G. Sharp. 2010. *Phytoremediation in Engineered Wetlands: Mechanisms and Applications*. *International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference (ISEIS)*. *Procedia Environmental Sciences 2* : 1315- 1325
5. Haider, S.Z. Malik, K.M.A, and Rahman, M.M. (1984). Mechanism of absorption of chemical species from aqualons medium by water hyacinth and prospects of its utilization. *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Conference on Water Hyacinth. Hyderabad, India: 7-11*.
6. Ajayi, Tolu Olufunmilayo dan Atoke Olaide Ogunbayo. 2012. Achieving Environmental Sustainability In Wastewater Treatment By Phytoremediation With Water Hyacinth (*Eicchornia Crassipes*). *Journal of Sustainable Development* 5 (7).
7. Indrasti, Nastiti Siswi., Suprihatin, Burhanudin dan Aida Novita. 2006. Penyerapan Logam Pb Dan Cd Oleh Eceng Gondok : Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Lama Waktu Kontak. *J. Tek. Ind. Pert.* 16(1) : 44-50
8. Pistori, RETI., Camargo, Henry Silva. 2004. Relative Growth Rate and Doubling Time of the Submerged Aquatic Macrophyte *Egeria densa* Planch. *Acta Limnol. Bras.* 16 (1): 77-84
9. Zhou, X., G. Wang, F Yang. 2011. Characteristics of growth, nutrient uptake, purification effect of *Ipomoea aquatica*, *Lolium multiflorum*, and *Sorghum sudanense* grown under different nitrogen levels. *Desalination* 273 : 366–374
10. Davis, J.C. 1975. Minimal dissolved oxygen requirements of aquatic life with emphasis on Canadian species: a review. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 32, 2295-2332
11. Sooknah, RD., AC Wilkie. 2004. Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. *Ecological Engineering* 22: 27–42
12. Ratnani, RD., I. Hartati. L. Kurniasari. 2011. Pemanfaatan eceng gondok (*Eicchornia crassipes*) untuk menurunkan kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*), pH, bau, dan warna pada limbah cair tahu. *Momentum* 7(1) : 41 – 47
13. Minardi, S. 2013. Kajian Terhadap Pengaturan Pemberian Air Dan Dosis Tsp Dalam Mempengaruhi Keragaan Tanaman Jagung (*Zea mays*. L.) Di Tanah Vertisol. *Sains Tanah-Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 2(1): 35-40
14. Kutty, SRM., SNI Ngatenah, MH Isa, A. Malakahmad. 2009. Nutrients Removal from Municipal Wastewater Treatment Plant Effluent using *Eichhornia crassipes*. *World*

- Academy of Science, Engineering and Technology International. *Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering 3 (12): 414- 419*
15. Wang, H., H. Zhang, G. Cai. 2011. An application of phytoremediation to River pollution remediation. *Procedia Environmental Sciences: 3rd International Conference on Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT 2011) 10:1904-1907.*
  16. Villamagna, AM and BR. Murphy. 2010. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review . *Freshwater Biology 55: 282–298.*
  17. Fonkou, T, P Agendia, I. Kengne, A Akoa and J Nya. 2002. Potentials of water lettuce (*Pistia stratiotes*) in domestic sewage treatment with macrophytic lagoon systems in Cameroon. *Proceedings of International Symposium on Environmental Pollution Control and Waste Management (EPCOWM'2002) :709-714.*
  18. Xu, J., G. Shen . 2011. Growing duckweed in swine wastewater for nutrient recovery and biomass production. *Bioresour Technology 102 : 848–853.*
  19. Agren, G.I., 2008. Stoichiometry and nutrition of plant growth in natural communities. *Annual review of ecology, evolution, and systematics, 153-170.*
  20. Oliver, JD. 1993. A Review of the Biology of Giant Salvinia (*Salvinia molesta* Mitchell). *J. Aquat. Plant Manage 31: 227-231.*
  21. Sadeghi, R., R. Zarkami, K. Sabetraftar, P. Van Damme. 2013. A review of some ecological factors affecting the growth of *Azolla spp.* *Caspian J. Env. Sci. 2013, Vol. 11 (1): 65~76.*
  22. Bianchini Jr, I., MB Cunha-santino, JAM Milan, CJ Rodrigues, JHP Dias. 2015. Model parameterization for the growth of three submerged aquatic macrophytes . *J. Aquat. Plant Manage 53: 64–73.*
  23. Eid, EM., and KH. Shaltout. 2016. Population dynamics of *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solms in the Nile Delta, Egypt. *Plant Species Biology : 1-12* doi: 10.1111/1442-1984.12154.
  24. Gutiérrez, E.L., E.F. Ruiz , E.G. Uribe, J.M. Martínez. 2001. Biomass and Productivity of Water Hyacinth and Their Application in Control Programs. *Biological and Integrated control of water hyacinth, Eicchornia crassipes. ACIAR Proceeding 102. 109 – 119.*
  25. Rahmawati, A., B. Zaman, Purwono. 2016. Kemampuan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) dalam menyisihkan bod dan fosfat pada limbah domestik (grey water) dengan sistem fitoremediasi secara kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 5 (4) : 1-10.*
  26. Dewi, R.K, WR Melani, A. Zulfikar. 2018. Efektivitas dan efisiensi fitoremediasi orthofosfat pada deterjen menggunakan kiambang (*Pistia stratiotes*). *jurnal.umrah.ac.id. 1-10 diakses 2 Maret 2018*
  27. Hernayanti & E. Proklamasiningsih. 2008. Fitoremediasi limbah cair batik menggunakan kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) Sebagai upaya untuk memperbaiki kualitas air. *Jurnal Pembangunan Pedesaan Vol. IV (3):165 – 172.*
  28. Sudjana, B. 2014. Penggunaan *Azolla* untuk pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ilmiah Solusi Vol. 1 (2): 72-81.*
  29. Bahri, S. 2010. Fitoremediasi timbal (Pb) dalam air tercemar oleh tumbuhan air great duckweed (*Spirodela polyrhiza*). *Jurnal Teknik Hidraulik Vol. 6 (2): 95 – 192*
  30. Hermawati, E., Wiryanto, Solichatun. 2005. Fitoremediasi Limbah Detergen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L. ) dan Genjer (*Limnocharis flava* L.). *BioSMART 7(2): 115-1.*