

SISTEM FLOATING TREATMENT WETLANDS (FTW's) SKALA LAB DALAM MENURUNKAN NUTRIEN DAN PADATAN TERSUSPensi PADA LIMBAH KOTORAN TERNAK

Riky Kurniawan dan Cynthia Henny

Pusat Penelitian Limnologi-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Kompleks CSC-LIPI Jl. Raya Jakarta Bogor km. 46 Cibinong, Kabupaten Bogor 16911

riky.kurniawan@limnologi.lipi.go.id

ABSTRAK

*Floating treatment wetlands (FTW's) merupakan salah satu cara pengolahan limbah di perairan yang sedang trend saat ini. FTW's terdiri dari tersusun dari tanaman-tanaman emergent (mencuat dengan akar menempel pada substrat) yang ditempatkan pada bak-bak yang mengapung di badan air yang berfungsi untuk pengolahan air. Tanaman kana (*Canna sp.*), Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan Melati air (*Echinodorus palaefolius*) telah diuji pada sistem Floating Treatment Wetlands (FTW's) sebagai pereduksi nutrisi dan padatan tersuspensi pada kolam-kolam pengujian yang berisi air limbah kotoran ternak yang dikomposkan. Parameter yang diamati selama masa perlakuan ± 2 bulan adalah parameter nutrisi (Total Fosfor (TP) dan Total Nitrogen (TN)), parameter padatan tersuspensi (TSS) dan parameter biomassa tanaman air (berat basah dan berat kering). Efisiensi reduksi konsentrasi TP pada tanaman Kana, Vetiver dan Melati air yaitu sebesar 55%, 61,2%, dan 50,24%. Sedangkan efisiensi reduksi konsentrasi TN pada tanaman Kana, Vetiver dan Melati air yaitu sebesar 79,64%, 61,28% dan 58,88%. Kemudian efisiensi reduksi konsentrasi TSS pada tanaman Kana, Vetiver dan Melati air yaitu sebesar 64%, 43% dan 40,60%. Adanya kecenderungan peningkatan pertumbuhan tanaman air Kana, Vetiver dan Melati air pada bak-bak percobaan yang terjadi sejalan dengan kecenderungan penurunan kadar TP, TN, dan TSS pada air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa ketiga tanaman air ini dapat digunakan sebagai media penyerapan nutrisi dan padatan terlarut yang cukup efektif pada sistem Floating Treatment Wetlands (FTW's).*

Kata kunci: *Floating treatment wetlands (FTW's), Canna sp., Vetiveria zizanioides, Echinodorus palifolius*

PENDAHULUAN

Teknologi pengolahan air limbah terus berkembang baik yang dilakukan berbasis proses kimia, fisika maupun biologi. Dari teknologi pengolahan air berbasis biologi salah satunya adalah sistem lahan basah buatan, yang telah dikenal sebagai teknologi tepat guna dalam mengatasi permasalahan pencemaran. Prinsip utama sistem pengolahan ini memanfaatkan potensi dari sumber daya alam yang telah tersedia seperti air, tanah, tanaman, mikroorganisme, dan lain - lain. Sistem lahan basah buatan menggunakan mikroorganisme dan tanaman untuk menciptakan keanekaragaman hayati dan keseimbangan estetis (Meutia dan Awalina, 2004). Sistem ini juga mampu untuk memperbaiki kualitas perairan dengan cara yang sangat akrab dengan lingkungan dan berkesinambungan (Meutia, 2000).

Secara umum, ada dua jenis lahan basah (*Constructed wetlands*) yang sudah dikenal yaitu aliran horizontal permukaan (*surface flow*) dan aliran bawah permukaan (*vertical subsurface flow*) (Meutia dan Awalina, 2004). Namun, saat ini telah berkembang pula istilah lahan basah terapung (*Floating Treatment Wetlands*). Sistem *Floating Treatment Wetlands* (FTW's) tersusun dari tanaman-tanaman *emergent* (mencuat dengan akar menempel pada substrat) yang ditempatkan pada bak-bak yang mengapung di badan air yang berfungsi untuk pengolahan air dan estetika (Wang *et al.*, 2014). Selain itu, perakaran tanaman yang menggantung di dalam kolom air akan mengambil nutrisi langsung dari perairan (Keizer-vlek *et al.*, 2014).

Floating Treatment Wetlands (FTW's) juga memberikan banyak keuntungan bagi ekosistem perairan antara lain menjadi tempat *feeding ground* (mencari makan), *nursery ground* (mengasuh) dan *refuge ground* (perlindungan) bagi ikan-ikan yang ada di perairan tersebut. Hal ini dikarenakan tanaman yang tumbuh pada FTW's memiliki perakaran yang rimbun dan menjadi tempat berkumpulnya banyak organisme akuatik. Sistem ini juga dapat menjadi salah satu alternatif untuk memecahkan masalah eutrofikasi yang terjadi pada perairan terutama di wilayah perkotaan karena tidak memerlukan lahan yang besar dan luas. FTW's juga memiliki kelebihan dibandingkan *Constructed wetlands* karena dapat mengikuti fluktuasi tinggi muka air dan dapat diaplikasikan pada lokasi-lokasi yang memiliki keterbatasan lahan, khususnya di kota-kota besar (Keizer-vlek *et*

al., 2014). Winston *et al.* (2013) juga menyatakan sistem FTW's berfungsi sebagai sistem hidroponik, dimana tanaman dan mikroba tumbuh pada media terapung dan menyerap nutrisi untuk tumbuh bersama-sama.

Tumbuhan air adalah tumbuhan yang hidup dalam air dan memiliki organ yang teradaptasi dengan lingkungan perairan, atau tumbuhan yang tumbuh dekat dengan atau di badan air, terendam sebagian, maupun seluruh tubuhnya (Uno *et al.*, 2001). Tumbuhan air termasuk salah satu komponen biologi pada ekosistem danau yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan (Sunanisari *et al.*, 2008). Tumbuhan air dapat menurunkan kadar pencemar secara langsung yaitu dengan menyerap unsur-unsur pencemar sebagai sumber nutrisi atau secara tidak langsung dengan menjadi media tumbuh bagi mikroorganisme yang akan mengurai bahan pencemar serta memasok oksigen untuk proses-proses penguraian yang bersifat anaerobik (Sunanisari *et al.*, 2008).

Kana (*Canna sp.*), Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan Melati air (*Echinodorus palaefolius*) merupakan jenis tumbuhan air yang termasuk ke dalam tipe *emergent* (mencuat) yaitu tumbuhan air yang hidup tumbuh di dasar perairan dan sebagian dari tubuhnya muncul di atas permukaan air. Secara morfologi tipe *emergent* lebih mudah bertahan hidup pada air yang berarus dibandingkan tipe lainnya, karena akarnya yang menempel pada substrat akan menahannya untuk tetap berada di posisi semula sedangkan batang dan daunnya mencuat di atas permukaan air tidak akan terlalu dipengaruhi oleh arus. Perakaran tumbuhan air Kana (*Canna sp.*), Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan Melati air (*Echinodorus palaefolius*) yang rimbun dapat mengurangi kecepatan aliran air sehingga padatan yang tersuspensi mempunyai kesempatan untuk mengendap.

Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan sistem FTW's dalam menurunkan nutrisi dan padatan tersuspensi yang terkandung dalam limbah kotoran sapi menggunakan tumbuhan air Kana (*Canna sp.*), Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan Melati air (*Echinodorus palaefolius*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan penggunaan sistem FTW's untuk mengatasi masalah pencemaran di perairan.

METODE PENELITIAN

Sistem FTW's dalam skala lab telah dilakukan di Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, Cibinong. Penelitian dilakukan dari bulan Februari-Maret 2015. Sistem ini terdiri atas tiga bak yang terbuat dari fiber yang masing-masing telah diberi limbah kotoran ternak, sedangkan satu bak dijadikan sebagai kontrol. Bak yang digunakan berukuran 80 x 80 x 100 cm³. Tumbuhan air yang digunakan pada penelitian ini antara lain Kana (*Canna sp.*), Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan Melati air (*Echinodorus palaefolius*). Pada masing-masing bak diuji satu set FTW's yang berisi tanaman air, kecuali bak kontrol. Jumlah tanaman air yang ditanam pada masing-masing bak sebanyak 15 individu yang homogen (panjang batang dan akarnya relatif sama) (Gambar 1).



Gambar 1. Sistem *Floating Treatment Wetlands* (FTW's) Skala Lab pada Bak-Bak Percobaan

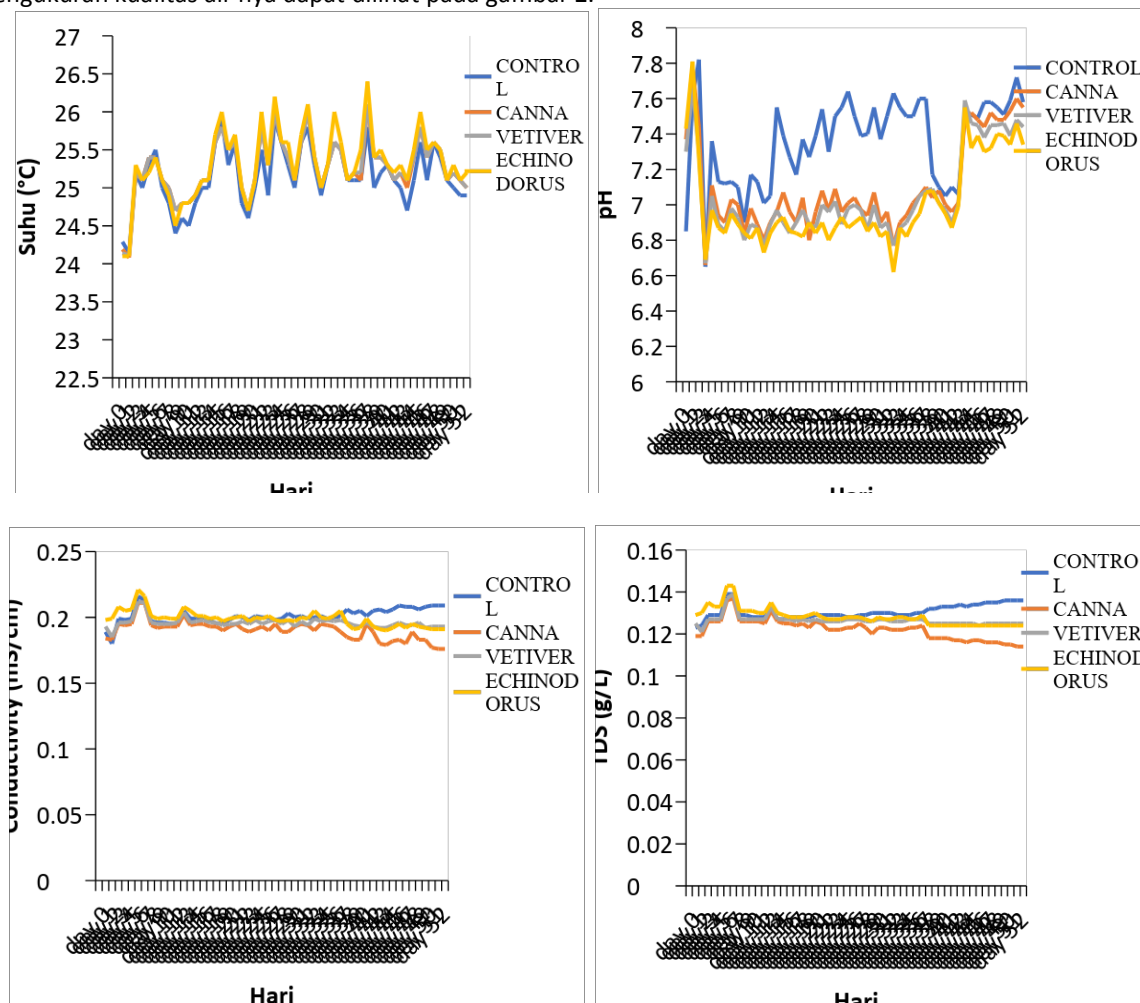
Pengukuran parameter kualitas air dilakukan secara *in situ* dan *ex situ*. Secara *in situ* yaitu menggunakan instrumen WQC (*Water Quality Checker*) YSI pro untuk pengukuran suhu, pH, konduktivitas, dan

TDS (*Total Dissolved Solid*) dengan dua kali pengulangan. Pengukuran *ex situ* yaitu analisis di laboratorium untuk parameter nutrisi (total fosfor (TP) dan total nitrogen (TN) dan parameter padatan tersuspensi (TSS) berdasarkan metode APHA (2005). Pengukuran kualitas air dilakukan setiap hari. Pengukuran parameter nutrisi (TP dan TN) dan padatan tersuspensi (TSS) dilakukan pada hari ke 0, 3, 6, minggu 2, minggu 3, minggu 4, minggu 5, minggu 6 dan minggu 7. Sementara pengukuran biomassa tanaman dilakukan pada saat awal penelitian dan akhir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• Pengukuran Kualitas Air pada Sistem *Floating Treatment Wetlands* (FTW's)

Pengukuran kualitas air dilakukan untuk melihat pengaruh sistem FTW's terhadap kualitas air. Beberapa parameter kualitas air yang diukur antara lain suhu, pH, konduktivitas, dan TDS. Untuk hasil pengukuran kualitas air nya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Distribusi nilai suhu, pH, konduktivitas dan TDS pada sistem FTW's

Hasil pengukuran suhu air pada uji coba sistem FTW's selama pengamatan menunjukkan pola cenderung terjadi kenaikan suhu dengan kisaran 24,1 – 26,2 °C (gambar 2). Pengukuran suhu dilakukan antara pukul 08.00 – 10.00 WIB setiap hari. Rata-rata nilai suhu berkisar 25,1 °C. Suhu berpengaruh dalam proses-proses yang terjadi di perairan seperti proses dekomposisi material organik, ketersediaan oksigen terlarut, dan kehidupan organisme-organisme akuatik (Paul dan Meyer, 2001).

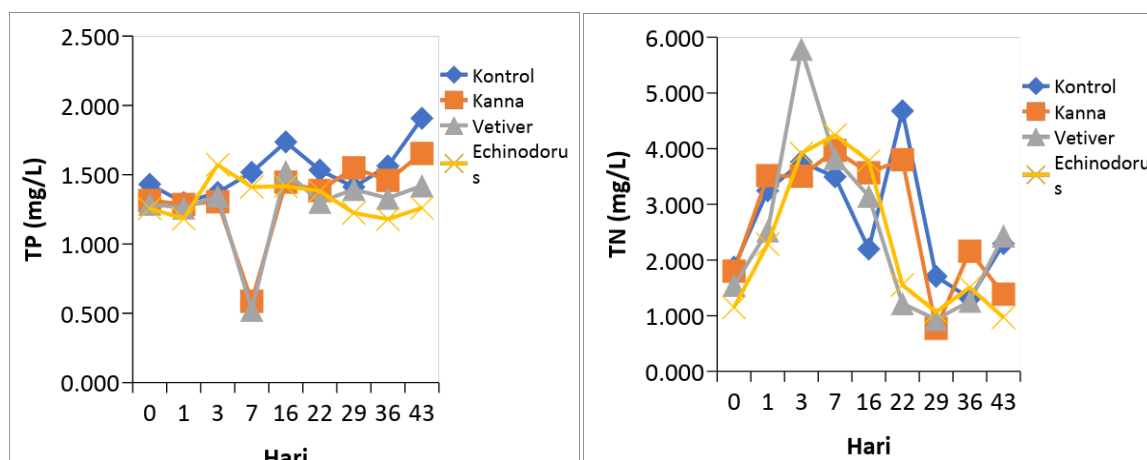
Hasil pengukuran pH pada sistem FTW's menunjukkan nilai pH normal dengan nilai yang terus menurun dari awal hingga pertengahan penelitian, kemudian meningkat kembali sampai nilai pH normal pada akhir penelitian (gambar 2). Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja tanaman yang berada dalam sistem berpengaruh cukup efektif. Nilai pH air sangat penting karena akan mempengaruhi proses penyerapan unsur hara oleh tanaman maupun proses perombakan bahan organik oleh mikroorganisme. Nilai pH merupakan faktor lingkungan yang memiliki fungsi sebagai faktor pembatas pada perairan.

Nilai konduktivitas pada sistem FTW's menunjukkan pola yang sama yaitu terjadi penurunan pada hari ke 40 hingga selesai (gambar 2). Nilai konduktivitas berkisar antara 0,176 – 0,221 mS/cm, dengan nilai rata-rata berkisar 0,198 mS/cm. Konduktivitas adalah gambaran kemampuan air dalam menghantarkan aliran listrik. Menurut Herliwati *et. al*, (2011), ikan dapat hidup layak pada perairan lunak (*soft waters*) dengan nilai konduktivitas antara 100-500 mS/cm dan pada perairan sadah (*hard waters*) batas ketahanan ikan pada nilai konduktivitas 2000 mS/cm.

Nilai TDS pada sistem FTW's menunjukkan pola yang sama yaitu terjadi penurunan pada hari ke 37 hingga selesai (Gambar 2). Nilai TDS berkisar antara 0,114 – 0,143 g/L, dengan nilai rata-rata berkisar 0,129 g/L. Berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 tentang baku mutu kandungan jumlah padatan terlarut pada perairan kelas dua yang dianjurkan adalah maksimal 500 mg/L. TDS adalah jumlah zat padat terlarut baik berupa ion-ion organik, senyawa, maupun koloid di dalam air (WHO, 2003). Nilai TDS berhubungan erat dengan nilai konduktivitas. Konsentrasi TDS yang terionisasi pada suatu perairan mempengaruhi konduktivitas perairan tersebut. Makin tinggi konsentrasi TDS yang terionisasi, maka makin besar pula konduktivitasnya. Limbah kotoran ternak mengandung unsur-unsur makro N, P, K. Unsur-unsur ini kemudian di dalam air akan terionisasi. Unsur N terionisasi dalam bentuk ion nitrat dan ion nitrit, unsur P terionisasi dalam bentuk ion fosfor dan unsur K terionisasi dalam bentuk ion kalium. Dalam bentuk ion-ion inilah kemudian terjadi penyerapan oleh akar-akar tumbuhan.

- Pengukuran efisiensi penyisihan nutrisi (TP dan TN) pada *Floating Treatment Wetlands* (FTW's)

Efisiensi penyisihan nutrisi (TP dan TN) yang terjadi pada ketiga bak penelitian sangat berfluktuasi (Gambar 3). Fluktuasi reduksi konsentrasi TP terbesar terjadi pada hari ke 7 pada bak yang berisi tanaman Kana, Vetiver dan Melati air yaitu sebesar 55%, 61,2%, dan 50,24%. Sedangkan fluktuasi reduksi konsentrasi TN terbesar terjadi pada hari ke 22 pada bak yang berisi tanaman Vetiver dan Melati air sebesar 61,28% dan 58,88%, kemudian pada hari ke 29 pada bak yang berisi tanaman Kana sebesar 79,64%. Reduksi konsentrasi TP lebih tinggi terjadi pada bak yang berisi tanaman Vetiver, Sedangkan reduksi konsentrasi TN lebih tinggi terjadi pada bak yang berisi tanaman Kana.



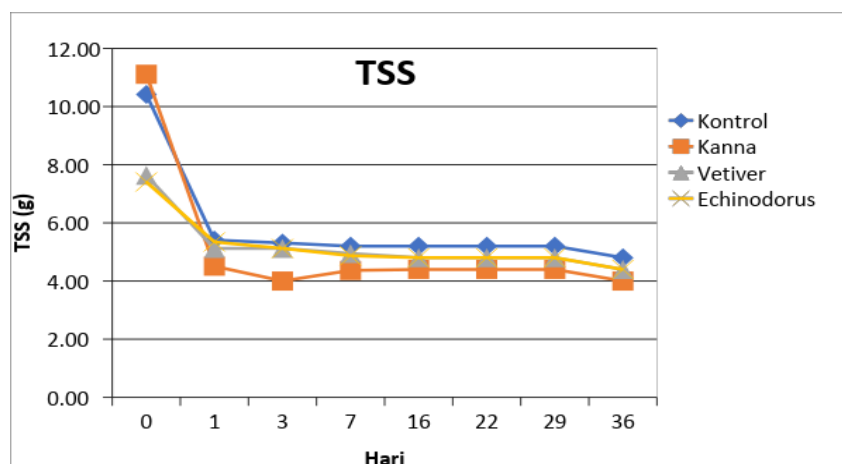
Gambar 3. Penurunan Kandungan TP dan TN pada Sistem FTW's

Fosfat merupakan senyawa yang memiliki kecenderungan terikat pada partikel sedimen dan cenderung mengendap ke dasar perairan, oleh karena itu kadarnya pada umumnya rendah (Goldman & Horne, 1983). Fosfat diperlukan dalam proses transfer energi dari luar ke dalam sel organisme, karena itu fosfat dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit (Mujiyanto, *et al*. 2011). Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Effendi, 2003). Nitrogen pada umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk nitrat dan direduksi menjadi senyawa organik (Sunanisari dkk, 2008).

Tumbuhan air yang berada pada bagian litoral perairan suatu danau memiliki peranan penting sebagai penyaring nutrisi yang berasal dari ekosistem daratan, sedangkan tumbuhan air yang berada pada badan air menyaring nutrisi yang ada di permukaan air. Berdasarkan hal tersebut, maka penurunan konsentrasi TP dan TN pada bak-bak sistem FTW's dapat dikaitkan dengan faktor penyerapan unsur P dan N oleh tanaman sebagai nutrisi yang dicirikan oleh adanya pertumbuhan tanaman (batang dan akar) yang terus bertambah. Unsur P dan N merupakan unsur makro yang dibutuhkan oleh tanaman (Sunanisari dkk, 2008).

- Pengukuran efisiensi penurunan padatan terlarut (TSS) pada *Floating Treatment Wetlands* (FTW's)

Padatan terlarut (TSS) merupakan salah satu komponen dalam perairan yang menjadi penyebab terjadinya turbiditas dalam perairan (Wetzel, 2001). Profil kandungan TSS setelah eksperimen FTW's juga menunjukkan penurunan yang signifikan. Untuk profil penurunan TSS dapat dilihat pada gambar 4.

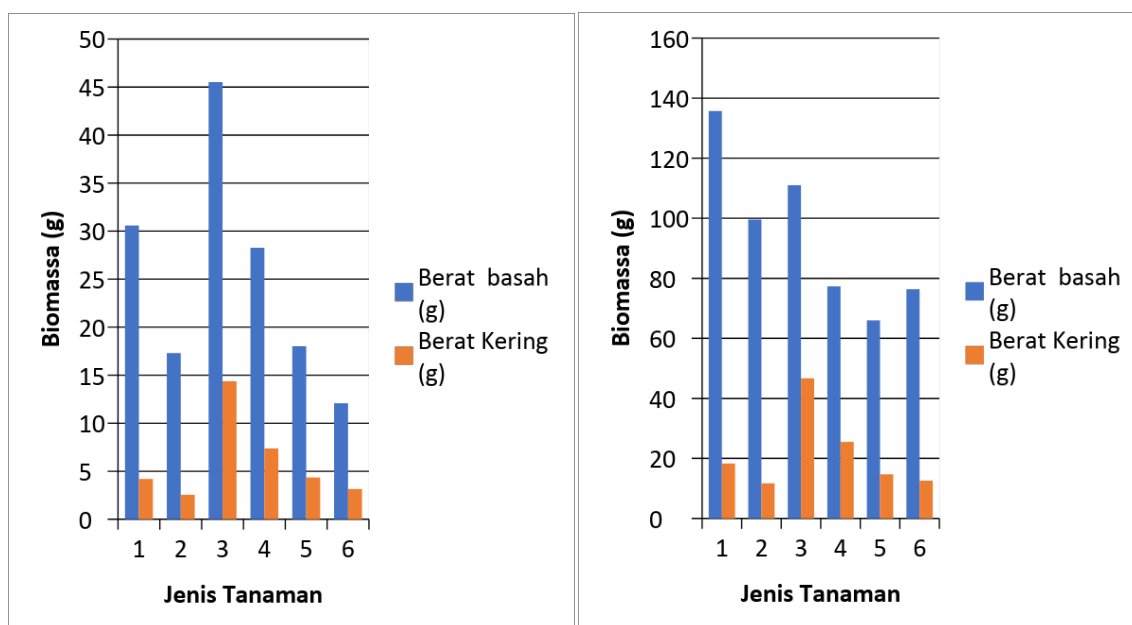


Gambar 4. Penurunan TSS pada Sistem FTW's

Pola penurunan kandungan TSS di bak eksperimen cukup tinggi. Penyisihan TSS oleh ketiga tanaman air secara keseluruhan menunjukkan hasil yang fluktuatif. Padatan tersuspensi (TSS) merupakan parameter yang paling banyak disisihkan yaitu mencapai 64% pada bak yang berisi tanaman Kana, 43% pada bak yang berisi tanaman Vetiver dan 40,60% pada bak yang berisi tanaman Melati air. Rata-rata nilai TSS menunjukkan penurunan drastis terutama pada bak yang berisi tanaman Kana.

- Pengukuran Biomassa (Berat Basah dan Berat Kering)

Pengukuran biomassa (daun, batang dan akar) tanaman di FTW's dilakukan untuk mengetahui berat basah dan berat kering tanaman pada awal penelitian dan akhir penelitian. Pertambahan biomassa pada daun dan batang terjadi pada tanaman Kana sebesar 77,04%, tanaman Melati air sebesar 70,39% dan tanaman Vetiver sebesar 69,21%. Sementara pertambahan biomassa pada akar terjadi pada tanaman Kana sebesar 78,2%, tanaman Melati air sebesar 75,01% dan tanaman Vetiver sebesar 71,13% (Gambar 5).



Gambar 5. Pertambahan Biomassa Tanaman Awal dan Akhir Penelitian pada Sistem FTW's

Pertambahan biomassa pada ketiga tanaman rata-rata hampir sama. Hal ini dikarenakan ketiga tanaman memiliki batang yang besar dan perakaran yang rimbun. Biomassa ketiga tanaman terus meningkat pada sistem FTW's, hal ini menunjukkan adanya pertumbuhan dari ketiga tanaman yang menandakan bahwa tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungannya. Berdasarkan hasil penelitian Girsang & Raskaria (2014) mengenai fitoremediasi pada limbah cair kertas, pertambahan biomassa pada tanaman Melati air dapat mencapai 104,9% selama 60 hari. Selain itu, tanaman ini juga dapat menurunkan kadar logam Pb dalam limbah cair kertas hingga mencapai 98,14%.

KESIMPULAN

- Sistem Floating Treatment Wetlands (FTW's) menggunakan tanaman Kana (*Canna* sp), Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) dan Melati Air (*Echinodorus palifolius*) mampu menurunkan konsentrasi total fosfor (TP), total nitrogen (TN) dan padatan terlarut (TSS).
- Reduksi konsentrasi TP pada tanaman Kana, Vetiver dan Melati air yaitu sebesar 55%, 61,2%, dan 50,24%. Sedangkan reduksi konsentrasi TN pada tanaman Kana, Vetiver dan Melati air yaitu sebesar 79,64%, 61,28% dan 58,88%.
- Reduksi konsentrasi TSS pada tanaman Kana, Vetiver dan Melati air yaitu sebesar 64%, 43% dan 40,60%. Reduksi konsentrasi TP lebih tinggi terjadi pada bak yang berisi tanaman Vetiver, Sedangkan reduksi konsentrasi TN lebih tinggi terjadi pada bak yang berisi tanaman Kana.
- Adanya kecenderungan peningkatan pertumbuhan tanaman air (batang, akar, biomassa) Kana, Vetiver dan Melati air pada bak-bak percobaan yang terjadi sejalan dengan kecenderungan penurunan kadar TP, TN, dan TSS pada air limbah menunjukkan bahwa tanaman air ini dapat digunakan sebagai media penyerapan nutrisi dan padatan terlarut yang cukup efektif pada sistem *Floating Treatment Wetlands* (FTW's).

DAFTAR PUSTAKA

- APHA, AWWA. 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 21th edition, Washington DC.
- Goldman, C. R. and A. J. Horne. 1983. *Limnology*. McGraw-Hill. Book Company. New York: 464 pp
- Headley, T. R. and Tanner, C. C. 2012. Constructed wetlands with floating emergent macrophytes: an innovative stormwater treatment technology. *Crit. Rev. Environmental Science Technologies*, 42 : 2261–2310
- Herliwati dan M. Rahman. 2011. Karakteristik Eko-Biologis Perikanan Beje di Kawasan Rawa Danau Bangkau Kalimantan Selatan. *Limnotek*, 18 (10): 26-37
- Keizer-Vlek, H. E., Piet F. M. Verdonchot, Ralf C. M. Verdonchot, Dorine Dekkers. 2014. The contribution of plant uptake to nutrient removal by floating treatment wetlands. *Ecological Engineering*, 73 : 684–690
- Meutia, A. A. 2000. Treatment of Laboratory Waste Water in Subsurface and Surface Flows of Tropical Constructed Wetlands. *7th International Conferences on Wetland Systems for Water Pollution Control, Vol. III*, University of Florida-International Water Association.
- Meutia, A. A. dan Awalina. 2004. Kemampuan Lahan Basah Tropis Buatan Jenis Aliran Vertikal Bawah Permukaan dalam Mengolah Limbah Industri Tepung Tapioka. *Limnotek*, 11 (2) : 57-63
- Mujiyanto, D. W. H. Tjahjo, Y. Sugiarti. Hubungan antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Konsentrasi N:P pada Daerah Keramba Jaring Apung (KJA) di Waduk Ir. H. Djuanda. *Limnotek*, 18 (1): 15-25
- Paul M. J., and Meyer J. L. 2001. Stream in Urban Landscape. *Annu Rev Ecol Syst* Vol 32: 333-365.
- Sunanisari, S., P. Tampubolon, E. Mulyana, Y. Mardiyati. 2008. Kemampuan Teratai (*Nymphaea* sp.) dan Ganggang (*Hydrilla verticillata*) dalam Menurunkan Kadar Nitrogen dan Phospor Air Limbah Pencucian Laboratorium Analisis Kimia. *Limnotek*, 15 (1) : 1-9
- Sunanisari S, A. B. Santoso, E. Mulyana, S. Nomosatryo, Y. Mardiyati. 2008. Penyebaran Populasi Tumbuhan Air di Danau Singkarak. *Limnotek*, 15 (2) : 112-119.
- Tanner, C. C. dan T. R. Headley. 2011. Components of Floating Emergent Macrophyte Treatment Wetlands Influencing Removal of Stormwater Pollutants. *Ecological Engineering*, 37 : 474–486
- Uno, G., R. Storey, R. Moore. 2001. *Principles of Botany*. McGraw-Hill. New York: pp. xvii + 552.
- Winston, R. J., William F. Hunt, Shawn G. Kennedy, Laura S. Merriman, Jacob Chandler, David Brown. 2013. Evaluation of Floating Treatment Wetlands as Retrofits to Existing Stormwater Retention Ponds. *Ecological Engineering*, 54 : 254– 265
- WHO. 2003. *Total dissolved solids in Drinkingwater*. Geneva Switzerland: World Health Organization.

Lampiran 1

Foto-foto Sistem Floating Treatment Wetlands (FTW's)

A. Kondisi tanaman pada saat awal penelitian (Kana, Vetiver, Melati air)



B. Kondisi tanaman pada saat akhir penelitian (Kana, Vetiver, Melati air)



C. Kondisi perakaran tanaman pada saat awal penelitian (Kana, Vetiver, Melati air)



D. Kondisi perakaran tanaman pada saat akhir penelitian (Kana, Vetiver, Melati air)

