

**STUDI PENGOLAHAN AIR SUNGAI TANGGULAN
SUB DAS CIKAPUNDUNG MENGGUNAKAN *FLOATING
TREATMENT WETLANDS* DENGAN POTENSI PARTISIPASI
MASYARAKAT SEKITAR**

***STUDY ABOUT TREATMENT OF TANGGULAN RIVER WATER
USING FLOATING TREATMENT WETLANDS WITH COMMUNITY
PARTICIPATION POTENTIAL***

***¹Annisa Satwika Lestari, ²Rofiq Iqbal, ³Prayatni Soewondo**

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesa 10 Bandung 40132
e-mail : ¹a.satwika.l@gmail.com, ²prayatnisoe@yahoo.com

Abstrak: Mayoritas penduduk Indonesia yang menempati wilayah bantaran sungai masih membuang air limbah domestiknya langsung ke sungai sehingga kualitas air sungai menurun drastis. Padahal air sungai merupakan salah satu sumber air utama yang dimanfaatkan sebagai air baku untuk air minum, misalnya air sungai Cikapundung di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung. Masyarakat di bagian timur sungai ini membuang air limbah domestiknya ke sungai tersebut, sementara masyarakat di bagian barat sungai menggunakan air sungai tersebut sebagai sumber air utama untuk kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci pakaian, peralatan dapur, bahkan bahan makanan. Hal inilah yang membuat sungai di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung ini menjadi perhatian utama dalam kebutuhan teknologi pengolahan air yang efektif dan tepat guna. Ketepatan teknologi ini juga harus meliputi partisipasi masyarakat. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efisiensi pengolahan floating treatment wetlands dengan 3 variasi tumbuhan dan potensi aplikasinya sebagai teknologi pengolahan air yang tepat guna di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung. Penelitian mengenai efisiensi pengolahan dari floating treatment wetlands (FTWs) yang memiliki 3 tipe tumbuhan, *Ipomoea reptans*, *Amaranthus tricolor*, dan *Lactuca sativa*, dilakukan dalam skala laboratorium dalam kondisi batch. Wawancara dan kuesioner dilakukan terhadap 34 orang dari 137 KK dengan tingkat kesalahan 0,16 untuk mengetahui tingkat partisipasi masyarakat di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia. Hasil efisiensi penyisihan rata-rata yang didapat mencapai lebih dari 45 % total suspended solids (TSS), 63 % chemical oxygen demand (COD), 84 % biological oxygen demand (BOD₅), 73 % Ammonium (NH₄⁺-N) dan 86 % ortofosfat (PO₄³⁻). Berdasarkan pengamatan didapat bahwa vegetasi dengan pengolahan terbaik adalah *I reptans*. Berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner, teknologi FTWs ini berpotensi untuk menjadi teknologi tepat guna dengan partisipasi masyarakat yang mungkin diaplikasikan untuk restorasi sungai Cikapundung.

Kata kunci: Floating Treatment Wetlands, sungai Cikapundung, organik, nutrien, *Ipomoea reptans*, *Amaranthus tricolor*, *Lactuca sativa*, partisipasi masyarakat

Abstract: Most of Indonesian people that live beside the river or around the river are discard their domestic wastewater directly to the river so the water quality in the river has decreased significantly. Despite, this case is happening in Cikapundung River, precisely at Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia. This case indicates that appropriate wastewater treatment technology is needed in this area. Objective of this research is to investigate if floating treatment wetlands was an appropriate technology for solving the problem in Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia. The treatment efficiencies of floating treatment wetlands (FTWs) containing three types of macrophytes, *Ipomoea reptans*, *Amaranthus tricolor*, and *Lactuca sativa*, were investigated in a laboratory scale study in batch experiments. There are also interview and questionnaire for 34 people from 137 families in Kampung Tanggulan to determined acceptance of the community for FTWs application. The result showed that removal efficiency of total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand

(COD), biological oxygen demand (BOD₅), ammonium (NH₄⁺-N) and orthophosphate (PO₄³⁺) are 45 %, 63 %, 84 %, 73 %, 86 % respectively for three types of macrophytes. According to observations, *I. reptans* is one of three macrophytes that have best performances in removing common parameter of wastewater. However, according to interview and questionnaire, there are large potential for FTWs to be an effective technology for river restoration in Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia with community participations.

Key word: Floating Treatment Wetlands, Cikapundung river, organics, nutrients, *Ipomoea reptans*, *Amaranthus tricolor*, *Lactuca sativa*, community participation

PENDAHULUAN

Air merupakan komponen yang sangat penting bagi kehidupan. Dalam kehidupan sehari-hari, air digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti minum, mandi, mencuci, memasak, kegiatan pertanian, peternakan, perindustrian dan kegiatan-kegiatan lainnya. Namun, penggunaan air ini menimbulkan dampak terhadap kualitas air terutama air permukaan seperti sungai (Crites, 2006).

Mayoritas penduduk Indonesia yang menempati wilayah bantaran sungai masih membuang air limbah domestiknya langsung ke sungai sehingga kualitas air sungai menurun drastis. Padahal air sungai merupakan salah satu sumber air utama yang dimanfaatkan sebagai air baku untuk air minum, misalnya air sungai Cikapundung di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung.

Sungai ini di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung berupa parit besar dengan panjang 103,5 m dan lebar 4-6 m seperti yang dapat dilihat pada **Gambar. 1**. Sungai ini terletak diantara 2 RT, yaitu RT.04 dan RT.07. Masyarakat di bagian timur sungai membuang air limbah domestiknya ke sungai tersebut, sementara masyarakat di bagian barat sungai menggunakan air sungai tersebut sebagai sumber air utama untuk kebutuhan sehari-hari seperti mandi, mencuci pakaian, peralatan dapur, bahkan bahan makanan. Hal ini lah yang membuat sungai di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung ini menjadi perhatian utama dalam kebutuhan pengolahan air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan untuk meningkatkan kualitas air sungai.



Gambar 1. Kondisi eksisting sungai (a) air sungai yang kotor, (b) efluen limbah domestik yang masuk ke sungai, (c) salah seorang warga menggunakan air sungai untuk mencuci pakaian

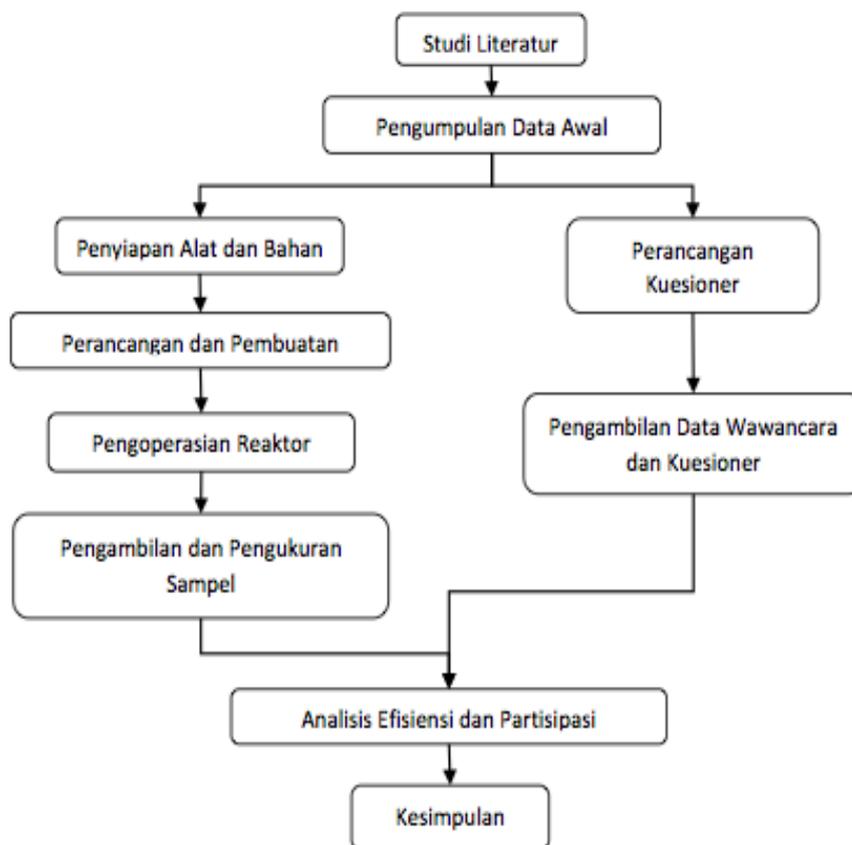
Salah satu alternatif teknologi yang dapat diterapkan adalah *Floating Treatment Wetlands* (FTWs). FTWs merupakan suatu konsep pengolahan yang mempekerjakan akar dari makrofit emergen yang tumbuh pada media yang terapung di permukaan air (Tanner dan Headley, 2011; Fonder dan Headley, 2010). Akar tanaman di bawah media terapung menyediakan area permukaan yang ekstensif untuk pertumbuhan biofilm yang terlekat dan penangkapan materi partikulat tersuspensi. Karena tanaman tidak tumbuh dan berakar di tanah seperti *constructed wetlands* jenis subsurface flow, tanaman akan dipaksa untuk menyerap nutrisi langsung dari kolom air yang dapat meningkatkan kecepatan dan jumlah elemen yang

diambil untuk pembentukan biomassa. Keterapungan dari FTWs ini juga membuat mereka dapat mentoleransi fluktuasi kedalaman air yang tinggi dan menyediakan kesempatan untuk meningkatkan kedalaman air yang ditampung untuk memperpanjang waktu detensi di *wetlands* (Tanner dan Headley, 2011).

FTWs yang dibuat secara artifisial telah digunakan untuk berbagai aplikasi dengan rentang terbatas, seperti untuk peningkatan kualitas air, peningkatan kualitas habitat, dan peningkatan estetika pada kolam dan danau. Makalah ini merangkum suatu eksperimen untuk memberikan penjelasan lebih dalam tentang kemampuan FTWs dalam menyisihkan kontaminan yang umum pada air limbah dan mengetahui aplikabilitasnya. Performa dari media terapung dan tanaman hidup akan dibandingkan dengan suatu kontrol dengan sistem *batch*. Secara rinci studi ini bertujuan untuk membandingkan pertumbuhan dan efisiensi penyisihan kontaminan dari tiga jenis tanaman berbeda (*Ipomoea reptans*, *Amaranthus tricolor*, dan *Lactuca sativa*). Kontaminan yang akan disisihkan adalah TSS, COD, BOD, Nitrogen (NH_4^+), dan Fosfat (PO_4). Selain itu juga dilakukan studi menggunakan wawancara dan kuesioner terhadap faktor ekonomi dan sosial yang berhubungan dengan aplikasi dan penerimaan masyarakat terhadap teknologi FTWs untuk mengetahui ketepatan penggunaannya di masyarakat wilayah sekitar sungai Cikapundung tepatnya di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia.

METODOLOGI

Metodologi penelitian ini meliputi studi literatur, pengumpulan data awal, pengumpulan data primer, analisis dan pengambilan kesimpulan. Metodologi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Metodologi Penelitian

Desain Sistem FTW

Studi dilakukan di Program studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Indonesia. Dua belas tanki yang identik dialokasikan untuk eksperimen FTWs. Setiap modul floating wetland (30 cm x 20 cm x 30 cm, panjang x lebar x tinggi) diberikan media terapung (float) yang dibatasi oleh frame yang terbuat dari pipa PVC untuk mendukung vegetasi dan media tanam (cocofiber dari cocopeat yang telah disaring seratnya). Tanaman akan ditanam melalui bibit tanaman berupa biji yang akan disemai selama 1 minggu langsung di atas media terapung yang diberi kapas untuk memudahkan pengamatan perkecambahan.

Jarak tanam yang digunakan adalah 10 cm dengan jumlah benih yang berbeda untuk tiap jenis tanaman berdasarkan penyesuaian dengan teknologi penanaman hidroponik(36 biji *I. reptans*, 0.12 gram biji *A. tricolor*, dan 3 biji *L. sativa*). Sebelum dimasukkan ke dalam tanki *floating wetlands*, air terlebih dahulu diendapkan dalam tanki pengendap. Tanki pengendap yang digunakan merupakan tong air bervolume 160 liter yang diberi lubang pada ketinggian

25 cm dari dasar tong. Dari tanki pengendap air dipindahkan ke tanki pengumpul (tanki 250 liter).

Desain Mode Operasi

Tiga set unit *floating wetlands* yang berupa kontaner plastik (3 reaktor *I. reptans* , 3 reaktor *A. tricolor*, 3 reaktor *L. sativa*, dan 3 kontrol) dipasang dengan kondisi *batch*. Tanki diisi dengan air sungai yang berasal dari Desa Tanggulan, Dago Pojok, Bandung sebanyak 10

L/ tanki. Sebelum air sungai diisikan pada tanki *floating wetlands* dilakukan pengendapan terhadap air sungai pada tanki pengendap selama 15 menit dan dipindahkan pada bak pengumpul lalu dimasukkan ke tanki *floating wetlands*. Setelah float diberi media, float dipasang pada 9 container *floating wetlands* yang akan ditanami dan 3 tanki lainnya tidak diberi float sebagai pembandingan atau kontrol. Sebagai tambahan pertumbuhan tanaman dimonitor dengan pengukuran pertumbuhan melalui panjang akar dan tinggi tanaman secara visual. Dalam operasi *batch*, *floating wetlands* tersebut dioperasikan dengan HRT 7 hari.

Analisis Kualitas Air

Sampel diambil secara rutin pada bak pengumpul yang telah diaduk untuk kualitas air inlet dan pada kedalaman 10 cm di tiap container *floating wetlands* untuk outlet. Setelah itu sampel air dianalisis segera untuk menentukan performa pengolahan dari parameter umum (TSS, BOD5, COD, NH₄⁺, dan PO₄³⁻). Parameter-parameter tersebut dianalisis sesuai dengan Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (Eaton, et al. 1995).

Wawancara, Kuesioner, dan Observasi Lapangan

Wawancara dan kuesioner dilakukan terhadap warga Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia untuk mengetahui pengetahuan, penerimaan, dan pendapat masyarakat mengenai aplikasi FTWs beserta jenis vegetasinya. Wawancara dilakukan terhadap warga RT.04 dan RT.07, RW.03, Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia yang berasal dari kepala keluarga (KK) yang berbeda. Penentuan jumlah sample dengan metode Taro Yamane (1967) dalam Ariva (2013), seperti terlihat pada **Persamaan (1)** berikut.

$$n = \frac{N}{1+N(e)^2}$$

Keterangan:

n=jumlah sampel yang diteliti

N= jumlah populasi atau Kepala Keluarga

E= tingkat kesalahan

Berdasarkan persamaan di atas didapat jumlah minimal sampel yang diambil adalah 34 sampel dari 137 KK dengan tingkat kesalahan 0,16. Selain itu dilakukan juga observasi terhadap kondisi sungai serta perilaku warga di sekitar sungai dalam pemanfaatan air sungai.

Analisis Data

Data hasil wawancara kuesioner dianalisa dengan menggunakan Statistical Program for Social and Science 17.01. Penyisihan untuk tiap unit dan vegetasi dianalisa dengan **Persamaan (2)**.

$$\eta = \frac{Co-Ce}{Co} \times 100\%$$

Keterangan:

η = Efisiensi penyisihan

Co= Konsentrasi awal (mg/l)

Ce= Konsentrasi akhir (mg/l)

Selanjutnya dilakukan analisis untuk membandingkan pengaruh vegetasi terhadap parameter kualitas air dan ketepatangunaannya di masyarakat Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan FTWs

Berdasarkan hasil wawancara dan kuesioner mengenai pengelolaan FTWs jika diaplikasikan di Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia didapat hasil bahwa 53,1% responden memiliki pengetahuan yang cukup mengenai penanaman *I. reptans*, *A. tricolor*, dan *L. sativa* dengan metode penanaman di tanah, sementara 46,9% lainnya tidak mengetahui cara penanaman ketiga jenis tanaman tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa potensi adanya warga berpengetahuan yang dapat turut mengelola FTWs menjadi lebih besar karena secara umum metode penanaman tumbuhan di tanah dan FTWs tidak jauh berbeda. Sebanyak 25% responden paham akan cara penanaman tanaman di FTWs sementara 75% lainnya tidak. Hal ini menunjukkan perlu dilakukannya sosialisasi tentang penanaman tanaman di FTWs sekalipun cara penanamannya tidak jauh berbeda dengan di tanah.

Sebanyak 100% dari responden menyatakan bahwa mereka mengonsumsi ketigajenis tumbuhan dengan jumlah yang berbeda-beda. Sekalipun responden tidak mengonsumsi tumbuhan tersebut, anggota keluarga responden tetap ada yang mengonsumsi tumbuhan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa potensi hasil tanaman untuk dipergunakan kembali oleh masyarakat Kampung Tanggulan sangat tinggi.

Sejumlah 71,9 % responden berpendapat jika hasil tumbuhan dari FTWs lebih baik dijual untuk kas warga sementara 28,81% lainnya berpendapat hasil tumbuhan dari FTWs sebaiknya dibagikan ke warga yang menginginkan. 84,4% warga bersedia turut merawat FTWs sementara 15,6% lainnya tidak karena memiliki kesibukan dan pekerjaan. Dari hasil wawancara mengenai mata pencaharia, didapat bahwa terdapat beberapa responden yang tidak memiliki mata pencaharian tetap sehingga dapat menjadi salah seorang yang secara rutin turut merawat FTWs.

Sebanyak 68,8% warga berpendapat bahwa FTWs sebaiknya dikelola oleh lembaga, 21,9 % dikelola perseorangan dan 9,4% berpendapat supaya FTWs dikelola oleh seseorang atau kelompok kecil yang ditunjuk oleh warga. Jika FTWs dikelola oleh lembaga 84,4% warga memilih lembaga yang mengelola adalah koperasi, 3.1% oleh PKK, dan 12,5% kepengurusan RT/RW. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa warga Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia memiliki kesadaran yang tinggi untuk ikut merawat FTWs bagi kepentingan bersama. Oleh karena itu teknologi FTWs patut dipertimbangkan sebagai teknologi pengolahan air sungai tepat guna yang dapat diterima oleh masyarakat Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung, Indonesia.

Kualitas Air Sungai

Berdasarkan hasil pengujian air di laboratorium (**Tabel. 1**) didapat bahwa kualitas air sungai ini hanya dapat memenuhi kriteria kualitas air baku Kelas IV menurut PP. 82 tahun 2001. Berdasarkan alokasi fungsinya air sungai ini tidak layak jika digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Oleh karena itu perlu dicari solusi yang tepat untuk mengolah air sungai supaya kualitasnya lebih baik dan lebih layak digunakan.

Tabel 1. Data Kualitas Air Sungai

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	TSS	mg/l	47,3
2	Temperatur	°C	25,8
3	pH	-	7,56
4	COD	mg/l	60,1
5	BOD	mg/l	6,85
6	NH ₄ ⁺	mg/l	10,71
7	PO ₄ ³⁻	mg/l	13,16
8	NO ₂ ⁻	mg/l	0,188

Morfologi Tanaman

Dari segi tingkat perkecambah *L. sativa* merupakan tanaman dengan perkecambahan paling baik. Pada hari ke-7 presentase bibit yang berkecambah adalah 73,21 % *I. reptans*, 61,17 % *A. tricolor* dan 84,72 % *L. sativa*. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor pemilihan jenis bibit unggul yang digunakan dan kondisi lingkungan seperti temperatur, sinar matahari, dan kelembaban udara. Observasi terhadap pertumbuhan tanaman dan struktur serta panjang akar menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman *I. reptans* lebih cepat dari *L. sativa* dan *A. tricolor* seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 2**. Pada hari ke-42 tinggi tanaman *I. reptans* sudah mencapai tinggi maksimal 47 cm dan panjang akarnya sudah mencapai maksimal 21 cm. Unggulnya pertumbuhan *I. reptans* dibandingkan tanaman lain disebabkan oleh *I. reptans* merupakan tanaman yang sudah dapat lebih beradaptasi dengan air karena merupakan makrofit yang umum berada di air sekalipun memiliki varietasnya berbeda dibanding dengan varietas yang merupakan tanaman air, yaitu *I. aquatica*. Jika pertumbuhan dilihat dari jumlah daunnya, pada hari ke-7 ketiga jenis tanaman memiliki jumlah daun yang sama, yaitu 2. Hal ini disebabkan oleh baru berkecambahnya biji ketiga tanaman. Pada hari ke-4, *I. reptans* dan *L. sativa* sudah memiliki 4 helai daun sementara *A. tricolor* masih memiliki 2 helai daun. Pada hari ke-42 *I. reptans* dan *L. sativa* sudah memiliki 7-8 helai daun sementara *A. tricolor* memiliki 4 helai daun. Hal ini menunjukkan bahwa secara pertumbuhan, *I. reptans* dan *L. sativa* lebih unggul dan dapat lebih beradaptasi dengan kondisi nutrisi di dalam air.

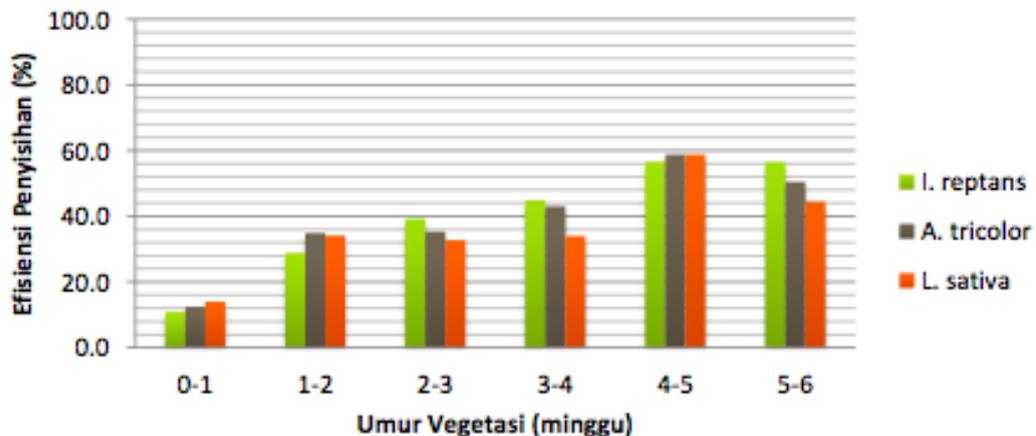
Tabel 2. Pertumbuhan Tanaman

Umur Vegetasi (Hari)	<i>I. reptans</i>		<i>A. tricolor</i>		<i>L. sativa</i>	
	Tinggi Vegetasi (cm)	Panjang Akar (cm)	Tinggi Vegetasi (cm)	Panjang Akar (cm)	Tinggi Vegetasi (cm)	Panjang Akar (cm)
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	4,5	2,0	3,4	0,0	2,5	0,0
14	7,0	4,0	4,0	0,0	5,0	0,0
21	10,0	7,0	0,0	0,5	5,5	1,0
28	12,0	9,5	4,0	1,0	6,5	3,0
35	14,0	13,0	4,0	1,6	7,5	5,0
42	16,0	15,0	4,0	2,1	8,4	8,0

Pada hari ke-42 tinggi tanaman *I. reptans* sudah mencapai tinggi maksimal 47 cm dan panjang akarnya sudah mencapai maksimal 21 cm. Unggulnya pertumbuhan *I. reptans* dibandingkan tanaman lain disebabkan oleh *I. reptans* merupakan tanaman yang sudah dapat lebih beradaptasi dengan air karena merupakan makrofit yang umum berada di air sekalipun memiliki varietasnya berbeda dibanding dengan varietas yang merupakan tanaman air, yaitu *I. aquatic*. Jika pertumbuhan dilihat dari jumlah daunnya, pada hari ke-7 ketiga jenis tanaman memiliki jumlah daun yang sama, yaitu 2. Hal ini disebabkan oleh baru berkecambahnya biji ketiga tanaman. Pada hari ke-4, *I. reptans* dan *L. sativa* sudah memiliki 4 helai daun sementara *A. tricolor* masih memiliki 2 helai daun. Pada hari ke-42, *I. reptans* dan *L. sativa* sudah memiliki 7-8 helai daun sementara *A. tricolor* memiliki 4 helai daun. Hal ini menunjukkan bahwa secara pertumbuhan, *I. reptans* dan *L. sativa* lebih unggul dan dapat lebih beradaptasi dengan kondisi nutrisi di dalam air

Penyisihan Padatan Tersuspensi

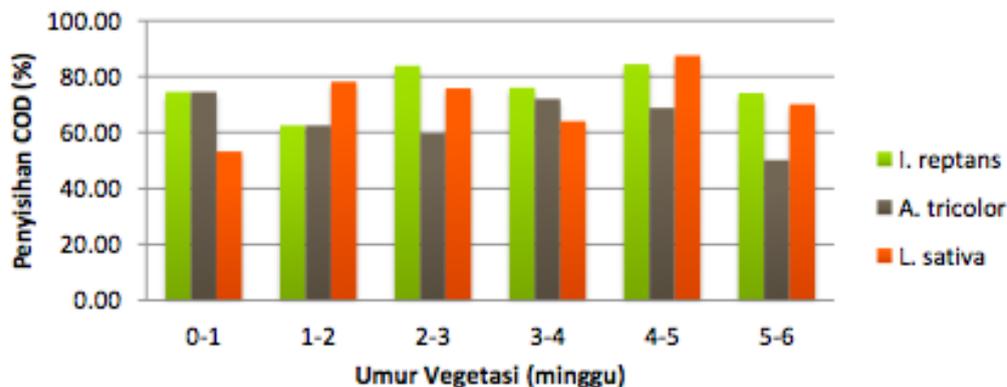
Pada umur tanaman 0-1 minggu penyisihan padatan tersuspensi mencapai lebih dari 17 %. Efisiensi yang kecil ini disebabkan oleh adanya materi tersuspensi dari media tanam yang lepas ke kolom air di bawah float. Mekanisme penyisihan padatan tersuspensi dalam bentuk TSS yang paling utama adalah pengendapan. Relatif kecilnya penyisihan TSS pada tahap 1 ini disebabkan oleh rendahnya nilai TSS inlet karena air lebih sudah berbentuk koloid. Pada umur tanaman 4-5 minggu, terjadi peningkatan efisiensi penyisihan padatan tersuspensi hingga lebih dari 50%, hal ini dapat terjadi karena pada tahap ini sudah terjadi perlekatan mikroorganisme pada media tanam sehingga media tanam sudah tidak mengeluarkan materi tersuspensi karena terikat. Penyisihan padatan tersuspensi pada masing- masing tanki dapat dilihat pada **Gambar 3**.



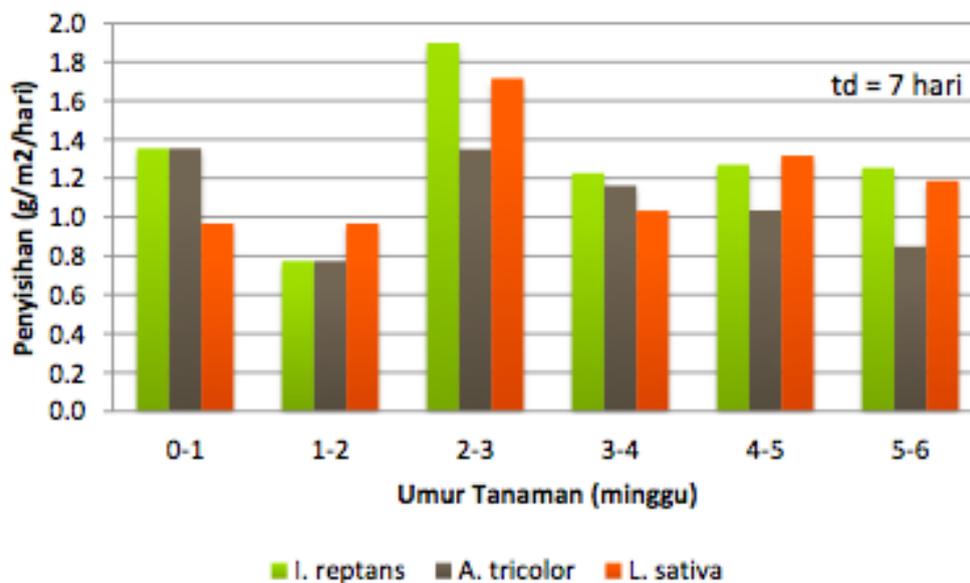
Gambar 3. Grafik perbandingan efisiensi penyisihan TSS dengan *I.reptans*, *A.tricolor* dan *L.sativa*

Penyisihan Organik

Berdasarkan jenis vegetasi yang digunakan, perbandingan efisiensi penyisihan FTWs pada masing-masing vegetasi dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik perbandingan efisiensi penyisihan COD dengan *I.reptans*, *A.tricolor* dan *L.sativa*



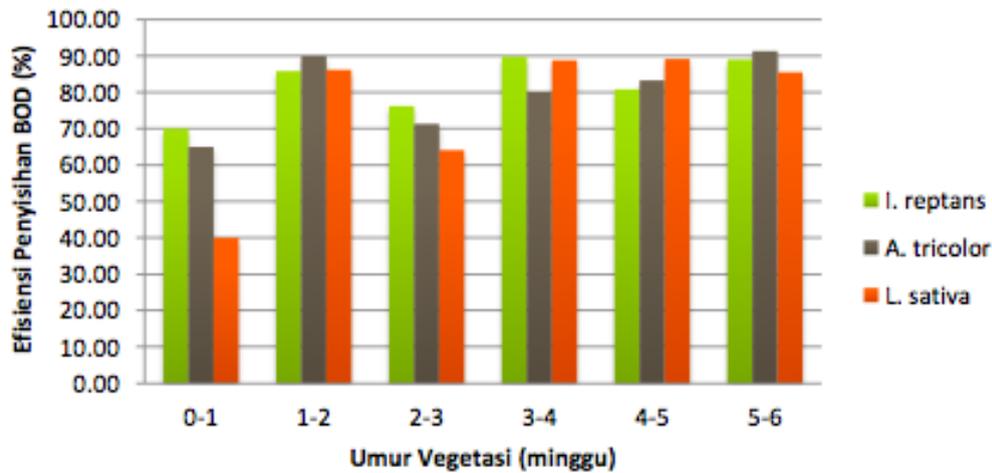
Gambar 5. Grafik perbandingan penyisihan COD dengan *I.reptans*, *A.tricolor* dan *L.sativa*

Dari **Gambar 5** terlihat pada umur tanaman 3-6 minggu, penyisihan organik dalam bentuk COD sudah cenderung stabil pada kisaran 1,2 – 1,3 gCOD/m²hari untuk *I. reptans*, 0,8 – 1,2 gCOD/m².hari untuk *A. tricolor*, dan 1,0 – 1,2 0,8 – 1,2 gCOD/m².hari untuk *L. sativa*.

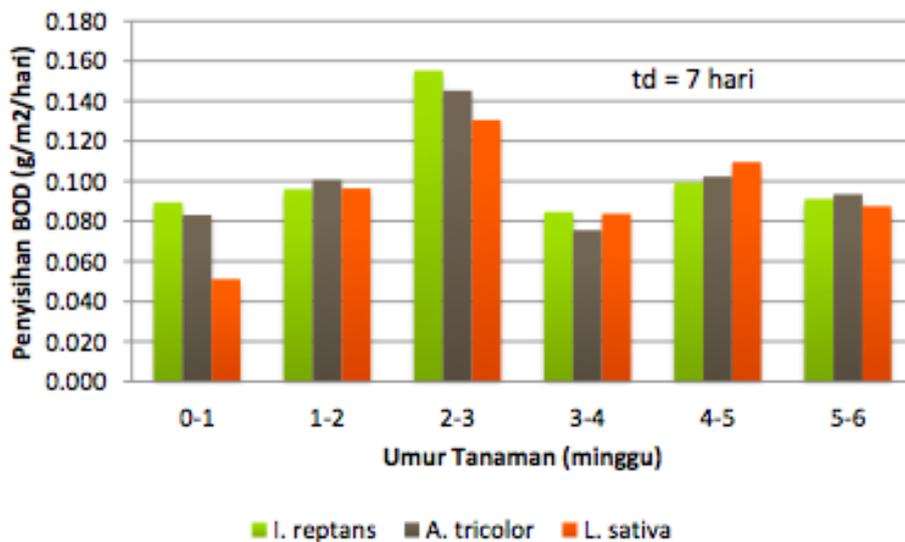
Dari grafik-grafik tersebut terlihat sejak umur vegetasi 2-3 minggu, efisiensi penyisihan COD dari reaktor dengan vegetasi *I. reptans* lebih baik dari reaktor dengan dua jenis vegetasi lain, diikuti oleh reaktor dengan *L. sativa* lalu *A. tricolor*. Hal ini menunjukkan bahwa vegetasi dengan pertumbuhan akar yang lebih ekstensif (*I. reptans*) dapat menyisihkan materi organik dengan lebih baik. Proses penyisihan materi organik oleh mikroorganisme pada akar vegetasi merupakan salah satu efek dari adanya ekosistem mikroaerobik yang disediakan oleh keberadaan vegetasi. Makin ekstensif akar dari vegetasi, maka makin baik pula penyisihan materi organik yang terjadi pada sistem wetlands.

Dari grafik pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan BOD pada ketiga vegetasi cenderung fluktuatif begitu juga pada grafik penyisihan BOD dalam **Gambar 7**. Tidak terlihat adanya kecenderungan bahwa reaktor dengan salah satu jenis vegetasi lebih unggul dari yang lain sekalipun secara pertumbuhan jelas bahwa *I. reptans* memiliki

pertumbuhan akar yang lebih ekstensif diikuti oleh *L. sativa*, lalu *A. tricolor*. Terlihat jelas bahwa jenis vegetasi atau keberadaan vegetasi tidak memiliki peran yang signifikan dalam penyisihan BOD dalam reaktor FTWs.



Gambar 6. Grafik perbandingan efisiensi penyisihan BOD dengan *I.reptans*, *A.tricolor* dan *L.sativa*



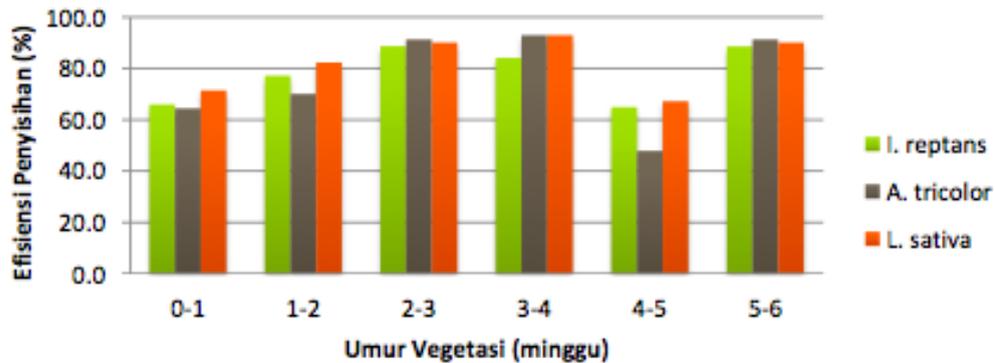
Gambar 7. Penyisihan BOD dengan *I.reptans*, *A.tricolor* dan *L.sativa*

Dari grafik pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan BOD pada ketiga vegetasi cenderung fluktuatif begitu juga dengan pada grafi penyisihan BOD dalam **Gambar 7**. Tidak terlihat adanya kecenderungan bahwa reaktor dengan salah satu jenis vegetasi lebih unggul dari yang lain sekalipun secara pertumbuhan jelas bahwa *I. reptans* memiliki pertumbuhan akar yang lebih ekstensif diikuti oleh *L. sativa*, lalu *A.tricolor*. Terlihat jelas bahwa jenis vegetasi atau keberadaan vegetasi tidak memiliki peran yang signifikan dalam penyisihan BOD dalam reaktor FTWs.

Penyisihan Nitrogen

Dari **Gambar 8** terlihat bahwa reaktor dengan vegetasi *L. sativa* cenderung memiliki efisiensi penyisihan ammonium paling tinggi, diikuti oleh *I. reptans* lalu *A. tricolor*. Sistem perakaran tanaman pada FTWs merupakan salah satu mekanisme utama dalam penyisihan nitrogen karena

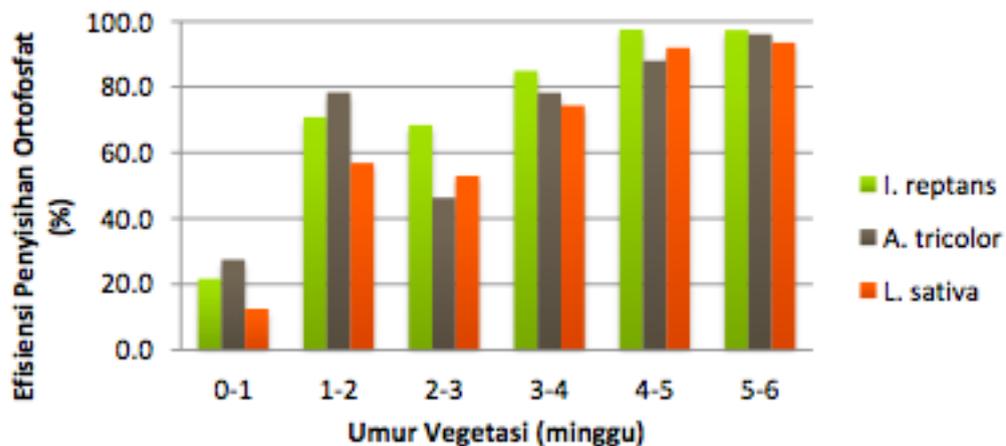
menyediakan tempat untuk perlekatan mikroorganismenya. Tetapi, saat senyawa nitrogen melewati metabolisme mikroorganismenya dan berubah menjadi nutrisi yang lebih mudah diserap, tanaman akan mengasimilasikannya dan menggunakannya untuk pembentukan biomassa sehingga pemanenan tanaman akan memiliki peran yang penting untuk penyisihan nitrogen secara permanen dari air.



Gambar 8. Grafik perbandingan efisiensi penyisihan ammonium dengan *I.reptans*, *A.tricolor* dan *L.sativa*

Penyisihan Fosfor

Dari **Gambar 9** terlihat bahwa sejak umur tanaman 2-3 minggu, *I. reptans* selalu memegang penyisihan ortofosfat tertinggi dibanding dua jenis vegetasi lainnya. Hal ini mungkin disebabkan oleh lebih besarnya pengambilan senyawa fosfor oleh *I. reptans* dibanding dua jenis vegetasi lain. *I. reptans* memiliki pertumbuhan paling signifikan terutama pada bagian akar, sehingga kesempatan bagi pengambilan nutrisi berupa fosfor juga lebih besar pada jenis vegetasi ini.



Gambar 9. Grafik perbandingan efisiensi penyisihan ortofosfat dengan *I.reptans*, *A.tricolor* dan *L.sativa*

Mekanisme utama untuk penyisihan senyawa fosfor adalah adsorpsi dan presipitasi oleh ion-ion Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} dan Al^{3+} (Johansson, 1997; Reddy and D' Angelo, 1997). Pengambilan biologis oleh bakteri, fitoplankton, dan tanaman juga mungkin memainkan peran. Kyambadde et al, menyimpulkan bahwa asimilasi oleh tanaman merupakan faktor utama dalam penyisihan fosfor dalam FTWs dan berkontribusi hingga 88,8% penyisihan fosfor dalam sistem. Pada eksperimen yang dilakukan hasilnya mirip, yaitu diketahui bahwa penyisihan pada ketiga jenis vegetasi melebihi 90% pada umur tanaman 5-6 minggu dengan

waktu kontak 7 hari. Oleh karena itu, pemanenan biomassa tanaman dapat menjadi untuk mengeluarkan fosfor dari sistem secara permanen.

Pemilihan Vegetasi untuk FTWs

Kondisi reaktor berdasarkan variasi jenis tanaman dapat dilihat pada **Tabel 3**. Vegetasi yang cocok untuk aplikasi reaktor FTWs ditentukan dengan melihat kemampuan penyisihan pencemar rata-rata pada umur tanaman 3-6 minggu yang terbesar untuk setiap m³ limbah per hari. Berdasarkan **Tabel 3**, diketahui kondisi pengolahan reaktor floating treatment wetlands yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Penyisihan rata-rata optimum untuk parameter TSS, COD dan ortofosfat dicapai oleh tanaman *I. reptans*, yaitu masing-masing sebesar 0,451 g/m².hari dengan efisiensi penyisihan 52,63%, 78,15%, dan 93,27%.
2. Penyisihan rata-rata optimum untuk parameter BOD dan NH₄⁺ dicapai oleh tanaman *L. sativa*, yaitu masing masing sebesar 0,094 g/m².hari dan 0,112 g/m².hari dengan efisiensi penyisihan 87,82% dan 82,60%.

Berdasarkan hasil di atas dan hasil pengamatan pertumbuhan tanaman, diketahui bahwa tanaman yang paling cocok untuk diaplikasikan pada FTWs dari ketiga jenis tanaman adalah kangkung atau *I.reptans*.

Tabel 3. Pengolahan optimum reaktor dengan variasi vegetasi

Jenis Tanaman	Parameter	Efisiensi Pengolahan (%)	Penyisihan (g/m ² .hari)
<i>I. reptans</i>	TSS	52,63	0,410
	COD	78,15	1,250
	BOD	86,52	0,092
	NH ₄ ⁺	79,17	0,103
	Ortofo sfat	93,27	0,480
<i>A.tricolor</i>	TSS	50,75	0,396
	COD	63,63	1,015
	BOD	84,90	0,090
	NH ₄ ⁺	73,11	0,097
	Ortofo sfat	87,45	0,451
<i>L. sativa</i>	TSS	45,71	0,361
	COD	73,86	1,179
	BOD	87,82	0,094
	NH ₄ ⁺	82,60	0,112
	Ortofo sfat	86,62	0,444

KESIMPULAN

Hasil eksperimen telah mendemonstrasikan efektivitas FTWs dalam menyisihkan parameter pencemar umum, yaitu TSS, BOD₅, COD, NH₄⁺, dan PO₄³⁻ FTWs mungkin dapat menjadi teknologi pengolahan yang dapat digunakan sebagai pilihan untuk restorasi sungai. Dalam konteks peningkatan kualitas air, pada tahap ke-2, belum terlihat perbedaan yang signifikan dari ketiga jenis vegetasi. Berdasarkan hasil survey didapat bahwa potensi penerimaan teknologi FTWs oleh masyarakat sangat tinggi sehingga teknologi ini sangat memungkinkan untuk dapat menjadi teknologi yang tepat guna di masyarakat Kampung Tanggulan, Dago Pojok, Bandung. Pemanenan yang teratur dapat menjadi manajemen tanaman

yang berkelanjutan untuk FTWs. Untuk mengetahui siklus pemanenan yang optimum, perlu dilakukan studi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariva, L (2013) Kajian Keterkaitan Faktor Lingkungan terhadap Indeks Jentik Nyamuk dan Kejadian Demam Berdarah di Kelurahan Cicadas Bandung. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.
- Eaton AD, Clesceri SL, Greenberg EA (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington
- Fonder N, Headley T (2010) Systematic nomenclature and reporting for treatment *wetlands*. In: Vymazal J (ed) Water and Nutrient Management in Natural and *Constructed wetlands*. Springer, Dordrecht, pp 191–220
- Kyambadde J, Kansime F, Gumaelius L, Dalhammar G (2004) A comparative study of *Cyperus papyrus* and *Miscanthidium violaceum* based *constructed wetlands* for wastewater treatment in a tropical climate. *Water Research* 38(2):475–485
- Tanner CC, Headley TR (2011) Components of floating emergent macrophyte treatment *wetlands* influencing removal of stormwater pollutants. *Ecological Engineering* 37:474–486
- Vymazal J (2007) Removal of nutrients in various types of constructed *wetlands*. *Science of the Total Environment* 380(1–3): 48–65
- Weragoda, S.K., Jinadasa, K. B. S. N, Zhang, D. Q, Gernsberg, R. M., Tan, S. K., Tanaka, N., Jern, N. W. (2012) Tropical Application of Floating Treatments Wetlands. *Society of Wetland Scientists* DOI 10.1007/s13157-012-0333-5