



BHUWANA

Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan
Universitas Trisakti Jakarta
Bekerjasama dengan
Ikatan Arsitek Lanskap Indonesia
Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Teknik Lingkungan Indonesia



DAFTAR ISI

Kinerja Jalur Pejalan Kaki di Kawasan Berorientasi Transit Lebak Bulus Menggunakan Metode Importance-Performance Analysis Dhiya Athaya Khairi, Anita Sitawati Wartaman, Martina Cecilia Adriana	1-12
Keberagaman Etnis Pada Ruang Kota di Kota Bogor, Indonesia Akmal Nur Hidayah, I Made Kresna, John Herbert Victor, Nabila Rosefalda, Rahel Situmorang	13-20
Desain Lanskap Wisata Berbasis Masyarakat Sebagai Upaya Pemulihan Lahan Akses Terbuka Bekas Tambang Galian C di Kabupaten Padang Pariaman Daisy Radnawati, Desy Fatmala Makhmud	21-32
Penggunaan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe Semanan, Jakarta Barat Sarira Apsarini Sarwahita, Widyo Astono, Sarah Aphirta	33-42
Efektivitas Biokoagulan Biji Kelor Pada Pengolahan Limba Cair Tempe (Studi Kasus : Industri Tempe Semanan, Jakarta) Winda Manora, Widyo Astono, Sarah Aphirta	43-53
Penerapan Konsep Transit Oriented Development (Tod) Pada Penataan Kawasan Dukuh Atas, Kota Jakarta Selatan Herika Muhamad taki, Muhammad Diaz Adzikra, Rayhanul Hafizh	54-59
Lahan Basah Buatan Untuk Pengolahan Air Limbah Grey Water Menggunakan Salvinia Rotundifolia Difa Salsabila, Sarah Aphirta, Diana Irvindiaty Hendrawan, Sheilla Megagupita Putri Marendra	60-74
Analisis Kondisi Infrastruktur Sanitasi Air Limbah Di Pemukiman Padat Penduduk Kecamatan Pulo Gadung, Jakarta Timur Sarah Aphirta Sutarto, Widyo Astono, Chandiaga Sam Buana	75-86
Atribut Kepuasan Rusunawa Di Jakarta Timur Ihsan Syahara, Hanny Wahidin Wiranegara, Yayat Supriatna	87-92
Studi Perencanaan Spal Domestik Di Kota Bekasi Firman Wahyudi Firman, Ramadhani Yanidar, Sarah Aphirta	93-105

Editorial Boards

Editor in Chief



Diana Irvindiaty Hendrawan
Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia
Email: dianahendrawan@trisakti.ac.id
Scopus | Sinta | Google Scholar

Member of Editors



Novri Youla Kandowangko
Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia
Email: novrikandowangko@ung.ac.id
Scopus | Sinta | Google Scholar



Sunarsih
Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia
Email: sunarsih@lecturer.undip.ac.id
Scopus | Sinta | Google Scholar



Catur Retnaningdyah
Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang, Indonesia
Email: caturretnaningdyah@gmail.com
Scopus | Sinta | Google Scholar



I Wayan Nurjaya
Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Indonesia
Email: i.wayan.nurjaya@apps.ipb.ac.id
Scopus | Sinta | Google Scholar



Riana Ayu Kusumadewi
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Indonesia
Email: rianaayu.kusumadewi@gmail.com
Scopus | Sinta | Google Scholar



Nur Intan Mangunsong
Jurusan Arsitektur Lanskap, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Indonesia
Email: nurintan@trisakti.ac.id
Scopus | Sinta | Google Scholar



Qurrotu Aini Besila
Jurusan Arsitektur Lanskap, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Indonesia
Email: qurrotu@trisakti.ac.id
Sinta | Google Scholar



Martina Cecilia Adriana
Jurusan Teknik Planologi, Jurusan Arsitektur Lanskap, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Indonesia
Email: martinacecilia91@gmail.com
Sinta | Google Scholar

LAHAN BASAH BUATAN UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH GREY WATER MENGGUNAKAN *SALVINIA ROTUNDIFOLIA*

CONSTRUCTED WETLAND FOR GREY WATER TREATMENT USING *SALVINIA ROTUNDIFOLIA*

Difa Salsabila, Sarah Aphirta, Diana Irvindiaty Hendrawan*, Sheilla Megagupita Putri Marendra

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi
Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia

*E-mail: dianahendrawan@trisakti.ac.id

Sejarah artikel:

Diterima: Maret 2024 Revisi: Maret 2024 Disetujui: April 2024 Terbit online: Mei 2024



ABSTRAK

Air limbah dari rumah tangga terdiri sebanyak 80% dari *grey water* dan 20% dari *black water*. Penurunan mutu air dapat memiliki dampak negatif pada kesejahteraan. Lahan basah buatan adalah suatu sistem rekayasa yang dirancang untuk memanfaatkan prinsip ekologi lahan basah alami dalam mengatasi masalah pencemaran air. Sistem *Free Water Surface* pada *constructed wetland* melibatkan aliran air pada permukaan. Salah satu contoh tanaman yang cocok untuk digunakan dalam *constructed wetland* adalah *Salvinia rotundifolia*. Aklimatisasi tanaman dilakukan selama 12 hari. Pengoperasian reaktor dilakukan selama 12 hari dengan sistem kontinyu. Persentase penyisihan parameter pada reaktor lahan basah buatan yaitu COD 23,40-84,38%, BOD 37,93-72,73%, TSS 43,24-85%, fosfat 59,47-65% dan Nitrat 10,99-31,08%. Nilai konstanta tingkat penyisihan areal (kA) dan tingkat penyisihan volumetrik (kV) berturut-turut pada reaktor lahan basah buatan untuk COD sebesar 1,48-3,75 m/hari dan 0,80-22,28 /hari, BOD sebesar 1,70-3,73 m/hari dan 1,43-15,59 /hari, TSS sebesar 2,11-8,83 m/hari dan 1,70-22,77 /hari, Fosfat sebesar 1,40-6,61 m/hari dan 2,89-11,20 /hari, Nitrat sebesar 0,18-2,32 m/hari dan 0,58-1,54 /hari. Studi ini menunjukkan bahwa, reaktor lahan basah buatan dengan tanaman *Salvinia rotundifolia* memiliki nilai penyisihan mencapai 85% sehingga dapat memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Kata kunci: *Grey Water*; Lahan Basah Buatan; *Free Water Surface*; *Salvinia rotundifolia*

ABSTRACT

Household wastewater consists of 80% grey water and 20% black water. The decline in water quality can have adverse impacts on well-being. Constructed wetland is an engineered system designed to harness the ecological principles of natural wetlands to address water pollution issues. The *Free Water Surface* system within the constructed wetland involves the flow of water on the surface. An appropriate plant example for use in a constructed wetland is *Salvinia rotundifolia*. Plant acclimatization was carried out for 12 days. The reactor operation continued for 12 days using a continuous system. The percentage removal of parameters in the constructed wetland reactor were as follows: COD 23.40-84.38%, BOD 37.93-72.73%, TSS 43.24-85%, phosphate 59.47-65%, and nitrate 10.99-31.08%. The values of areal removal rate constant (kA) and volumetric removal rate constant (kV) for the constructed wetland reactor were as follows: for COD, 1.48-3.75 m/day and 0.80-22.28 /day; for BOD, 1.70-3.73 m/day and 1.43-15.59 /day; for TSS, 2.11-8.83 m/day and 1.70-22.77 /day; for phosphate, 1.40-6.61 m/day and 2.89-11.20 /day; and for nitrate, 0.18-2.32 m/day and 0.58-1.54 /day. This study demonstrates that the constructed wetland reactor with *Salvinia rotundifolia* plants achieves removal efficiencies of up to 85%, thus meeting the standards set by the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 68 of 2016 regarding Domestic Wastewater Quality Standards.

Keywords: *Grey Water*; *Constructed Wetland*; *Free Water Surface*; *Salvinia rotundifolia*

1. PENDAHULUAN

Menurut Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta tahun 2022, Kali Angke telah tergolong sebagai sungai yang tercemar berat. Salah satu wilayah yang dilalui oleh Kali Angke adalah Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat. Wilayah ini memiliki tingkat kepadatan pemukiman yang sangat tinggi. Menurut data yang dipublikasikan oleh Badan Pusat Statistik pada tahun 2021, sebanyak 57% rumah tangga di Indonesia membuang air limbah mereka langsung ke selokan atau sungai, hanya 1,28% yang mengalirkan air limbah mereka melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) atau Saluran Pembuangan Air Limbah (SPAL). Air limbah dari rumah tangga terdiri sebanyak 80% dari air abu-abu (*grey water*) dan 20% dari air hitam (*black water*) (Siswanto, 2016). Penurunan mutu air dapat memiliki implikasi serius seperti tercemarnya air tanah, dampak negatif pada kesejahteraan masyarakat, dan penurunan keindahan visual sungai.

Sistem pengolahan limbah yang telah diterapkan di berbagai belahan dunia adalah lahan basah buatan (*constructed wetland*), yang bertujuan untuk mengatasi beragam jenis limbah, mulai dari pemukiman, industri, pertanian, hingga sumber polusi air lainnya (Hendrawan et al., 2013). Konsep yang mendasari teknologi ini adalah menirukan proses alamiah dalam pengolahan limbah, menggabungkan unsur unsur tanah, pasir, kerikil, dan tumbuhan air. Metode pengolahan limbah ini dikenal sebagai teknologi ekstensif, karena melibatkan komponen-komponen alami yang bekerja bersama-sama. Lahan basah buatan memiliki keunggulan dalam mengolah *grey water* serta menciptakan keindahan lingkungan yang dikenal dengan istilah ecosan (ekologi sanitasi) (Qomariyah, 2016).

Dalam garis besar, lahan basah buatan memiliki dua jenis sistem aliran permukaan yang umum digunakan, yaitu *Subsurface Flow Wetland* (SSF) dan *Free Water Surface* (FWS). Sistem *Free Water Surface* melibatkan aliran air pada permukaan, di mana pengolahan terjadi melalui interaksi antara vegetasi dan ikatan biofilm dalam fase air. Proses ini melibatkan degradasi mikroba, filtrasi, dan sedimentasi sebagai mekanisme pengolahan (Rakhmatika et al., 2017).

Salah satu komponen penting dalam lahan basah buatan adalah media yang digunakan. Media ini memiliki dua fungsi utama, yaitu sebagai filter mekanik dan filter biologi. Kerikil dan pasir, yang digunakan sebagai media, memiliki struktur pori-pori. Struktur pori-pori ini memungkinkan air untuk meresap melalui media sambil menahan partikel dan polutan di dalamnya. Salah satu contoh tanaman yang cocok untuk digunakan dalam lahan basah buatan adalah *Salvinia rotundifolia*. Tanaman ini tumbuh dengan cepat dan memiliki daun yang dilengkapi dengan rambut halus yang berperan penting dalam menyaring partikel-partikel tersuspensi dan sedimen dari air.

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Menganalisis efisiensi penyisihan pencemar dengan parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD₅), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solids* (TSS), Nitrat (NO₃⁻) dan Fosfat (PO₄³⁻) menggunakan tanaman *Salvinia rotundifolia*.
2. Menghitung kinetika laju penguraian meliputi konstanta penyisihan massa (r), konstanta tingkat penyisihan areal (kA) dan konstanta tingkat penyisihan volumetrik (kV) untuk mengetahui kondisi operasional lahan basah buatan.

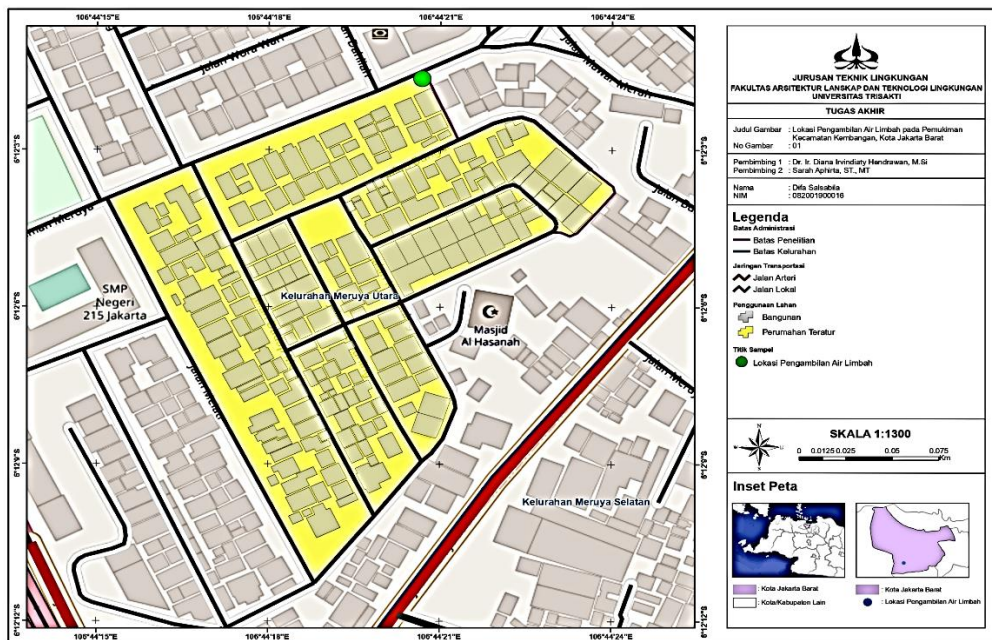
2. METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret hingga Juli 2023. Pengambilan air limbah dan reaktor lahan basah buatan berlokasi di Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat. Proses analisis parameter dilakukan di Universitas Trisakti Jakarta Barat.

2.2 Pengambilan Air Limbah

Pengambilan air limbah berasal dari saluran drainase pemukiman yang berada di Kembangan, Jakarta Barat. Pemilihan lokasi pengambilan air limbah dimana saluran drainase tersebut menerima air limbah dari ±200 rumah. Pengambilan air limbah dilakukan pada jam puncak yaitu pagi atau malam hari. Titik koordinat pengambilan air limbah berada pada 6°12'01.3"S 106°44'21.1"E dan peta lokasi pengambilan air limbah pada pemukiman Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Air Limbah pada Pemukiman

2.3 Persiapan Reaktor

Dimensi reaktor lahan basah buatan dan susunan media dari reaktor lahan basah buatan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Dimensi *Constructed Wetland*

No	Spesifikasi	Ukuran
I. Bak Pengumpul		
1.	Diameter	Ø495 mm
2.	Kedalaman	960 mm
3.	Kapasitas	150 L
II. Bak Inlet		
1.	Panjang	100 mm
2.	Lebar	300 mm
3.	Dalam	500 mm

No	Spesifikasi	Ukuran
4.	Kapasitas	15 L

III. Bak *Constructed Wetland*

1.	Panjang	900 mm
2.	Lebar	300 mm
3.	Dalam	500 mm
4.	Kapasitas	135 L

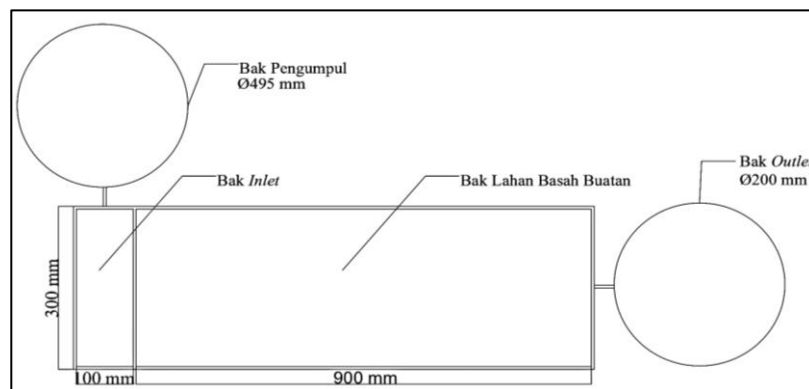
IV. Bak *Outlet*

1.	Diameter	Ø200 mm
2.	Kapasitas	20 L

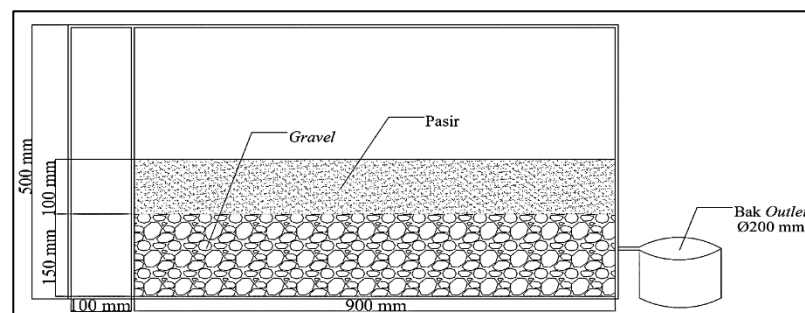
V. Susunan Media

1.	Pasir	100 mm
2.	Kerikil	150 mm

Tampak atas dan potongan memanjang beserta ukuran dari reaktor lahan basah buatan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Tampak Atas Lahan Basah Buatan



Gambar 3. Potongan Memanjang Lahan Basah Buatan

2.4 Aklimatisasi Tanaman

Proses aklimatisasi yang dilaksanakan selama 12 hari. Penelitian ini menggunakan tanaman yang berumur 2 minggu. Pada tahap aklimatisasi, air limbah dan air bersih dimasukkan secara bertahap dengan perbandingan air limbah 25%, 50%, 75% dan 100%. Lalu dilakukan aklimatisasi tanaman pada reaktor dimaksudkan untuk mengadaptasikan unit reaktor dengan tanaman untuk proses pengolahan limbah. Tahap aklimatisasi pada reaktor

dilakukan selama 8 hari dengan dilakukan penambahan air limbah secara bertahap. Penambahan air limbah dilakukan jika tanaman tidak layu atau mati tetapi terlihat mulai tumbuh dan mampu beradaptasi.

2.5 Menentukan Debit

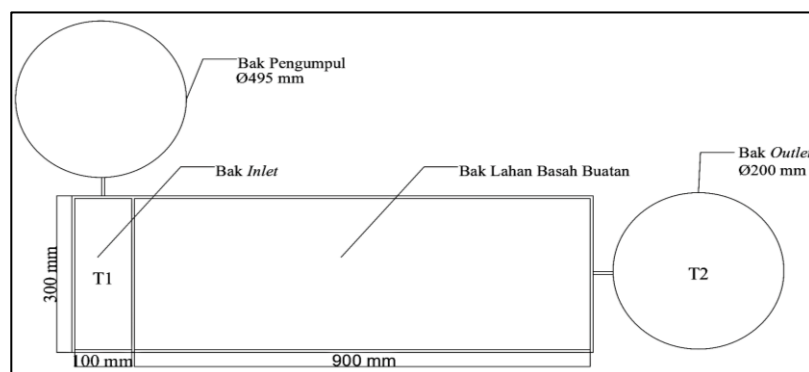
Debit yang digunakan adalah hasil perhitungan dari waktu detensi. Tabel perancangan debit yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Debit pada Lahan Basah Buatan

No.	Waktu tinggal (td) (hari)	Debit (L/hari)
1.	3	40,30
2.	6	20,15
3.	9	13,43
4.	12	10,08

2.6 Pengoperasian Reaktor

Pada pengoperasian reaktor lahan basah buatan, air limbah pada bak pengumpul dialirkan menggunakan pompa ke dalam bak *inlet* yang terdapat *perforated wall* untuk mengalirkan air ke dalam bak lahan basah buatan. Kemudian terdapat keran di luar reaktor untuk mengalirkan air yang sudah melewati pengolahan pada reaktor lahan basah buatan menuju bak *outlet*. Pengambilan sampel dilakukan setiap 18 jam sekali selama 3 hari secara duplo. Titik sampling pada reaktor lahan basah buatan dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Titik Sampling pada Lahan Basah Buatan

2.7 Pengumpulan dan Analisis Data

Tahap analisis parameter kualitas air pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Metode Analisis Parameter Kualitas Air

Parameter	Satuan	Metode
COD	mg/L	Refluks
BOD ₅	mg/L	Winkler
TSS	mg/L	Gravimetri
NO ₃ ⁻	mg/L	Spektrofotometri
PO ₄ ³⁻	mg/L	Spektrofotometri

Tahap analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan Debit

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Q = Debit aliran (m/hari); V = Volume (L/detik); T = Waktu yang diperlukan (hari)

2. Efisiensi Penyisihan

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{in}-C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

C_{in}: Nilai parameter air limbah domestik sebelum perlakuan; C_{out}: Nilai parameter air limbah domestik sesudah perlakuan.

Sumber: Abdelhakeem *et al* (2016)

3. Menentukan Waktu Tinggal Hidrolis

$$T_d = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(3)$$

Q = Debit (m/hari), V = Volume lahan basah buatan (m³), T = Waktu yang diperlukan (hari)

4. Tingkat Penyisihan Massa

$$R = q (C_{in} - C_{out}) \dots\dots\dots(4)$$

R = tingkat penyisihan massa (g/m²/detik); q = *hydraulic loading rate* (m/hari)

Sumber: Abdelhakeem *et al* (2016)

5. Konstanta Laju Penyisihan Areal (kA)

$$\ln \frac{C_{out}}{C_{in}} = \frac{-kA}{q} \dots\dots\dots(5)$$

q = *hydraulic loading rate* (m/hari) = Q/A; Q = debit yang melalui lahan basah buatan (L/detik); A = Luas lahan basah buatan (m²); kA = konstanta tingkat penyisihan areal (m/hari)

Sumber: Abdelhakeem *et al* (2016)

6. Konstanta Laju Penyisihan Volumetrik (kV)

$$\ln \frac{C_{out}}{C_{in}} = -kVt \dots\dots\dots(6)$$

kV = konstanta tingkat penyisihan massa (gr/m²/hari); t = waktu retensi hidrolis di lahan basah buatan (hari); V = Volume lahan basah buatan (m³); Q = debit yang melalui lahan basah buatan (m/hari)

Sumber: Abdelhakeem *et al* (2016)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Efisiensi Penyisihan COD, BOD, TSS, Nitrat, dan Fosfat pada Lahan Basah Buatan

3.1.1 Penyisihan COD pada Lahan Basah Buatan

Implementasi sistem lahan basah buatan dapat efektif dalam mengurangi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam air limbah. Ini disebabkan oleh kemampuan tanaman air untuk menyerap nutrisi dari air, termasuk bahan organik.

Tabel 4. Efisiensi Penyisihan COD pada Lahan Basah Buatan dengan Tanaman

No.	Waktu	Satuan	Inlet	Outlet	Selisih	Efisiensi
1.	Td = 3 hari					
	18	mg/L	227,10	173,95*	53,15	23,40%
	36	mg/L	224,69	147,38*	77,31	34,41%
	54	mg/L	219,86	140,13*	79,73	36,26%

No.	Waktu	Satuan	Inlet	Outlet	Selisih	Efisiensi
2.	72	mg/L	229,52	125,63*	103,89	45,26%
	Td = 6 hari					
	18	mg/L	224,69	113,55*	111,14	49,46%
	36	mg/L	219,86	108,72*	111,14	50,55%
3.	54	mg/L	219,86	94,22	125,63	57,14%
	72	mg/L	219,86	84,56	135,30	61,54%
	Td = 9 hari					
	18	mg/L	224,69	74,90	149,79	66,67%
4.	36	mg/L	224,69	60,40	164,29	73,12%
	54	mg/L	229,52	50,74	178,78	77,89%
	72	mg/L	229,52	45,90	183,62	80,00%
	Td = 12 hari					
	18	mg/L	224,69	86,98	137,71	61,29%
	36	mg/L	231,94	77,31	154,62	66,67%
	54	mg/L	231,94	55,57	176,37	76,04%
	72	mg/L	231,94	36,24	195,70	84,38%

Keterangan: *Melebihi baku mutu PerMenLH No.68 Tahun 2016

Berdasarkan **Tabel 4**, dapat dilihat bahwa selisih konsentrasi COD tertinggi terjadi pada di waktu detensi 12 hari yaitu sebesar 195,70 mg/L. Dari hasil pengukuran COD, terlihat bahwa nilai COD pada waktu detensi 3 dan 6 tidak memenuhi baku mutu yang diperbolehkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016 yaitu 100 mg/L. Efisiensi penyisihan parameter COD berkisar antara 23,40%-84,38%. Akar tanaman tersebut memungkinkan peningkatan kontak antara bahan organik di air dan mikroorganisme yang hidup di sekitar akar tanaman, sehingga mempercepat proses penguraian dan penghilangan konsentrasi COD.

3.1.2 Penyisihan BOD pada Lahan Basah Buatan

Penyisihan parameter BOD dalam lahan basah buatan dengan tanaman melibatkan serangkaian proses biologis dan fisik yang diatur oleh lingkungan yang diciptakan dalam sistem lahan basah tersebut.

Tabel 5. Efisiensi Penyisihan BOD₅ pada Lahan Basah Buatan dengan Tanaman

No.	Waktu	Satuan	Inlet	Outlet	Selisih	Efisiensi
Td = 3 hari						
1.	18	mg/L	63,47	39,39*	24,07	37,93%
	36	mg/L	58,08	35,52*	22,56	38,84%
	54	mg/L	60,10	33,16*	26,94	44,82%
	72	mg/L	63,80	35,02*	28,79	45,12%
Td = 6 hari						
2.	18	mg/L	63,64	26,77	36,87	57,94%
	36	mg/L	62,63	25,59	37,04	59,14%
	54	mg/L	56,90	20,88	36,03	63,31%
	72	mg/L	64,98	23,06	41,92	64,51%
Td = 9 hari						
3.	18	mg/L	59,60	22,05	37,54	62,99%
	36	mg/L	56,73	20,71	36,03	63,50%
	54	mg/L	60,10	21,89	38,22	63,59%
	72	mg/L	59,76	20,88	38,89	65,07%
Td = 12 hari						
4.						

No.	Waktu	Satuan	Inlet	Outlet	Selisih	Efisiensi
	18	mg/L	67,68	22,39	45,29	66,92%
	36	mg/L	61,78	20,71	41,08	66,49%
	54	mg/L	60,50	19,50	41,00	67,77%
	72	mg/L	66,00	18,00	48,00	72,73%

Keterangan: *Melebihi baku mutu PerMenLH No.68 Tahun 2016

Berdasarkan **Tabel 5**, dapat dilihat bahwa selisih konsentrasi BOD₅ tertinggi terjadi pada di waktu detensi 12 hari yaitu sebesar 48,00 mg/L. Dari hasil pengukuran BOD₅, terlihat bahwa nilai BOD₅ pada waktu detensi 3 tidak memenuhi baku mutu yang diperbolehkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016 yaitu 300 mg/L. Efisiensi penyisihan parameter BOD₅ berkisar antara 37,93%-72,73%. Tanaman pada lahan basah buatan melalui proses fotosintesis menghasilkan oksigen sebagai produk sampingan. Oksigen ini memainkan peran penting dalam kondisi aerobik yang dibutuhkan oleh mikroorganisme pengurai untuk menguraikan bahan organik dan mengurangi konsentrasi BOD₅.

3.1.3 Penyisihan TSS pada Lahan Basah Buatan

Penyisihan parameter TSS (*Total Suspended Solids*) dalam lahan basah buatan dengan tanaman melibatkan serangkaian proses fisik, biologis, dan kimia yang terjadi dalam sistem tersebut.

Tabel 6. Efisiensi Penyisihan TSS pada Lahan Basah Buatan dengan Tanaman

No.	Waktu	Satuan	Inlet	Outlet	Selisih	Efisiensi
1.	Td = 3 hari					
	18	mg/L	37,00	21,00	16,00	43,24%
	36	mg/L	32,00	14,00	18,00	56,25%
	54	mg/L	41,50	13,50	28,00	67,47%
	72	mg/L	31,00	7,50	23,50	75,81%
2.	Td = 6 hari					
	18	mg/L	40,00	15,50	24,50	61,25%
	36	mg/L	30,00	11,00	19,00	63,33%
	54	mg/L	45,00	11,50	33,50	74,44%
	72	mg/L	37,00	8,00	29,00	78,38%
3.	Td = 9 hari					
	18	mg/L	30,50	9,50	21,00	68,85%
	36	mg/L	30,50	9,50	21,00	68,85%
	54	mg/L	43,00	11,50	31,50	73,26%
	72	mg/L	35,50	7,00	28,50	80,28%
4.	Td = 12 hari					
	18	mg/L	33,00	8,50	24,50	74,24%
	36	mg/L	36,00	8,00	28,00	77,78%
	54	mg/L	30,50	6,00	24,50	80,33%
	72	mg/L	40,00	6,00	34,00	85,00%

Berdasarkan **Tabel 6**, dapat dilihat bahwa selisih konsentrasi TSS tertinggi terjadi pada di waktu detensi 12 hari yaitu sebesar 34,00 mg/L. Dari hasil pengukuran TSS, terlihat bahwa nilai TSS telah memenuhi baku mutu yang diperbolehkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016 yaitu 30 mg/L. Efisiensi penyisihan parameter TSS berkisar antara 43,23%-85,00%. Menurut Akbar (2013) dalam Jaelani *et al* (2021) bahwa proses

pengendap terjadi di akar tanaman dan media, dimana air limbah yang melewati media (pasir dan kerikil) dan akar tanaman berserabut akan tersaring dan mengendap pada media.

3.1.4 Penyisihan Fosfat pada Lahan Basah Buatan

Menurut Mustofa (2015) dalam Patricia *et al* (2018) kandungan ortofosfat dalam air limbah menandakan kesuburan perairan. Penggunaan detergen dalam rumah tangga menjadi penyumbang kadar fosfat yang signifikan dalam perairan (Patricia *et al.*, 2018).

Tabel 7. Efisiensi Penyisihan Fosfat pada Lahan Basah Buatan dengan Tanaman

No.	Waktu	Satuan	Inlet	Outlet	Selisih	Efisiensi
1.	Td = 3 hari					
	18	mg/L	15,71	5,43	10,29	65,47%
	36	mg/L	15,09	5,66	9,43	62,50%
	54	mg/L	15,70	5,72	9,99	63,59%
	72	mg/L	15,47	5,90	9,57	61,88%
2.	Td = 6 hari					
	18	mg/L	15,53	5,90	9,63	62,02%
	36	mg/L	15,05	5,51	9,54	63,39%
	54	mg/L	15,75	5,87	9,89	62,77%
	72	mg/L	15,41	5,90	9,51	61,71%
3.	Td = 9 hari					
	18	mg/L	15,63	5,95	9,69	61,97%
	36	mg/L	15,25	5,76	9,49	62,24%
	54	mg/L	15,63	5,95	9,68	61,95%
	72	mg/L	15,47	6,12	9,35	60,42%
4.	Td = 12 hari					
	18	mg/L	15,55	6,12	9,44	60,68%
	36	mg/L	15,37	6,10	9,27	60,32%
	54	mg/L	15,53	6,29	9,24	59,51%
	72	mg/L	15,25	6,18	9,07	59,47%

Berdasarkan **Tabel 7**, dapat dilihat bahwa selisih konsentrasi fosfat tertinggi terjadi pada di waktu detensi 3 hari yaitu sebesar 10,29 mg/L. Efisiensi penyisihan parameter fosfat berkisar antara 59,47%-65,47%. Menurut Sutamihardja (2018), peningkatan nilai fosfat pada siang hari disebabkan karena tingginya aktivitas yang terjadi di siang hari yaitu penggunaan fosfat sebagai sumber utama zat hara yang digunakan oleh fitoplankton dalam proses metabolisme (fotosintesis).

3.1.5 Penyisihan Nitrat pada Lahan Basah Buatan

Penyisihan parameter nitrat dalam lahan basah buatan dengan tanaman melibatkan proses biologis dan kimia. Fitoplankton memanfaatkan nitrat sebagai bahan dasar pembuatan bahan organik yang menjadi sumber makanan primer yang berada di rantai makanan pada air limbah dengan bantuan sinar matahari (Samawi *et al.*, 2020).

Tabel 8. Efisiensi Penyisihan Nitrat pada Lahan Basah Buatan

No.	Waktu	Satuan	Inlet	Outlet	Selisih	Efisiensi
1.	Td = 3 hari					
	18	mg/L	0,037	0,026	0,012	31,08%
	36	mg/L	0,051	0,039	0,012	23,76%
	54	mg/L	0,052	0,040	0,012	23,08%
	72	mg/L	0,034	0,028	0,006	17,65%
2.	Td = 6 hari					
	18	mg/L	0,029	0,025	0,004	13,79%
	36	mg/L	0,031	0,027	0,004	13,11%
	54	mg/L	0,035	0,031	0,005	12,86%
	72	mg/L	0,032	0,028	0,004	12,50%
3.	Td = 9 hari					
	18	mg/L	0,035	0,031	0,005	12,86%
	36	mg/L	0,091	0,079	0,012	13,26%
	54	mg/L	0,079	0,069	0,010	12,74%
	72	mg/L	0,055	0,048	0,007	12,84%
4.	Td = 12 hari					
	18	mg/L	0,043	0,038	0,005	11,63%
	36	mg/L	0,079	0,070	0,009	12,03%
	54	mg/L	0,063	0,055	0,008	12,00%
	72	mg/L	0,046	0,041	0,005	10,99%

Berdasarkan **Tabel 8**, dapat dilihat bahwa selisih konsentrasi nitrat tertinggi terjadi pada di waktu detensi 3 hari yaitu sebesar 0,0012 mg/L. Efisiensi penyisihan parameter nitrat berkisar antara 10,99%-31,08%. Menurut Mackentum (1969) dalam Hutami *et al* (2017) untuk pertumbuhan optimal fitoplankton memerlukan kandungan nitrat pada kisaran 0,9 – 3,5 mg/l dan menurut Tungka *et al* (2016) kadar nitrat yang melebihi 0,2 mg/l dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi (pengayaan) perairan yang selanjutnya memacu pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara pesat (*blooming*).

3.2 Nilai Konstanta R, kA, dan kV pada Lahan Basah Buatan

Nilai konstanta yang dihitung mengacu pada laju pengurangan konsentrasi polutan dalam air limbah pada lahan basah buatan. Tanaman dengan tingkat metabolisme yang tinggi, seperti tanaman yang tumbuh dengan cepat atau memiliki pertumbuhan daun yang subur, cenderung memiliki konstanta yang lebih tinggi dikarenakan tingkat metabolisme yang tinggi meningkatkan aktivitas biologis dan proses penguraian senyawa organik yang berkontribusi pada pengurangan konsentrasi polutan pada air limbah.

3.2.1 Nilai Konstanta Parameter COD

Nilai rata-rata penyisihan massa (R) untuk parameter COD memiliki kisaran antara 214,11-646,09 gr/m²/hari. Nilai rata-rata konstanta penyisihan areal (kA) memiliki kisaran antara 1,48-3,34 m/hari. Nilai rata-rata konstanta penyisihan volumetrik (kV) memiliki kisaran antara 0,80-22,28/hari. Semakin tinggi nilai konstanta penyisihan massa pada lahan basah buatan, semakin efisien proses penyisihan massa dalam mengurangi konsentrasi pencemar dalam air limbah.

Tabel 9. Nilai Konstanta Parameter COD

No.	Waktu	q m/hari	R gr/m ² /hari	Ln (Cout/Cin)	Ka m/hari	t hari	Kv /hari
1.	Td = 3						
	18	6,22	330,56	-0,27	1,66	3	0,80
	36	6,22	480,81	-0,42	2,62	3	1,27
	54	6,22	495,84	-0,45	2,80	3	1,35
2.	Td = 6						
	18	3,11	345,58	-0,68	2,12	6	4,09
	36	3,11	345,58	-0,70	2,19	6	4,23
	54	3,11	390,66	-0,85	2,63	6	5,08
3.	Td = 9						
	18	2,07	310,53	-1,10	2,28	9	9,89
	36	2,07	340,58	-1,31	2,72	9	11,82
	54	2,07	370,63	-1,51	3,13	9	13,58
4.	Td = 12						
	18	1,55	214,11	-0,95	1,48	12	11,39
	36	1,55	240,41	-1,10	1,71	12	13,18
	54	1,55	274,21	-1,43	2,22	12	17,15
	72	1,55	304,27	-1,86	2,89	12	22,28

3.2.2 Nilai Konstanta Parameter BOD

Nilai R untuk parameter BOD memiliki kisaran antara 63,75-179,04 gr/m²/hari. Nilai Ka memiliki kisaran antara 1,70-3,70 m/hari. Nilai rata-rata kv memiliki kisaran antara 1,43-15,59/hari. Peningkatan waktu detensi dalam pengolahan air limbah dapat memberikan lebih banyak waktu bagi mikroorganisme untuk menguraikan zat-zat organik dalam limbah yang akan mendukung proses biodegradasi dan pengurangan BOD.

Tabel 10. Nilai Konstanta Parameter BOD

No.	Waktu	q m/hari	R gr/m ² /hari	Ln (Cout/Cin)	Ka m/hari	t hari	Kv /hari
1.	Td = 3 hari						
	18	6,22	149,72	-0,48	2,97	3	1,43
	36	6,22	140,30	-0,49	3,06	3	1,48
	54	6,22	167,52	-0,59	3,70	3	1,78
2.	Td = 6 hari						
	18	3,11	114,65	-0,87	2,69	6	5,20
	36	3,11	115,17	-0,90	2,78	6	5,37
	54	3,11	112,03	-1,00	3,12	6	6,02
3.	Td = 9 hari						
	18	2,07	77,83	-0,99	2,06	9	8,95
	36	2,07	74,69	-1,01	2,09	9	9,07
	54	2,07	79,22	-1,01	2,09	9	9,09
4.	Td = 12 hari						
	18	1,55	70,41	-1,11	1,72	12	13,27
	36	1,55	63,87	-1,09	1,70	12	13,12

No.	Waktu	q m/hari	R gr/m ² /hari	Ln (Cout/Cin)	Ka m/hari	t hari	Kv /hari
	54	1,55	63,75	-1,13	1,76	12	13,59
	72	1,55	74,63	-1,30	2,02	12	15,59

3.2.3 Nilai Konstanta Parameter TSS

Nilai R untuk parameter TSS memiliki kisaran antara 38,09-174,14 gr/m²/hari. Nilai Ka memiliki kisaran antara 2,11-8,83 m/hari. Nilai kv memiliki kisaran antara 1,70-22,77/hari. Peningkatan waktu detensi dapat memberikan lebih banyak waktu bagi partikel-padat untuk mengendap atau terjebak dalam proses pengolahan.

Tabel 11. Nilai Konstanta Parameter TSS

No.	Waktu	q m/hari	R gr/m ² /hari	Ln (Cout/Cin)	Ka m/hari	t hari	Kv /hari
1.	Td = 3 hari						
	18	6,22	99,51	-0,57	3,52	3	1,70
	36	6,22	111,94	-0,83	5,14	3	2,48
	54	6,22	174,14	-1,12	6,98	3	3,37
	72	6,22	146,15	-1,42	8,83	3	4,26
2.	Td = 6 hari						
	18	3,11	76,18	-0,95	2,95	6	5,69
	36	3,11	59,08	-1,00	3,12	6	6,02
	54	3,11	104,17	-1,36	4,24	6	8,19
	72	3,11	90,18	-1,53	4,76	6	9,19
3.	Td = 9 hari						
	18	2,07	43,53	-1,17	2,42	9	10,50
	36	2,07	43,53	-1,17	2,42	9	10,50
	54	2,07	65,30	-1,32	2,73	9	11,87
	72	2,07	59,08	-1,62	3,37	9	14,61
4.	Td = 12 hari						
	18	1,55	38,09	-1,36	2,11	12	16,28
	36	1,55	43,53	-1,50	2,34	12	18,05
	54	1,55	38,09	-1,63	2,53	12	19,51
	72	1,55	52,86	-1,90	2,95	12	22,77

3.2.4 Nilai Konstanta Parameter Fosfat

Nilai R untuk parameter fosfat memiliki kisaran antara 14,10-63,96 gr/m²/hari. Nilai Ka memiliki kisaran antara 1,40-6,61 m/hari. Nilai kv memiliki kisaran antara 2,84-11,20/hari. Kinerja reaksi pengurangan fosfat, baik melalui pengendapan atau proses biologis, akan mempengaruhi konstanta tingkat penyisihan volumetrik.

Tabel 12. Nilai Konstanta Parameter Fosfat

No.	Waktu	q m/hari	R gr/m ² /hari	Ln (Cout/Cin)	Ka m/hari	t hari	Kv /hari
Td = 3 hari							
1.	18	6,22	63,96	-1,06	6,61	3	3,19
	36	6,22	58,66	-0,98	6,10	3	2,94
	54	6,22	62,10	-1,01	6,28	3	3,03
	72	6,22	59,52	-0,96	6,00	3	2,89
Td = 6 hari							
2.	18	3,11	29,95	-0,97	3,01	6	5,81
	36	3,11	29,67	-1,00	3,13	6	6,03
	54	3,11	30,75	-0,99	3,07	6	5,93
	72	3,11	29,56	-0,96	2,98	6	5,76
Td = 9 hari							
3.	18	2,07	20,08	-0,97	2,00	9	8,70
	36	2,07	19,68	-0,97	2,02	9	8,76
	54	2,07	20,07	-0,97	2,00	9	8,70
	72	2,07	19,37	-0,93	1,92	9	8,34
Td = 12 hari							
4.	18	1,55	14,67	-0,93	1,45	12	11,20
	36	1,55	14,42	-0,92	1,44	12	11,09
	54	1,55	14,37	-0,90	1,41	12	10,85
	72	1,55	14,10	-0,90	1,40	12	10,84

3.2.5 Nilai Konstanta Parameter Nitrat

Nilai R untuk parameter nitrat memiliki kisaran antara 0,0078-0,0249 gr/m²/hari. Nilai Ka memiliki kisaran antara 0,18-2,32 m/hari. Nilai kv memiliki kisaran antara 0,58-1,54/hari. Pengurangan nitrat dapat melibatkan reaksi kimia, seperti reduksi kimiawi, atau reaksi biologis dengan bantuan mikroorganisme yang mengubah nitrat menjadi nitrogen gas.

Tabel 13. Nilai Konstanta Parameter Nitrat

No.	Waktu	q m/hari	R gr/m ² /hari	Ln (Cout/Cin)	Ka m/hari	t hari	Kv /hari
Td = 3 hari							
1.	18	6,22	0,0715	-0,37	2,32	3	1,12
	36	6,22	0,0746	-0,27	1,69	3	0,81
	54	6,22	0,0746	-0,26	1,63	3	0,79
	72	6,22	0,0373	-0,19	1,21	3	0,58
Td = 6 hari							
2.	18	3,11	0,0124	-0,15	0,46	6	0,89
	36	3,11	0,0124	-0,14	0,44	6	0,84
	54	3,11	0,0140	-0,14	0,43	6	0,83
	72	3,11	0,0124	-0,13	0,42	6	0,80
Td = 9 hari							
3.	18	2,07	0,0093	-0,14	0,29	9	1,24
	36	2,07	0,0249	-0,14	0,29	9	1,28
	54	2,07	0,0207	-0,14	0,28	9	1,23
	72	2,07	0,0145	-0,14	0,28	9	1,24
Td = 12 hari							
4.	18	1,55	0,0078	-0,12	0,19	12	1,48
	36	1,55	0,0148	-0,13	0,20	12	1,54

No.	Waktu	q m/hari	R gr/m ² /hari	Ln (Cout/Cin)	Ka m/hari	t hari	Kv /hari
	54	1,55	0,0117	-0,13	0,20	12	1,53
	72	1,55	0,0078	-0,12	0,18	12	1,40

4. KESIMPULAN

Persentase penyisihan parameter pada reaktor lahan basah buatan yaitu COD 23,40-84,38%, BOD 37,93-72,73%, TSS 43,24-85%, fosfat 59,47-65% dan Nitrat 10,99-31,08%. Nilai konstanta tingkat penyisihan areal (kA) dan tingkat penyisihan volumetrik (kV) berturut-turut pada reaktor lahan basah buatan untuk COD sebesar 1,48-3,75 m/hari dan 0,80-22,28 /hari, BOD sebesar 1,70-3,73 m/hari dan 1,43-15,59 /hari, TSS sebesar 2,11-8,83 m/hari dan 1,70-22,77 /hari, Fosfat sebesar 1,40-6,61 m/hari dan 2,89-11,20 /hari, Nitrat sebesar 0,18-2,32 m/hari dan 0,58-1,54 /hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhakeem, S.G., Aboulroos, S.A. and Kamel, M.M. 2016. Performance of a vertical subsurface flow constructed wetland under different operational conditions. *Journal of Advanced Research*, 7(5), pp. 803–814. doi:10.1016/j.jare.2015.12.002.
- Dinas Lingkungan Hidup. 2022. Laporan Pemantauan Kualitas Lingkungan Air Sungai Provinsi DKI Jakarta.
- Hendrawan, D. I., Widanarko, S., Moersidik, S. S., and Triweko, R. W. 2013. The Performance Of Subsurface Constructed Wetland For Domestic Wastewater Treatment. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* 2(6).
- Hutami, G. H., Muskananfola, M. R., dan Sulardiono, B. 2018. Analisis Kualitas Perairan Pada Ekosistem Mangrove Berdasarkan Kelimpahan Fitoplankton Dan Nitrat Fosfat Di Desa Bedono Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)* 6(3): 239–46.
- Jaelani, M. H., Arifin, A., dan Apriani, I. 2018. Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Pengendapan Dan *Sub-Surface Constructed Wetland* Dalam Menurunkan Konsentrasi BOD Dan TSS. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis* 4(1): 1–10.
- Patricia, C., Astono, W., dan Hendrawan, D. I. 2018. Kandungan Nitrat Dan Fosfat Di Sungai Ciliwung. *Seminar Nasional Cendekiawan ke 4 Tahun 2018* 4: 179–85
- Qomariyah, S., Sobriyah, S., Koosdaryani, K., dan Muttaqien, A. Y. 2017. "Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolah Limbah Cair Dan Penyedia Air Non-Konsumsi." *Jurnal Riset Rekayasa Sipil* 1(1): 25.
- Rakhmatika, S., Joko, T., Nurjazuli. 2017. Perbedaan Efektivitas *Constructed Wetlands Recirculating Free Water Surface* dan *Subsurface Flow System Echinodorus palaefolius* untuk Menurunkan Fosfat Limbah Cair Rumah Tangga (*Grey Water*). *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 5(1).

- Samawi M. F., Tahir, A., Tambaru, R., Amri, K., Lanuru, M., dan Armi, N. K. 2020. Fitoplankton dan Parameter Fisika Kimia Perairan Estuaria Pantai Barat Sulawesi Selatan, Indonesia. *Journal of Fisheries and Marine Science (JFMarSci)*. 3(2): 61-70.
- Siswanto, B. A. P. 2016. Perencanaan Instalasi Pengolahan Greywater di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sutamihardja., Azizah, M., Hardini, Y. 2018. Studi Dinamika Senyawa Fosfat Dalam Kualitas Air Sungai Ciliwung Hulu Kota Bogor. *Jurnal Sains Natural* 8(1): 43.
- Tungka., Anggita W., Haeruddin., dan Churun A. 2017. "Konsentrasi Nitrat dan Ortofosfat Di Muara Sungai Banjir Kanal Barat dan Kaitannya Dengan Kelimpahan Fitoplankton Harmful Alga Blooms (HABs) *Concentration of Nitrate and Orthophosphate at Banjir Kanal Barat Estuary and Their Relationship with the Abundance of Harmful Algae Blooms.*" *SAINTEK PERIKANAN: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology* 12(1): 40.