

SKRIPSI

EFISIENSI PENURUNAN BAKTERI *Escherichia coli* PADA SISTEM LAHAN BASAH BUATAN HIBRID MENGGUNAKAN TANAMAN *Heliconia psittacorum*

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



Oleh:

**VIA PURNAMASARI
08041281621027**

**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
INDRALAYA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

EFISIENSI PENURUNAN BAKTERI *Escherichia coli* PADA SISTEM LAHAN BASAH BUATAN HIBRID MENGGUNAKAN TANAMAN *Heliconia psittacorum*

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya

Oleh :

VIA PURNAMASARI
08041281621027

Indralaya, Januari 2021

Dosen Pembimbing



Marieska Verawaty, M.Si., Ph.D.
NIP. 197503222000032001



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi dengan judul "Efisiensi Penurunan Bakteri *Escherichia coli* pada Sistem Lahan Basah Buatan Hibrid menggunakan Tanaman *Heliconia psittacorum*" telah dipertahankan dihadapan Tim Pengaji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 Januari 2021.

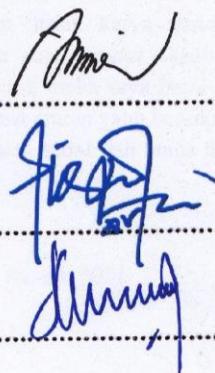
Indralaya, 13 Januari 2021

Tim Pengaji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi:

Ketua:

1. Marieska Verawaty, M.Si., Ph.D.
NIP. 197503222000032001

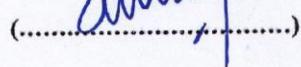
(.....)



Anggota:

2. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si.
NIP.19750427000122001
3. Dra. Muharni, M.Si.
NIP. 19630631992032001

(.....)

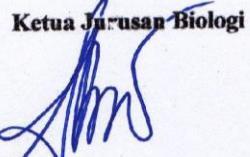


(.....)

Mergetahui,



Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc.
NIP. 197210041997021001


Ketua Jurusan Biologi

Dr. Arum Setiawan, M.Si.
NIP. 197211221998031001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Via Purnamasari

NIM : 08041281621027

Judul : Efisiensi Penurunan Bakteri *Escherichia coli* pada Sistem Lahan Basah
Buatan Hibrid menggunakan Tanaman *Heliconia psittacorum*

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri
didampingi pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau *plagiat*. Apabila
ditemukan unsur penjiplakan atau *plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia
menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada
paksaan dari siapapun.



Indralaya, Januari 2021



Via Purnamasari
08041281621027

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Via Purnamasari

NIM : 08041281621027

Judul : Efisiensi Penurunan Bakteri *Escherichia coli* pada Sistem Lahan Basah
Buatan Hibrid menggunakan Tanaman *Heliconia psittacorum*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Januari 2021



Via Purnamasari
08041281621027

RINGKASAN

EFISIENSI PENURUNAN BAKTERI *Escherichia coli* PADA SISTEM LAHAN BASAH BUATAN HIBRID MENGGUNAKAN TANAMAN *Heliconia psittacorum*.

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, Januari 2021

Via Purnamasari; Dibimbing oleh Marieska Verawaty, M.Si., Ph.D.

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xvi + 60 halaman, 6 tabel, 9 gambar, 10 lampiran

Kualitas air di perairan dapat diketahui melalui keberadaan bakteri *coliform*. *Escherichia coli* merupakan bakteri golongan *coliform* yang berasal dari tinja dapat menularkan berbagai penyakit apabila masuk ke dalam tubuh manusia. Penanggulangan kualitas air diketahui dapat dilakukan melalui pemanfaatan ekosistem air. Lahan basah buatan merupakan salah satu teknologi yang dirancang untuk meniru lahan basah alami menjadi solusi berkelanjutan dalam mengelola air limbah yang menjadi sumber utama pencemaran air bersih. lahan basah buatan hibrid menunjukkan keunggulan efisiensi yang lebih tinggi dibanding sistem lahan basah buatan. Vegetasi dalam sistem ini menggunakan *Heliconia psittacorum*. *H. psittacorum* merupakan tanaman *landscape* yang diketahui mampu hidup dalam kondisi tanah tergenang air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air menggunakan tanaman *Heliconia psittacorum* pada sistem lahan basah buatan hibrid. Efisiensi penurunan jumlah bakteri *E.coli* dilakukan berdasarkan perhitungan indeks MPN (*Most Probable Number*). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa efisiensi yang dimiliki pada sistem lahan basah buatan hibrid lebih efektif sebesar $97,22\% \pm 0,01$ dibandingkan dengan sistem lahan buatan tunggal memiliki efisiensi sebesar $88,22\% \pm 0,04$ untuk tipe VF tunggal dan $77,76\% \pm 0,06$ untuk tipe HF tunggal.

Kata Kunci : Air limbah domestik, *Escherichia coli*, lahan basah buatan hibrid, *Heliconia psittacorum*.

SUMMARY

Escherichia coli BACTERIA REMOVAL EFFICIENCY IN HYBRID CONSTRUCTED WETLAND USING *Heliconia psittacorum* PLANT.
Scientific Paper in the form of a Thesis, January 2021

Via Purnamasari; supervised by Marieska Verawaty, M.Si., Ph.D.

Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xvi + 60 pages, 6 tables, 9 pictures, 10 attachments.

Water quality in waters can be known through the presence of coliform bacteria. *Escherichia coli* is a coliform bacterium derived from stools that can transmit various diseases when it enters the human body. Water quality management is known can be done through the utilization of water ecosystems. Constructed wetland is one of the technologies designed to emulate natural wetland into a sustainable solution in managing wastewater that is the main source of clean water pollution. Hybrid constructed wetland system demonstrates efficiency advantages higher than the constructed wetland system. Vegetation in this system uses *Heliconia psittacorum*. *H. psittacorum* is a landscape plant that is known to be able to live in water-stagnant soil conditions. This research aims to determine the percentage of the decreased number of *Escherichia coli* bacteria in water using *Heliconia psittacorum* plants in hybrid constructed wetland system. The efficiency of the decrease in the number of *E. coli* bacteria is carried out based on the MPN (Most Probable Number) index calculation. The research results show that hybrid constructed wetland system's efficiency is more effective at $97.22\% \pm 0.01$ than a single constructed wetland system with an efficiency of $88.22\% \pm 0.04$ for a single VF type and $77.76\% \pm 0.06$ for a single HF type.

Keywords : Domestic wastewater, *Escherichia coli*, hybrid constructed wetland, *Heliconia psittacorum*.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Motto : “Memulai dengan penuh keyakinan, menjalankan dengan penuh keikhlasan dan menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan”

Karya ini saya persembahkan untuk :

- ✓ **Allah SWT dan Rasulnya**
- ✓ **Kedua Orangtua tercinta**
- ✓ **Abang dan Kakaku**
- ✓ **Adik laki-lakiku**
- ✓ **Keponakan pertamaku**
- ✓ **Almamater**

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Efisiensi Penurunan Bakteri *Escherichia coli* pada Sistem Lahan Basah Buatan Hibrid menggunakan Tanaman *Heliconia psittacorum*”** sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana Sains Bidang Studi Biologi di Jurusan Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Dalam penelitian skripsi ini, penulis banyak melibatkan berbagai pihak yang memberikan bantuan dan dukungan baik secara lisan maupun tulisan. Terimakasih disampaikan kepada Ibu Marieska Verawaty, M.Si., P.hD selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan arahan, bimbingan, dukungan, maupun saran dengan penuh keikhlasan dan kesabaran sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.

Terimakasih juga disampaikan kepada yang terhormat:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaf, M.SCE. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Arum Setiawan, M.Si. selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Drs. Sarno, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Drs. Juswardi, M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan mengarahkan selama perkuliahan.
6. Ibu Dra. Sri Pertiwi Estuningsih, M.Si. dan Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. selaku dosen Pembahas yang telah membimbing, dan memberi masukan dalam penyelesaian Skripsi ini.
7. Seluruh dosen dan Staf karyawan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

8. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa/i Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya Khususnya angkatan 2016.
9. Pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih dan maaf jika ada kesalahan penulisan nama, gelar dan jabatan dalam pengantar ini. Semoga Allah SWT membalas segala amal kebaikan yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini dan semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk berbagai pihak. Aamiin Allahuma Aamiin.

Indralaya, Januari 2021
Penulis

Via Purnamasari

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY.....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Definisi Air Limbah	5
2.2. Parameter Kualitas Air Limbah.....	5
2.3. Peran Lahan basah dalam Pengolahan Air Limbah.....	6
2.4. Lahan basah buatan sebagai Alternatif Sarana Pengelolaan Air Limbah.....	8
2.5. Tipe-tipe Lahan Basah Buatan	9
2.5.1. Sistem Aliran Permukaan (<i>Surface flow wetland</i>).....	9
2.5.2. Sistem Aliran Bawah Permukaan (<i>Subsurface flow wetland</i>)	10
1. Aliran Horizontal.....	11
2. Aliran Vertikal.....	12
3. Lahan Basah Buatan Hibrid	13
2.6. Komponen Lahan Basah Buatan	14
1. Substrat.....	15
2. Vegetasi dan Mikroorganisme	17
2.7. Mekanisme Penghapusan Polutan	18

2.8. Penggunaan Tanaman Hias <i>Heliconia psittacorum</i> sebagai tanaman lahan basah buatan	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	23
3.3. Metode Penelitian	23
3.4. Cara Kerja.....	24
3.4.1. Peremajaan Bakteri <i>Escherichia coli</i>	24
3.4.2. Pembuatan Air ditambah <i>Escherichia coli</i>	24
3.4.3. Pembuatan Reaktor Lahan Basah Buatan Hibrid (HCW)	24
3.4.4 Persiapan Tanaman Uji.....	25
3.4.5. Cara Kerja Sistem Lahan Basah Buatan Hibrid (HCW)	26
3.4.6. Pengujian Deteksi bakteri <i>Escherichia coli</i> dengan metode <i>Most Probable Number</i> (MPN).....	26
1. Uji Penduga	26
2. Uji Penguat.....	26
3. Uji konfirmasi <i>E.coli</i>	27
4. Uji Pelengkap dan IMViC.....	27
1) Uji Indol	27
2) Uji <i>Methyl red</i>	27
3) Uji <i>Voges-Proskauer</i>	28
4) Uji Sitrat.....	28
3.4.7. Perhitungan Bakteri <i>Escherichia coli</i>	28
3.4.8. Variabel Pengamatan.....	29
3.4.9. Penyajian Data.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1. Efisiensi Penurunan Jumlah Bakteri <i>E.coli</i> pada sistem sistem Lahan Basah Buatan Hibrid menggunakan Tanaman <i>Heliconia psittacorum</i> berdasarkan indeks MPN (<i>Most Probable Number</i>) sebelum dan setelah melewati sistem Lahan Basah Buatan Hibrid.....	30
4.2. Parameter Fisik dan Kimia pada sistem Lahan Basah Buatan Hibrid.....	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Keuntungan dan Kerugian dari Sistem Horizontal, Aliran Vertikal, Aliran Permukaan.....	14
Tabel 2.2. Klasifikasi proses Lahan basah buatan.....	18
Tabel 2.3. Mekanisme Patogen dalam Lahan basah buatan.....	20
Tabel 3.1. Tabel Hasil reaksi IMViC <i>Escherichia coli</i>	28
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan berdasarkan Indeks MPN dan Efisiensi penurunan <i>E.coli</i> pada sistem Lahan Basah Buatan Hibrid	31
Tabel 4.2. Parameter Suhu dan pH pada sistem Lahan basah buatan hibrid.....	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skema dari tipe Lahan basah buatan	9
Gambar 2.2. Skematik Aliran Permukaan Lahan basah buatan	10
Gambar 2.3. Skematik Sistem Aliran Horizontal	11
Gambar 2.4. Skematik Sistem Aliran Vertikal	12
Gambar 2.5. Skematik Sistem Lahan basah buatan hibrid	13
Gambar 2.6. Sistem Lahan basah buatan.....	15
Gambar 2.7. Peran media filter.....	16
Gambar 2.8. <i>Heliconia psittacorum</i>	22
Gambar 3.1. Rangkaian Lahan basah buatan hibrid.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN 1. Analisis Deskriptif	47
LAMPIRAN 2. Komposisi Media	48
1) <i>Nutrient Agar</i>	48
2) <i>Lactose Broth Single Strength</i>	48
3) <i>Lactose Broth Double Strength</i>	48
4) <i>Brilliant Green Bile Lactose Broth</i>	48
5) <i>Escherichia coli broth</i>	48
6) <i>Eosyn Methylene Blue Agar</i>	49
7) <i>Cimmons Citrate</i>	49
8) <i>Methyl red-Voges Proskauer</i>	49
9) <i>Methyl red reagent</i>	49
10) <i>Barrit's A</i>	49
11) <i>Barrits's B</i>	50
12) <i>Tryptone broth</i>	50
LAMPIRAN 3. Tabel <i>Most Probable Number</i> (MPN) menggunakan 5 tabung	51
LAMPIRAN 4. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang Baku Limbah Domestik.....	52
LAMPIRAN 5. Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air	54
LAMPIRAN 6. Perhitungan Efisiensi Penurunan Jumlah Bakteri <i>E.coli</i> pada sistem HCW menggunakan tanaman <i>Heliconia psittacorum</i>	55
1) Efisiensi Penurunan Jumlah <i>E.coli</i> pada Sistem HCW ₁	55
2) Efisiensi Penurunan Jumlah <i>E.coli</i> pada Sistem HCW ₂	55
3) Efisiensi Penurunan Jumlah <i>E.coli</i> pada Sistem HCW ₃	55
LAMPIRAN 7. Uji Penduga, Penguat dan Konfirmasi <i>E.coli</i>	56
1) <i>Influent</i>	56
2) VF	56
3) HF	57
LAMPIRAN 8. Uji Pelengkap dan IMViC.....	58
1) Uji Pelengkap	58
2) Uji IMViC	58
LAMPIRAN 9. Pengukuran Suhu dan pH.....	59
LAMPIRAN 10. Rangkaian Sistem Lahan Basah Buatan Hibrid	60

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan	Halaman pertama kali muncul
BGLB	<i>Brillian Green Lactose Broth</i>	23
BOD	<i>Biochemical Oxygen Demand</i>	3
CO ₂	<i>Carbon dioxide</i>	6
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	3
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>	6
EC	<i>Escherichia coli</i>	23
EMBA	<i>Eosyn Methylene Blue Agar</i>	23
FWS	<i>Free Water Surface</i>	9
HCW	<i>Hybrid Constructed Wetland</i>	21
HF	<i>Horizontal Flow</i>	9
HRT	<i>Hydraulic Retention Time</i>	24
IMViC	<i>Indol Methyl-red Voges Proskauer in Citrate</i>	27
KOH	Kalium Hidroksida	28
LB	<i>Lactose Broth</i>	23
LB-DS	<i>Lactose Broth-Double Strength</i>	26
LB-SS	<i>Lactose Broth-Single Strength</i>	26
MPN	<i>Most Probable Number</i>	24
MR	<i>Methyl Red</i>	27
NA	<i>Nutrient Agar</i>	23
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	6
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>	5
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	3
VF	<i>Vertical flow</i>	9
VP	<i>Voges Proskauer</i>	27

**EFISIENSI PENURUNAN BAKTERI *Escherichia coli* PADA
SISTEM LAHAN BASAH BUATAN HIBRID MENGGUNAKAN TANAMAN
*Heliconia psittacorum***

Via Purnamasari, Marieska Verawaty

**Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas
Sriwijaya**
Email : viapurnama98@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas air di perairan dapat diketahui melalui keberadaan bakteri *coliform*. *Escherichia coli* merupakan bakteri golongan *coliform* yang berasal dari tinja dapat menularkan berbagai penyakit apabila masuk ke dalam tubuh manusia. Penanggulangan kualitas air diketahui dapat dilakukan melalui pemanfaatan ekosistem air. Lahan basah buatan merupakan salah satu teknologi yang dirancang untuk meniru lahan basah alami menjadi solusi berkelanjutan dalam mengelola air limbah yang menjadi sumber utama pencemaran air bersih. lahan basah buatan hibrid menunjukkan keunggulan efisiensi yang lebih tinggi dibanding sistem lahan basah buatan tunggal. Vegetasi dalam sistem ini menggunakan *Heliconia psittacorum*. *H. psittacorum* merupakan tanaman *landscape* yang diketahui mampu hidup dalam kondisi tanah tergenang air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air limbah domestik menggunakan tanaman *Heliconia psittacorum* pada sistem lahan basah buatan hibrid. Efisiensi penurunan jumlah bakteri *E.coli* dilakukan berdasarkan perhitungan indeks MPN (*Most Probable Number*). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa efisiensi yang dimiliki pada sistem lahan basah buatan hibrid lebih efektif sebesar $97,22\% \pm 0,01$ dibandingkan dengan sistem lahan buatan tunggal memiliki efisiensi sebesar $88,22\% \pm 0,04$ untuk tipe VF tunggal dan $77,76\% \pm 0,06$ untuk tipe HF tunggal.

Kata Kunci : Air limbah domestik, *Escherichia coli*, lahan basah buatan hibrid, *Heliconia psittacorum*.

Indralaya, Januari 2021
Mengetahui,

Dosen Pembimbing,



Marieska Verawaty, M.Si.,Ph.D.
NIP. 197503222000032001



Ketua Jurusan Biologi FMIPA,

Dr. Arum Setiawan, M.Si.
NIP. 197211221998031001

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran air disebabkan oleh kontaminasi tinja di perairan dapat menularkan berbagai penyakit apabila masuk ke dalam tubuh manusia (Adrianto, 2018). Salah satu bakteri patogen yang terkandung dalam tinja atau kotoran manusia adalah *Escherichia coli* yang merupakan anggota dari *faecal coliform* (Arisanty *et al.*, 2017). Keberadaan bakteri *coliform* di perairan secara berlimpah menggambarkan bahwa perairan tersebut tercemar oleh kotoran manusia, disertai dengan cemaran bakteri patogen (Langsa *et al.*, 2020).

Lahan basah memiliki peranan penting dalam proses pemulihan kualitas air limbah secara alamiah (*self purification*). Lahan basah bahkan disebut sebagai supermarket biologis karena keberadaannya sebagai lingkungan alami paling produktif di bumi (US EPA, 2002). Lahan basah digambarkan sebagai “ginjal bumi” karena berfungsi sebagai filter, menahan polutan dari air yang mengalir menuju ke danau, sungai dan lautan (Stefanakis *et al.*, 2014). Sumatera Selatan memiliki areal Lahan basah yang luas yaitu sekitar 1,2 juta hektare, namun beberapa tahun terakhir Sumatera Selatan telah terjadi kebakaran lahan dan hutan yang cukup tinggi tercatat pada tahun 2019 sebesar 361.889 hektar (Walhi, 2019). Konversi areal Lahan basah untuk berbagai keperluan manusia menyebabkan Lahan basah yang berperan sebagai daerah resapan air, sumber air dan cadangan mengalami degradasi yang super cepat, juga membawa dampak negatif pada dimensi sosial budaya masyarakat (Suryani, 2018).

Proses pengolahan air dengan teknologi lahan basah buatan dapat digunakan sebagai alternatif karena teknologi yang digunakan sederhana, murah, mudah, tepat guna, ekonomis, serta operasional dan pemeliharaannya yang tidak memerlukan tenaga khusus (Hidayah dan Aditya, 2010). Sistem lahan basah buatan mengadaptasi berlangsungnya proses penjernihan air di lahan basah alami seperti kondisi rawa alami atau *in-situ* (Indrayani dan Triwiswara, 2018). Menurut Stefanakis *et al* (2014), bahwa lahan basah buatan merupakan teknologi alternatif

yang masih berkembang di bidang ekologi dan lingkungan paling menjanjikan diantara teknologi lingkungan lain.

Lahan basah buatan berupa cekungan dangkal penuh dengan beberapa jenis bahan penyaring (susbrat), biasanya pasir atau kerikil, dan ditanami dengan tanaman toleran kondisi jenuh air (UN-HABITAT, 2008). Menurut Gorgoglione dan Torretta (2018) bahwa dalam beberapa dekade terakhir, lahan basah buatan banyak digunakan untuk mengolah beberapa jenis air limbah seperti limbah rumah tangga, limbah industri, air limbah pertanian, lindi TPA, air sungai yang tercemar, dan limpasan air hujan di perkotaan.

Vegetasi dalam lahan basah buatan berkontribusi besar dalam pengolahan air, dimana akar sebagai area pertumbuhan mikroba yang memungkinkan untuk dekomposisi dan penyisihan polutan dari air limbah (Elzein *et al.*, 2016). Vegetasi lahan basah buatan yang dikenal sebagai makrofita tumbuh dalam kondisi air semi-jenuh atau jenuh air lebih popular menggunakan dalam spesies yang berasal dari lahan basah alami (Stefanakis *et al.*, 2014). Menurut Sandoval *et al* (2019), selain tanaman tersebut, tanaman berbunga hias yang memiliki beberapa ciri fisiologis serupa untuk tanaman lahan basah alami dapat merangsang penghapusan polutan dalam pengolahan air limbah.

Beberapa spesies *Heliconia* digunakan sebagai tanaman hias, biasanya dimanfaatkan sebagai tanaman lansekap dan sebagai bunga potong. Salah satunya *Heliconia psittacorum* sering dimanfaatkan sebagai tanaman lansekap ditanam baik di rumah, perkantoran, hotel, maupun fasilitas umum seperti taman kota karena memiliki warna *bractea* yang menarik yaitu perpaduan oranye dan merah (Lasari, 2016). Penggunaan tanaman hias *Heliconia psittacorum* di wilayah Soconusco bagian Chiapas di Meksiko Selatan sebagai vegetasi lahan basah buatan menjadi alternatif yang menarik untuk tanaman konvensional karena selain pengolahan air limbah, memiliki nilai estetika sistem sanitasi, produksi biomassa untuk kompos, dan kepentingan ekonomi yakni memasarkan bunga yang dipanen (Paulo *et al.*, 2009).

Heliconia adalah satu-satunya genus dalam famili Heliconiaceae, yang merupakan ordo dari Zingiberales. Persebaran tanaman ini tumbuh di wilayah

subtropis dan tropis di seluruh dunia (Berry dan Kress, 1991). Berdasarkan hasil studi literatur oleh Sandoval *et al* (2019) bahwa spesies dari genus *Heliconia* umumnya telah digunakan penelitian pengolahan limbah menggunakan lahan basah buatan di Asia dan Amerika, termasuk Meksiko, Amerika Tengah dan Selatan.

Salah satu penelitian yang pernah dilakukan mengenai efisiensi *Heliconia psittacorum* adalah penelitian oleh Paulo *et al* (2009) *Heliconia psittacorum* mampu menurunkan konsentrasi TSS, COD, dan BOD sebesar 88%, 95%, dan 95%. Penelitian lainnya *Heliconia psittacorum* mampu menurunkan 93% *fecal coliform* pada limbah pengolahan limbah kopi (Orozco *et al.*, 2006). *Heliconia psittacorum* juga dapat menurunkan bakteri *Escherichia coli* pada air limbah domestik sebesar 92,55% (Putri, 2019). Konnerup *et al* (2009), mengatakan bahwa *Heliconia* mampu tumbuh dengan baik pada pengolahan limbah domestik menggunakan sistem lahan basah buatan dan berpotensi meningkatkan nilai estetika yang bertujuan menarik minat publik pada sistem pengolahan air limbah berbentuk taman.

Penurunan kualitas perairan yang ditandai dengan degradasi perairan secara perlahan mengakibatkan beban polutan yang meningkat setiap waktu seiring meningkatnya aktivitas manusia. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut agar kinerja lahan basah buatan dapat diterapkan secara maksimal dan lebih efisien. Menurut Pathak dan Navneet (2018), teknologi lahan basah buatan yang akan datang sangat tergantung pada perancangan khusus lahan basah buatan kreatif untuk meningkatkan efisiensi penghapusan beban polutan. Modifikasi sistem lahan basah aliran bawah atau dikenal sebagai lahan basah buatan memiliki keunggulan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan rancangan lahan basah buatan tunggal (Sayadi *et al.*, 2012).

Lahan basah buatan hibrid merupakan gabungan berbagai jenis lahan basah buatan yang dapat dikombinasikan bersama pada berbagai konfigurasi hingga gabungan formasi. Gagasan mengenai rancangan hibrid dilakukan agar meminimalisir kerugian dan dikombinasikan untuk saling melengkapi. Sehubungan dengan hal tersebut pengolahan air yang mengandung *E.coli*

dilakukan menggunakan sistem lahan basah buatan hibrid menggunakan tanaman *Heliconia psittacorum* untuk mengetahui efisiensi dalam menurunkan bakteri *Escherichia coli* dalam air.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah menentukan nilai persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air menggunakan tanaman *Heliconia psittacorum* pada sistem lahan basah buatan hibrid.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air menggunakan tanaman *Heliconia psittacorum* pada sistem lahan basah buatan hibrid.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan sumbangan pengetahuan dan alternatif sistem pengelolaan air di Indonesia, terutama untuk penggunaan Sistem lahan basah buatan hibrid.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (1992). *Standar Nasional Indonesia: Cara Uji Makanan dan Minuman*. Jakarta: BSN.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 2897:2008. *Metode Pengujian Cemaran Mikroba Dalam Daging, Telur, Susu Serta Hasil Olahannya*. Jakarta: BSN.
- Adrianto, R. 2018. Pemantauan Jumlah Bakteri Coliform Di Perairan Sungai Provinsi Lampung. *Majalah Teknologi Agro Industri*. 10(1): 1–6.
- Al-Kholif, M., Pungut, S.S.J., dan Dewi, W. S. 2020. Pengaruh Waktu Tinggal dan Media Tanam pada *Constructed Wetland* untuk Mengolah Air Limbah Industri Tahu. *Jurnal Al Ard.* 5(2): 107–115. <http://journalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/alard/index>
- Almeida-Naranjo, C. E., Guachamín, G., Guerrero, V.H., dan Villamar, C.A. 2020. *Heliconia stricta* huber behavior on hybrid constructed wetlands fed with synthetic domestic wastewater. *Water (Switzerland)*. 12(5): 1–14. <https://doi.org/10.3390/W12051373>
- Alufasi, R., Gere, J., Chakauya, E., Lebea, P., Parawira, W., dan Chingwaru, W. 2017. Mechanisms of pathogen removal by macrophytes in constructed wetlands. *Environmental Technology Reviews*. 6(1): 135–144. <https://doi.org/10.1080/21622515.2017.1325940>
- Anjani, P.T., Kusdarwati, R., dan Sudarno, S. 2019. Pengaruh Teknologi Akuaponik dengan Media Tanam Selada (*Lactuca sativa*) yang berbeda terhadap Pertumbuhan Belut (*Monopterus albus*). *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 6(2): 67–73. <https://doi.org/10.20473/jafh.v6i2.11281>
- Arisanty, D., Adyatma, S., dan Huda, N. 2017. Analisis Kandungan Bakteri *Fecal Coliform* pada Sungai Kuin Kota Banjarmasin. *Majalah Geografi Indonesia*. 31(2): 51–60. <https://doi.org/10.22146/mgi.26551>
- Arivo, D., dan Annissatusholeh, N. 2017. Pengaruh Tekanan Osmotik pH, dan Suhu Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*. 4(3): 153–160.
- Arnold, M. A. 2008. *Landscape Plants For Texas And Environs, Third Edition*. Champaign IL: Stipes Publishing L.L.C.

- Astuti, A.D., Lindu, M., Yanidar, R., dan Kleden, M.M. 2017. Kinerja *Subsurface Constructed Wetland Multilayer Filtration* Tipe Aliran Vertikal Dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetivera Zozanoides*) dalam Penyisihan BOD Dan COD Dalam Air Limbah Kantin. *Penelitian Dan Karya Ilmiah*. 1(2): 91–108. <https://doi.org/10.25105/pdk.v1i2.1456>
- Bartram, J., Ballance, R., Organization, W. H., dan Programme, U. N. E. 1996. *Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs* London : E & FN Spon.
- Berry, F., dan Kress, W. J. 1991. *Heliconia An Identification Guide*. Washington DC: Smithsonian Books.
- Brix, H. 1994. Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Water Science and Technology*. 29(4): 71–78. <https://doi.org/10.2166/wst.1994.0160>
- Brown, D.S., Kreissl, J.F., dan Gearhart, R.A. 2000. Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. Office of Research and Development. *EPA/625/R-99/010* (NTIS PB2001-101833). <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL>
- Cardozo, Q., Antonio, J., Zarta, G., Alberto, G., Najera, L., Daniel, C., Martinez, S., dan Saul, S. 2018. Removal of Organic Matter Using Phytoextraction Technique with the *Heliconia psittacorum* and *Typha angustifolia* Species in Swine Production Systems. *Journal of Veterinary Science & Technology*. 9(2): 1–5. <https://doi.org/10.4172/2157-7579.1000531>
- Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D., & Savelli, H. (2010). *Sick water? The central role of wastewater management in sustainable development - A rapid response assessment*. UNEP (United Nations Environment Programme), UN-HABITAT, Nairobi, Kenya. <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/2236>
- Dahlianah, I. (2018). Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Komponen Media Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa L.*). *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 15(1), 42–47. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v15i1.1767>
- Dotro, G., Gunter, L., Pascal, M., Jaime, N., Jaume, P., Otto, S., dan Marcos, von S. 2017. *Treatment Wetlands (IWA 2017)* (Vol. 7). London: IWA Publishing. <https://doi.org/10.2166/9781780408774>.

- Ellis, J.B., Shutes, R.B.E., dan Revitt, D.M. 2003. *Guidance Manual for Constructed Wetlands*. Bristol: Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury.
- ElZein, Z., Abdou, A., dan ElGawad, I. A. 2016. Constructed Wetlands as a Sustainable Wastewater Treatment Method in Communities. *Procedia Environmental Sciences*. 34: 605–617. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.053>
- Gauss, M. 2008. Constructed Wetlands : A promising wastewater treatment system for small localities. *Water*. 2: 105–111. <https://doi.org/10.3390/w2030530>
- Gopal, B. 1999. Natural and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: Potentials and Problems. *Water Science and Technology*. 40(3): 27–35. <https://doi.org/10.2166/wst.1999.0130>
- Gorgoglione, A., dan Torretta, V. 2018. Sustainable management and successful application of constructed wetlands: A critical review. *Sustainability (Switzerland)*. 10(11): 1–19. <https://doi.org/10.3390/su10113910>
- Haghshenas-Adarmanabadi, A., Heidarpour, M., dan Tarkesh-Esfahani, S. 2016. Evaluation of horizontal-vertical subsurface hybrid constructed wetlands for tertiary treatment of conventional treatment facilities *effluents* in developing countries. *Water, Air, and Soil Pollution*. 227(1): 1–28. <https://doi.org/10.1007/s11270-015-2718-6>
- Hanifah, Y., dan Widystuti. 2017. Kajian Kualitas Air Sungai Konteng Sebagai Sumber Air Baku Pdam Tirta Darma Unit Gamping, Kabupaten Sleman. *Jurnal Bumi Indonesia*. 6(1): 1–10. <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/787>
- Hapsari, L., Trimanto., dan Wahyudi, D. 2019. Species diversity and phylogenetic analysis of *heliconia* spp. collections of purwodadi botanic garden (East Java, Indonesia) inferred by rbcL gene sequences. *Biodiversitas*. 20(5): 1266–1283. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200505>
- Hasriani, Kalsim, D. K., dan Sukendro, A. 2013. *Kajian Serbuk Sabut Kelapa (Cocopeat) Sebagai Media Tanam (Study of Cocopeat As Planting Media)*. 1–7. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/66060>
- Headley, T., Nivala, J., Kassa, K., Olsson, L., Wallace, S., Brix, H., Afferdena, M.V., dan Müller, R. 2013. *Escherichia coli* removal and internal dynamics in subsurface flow ecotechnologies: Effects of design and plants. *Ecological Engineering*. (2013): 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.062>

- Hidayah, E. N., dan Aditya, W. 2010. Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem *Constructed Wetland*. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 2(2): 11–18. <http://eprints.upnjatim.ac.id/1257/>
- Hoffmann, H., Platzer, C., von Münch, E., dan Winker, M. 2011. *Technology review of constructed wetlands Subsurface flow constructed wetlands for greywater and dosmetic wastewater treatments*. Germany: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Sustainable sanitation - ecosan program.
- Indrayani, L., dan Triwiswara, M. 2018. Tingkat Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Teknologi Lahan Basah Buatan. *Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah*. 35(1): 53. <https://doi.org/10.22322/dkb.v35i1.3795>
- Jimenez, J. de la C., Moreno, L. P., dan Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estres por inundacion. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 6(1): 96–109.
- Kadlec, R. H., dan Wallace, S. 2008. *Treatment Wetlands 2nd Edition*. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420012514>
- Kantachote, D., Dangtago, K., dan Siriwong, C. 2009. Treatment efficiency in wastewater treatment plant of Hat Yai municipality by quantitative removal of microbial indicators. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 31(5): 567–576.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Strategi Nasional dan Rencana Aksi Pengelolaan Lahan Basah Indonesia. In *Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah*. http://wetlands.or.id/PDF/buku/Buku_NSAP_2004.pdf
- Kennedy, G., & Mayer, T. 2002. Natural and constructed wetlands in Canada: An overview. *Water Quality Research Journal of Canada*. 37(2): 295–325. <https://doi.org/10.2166/wqrj.2002.020>
- Khiatuddin, M. 2010. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan*. Gadjah Mada University Press.
- Konnerup, D., Koottatep, T., dan Brix, H. 2009. Treatment of domestic wastewater in tropical, subsurface flow constructed wetlands planted with *Canna* and *Heliconia*. *Ecological Engineering*. 35(2): 248–257. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.04.018>

- Kumar, P., dan Libchaber, A. 2013. Pressure and temperature dependence of growth and morphology of *Escherichia coli*: Experiments and stochastic model. *Biophysical Journal*. 105(3): 783–793. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2013.06.029>
- Langergraber, G. 2013. Are constructed treatment wetlands sustainable sanitation solutions? *Water Science and Technology*. 67(10). 2133–2140. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.122>
- Langsa, H. M., Marwa, J., dan Hematang, F. L. 2020. *Indeks Kualitas Lingkungan Hidup Provinsi Papua Barat 2019*. Yogyakarta: Deepublish Publisher.
- Lasari, D. P. 2016. Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik Sistem Aliran Bawah Permukaan Dengan Agen Biologis *Canna indica* dan *Heliconia psittacorum*. *Tesis*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/80932>
- Linares-Gabriel, A., López-Collado, C. J., Hernández-Chontal, M. A., Velasco-Velasco, J., dan López-Romero, G. 2018. Application of soil amendments and their effect in the growth of *heliconia*. *Ornamental Horticulture*. 24(3): 248–254. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i3.1252>
- Lombard-Latune, R., Laporte-Daube, O., Fina, N., Peyrat, S., Pelus, L., dan Molle, P. 2017. Which plants are needed for a French vertical-flow constructed wetland under a tropical climate?. *Water Science and Technology*. 75(8): 1873–1881. <https://doi.org/10.2166/wst.2017.064>
- Lombard-Latune, R., dan Molle, P. 2017. *Constructed wetlands for domestic wastewater treatment under tropical climate: Guideline to design tropicalized systems*. New York: AFB Press. https://www.researchgate.net/publication/338429658_Constructed_wetlands_for_domestic_wastewater_treatment_under_tropical_climate_Guideline_to_design_tropicalized_systems
- Maiga, Y., von Sperling, M. dan Mihelcic, J. R. 2017. Global Water Pathogen Project Part Four: Management of Risk from Excreta and Wastewater. *Water Pathogen Project, September*, 1–20. <https://doi.org/10.14321/waterpathogens.66>
- Mara, D. 2013. *Domestic Wastewater Treatment in Developing*. London: Earthscan.
- Méndez-Mendoza, A. S., Bello-Mendoza, R., Herrera-López, D., Mejía-González, G., dan Calixto-Romo, A. 2015. Performance of constructed wetlands with ornamental plants in the treatment of domestic wastewater under the tropical

- climate of South Mexico. *Water Practice and Technology*. 10(1): 110–123. <https://doi.org/10.2166/wpt.2015.013>
- Montoya, J., Ceballos, L., Casas, J., dan Morató, J. 2010. Estudo Comparativo Da Remoção De Matéria Orgânica Em Banhados Construídos De Fluxo Horizontal Subsuperficial Usando Tres Espécies De Macrófitas. *Revista EIA*. 14: 75–84.
- Novalino, R., Suharti, N., dan Amir, A. 2016. Kualitas Air Sumur Gali Kelurahan Lubuk Buaya Kecamatan Koto Tangah Kota Padang Berdasarkan Indeks *Most Probable Number* (MPN). *Jurnal Kesehatan Andalas*. 5(3): 562–569. <http://jurnal.fk.unand.ac.id>
- Nuraini, E., Fauziah, T., dan Lestari, F. 2019. Penentuan nilai bod dan cod limbah cair inlet laboratorium pengujian fisis politeknik atk yogyakarta. *Integrated Lab Journal*. 7(2): 10–15.
- Orozco, C. E., Cruz, A. M., Rodríguez, M. A., dan Pohlan, A. J. 2006. Humedal subsuperficial de flujo vertical como sistema de depuración terciaria en el proceso de beneficiado de café. *Higiene y Sanidad Ambiental*. 6: 190–196.
- Pathak, V. M., dan Navneet. 2018. *Handbook Research on Microbial Tools for Environmental Waste Management*. Pennsylvania: IGI Global.
- Paulo, P. L., Begosso, L., Pansonato, N., Shrestha, R. R., dan Boncz, M. A. 2009. Design and configuration criteria for wetland systems treating greywater. *Water Science and Technology*. 60(8): 2001–2007. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.542>
- Peraturan Menteri Kesehatan. 1990. *Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air*. [https://baristandsamarinda.kemenperin.go.id/download/PerMenKes416\(1990\)-Syarat&Pengawasan_Kualitas_Air.pdf](https://baristandsamarinda.kemenperin.go.id/download/PerMenKes416(1990)-Syarat&Pengawasan_Kualitas_Air.pdf)
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup. 2016. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 tahun 2016 tentang Baku Limbah Domestik*. <https://onlimo.bppt.go.id/Regulasi/pernenlhk682016.pdf>
- Plantamor. 2008. *Plantamor Situs Dunia Tumbuhan, Informasi Spesies-Heliconia psittacorum*. <http://plantamor.com/species/info/heliconia/psittacorum>
- Putri, E. S. 2019. *Persentase Penurunan Escherichia coli pada Sistem Constructed Wetland Menggunakan Jenis Tanaman yang berbeda*. Skripsi. Indralaya: Universitas Sriwijaya.

- Putri, A. M., dan Kurnia, P. 2018. Identifikasi Keberadaan Bakteri *Coliform* Dan Total Mikroba Dalam Es Dung-Dung Di Sekitar Kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Media Gizi Indonesia*. 13(1): 41–48. <https://doi.org/10.20473/mgi.v13i1.41-48>
- 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): 25–32. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v1i1.14712>
- Ramsar Convention Secretariat. 2016. An Introduction to the Convention on Wetlands, 7th ed. (previously The Ramsar Convention Manual). Gland Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
- Reed, S. C. 1993. Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment. A technology assessment. *EPA 832-R-93-008*. USEPA.
- Rizky, Z., Mudatsir., dan Samingan. 2013. Perbandingan Metode Tabung Ganda dan Membran Filter terhadap Kandungan *Escherichia coli* pada Air Minum Isi Ulang. *Jurnal Kedokteran Syah Kuala*. 13(1): 6–12.
- Rodríguez, F. 2013. Cultivo género *Heliconia*: review. *Cultivos Tropicales*. 34(1): 24–32.
- Sandoval, L., Marín-Muñiz, J. L., Zamora-Castro, S. A., Sandoval-Salas, F., dan Alvarado-Lassman, A. 2019. Evaluation of wastewater treatment by microcosms of vertical subsurface wetlands in partially saturated conditions planted with ornamental plants and filled with mineral and plastic substrates. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 16(2): 1–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph16020167>
- Sandoval, L., Zamora-Castro, S. A., Vidal-Álvarez, M., dan Marín-Muñiz, J. L. 2019. Role of wetland plants and use of ornamental flowering plants in constructed wetlands for wastewater treatment: A review. *Applied Sciences (Switzerland)*. 9(4): 1–20. <https://doi.org/10.3390/app9040685>
- Sayadi, M. H., Kargar, R., Doosti, M. R., dan Salehi, H. 2012. Hybrid constructed wetlands for wastewater treatment: A worldwide review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 2(4): 204–222.
- Scholz, M., dan Lee, B. H. 2005. Constructed wetlands: A review. *International Journal of Environmental Studies*. 62(4): 421–447. <https://doi.org/10.1080/00207230500119783>

- Sehar, S., Aamir, R., Naz, I., Ali, N., dan Ahmed, S. 2013. Reduction of Contaminants (Physical, Chemical, and Microbial) in Domestic Wastewater through Hybrid Constructed Wetland. *ISRN Microbiology*. 2013: 1–9. <https://doi.org/10.1155/2013/350260>
- Sharma, G., Priya., dan Urmila, B. 2014. Performance Analysis of Vertical Up-flow Constructed Wetland for Secondary Treated Effluent. *APCBEE Procedia*. 10(2014): 110–114.
- Sharma, H. B., dan Sinha, P. R. 2016. Performance analysis of vertical flow constructed wetland to treat domestic wastewater using two different filter media and *Canna* as a plant. *Indian Journal of Science and Technology*. 9(44). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i44/105276>
- Sidikka, F. L. 2014. Budidaya Heliconia (*Heliconia* sp.) secara organik di Sekar Bumi Tropical Farm Payangan-Gianyar Bali. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- South, A. E., dan Nazir, E. 2016. Karakteristik air limbah rumah tangga (*grey water*) pada salah satu perumahan menengah keatas yang berada di kelurahan Kademangan kota tangerang. *Jurnal Ecolab*. 10(2): 80–88.
- Stanković, D. 2017. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers*. 69(8): 639–652. <https://doi.org/10.14256/JCE.2062.2017>
- Stefanakis, A. I. 2018. Introduction to Constructed Wetland Technology. *Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment*. 1–21. <https://doi.org/10.1002/9781119268376.ch0>
- Stefanakis, A., Akratos, C. S., dan Tsirhrintzis, V. A. 2014. *Vertical Flow Constructed Wetlands Eco-engineering Systems for Wastewater and Sludge Treatment*. Amsterdam: elsevier.
- Stottmeister, U., Wießner, A., Kuschk, P., Kappelmeyer, U., Kästner, M., Bederski, O., Müller, R. A., dan Moermann, H. 2003. Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances*. 2(1–2): 93–117. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2003.08.010>
- Suryani, A. S. 2018. Peringatan *World Wetland Day* dan Pentingnya Pengelolaan Lahan Gambut. *Info Singkat*. 10(3): 13–18.
- Suswati, A. C. S. P., dan Wibisono, G. 2013. Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (*Constructed Wetlands*). *Indonesian Green Technology Journal* 2(2): 70–77.

- Talhouk S.N., Fabian M., dan D. R. 2015. *Landscape Plant Database*. Department of Landscape Design & Ecosystem Management. American University of Beirut. <http://landscapeplant.aub.edu.lb>
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., dan Stensel, H. D. 2003. *Waste water engineering treatment and reuse, 4th ed.* New York: Metcalf & Eddy, Inc.
- Thalla, A. K., Devatha, C. P., Anagh, K., dan Sony, E. 2019. Performance evaluation of horizontal and vertical flow constructed wetlands as tertiary treatment option for secondary effluents. *Applied Water Science*. 9(6): 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1014-9>
- Tunçsiper, B., Ayaz, S.C., dan Akça, L. 2012. Coliform Bacteria Removal From Septic Wastewater in A Pilot-Scale Combined Constructed Wetland System. *Environmental Engineering and Management Journal*. 11(10): 1873–1879. <http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/>
- UN-HABITAT. 2008. *Constructed Wetlands Manual*. United Nations Human Settlements Programme for Asian Cities. UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme. www.unhabitat.org
- USDA. 2010. *Heliconiaceae of North America Update, database (version 2010)*. USA: The Flora of North America Expertise Network. <https://www.itis.gov/>
- US EPA. 1996. Protecting Natural Wetlands A Guide to Stormwater Best Management Practices. *EPA-843-B-96-001*, 1–180.
- US EPA. 2000. Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow. *EPA 832-F-00-023*, 1–7.
- US EPA. 2002. Functions and Values of Wetlands. *EPA 843-F-01-002c*, 1–2.
- Vymazal, J. 2005. Horizontal sub-surface flow and hybrid constructed wetlands systems for wastewater treatment. *Ecological Engineering*. 25(5): 478–490. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.07.010>
- Vymazal, J. 2009. The use constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. *Ecological Engineering*. 35(1): 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.08.016>
- Vymazal, J. 2010. Constructed wetlands for wastewater treatment. *Water (Switzerland)*. 2(3): 530–549. <https://doi.org/10.3390/w2030530>
- Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI) Sumatera Selatan. 2019. Catatan Akhir Tahun 2019 Tinjauan Lingkungan Hidup Sumatera Selatan.

- Warren, W. 2004. *Handy Pocket Guide to Tropical Flowers*. Hongkong: Periplus Editions (HK) Ltd.
- Wu, S., Carvalho, P. N., Müller, J. A., Manoj, V. R., dan Dong, R. 2016. Sanitation in constructed wetlands: A review on the removal of human pathogens and fecal indicators. *Science of the Total Environment*. 541: 8–22. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.047>
- Zhu, Z., Miao, H., Zhang, Y., Cui, J., Huang, Z., dan Ruan, W. 2018. Performance and microbial community in a combined VF-HF system for the advanced treatment of secondary effluent. *Water Science and Technology*. 2017(3): 695–706. <https://doi.org/10.2166/WST.2018.243>