

## **SKRIPSI**

### **PERSENTASE PENURUNAN *Escherichia coli* PADA SISTEM CONSTRUCTED WETLAND MENGGUNAKAN JENIS TANAMAN YANG BERBEDA**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Sains  
Bidang Studi Biologi



**OLEH**

**EKA SRI KANDI PUTRI  
08041281520079**

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2019**

**HALAMAN PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**PERSENTASE PENURUNAN *Escherichia coli* PADA SISTEM  
*CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN JENIS  
TANAMAN YANG BERBEDA**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains di Jurusan Biologi Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya

**OLEH**

**EKA SRI KANDI PUTRI**

**08041281520079**

Indralaya, Agustus 2019

**Dosen Pembimbing**



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

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan**



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

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

*“Menuntut ilmu adalah taqwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah dzikir. Mencari ilmu adalah jihad”*

*(Imam Al Ghazali)*

*“Education is the passport to the future, for tomorrow belongs to those who prepare for it today”*

*(Malcom X)*

*Terima kasih kuucapkan dan kupersembahkan karya ini untuk:*

1. *Allah SWT*
2. *Ayahku (Sukanto), dan Ibuku (Istirohah)*
3. *Adik-adikku (Sania dan Fatakh)*
4. *Dosenku*
5. *Almamaterku*

## **INTI SARI**

1. Penelitian ini dilakukan untuk melihat penurunan bakteri *Escherichia coli* pada air limbah domestik menggunakan sistem *Constructed Wetland* (CW) dengan menggunakan tanaman *Typha angustifolia*, *Heliconia psittacorum*, dan *Phragmites* sp.
2. Terdapat 4 sistem pada penelitian ini, yaitu CW 1 (CW + *Typha angustifolia*), CW 2 (CW + *Heliconia psittacorum*), CW 3 (CW + *Phragmites* sp.) dan CW 4 (CW tanpa menggunakan tanaman).
3. Jumlah bakteri *Escherichia coli* diketahui menggunakan metode MPN (*Most Probable Number*).
4. Sistem CW yang telah dilakukan penilitian diketahui mampu menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air limbah domestik.
5. Penurunan jumlah *Escherichia coli* menggunakan CW dengan tanaman *Phragmites* sp. sebesar  $96.05\% \pm 0.03$ , CW menggunakan *Heliconia psittacorum*  $92.55\% \pm 0.062$  dan CW menggunakan *Typha angustifolia* sebesar  $90.24\% \pm 0.01$ . Sedangkan CW yang tidak menggunakan tanaman memiliki efisiensi  $84.55\% \pm 0.07$ .
6. Tanaman yang paling optimal dalam menurunkan bakteri *Escherichia coli* pada sistem CW yaitu *Phragmites* sp. sebesar 96.05%.

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eka Sri Kandi Putri

NIM : 08041281520079

Judul : Persentase Penurunan *Escherichia Coli* pada Sistem  
*Constructed Wetland* Menggunakan Jenis Tanaman yang  
Berbeda

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi pembimbing dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur-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, Agustus 2019



Eka Sri Kandi Putri  
08041281520079

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIK**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eka Sri Kandi Putri

NIM : 08041281520079

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa data penelitian Tugas Akhir Skripsi yang berjudul “Persentase Penurunan *Escherichia coli* pada Sistem *Constructed Wetland* Menggunakan Jenis Tanaman yang Berbeda” merupakan bagian dari penelitian Marieska Verawaty, M.Si., Ph.D. yang didanai oleh proyek penelitian Dasar Unggulan perguruan Tinggi (PDUPT) DRPM DIKTI 2019.

Semua data untuk keperluan publikasi sepenuhnya adalah hak dan wewenang dari penelitian Marieska Verawaty, M.Si., Ph.D. dengan demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

**Indralaya, Agustus 2019**

**Eka Sri Kandi Putri**  
**08041281520079**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan atas kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya, serta ridhonya yang telah di berikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul ”Persentase Penurunan *Escherichia Coli* pada Sistem *Constructed Wetland* Menggunakan Jenis Tanaman yang Berbeda” disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains bidang studi Biologi di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tuaku tercinta ayah dan ibu yang selalu mendoakan, mendidik, mendukung, menyemangati baik secara moril dan materi dan ucapan terima kasih kepada Ibu Marieska Verawaty, M.Si., Ph.D. sebagai dosen pembimbing yang telah memberi arahan, bimbingan, meluangkan waktu, pikiran, tenaga dan kesabaran dengan ikhlas, serta saran-saran selama penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari semua pihak. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada :

1. Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M. Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
3. Bapak Arum Setiawan, M.Si selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
4. Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si., selaku Sekretaris Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
5. Ibu Dra. Muhamni, M.Si selaku Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan dan nasehatnya selama proses perkuliahan.
6. Drs. Hanifa Marisa, M.S. dan Dr. Arwinsky Arka, M.Kes. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan tugas akhir.

7. Seluruh staff Bapak/Ibu Dosen serta Karyawan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
8. Kak Agus selaku Analis Laboratorium, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung.
9. Tim penelitian tugas akhir yang selalu memberikan semangat dan saling menguatkan selama proses penelitian.
10. Sahabat seperjuangan yang selalu memberi semangat dan menghibur dikala sedih.
11. Almamater, terkhusus untuk angkatan 2015 Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, terima kasih atas segala dukungan dan kebersamaan selama perkuliahan.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat di sebutkan satu per satu yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas segala amal dan kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penyusunan skripsi. Harapan penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak, baik bagi pembaca umumnya dan khususnya bagi penulis sendiri.

Indralaya, Agustus 2019

Penulis

## RINGKASAN

### PERSENTASE PENURUNAN *Escherichia coli* PADA SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN JENIS TANAMAN YANG BERBEDA

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, Agustus 2019

Eka Sri Kandi Putri: Dibimbing oleh Marieska Verawaty, M. Si., Ph.D.

### *PERCENTAGE OF DECREASING *Escherichia coli* IN *CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM USING DIFFERENT TYPES OF PLANTS**

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

xix + 59 halaman, 8 tabel, 16 gambar, 8 lampiran.

## RINGKASAN

Air limbah domestik menjadi polutan terbesar yang masuk ke perairan dan berkontribusi dalam meningkatkan pencemaran. Hal ini dikarenakan 60-80% dari air bersih yang digunakan dibuang ke lingkungan sebagai air limbah. Air limbah dapat menjadi medium pembawa mikroorganisme patogenik seperti *Escherichia coli* yang berbahaya bagi kesehatan. Keberadaan *Escherichia coli* di perairan dapat menjadi indikator mikrobiologis yang menyatakan kualitas suatu perairan. Pada beberapa sungai di Palembang diketahui bahwa jumlah *Escherichia coli* telah melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam Standar Baku Mutu Air Sungai PERGUB Sumatera Selatan Nomor 16 tahun 2005. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk menurunkan jumlah *Escherichia coli* di perairan limbah domestik salah satunya dengan sistem *Constructed Wetland* menggunakan jenis tumbuhan *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada air limbah domestik dengan sistem *Constructed wetland* menggunakan tumbuhan *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum* dan menganalisis kemampuan tumbuhan tersebut dalam menurunkan bakteri *Escherichia coli*. Serta mengetahui tumbuhan yang paling optimal dalam menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* pada sistem *Constructed wetland*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yakni melihat penurunan jumlah *Escherichia coli* pada sistem *constructed wetland* menggunakan beberapa jenis tumbuhan (*Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum*). Adapun rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan 4 perlakuan yakni CW 1 (CW+*Typha angustifolia*), CW 2 (CW+*Heliconia psittacorum*), CW 3 (CW +*Phragmites* sp.), CW 4 (CW tanpa tanaman). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali, sehingga akan menghasilkan 8 unit percobaan.

Hasil penelitian menunjukkan, seluruh sistem *Constructed Wetland* yang diujikan mampu menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air limbah domestik  $>80\%$ . Penurunan jumlah *Escherichia coli* menggunakan *Constructed Wetland* dengan tanaman *Typha angustifolia*, *Heliconia psittacorum* dan *Phragmites* sp. berturut-turut sebesar  $90.24\% \pm 0.01$ ;  $92.55\% \pm 0.06$ ;  $96.05\% \pm 0.03$ . Sedangkan *Constructed Wetland* yang tidak menggunakan tanaman memiliki efisiensi  $84.55\% \pm 0.07$ . Berdasarkan data tersebut, *Constructed Wetland* dengan tumbuhan *Phragmites* merupakan sistem yang paling baik untuk menurunkan jumlah bakteri *Escherichia coli* dari air limbah domestik.

Kata Kunci: Air Limbah Domestik, *Constructed Wetland*, *Escherichia coli*, MPN.  
Kepustakaan: 81 (1979-2019).

## **SUMMARY**

PERCENTAGE OF DECREASING *Escherichia coli* IN CONSTRUCTED WETLAND SYSTEM USING DIFFERENT TYPES OF PLANTS

Scientist papers in the form of Skripsi, August 2019

Eka Sri Kandi Putri: Supervised by Marieska Verawaty, M. Si., Ph.D.

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

xix + 60 pages, 8 tables, 16 pictures, 8 attachment.

### **SUMMARY**

Domestic wastewater is the biggest pollutant that enters the waters and contributes to increasing pollution. It because 60-80% of the clean water used is discharged into the environment as waste water. Waste water can be a carrier medium for pathogenic microorganisms such as *Escherichia coli* which is harmful to health. The presence of *Escherichia coli* in the waters can be a microbiological indicator that states the quality of a waters. In some rivers in Palembang, it is known that the number of *Escherichia coli* has exceeded the quality standard set in the PERGUB River Water Quality Standards South Sumatra Number 16 of 2005. Therefore, there is a need to reduce the number of *Escherichia coli* in domestic waste water, one of them Constructed Wetland uses *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* and *Heliconia psittacorum* plants.

The purpose of this research is to determine the magnitude of the decrease in the number of *Escherichia coli* bacteria in domestic wastewater with Constructed wetland systems using *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* and *Heliconia psittacorum* plants and analyze the ability of these plants to reduce *Escherichia coli* bacteria. As well as knowing the Constructed Wetland system is the most optimal in reducing the number of *Escherichia coli* bacteria.

This research was conducted from March to June 2019. The method used in this study was an experimental method, which saw a decrease in the number of *Escherichia coli* in system constructed wetland using several types of plants (*Phragmites* sp., *Typha angustifolia* and *Heliconia psittacorum*). The design used in this study was Randomized Block Design (RBD), with 4 treatments namely CW 1 (CW + *Typha* sp.), CW 2 (CW + *Heliconia* sp.), CW 3 (CW + *Phragmites* sp.), CW 4 (CW without plants). Each treatment was repeated 2 times, so that it would produce 8 experimental units.

The results showed that the entire Constructed Wetland system tested was able to reduce the number of *Escherichia coli* bacteria in domestic wastewater >80%. Decreasing the amount of *Escherichia coli* using Constructed Wetland with

*Typha angustifolia*, *Heliconia psittacorum* and, *Phragmites* sp. respectively at  $90.24\% \pm 0.01$ ;  $92.55\% \pm 0.06$ ;  $96.05\% \pm 0.03$ . Whereas Constructed Wetland that does not use plants has an efficiency of  $84.55\% \pm 0.07$ . Based on these data, Constructed Wetland with *Phragmites* is the best system to reduce the amount of *Escherichia coli* bacteria from domestic wastewater.

Keywords: Domestic Wastewater, Constructed Wetland, *Escherichia coli*, MPN.

Bibliographies: 81 (1987-2019).

**PERSENTASE PENURUNAN *Escherichia coli* PADA SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* MENGGUNAKAN JENIS TANAMAN YANG BERBEDA**

**Percentage Of Decreasing *Escherichia coli* in Constructed Wetland System Using Different Types Of Plants**

\*Eka Sri Kandi Putri<sup>1</sup>, Marieska Verawaty<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya

\*Email: ekasrikandi.es@gmail.com

**ABSTRAK**

Air limbah domestik menjadi polutan terbesar yang masuk ke perairan dan berkontribusi dalam meningkatkan pencemaran. Hal ini dikarenakan 60-80% dari air bersih yang digunakan dibuang ke lingkungan sebagai air limbah. Air limbah dapat menjadi medium pembawa mikroorganisme patogenik seperti *Escherichia coli* yang berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk menurunkan jumlah *Escherichia coli* di perairan limbah domestik salah satunya dengan sistem *Constructed Wetland* menggunakan jenis tumbuhan *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan 4 perlakuan yakni CW 1 (CW+*Typha* sp.), CW 2 (CW+*Heliconia* sp.), CW 3 (CW +*Phragmites* sp.), CW 4 (CW tanpa tanaman). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 2 kali, sehingga akan menghasilkan 8 unit percobaan. Hasil penelitian menunjukkan, seluruh sistem CW yang diujikan mampu menurunkan jumlah bakteri *E. coli* dalam air limbah domestik >80%. Penurunan jumlah *E. coli* menggunakan CW dengan tanaman *Typha angustifolia*, *Heliconia psittacorum* dan, *Phragmites* sp. berturut-turut sebesar  $90.24\% \pm 0.01$ ;  $92.55\% \pm 0.06$ ;  $96.05\% \pm 0.03$ . Sedangkan CW yang tidak menggunakan tanaman memiliki efisiensi  $84.55\% \pm 0.07$ . Berdasarkan data tersebut,CW dengan tumbuhan *Phragmites* merupakan sistem yang paling baik untuk menurunkan jumlah bakteri *E. coli* dari air limbah domestik.

**Kata Kunci:** Air Limbah Domestik, *Constructed Wetland*, *Escherichia coli*, MPN.

Indralaya, Juli 2019

**Mengetahui,**

**Dosen Pembimbing**

**Marieska Verawaty, M.Si Ph.D**

**NIP. 197503222000032001**

**Ketua Jurusan Biologi  
FMIPA UNSRI**

**Dr. Arum Setiawan, M.Si.**

**NIP: 197211221998031001**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	iii
<b>INTI SARI .....</b>	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....</b>	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIK .....</b>	vi
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	vii
<b>RINGKASAN .....</b>	ix
<b>SUMMARY .....</b>	xi
<b>DAFTAR ISI .....</b>	xiii
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	xv
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xvii
<b>DAFTAR SINGKATAN .....</b>	xviii
<b>BAB 1 .....</b>	1
<b>PENDAHULUAN .....</b>	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2 .....</b>	5
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	5
2.1. Air Limbah Domestik .....	5
2.2. Manajemen Pengolahan Air Limbah Secara Desentralisasi .....	7
2.3. Prinsip Dasar Pengolahan Air Limbah .....	7
2.4. Seleksi Teknologi Pengolahan Air Limbah .....	8
2.5. Teknologi yang Bisa diadaptasi Saat Ini .....	9
2.6. <i>Constructed Wetland (CW)</i> .....	10
2.7. Bakteri <i>Coliform</i> .....	12
2.7.1. Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	13
2.8. Tumbuhan pada <i>Constructed Wetland</i> .....	14
2.8.1. <i>Phragmites</i> sp. ....	15
2.8.2. <i>Typha angustifolia</i> .....	16
2.8.3. <i>Heliconia psittacorum</i> .....	17

<b>BAB 3.....</b>	<b>19</b>
<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
2.1. Waktu dan Tempat.....	19
2.2. Alat dan Bahan .....	19
3.3. Metode Penelitian .....	19
3.4. Cara Kerja.....	20
3.4.1. Peremajaan Bakteri .....	20
3.4.2. Uji Pewarnaan Gram.....	20
3.4.3. Persiapan Tumbuhan Uji.....	20
3.4.4. Pembuatan Sistem <i>Constructed Wetland</i> .....	21
3.4.5. Pembuatan Air Limbah Domestik Sintesis .....	22
3.4.6. Cara Kerja Sistem <i>Constructed Wetland</i> .....	22
3.4.7. Uji <i>Coliform</i> ( Metode MPN).....	22
3.4.6. Uji <i>Escherichia coli</i> (Metode MPN).....	24
3.4.7. Menghitung Persentase Efisiensi .....	25
3.4.8. Variabel Pengamatan.....	26
3.4.9. Penyajian Data.....	26
<b>BAB 4.....</b>	<b>27</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1. Hasil Uji Pewarnaan Gram Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	27
4.2. Hasil Uji Bakteri <i>Escherichia coli</i> Setelah Melewati <i>Constructed Wetland</i> Menggunakan Metode MPN .....	28
4.3. Hasil Uji EMBA dan IMViC.....	31
4.4. Persentase Efisiensi Penurunan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada <i>Constructed Wetland</i> .....	34
4.4.1. <i>Constructed Wetland</i> menggunakan <i>Typha angustifolia</i> .....	34
4.4.2. <i>Constructed Wetland</i> menggunakan <i>Heliconia</i> sp.....	35
4.4.3. <i>Constructed Wetland</i> Menggunakan <i>Phragmites</i> sp.....	36
4.4.4. <i>Constructed Wetland</i> Tanpa Menggunakan Tanaman .....	36
4.5. Faktor yang Berperan pada <i>Constructed Wetland</i> .....	37
4.5.1. Faktor Fisika .....	37
4.5.2. Tanaman dan Media <i>Constructed Wetland</i> .....	38
<b>BAB 5.....</b>	<b>40</b>
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>40</b>
5.1. Kesimpulan.....	40
5.2. Saran .....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>41</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>48</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>60</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1. Komposisi Limbah Cair Domestik.....	7
Tabel 2.2. Faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan teknologi yang akan digunakan dalam pengolahan air limbah. ....	8
Tabel 3.1. Komposisi Air Limbah Domestik.....	22
Tabel 3.2. Hasil reaksi IMViC <i>Escherichia coli</i> .....	25
Tabel 4.1. Jumlah <i>Escherichia coli</i> Hasil Uji MPN Air Limbah Domestik Sintetik .....	30
Tabel 4.2. Hasil Uji EMBA dan IMViC pada Isolat Bakteri .....	32
Tabel 4.3. Persentase Efisiensi Penurunan Bakteri <i>Escherichia coli</i> Pada <i>Constructed Wetland</i> .....	34
Tabel 4.4. Parameter Fisika <i>Effluent</i> .....	37

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Diagram Komposisi Air Limbah Domestik .....	6
Gambar 2.2. Diagram alir sistem pengolahan air limbah.....	8
Gambar 2.3. Gambar skematik diagram sistem <i>Surface Flow Construction Wetland</i> (SFCW).....	11
Gambar 2.4. Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	13
Gambar 2.5. <i>Phragmites</i> sp .....	15
Gambar 2.6. <i>Typha</i> sp .....	16
Gambar 2.7. <i>Heliconia psittacorum</i> .....	17
Gambar 3.1. Rangkaian sistem <i>constructed wetland</i> .....	21
Gambar 3.2. Uji Penduga .....	23
Gambar 3.3. Uji Penguat .....	24
Gambar 4.1. Uji Pewarnaan Gram Bakteri <i>E. coli</i> .....	27
Gambar 4.2. Hasil Uji Penduga.....	28
Gambar 4.3. Hasil Uji Penguat.....	29
Gambar 4.4. Hasil Uji Pelengkap.....	29
Gambar 4.5. Medium EMBA berisi bakteri <i>E. coli</i> .....	31
Gambar 4.6. Hasil Uji IMViC.....	33

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Hasil Analisis Varian (ANAVA) .....	48
Lampiran 2. Komposisi Medium.....	49
Lampiran 3. Tabel Daftar APM coliform menggunakan 5 tabung.....	51
Lampiran 4. Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air Sungai. ....	52
Lampiran 5. Persentase Penurunan Bakteri <i>Escherichia coli</i> pada <i>Constructed Wetland</i> .....	54
Lampiran 6. Hasil Uji <i>E. coli</i> di Medium EMBA .....	57
Lampiran 7. Hasil Uji IMViC.....	58
Lampiran 8. Sistem <i>Constructed Wetland</i> .....	59

## DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan	Halaman pertama kali muncul
ABR	<i>Anaerobic Buffled Reactor</i>	9
ANAVA	Analisis Varian	26
BGLB	<i>Brilliant Green Lactose Bile Broth</i>	19
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	5
cfu	colony forming unit	5
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	10
CP	<i>Clostridium perfringens</i>	5
CW	<i>Constructed Wetland</i>	9
EC	<i>Escherichia coli</i>	5
EMBA	<i>Eosyn Methylene Blue Agar</i>	19
ENT	<i>Enterococci</i>	5
FC	<i>Fecal coliform</i>	5
IMViC	Indol Metil Voges Proskauer Citrate	24
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	9
KV-I	Kristal Violet	27
LB	<i>Lactose Broth</i>	19
MBBR	<i>Moving Bed Bio-film Reactor</i>	9
MBR	<i>Membrane Bioreactors</i>	9
ml	milli liter	5
MPN	<i>Most Probable Number</i>	22
MR	<i>Methyl Red</i>	24
MRVP	<i>Methyl Red Voges Proskauer</i>	19
NA	<i>Nutrient Agar</i>	19
NB	<i>Nutrient Broth</i>	19
RAK	Rancangan Acak Kelompok	19
SBR	<i>Sequential Batch Reactor</i>	9
SFCW	<i>Surface Flow Constructed Wetland</i>	11

TC	<i>Total Coliform</i>	5
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>	19
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>	9
VP	<i>Voges Proskauer</i>	24
WHO	<i>World Health Organization</i>	5

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Makhluk hidup di dunia ini membutuhkan air, mulai dari mikroorganisme sampai dengan manusia. Air merupakan kebutuhan utama bagi proses kehidupan (Susana, 2003). Ketersediaan air tawar Menurut Nadayil *et al.* (2015), hanya 3% dari total seluruh pasokan air yang ada di dunia. Sedangkan berdasarkan Badan Pusat Statistik dalam proyeksi penduduk Indonesia tahun 2015-2045 menyatakan bahwa, populasi penduduk Indonesia terus terjadi peningkatan hingga 319,0 juta jiwa. Pertambahan jumlah penduduk ini berdampak pada peningkatan kebutuhan air bersih. Di sisi lain kuantitas dan kualitas air semakin menurun dari tahun ke tahun (Sasongko *et al.*, 2014).

Penurunan kualitas air dapat diakibatkan oleh limbah industri maupun limbah domestik atau rumah tangga. Air limbah domestik menjadi polutan terbesar yang masuk ke perairan dan berkontribusi dalam meningkatkan pencemaran. Hal ini dikarenakan 60-80% dari air bersih yang digunakan dibuang ke lingkungan sebagai air limbah (Astika *et al.*, 2017). Pembuangan limbah cair yang meningkat menyebabkan pencemaran lingkungan semakin meningkat.

Air limbah domestik mengandung konstituen yang jika berlebihan akan mempengaruhi kualitas air. Menurut Fardiaz (1992), air dapat menjadi medium pembawa mikroorganisme patogenik yang berbahaya bagi kesehatan. Patogen yang sering ditemukan di dalam air terutama adalah bakteri-bakteri penyebab infeksi saluran pencernaan. Jumlah dan jenis mikroorganisme di dalam air buangan dipegaruhi oleh jenis polutan air tersebut, seperti bakteri *Escherichia coli* yang berasal dari kotoran hewan dan manusia. Bakteri ini juga merupakan indikator polusi atau indikator salinitasi. Konsentrasi koliform yang tinggi menandakan bahwa suatu perairan tertentu tercemari oleh air buangan yang mengandung fekal koliform dan memiliki resiko terhadap bakteri patogen (Syauqi, 2017).

Penyebab penyakit dari bakteri pathogen biasanya dapat diatasi menggunakan antibiotik, namun semakin kompleksnya buangan yang terdapat dalam air mengakibatkan bakteri patogen seperti *Escherichia coli* resisten terhadap antibiotik. Bakteri *Escherichia coli* yang resisten terhadap antibiotik terdapat pada air limbah domestik di beberapa sungai dan retensi yang ada di Palembang, diantaranya Sungai Sekanak dan Sungai Baung (Tarigan, 2018). Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia pada tahun 2014 mengeluarkan hasil studi bahwa 60-70% sungai di Indonesia telah tercemar limbah domestik. Terutama sungai yang dekat dengan daerah padat penduduk. Hal ini sangat berbahaya, seperti menurut Asadiya dan Nieke (2018), air limbah domestik yang tidak diolah secara benar dapat menyebabkan berbagai masalah bagi manusia dan lingkungan sekitarnya.

Kebutuhan air bersih sangat diperlukan untuk mendukung aktifitas sehari-hari. Namun, kualitas air Sungai di Palembang sangat rendah, hal ini berdasarkan hasil analisis *coliform* pada Sungai Baung dan Sekanak oleh Tarigan (2018), yang menunjukkan bahwa jumlah *coliform* sebesar  $8,0 \times 10^4$  MPN/100 ml sampai dengan  $2,4 \times 10^5$  MPN/100 ml, jauh melampaui baku mutu air sungai yang telah ditetapkan pada Standar Baku Mutu Air Sungai PERGUB Sumatera Selatan Nomor 16 tahun 2005 yaitu 10.000 MPN/100ml. Tingginya jumlah *coliform* pada air sungai ini dapat diakibatkan oleh tidak adanya pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air sungai. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan air limbah yang dilakukan sebelum air limbah domestik dialurkan ke badan sungai, dengan harapan pengolahan air ini dapat menurunkan jumlah *coliform* sesuai dengan baku mutu air sungai yang tercantum dalam PERGUB Sumatera Selatan.

Pengelolaan air limbah sangat penting dilakukan guna mengurangi tingkat pencemaran. Sistem pengolahan air limbah terdiri dari sistem pengolahan primer, sekunder dan tersier. Menurut Excellence (2012), pengolahan primer meliputi penyaring limbah berukuran besar dan juga tangki sedimentasi primer. Pengolahan sekunder berupa sistem pengolahan secara biologi. Sedangkan pengolahan tersier sebagai penyempurna proses pengolahan air. Adapun teknologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari sistem pengolahan air limbah sekunder yaitu menggunakan *Constructed Wetland* (CW) atau lahan basah buatan.

Pengelolaan air limbah *Constructed Wetland* ialah salah satu sistem pengolahan limbah yang dirancang dengan melibatkan tanaman air serta media lainnya sehingga menyerupai kondisi alami sebuah ekosistem lahan basah. Tanaman air yang digunakan dalam pengolahan air limbah domestik merupakan tanaman yang mampu mengoptimalkan upaya penurunan beban pencemar termasuk bakteri *Escherichia coli* yang terdapat pada air limbah. Tumbuhan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum*. Ketiganya merupakan tanaman yang dapat hidup pada lahan basah dan merupakan tumbuhan yang memiliki kemampuan mengurangi pencemar. Penggunaan tiga tanaman yang berbeda pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Constructed Wetland* menggunakan tumbuhan yang berbeda dalam menurunkan *Escherichia coli*, dan untuk mengetahui jenis tanaman yang paling efektif digunakan dalam penurunan jumlah *Escherichia coli*.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air limbah domestik pada sistem *Constructed wetland* menggunakan tumbuhan *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum*?
2. Tumbuhan manakah (*Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum*) yang berperan paling optimal dalam menurunkan jumlah *Escherichia coli* pada sistem *Constructed Wetland*?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui besarnya persentase penurunan jumlah bakteri *Escherichia coli* dalam air limbah domestik pada sistem *Constructed wetland* menggunakan tumbuhan *Phragmites* sp., *Typha angustifolia* dan *Heliconia psittacorum*.
2. Mengetahui tumbuhan yang berperan paling optimal dalam menurunkan jumlah *Escherichia coli* pada sistem *Constructed Wetland*.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan akan berkontribusi dalam pengembangan teknologi tepat guna untuk mengurangi pencemaran bakteri *Escherichia coli* pada air limbah domestik di kota Palembang. Demi terselenggaranya perbaikan sistem pengolahan air limbah domestik untuk mengurangi laju penurunan kualitas sumber air secara berkelanjutan, selain itu diharapkan pula menjadi sarana perbaikan sanitasi lingkungan masyarakat sekaligus menambah keasrian lingkungan (menambah nuansa hijau pada daerah di sekitar taman tanaman air (*Constructed Wetland*) dalam rangka membantu program pemerintah untuk mewujudkan lingkungan masyarakat yang sehat, bersih, rapi dan indah di masa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abfertiawan, S. 2017. Tumbuhan dalam Sistem *Constructed Wetlands: Typha* spp. dan *Phragmites* spp. *Online*. <http://gesi.co.id>. Ganeca Environmental Services. Diakses pada Februari 2019.
- Acquaah, G. 2009. *Horticulture : Principles and Practices*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Agustin, R. 2018. Kontaminasi Bakteri *E. coli* pada Air Kolam Renang di Kita Bandar Lampung. *Skripsi*.Fakultas Kedokteran. Universitas Lampung.
- Alang, H. 2014. Analisis Coliform Air Galon Berdasarkan Lama Penyimpanan di Kecamatan Rappocini Kota Makasar. *Jurnal Penelitian*. 2(1): 43-50.
- Andriani, F., dan Herto D. A. 2013. *Microbiological Source Tracking* Bakteri *Escherichia coli* dengan Metode *Antibiotic Resistance Analysis* di Sungai Cikapundung. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 19 (2): 170-176.
- Arifudin, S., Siti K., dan Ahmad M. 2013. Analisis Sebaran Bakteri *Coliform* di Kanal A Kuala Dua Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*. 3 (2): 186-192.
- Asadiya, A., dan Nieke K. 2018. Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif. *Jurnal Teknik ITS*. 7 (1): 18-22.
- Astika, A.U.W., Sudarno, dan Zaman, B. 2017. Kajian Kinerja Bak *Settler*, *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), dan *Anaerobic Filter* (AF) pada Tiga Tipe IPAL di Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6 (1): 1-15.
- Atlas, R.M. 2004. *Handbook of Microbiological Media 3<sup>rd</sup> Edition*. United States of America: CRC Press.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045*. Katalog BPS.
- Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa (Balittra). 2014. *Phragmites australis*. *Online*. <http://balittra.litbang.deptan.go.id>. Diakses pada Februari 2019.
- Bambang, A.G., Fatmawati dan Novel S.K. 2014. Analisis Cemaran Bakteri Coliform dan Identifikasi *Escherichia coli* pada Air Isi Ulang dari Depot di Kota Manado. *Jurnal Ilmiah*. 3 (3): 325-334.

- Berg, H.C. 2004. *E.coli in Motion, Biological, and Medical Physics Biomedical Engineering*. New York: Springer Verlag AIP Press.
- Brooks, G.F., Carroll K.C., Butel J.S., Morse S.A. 2013. *Mikrobiologi Kedokteran Ed. 25*. Jakarta: EGC.
- Clements, D. 2018. Invasive Species Compendium. *Online*. <https://www.cabi.org/ISC/datasheet/54297>. Diakses pada Februari 2019.
- Crow, G.E., dan C.B. Hellquist. 2000. *Aquatic and Wetland Plants*. Madison: University of Wisconsin Press.
- Decamp O and Warren A. 2000 Investigation of *Escherichia coli* removal in various designs of subsurface flow wetlands used for wastewater treatment. *Ecol. Engin.* 14: 293-299.
- Elfidasari, D., A.M. Saraswati, G. Nufadianti, R. Samiah, dan V. Setiowati, 2011. Perbandingan Kualitas Es di Lingkungan Universitas Al Azhar Indonesia dengan Restoran Fast Food di Daerah Senayan dengan Indikator Jumlah *Echerichia coli* Terlarut. *J. Al Azhar Indones Seri Sains dan Tekn.* 1(1): 18-23.
- Excellence. MoUD Centre of. 2012. *Guidelines for Decentralized Wastewater Management*. Indian Institute of Technology Madras.
- Fardiaz, S.1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kansius.
- Grady, J. Daigger, G., Lim H. 1999. *Biological Wastewater Treatment*. Marcel Dekker: New York.
- Habibah, U. 2016. Analisis Cemaran Bakteri Coliform dan Identifikasi *E.coli* Pada Air Minum Isi Ulang Depot di Kelurahan Pondok Cabe Ilir Kota Tangerang Selatan Tahun 2016. *Skripsi*. Farmasi Universitas UIN Syraif Hidayatullah.
- Hammer. 1989. *Constructed Wetland for Wastewater Treatment: Municipal, Industrial and Agricultural*. In . Chelsea: Lewis Publisher.
- Hartanti, A.S. 2015. *Mikrobiologi Kesehatan*. Ed. I. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Hastuti, E., Reni N., dan Sri D. 2017. Pengembangan Proses pada SIstem *Anaerobic Baffled Reactor* untuk Memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik. *Jurnal Pemukiman*. 12 (2): 70-79.

- Hendrawan, D., Melati F.F., Bambang I., dan Pramiati P. 2014. Pengaruh Media dalam Lahan Basah Buatan tipe *Subsurface Flow System* terhadap *E. coli*. *Laporan Penelitian*. Jurusan Teknik Lingkungan.
- Kantachote, D., Kanthasorn D., dan Cherdchan S. 2009. Treatment Efficiency in Wastewater Treatment Plant of Hat Yai Municipality by Quantitive Removal of Microbial Indicators. *Journal Science Technology*. 31(5): 567-576.
- Kipasika, H.J., J. Buza, W.A. Smith dan K.N. Njau. 2016. Removal Capacity of Fecal Pathogens from Wastewater by Four Wetland Vegetation: *Typha latifolia*, *Cyperus papyrus*, *Cyperus alternifolius* and *Phragmites australis*. *African Journal of Microbiological Research*. 10(19): 654-661.
- Kodoatie, R.J., dan Roestam S. 2010. *Tata Ruang Air*. Yogyakarta: ANDI.
- Konnerup, D., Thammarat K., dan Hans B. 2009. Treatment of Domestic Wastewater in Tropical, Subsurface Flow Constructed Wetlands planted with *Canna* and *Heliconia*. *Ecological Engineering*. 35(2): 248-257.
- Lansdown, R.V. 2017. *Phragmites australis* (Amended version of 2015 Assessment) The IUCN Redlist of Threatened Species 2017. *Online*. <https://www.iucnredlist.org/species/164494/121712286>. Diakses pada Februari 2019.
- Lestari, L.A., Eni H., Tyas U., pusputa M.S., dan Syara N. 2018. *Dasar-Dasar Mikrobiologi Makanan di Bidang Gizi dan Kesehatan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lewerissa, F., dan Martha K. 2014. Analisis Kualitatif Bakteri Coliform dan Fecal Coliform pada Mata Air Desa Sapura Kecamatan Sapura Kabupaten Maluku Tengah. *Prosiding Seminar Nasional*.1(1): 353-366.
- Mairi, J.P., T.J. Lyimo dan K.N. Njau. 2012. Performance of Subsurface Flow Constructed Wetland for Domestic Wastewater Treatment. *Tanz. Journal Science*. 38(2): 66-79.
- Mara, D. 2003. *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: Earthscan; Sterling, VA.
- Mayer, F. 2015. Role of Elongation Factor EF-TU in Bacterial Cytoskeletons- Mini Review and Update.
- Metcalf dan Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. USA: McGrawHill Inc.

- Mukhlis. 2003. "Studi Kemampuan Tumbuhan Air, Reed (*Phragmites Australis*) Dan Cattail (*Typha Angustifolia*), dalam Sistem *Constructed Wetland* Untuk Menurunkan COD Dan TSS Air Limbah. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Mukhlis, J. B. Widiadi dan Susi A. W. 2003. Laju Serapan Tumbuhan Air Reed (*Phragmites australis*) dan Cattail (*Typha angustifolia*) dalam Sistem *Constructed Wetland* untuk Menurunkan COD Air Limbah. *Jurnal Purifikasi*. 4(2): 67-72.
- Nadayil, J., Devu M., Keerthana D., Meenu R., dan Riya R.P.P. 2015. A Study on Effect of Aeration on Domestic Wastewater. *International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations*. 3 (2): 10-15.
- National Park Flora and Fauna Web. 2013. *Heliconia psittacorum*. Online. <https://florafaunaweb.nparks.gov.sg>. Diakses pada Februari 2019.
- Parker, C. 2018. Invasive Species Compendium. Online. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/40514>. Diakses pada Februari 2019.
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan. 2005. *Peraturan Gubernur Sumatera Selatan Nomor 16 Tahun 2005 Tentang Peruntukan Air dan Baku Mutu Air Sungai*.
- Plantamor. 2019. *Heliconia psittacorum*. Online. <http://plantamor.com/species/info/heliconia/psittacorum>. Diakses pada Februari 2019.
- Post, K W. and Songer, GJ. 2005. *MICROBIOLOGY Bacterial and Fungal Agent of Animal Disease*. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Prescott, L.M., Harley J.P., dan Klein D.A. 1996. *Microbiology 3<sup>rd</sup> Ed*. Chicago: WCB Publishers.
- Putri, P., dan Pramudya K. 2018. Identifikasi Keberadaan Bakteri Coliform dan Total Mikroba dalam Es Dung Dung di Sekitar Kampus Unuversitas Muhammadiyah Surakarta. *Media Gizi Indonesia*. 13(1): 41-48.
- Qomariyah, S. S.H. Ramelan, Sobariyah dan Setyono. 2017. Use of Macrophyte Plants, Sand and Gravel Materials in Constructed Wetlands for Greywater Treatment. *IOP Publishing*. 176(1): 1-6.
- Rahayu, S.A., dan Muhammad H.G. 2017. Uji Cemaran Air Minum Masyarakat Sekitar Margarahayu Bandung Raya Bandung dengan Identifikasi Bakteri *E. coli*. *IJPST*. 4(2): 50-56.

- Rajan, R.J., J.S. Sudarsan, S. Nithiyanantham. 2019. Microbial population Dynamics in Constructed Wetlands: Review of Recent Advancements for Wastewater Treatment. *Environ. Eng. Res.* 24(2): 181-190.
- Rice, B.A. 2019. *Typha latifolia*; Global Invasive Species Database. *Online*. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=895>. Diakses pada Februari 2019.
- Rimando, T.J. 2001. *Ornamental Horticulture a Little Giant in the Tropic*. Philippines: SEAMEO SEARCA and UPLB.
- Saridewi, I., Arief P., dan Yulia F.N. 2016. Analisis Bakteri *E.coli* Pada Makanan SiaP Saji di Kantin Rumah Sakit X dan Kantin Rumah Sakit Y. Biologi. *Jurnal BIOMA*. 12(2): 21-34.
- Sartono dan Hermana, J. 2009. Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Permukiman Kumuh Kota Palembang. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah*.
- Sasongko, E.B., Endang W., dan Rwuh E.P. 2014. Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali oleh Masyarakat di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 12 (2): 72-82.
- Sharma, H.B., dan Pooja R.S. 2016. Performance Analysis of Vertical Flow Constructed Wetland to Treat Domestic Wastewater using Two Different Filter Media and *Canna* as Plant. *Indian Journal of Science and Technology*. 9(44): 1-7.
- Shingare, R.P., Nanekar S. V., Thawale P.R., Karthik R., dan Juswakar A.A. 2017. Comparative Study on Removal of Enteric Pathogens from Domestic Wastewater Using *Typha latifolia* and *Cyperus rotundus* Along with Different Substrates. *International Journal Phytoremediation*. 9(10): 899-908.
- Sing, S., R. Haberl, O. Moog, R. R. Shrestha, P Shrestha, and R. Shrestha. 2009. “Performance of an Anaerobic Baffled Reactor and Hybrid Constructed Wetland Treating High-Strength Wastewater in Nepal\_Amodel for DEWATS.” *Ecological Engineering* 35: 654-60.
- Stevik, T.K., A.A. K., Ausland G., Hansen J>F. 2004. Retention and Removal of Pathogenic Bacteria in Wastewater Percolating Through Porous Media: A Review. *Wat. Res.* 38(1): 1355-1367.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta: UI Press.
- Sumampow, O.J., dan Jack R. 2017. *Pembangunan Wilayah Berwawasan Kesehatan*. Yogyakarta: Deepublish.

- Sunarti, R.N. 2016. Uji Kualitas Air Minum Isi Ulang disekitar Kampus UIN Raden Fatah Palembang. *Jurnal Bioilmi*. 2(1): 40-50.
- Suryani, S., Rodesia M.R., dan A. Martina. 2014. Seleksi dan Uji Antibakteri Aktinomisetes Asal Tanah Gambut Rimbo Panjang Kampar Riau Terhadap *Escherichia coli* dan *Salmonella typhi*. *Jurnal FMIPA*. 1(2): 1-11.
- Susana, T. 2003. Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Jurnal Oseana*. 28 (3): 17-25.
- Suswati, A.C.S., dan Gunawan W. 2013. Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (*Constructed Wetlands*). *Indonesian Green Technology Journal*. 2(2): 70-77.
- Syauqi, A. 2017. *Mikrobiologi Lingkungan Peran Mikroorganisme dalam Kehidupan*. Yogyakarta: ANDI.
- Tarigan, L.R.W.B. 2018. Uji Coliform dan Resistensi *Escherichia coli* pada Air Sungai Sekanak dan Baung Kota Palembang Terhadap Beberapa Antibiotik. *Skripsi*. Fakultas MIPA. Universitas Sriwijaya.
- Todar, K. 2008. Online Textbook of Bacteriology. Online. <http://textbookofbacteriology.net/>. Diakses pada Desember 2018.
- Tristyanto, N. 2015. *Uji Bakteriologi MPN Coliform dan Escherichia coli pada Air Baku Kolam Renang di Kota Malang*. Malang: Semesta Anugerah.
- Tuncsiper, B., Selma C.A., dan Lutfi A. 2012. Coliform Bacteria Removal from Septic Wastewater in a Pilot Scale Combine Constructed Wetland System. *Environmental Engineering and Management Journal*. 11(10): 1873-1879.
- UN-HABITAT. 2008. *Constructed Wetlands Manual*. Kathmandu: UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme.
- Vyamzal, J. 2005. Removal of Enteric Bacteria in Constructed Treatment Wetlands with Emergent Macrophytes: A review. *Journal Environ. Sci. Health*. 40(1): 1355-1367.
- Vymazal, J. 2007. Removal of Nutrients in Various Types of Constructed Wetlands. *Science of the Total Environment* 380(1): 48–65.
- Vymazal, J. 2009. Horizontal Sub-Surface Flow Constructed Wetlands Ondr ‘ejov and Spa’lene’ Por ‘ic’ in the Czech Republic –15 Years of Operation. *Desalination*. 246: 226–237.
- Vyamzal, J. 2011. Plants Used in Constructed Wetland with Horizontal Subsurface Flow: A review. *Hidrobiologia*. 674: 133–156.

- Wand, H., Vacca G., Kuschk p., kruger M. 2007. Removal of Bacteria by Filtration in planted and non planted columns. *Water research.* 41(1):159–167.
- Weber, K.P., dan Raymond L.L. 2008. *Wetlands: Ecology, Conservation and Restoration (Pathogen Removal in Constructed Wetlands)*. Nova Science Publisher.
- WHO. *Online*. [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/water-quality/small-community-management/2edvol3i.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/small-community-management/2edvol3i.pdf). Diakses pada Februari 2019.
- WHO. 1995. *Manual for Recreational Water and Beach Quality Monitoring and Assessment*. Regional office for Europe, European Center for Environment and Health.
- Widyati, E. 2013. Memahami Interaksi Tanaman–Mikroba. *Tekno Hutan Tanaman*. 6 (1): 13–20.
- Zhang, X.B., Liu P., Yang Y.S., dan Chen W.R. Phytoremediation of Urban Wastewater by Model Wetlands with Ornamental Hydrophytes. *Journal of Environmental Science*. 19(8): 902-909.