

EFEKTIVITAS SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI *TERTIARY TREATMENT* UNTUK MENURUNKAN JUMLAH BAKTERI PATOGEN PADA LIMBAH RUMAH SAKIT

SKRIPSI



JOSHUA CHRISTIAN ARRANSA RANTI

31160011

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS BIOTEKNOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA**

2020

EFEKTIVITAS SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI *TERTIARY TREATMENT* UNTUK MENURUNKAN JUMLAH BAKTERI PATOGEN PADA LIMBAH RUMAH SAKIT

SKRIPSI

Sebagai Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana Sains (S.Si)

Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi

Universitas Kristen Duta Wacana



JOSHUA CHRISTIAN ARRANSA RANTI

31160011

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS BIOTEKNOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA**

2020

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Joshua Christian Arransa Ranti
NIM : 31160011
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“EFEKTIVITAS SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI *TERTIARY TREATMENT* UNTUK MENURUNKAN JUMLAH BAKTERI PATOGEN PADA LIMBAH RUMAH SAKIT”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 13 Agustus 2020

Yang menyatakan



(Joshua Christian Arransa Ranti)

NIM.31160011

Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul:

EFEKTIVITAS SISTEM *CONSTRUCTED WETLAND* SEBAGAI *TERTIARY TREATMENT* UNTUK MENURUNKAN JUMLAH BAKTERI PATOGEN PADA LIMBAH RUMAH SAKIT

Telah diajukan dan dipertahankan oleh:

JOSHUA CHRISTIAN ARRANSA RANTI
31160011

Dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana

Dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada tanggal 29 Juli 2020

Nama Dosen

1. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, SU
(Dosen Penguji I/ Ketua Tim)
2. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M. Sc
(Dosen Pembimbing Utama/ Dosen Penguji II)
3. Drs. Guruh Prihatmo, MS
(Dosen Pembimbing Pendamping/ Dosen Penguji III)

Tanda Tangan







Yogyakarta, 29 Juli 2020

Disahkan Oleh

Dekan,



(Drs. Kisworo, M.Sc)

NIK: 874 E 054

Ketua Program Studi Biologi,



(Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si)

NIK: 884 E 075

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* Sebagai
Tertiary Treatment Untuk Menurunkan Jumlah
Bakteri Patogen Pada Limbah Rumah Sakit

Nama Mahasiswa : Joshua Christian Arransa Ranti

NIM : 31160011

Hari/Tanggal Ujian : Rabu, 29 Juli 2020

Disetujui Oleh

Pembimbing I,



(Dra. Haryati Bawole Sutanto, M. Sc)

NIK: 894 E 099

Pembimbing II,



(Drs. Guruh Prihatmo, MS)

NIK: 874 E 055

Ketua Program Studi Biologi



(Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si)

NIK: 884 E 075

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Joshua Christian Arransa Ranti

NIM : 31160011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* Sebagai *Tertiary Treatment* Untuk Menurunkan Jumlah Bakteri Patogen Pada Limbah Rumah Sakit”

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 29 Juli 2020



Joshua Christian Arransa Ranti

NIM: 31160011

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya haturkan kepada Tuhan Yesus Kristus karena telah memberikan berkat dan rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan naskah skripsi dengan judul “Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* Sebagai *Tertiary Treatment* Untuk Menurunkan Jumlah Bakteri Patogen Pada Limbah Rumah Sakit”. Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana bagi setiap mahasiswa Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena segala keterbatasan dan kemampuan yang saya miliki. Tetapi saya telah berusaha untuk mempersembahkan skripsi ini dengan sebaik-baiknya sehingga dapat bermanfaat bagi semua pihak. Saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.

Kelancaran penelitian dan penulisan naskah skripsi ini pastinya tidak lepas dari segala bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Fakultas Bioteknologi UKDW yang telah menerima dan mengarahkan saya untuk menyelesaikan studi dan penelitian dengan baik.
2. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M. Sc dan Drs. Guruh Prihatmo, MS selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah sabar membimbing dan mendukung saya dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi.
3. Kedua orang tua yang telah membantu, dan memberikan dukungan spiritual maupun material yang sangat luar biasa.
4. Vinny Angelica yang memberikan dukungan dan semangat sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi.

5. Jhonly Luturmas, dan Jean Busira yang telah bersedia menemani saya untuk meminjam mobil, membeli jerigen, dan mengambil sampel limbah di pagi hari.
6. Yoseph Junedi Nuwe Dhuge Poa dan Putri Indah Lestari Setyaningrum Pono yang telah bersedia menemani saya untuk menyiapkan reaktor dan mengambil air sawah.
7. Rekan-rekan skripsi di bidang pengolahan limbah, Pieter Jhon Joshua Daris, Ricky Albertus, Mona Loshinta, yang telah membantu dan bekerjasama dalam menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.
8. Arga Nugraha, S.Si., selaku laboran yang selalu membantu menyiapkan peralatan yang dibutuhkan selama proses penelitian berlangsung.
9. Rekan-rekan Bioteknologi Angkatan 2016 yang telah mendukung dan memberikan candaan sehingga penelitian dan penulisan dapat berjalan dengan baik.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam kelancaran penelitian dan penulisan naskah skripsi ini maupun selama saya menjalani masa studi di Yogyakarta.

Akhir kata saya sekali lagi mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung saya. Semoga penelitian dan naskah ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 29 Juli 2020



Joshua Christian Arransa Ranti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN	i
HALAMAN JUDUL BAGIAN DALAM	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
Abstrak	xiii
Abstract	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.2.1 Bagaimana efektivitas sistem <i>constructed wetland</i> dalam menurunkan kadar parameter Total Coliform sebagai <i>tertiary treatment</i> ?.....	3
1.2.2 Berapakah persentase efektivitas penurunan pada setiap parameter yang diuji?	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.3.1 Mengetahui Efektivitas Sistem <i>Constructed Wetland</i> sebagai <i>Tertiary Treatment</i> dalam Menurunkan Parameter Total Coliform	3
1.3.2 Mengetahui Berapa Besar Persentase Penurunan pada Setiap Parameter yang Diuji	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Rumah Sakit	4
2.1.1 Pengertian Limbah Rumah Sakit	4
2.1.2 Karakteristik Limbah Rumah Sakit	4
2.1.3 Baku Mutu Limbah Rumah Sakit	5
2.2 <i>Constructed Wetland</i>	5
2.2.1 Pengertian <i>Constructed Wetland</i>	5

2.2.2 Mekanisme Pengolahan.....	5
2.2.3 Jenis Aliran <i>Constructed Wetland</i>	7
2.3 Tanaman Melati Air (<i>Echinodorus palaefolius</i>)	9
2.4 Bakteri Coliform	10
2.5 Fitoremediasi	11
BAB III METODOLOGI	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Desain Penelitian	12
3.2.1 Jenis Penelitian.....	12
3.2.2 Perlakuan.....	12
3.3 Pengambilan dan Pengujian Parameter	12
3.3.1 BOD (Biological Oxygen Demand)	13
3.3.2 Total Coliform.....	13
3.3.3 Nitrat	13
3.3.4 Fosfat	13
3.4 Cara Kerja	13
3.4.1 Persiapan	13
3.4.2 Tahap Aklimatisasi.....	15
3.4.3 Uji Pendahuluan.....	15
3.5 Analisa Data.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 BOD (Biological Oxygen Demand).....	18
4.2 Nitrat	20
4.3 Fosfat.....	21
4.4 Total Coliform	22
BAB V KESIMPULAN.....	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN.....	27

DAFTAR TABEL

2.1 Karakteristik Limbah Cair Rumah Sakit	4
2.2 Baku Mutu Limbah Cair Rumah Sakit.....	5
2.3 Baku Mutu <i>Total Coliform</i> Dalam Air Minum dan Air Bersih.....	10
4.1 Hasil Uji Limbah Rumah Sakit.....	18

©UKPDW

DAFTAR GAMBAR

2.1 Aliran <i>Surface Flow</i>	7
2.2 Aliran <i>Subsurface Flow</i>	7
2.3 Aliran <i>Subsurface Flow</i> Dengan Metode <i>Horizontal Flow</i>	8
2.4 Aliran <i>Subsurface Flow</i> Dengan Metode <i>Vertical Flow</i>	8
2.5 Aliran <i>Subsurface Flow</i> Dengan Metode <i>Hybrid</i>	9
2.6 Melati Air.....	9
3.1 Reaktor Pengolahan Limbah.....	14
4.1 Hasil Uji Parameter BOD.....	18
4.2 Hasil Uji Parameter Nitrat.....	20
4.3 Hasil Uji Parameter Fosfat.....	21
4.4 Hasil Uji Parameter Total Coliform.....	22

DAFTAR LAMPIRAN

A. Tanaman Melati Air (<i>Echinodorus palaefolius</i>).....	27
B. Reaktor Sistem <i>Constructed Wetland</i>	27
C. Tabulasi Data dan Rata-Rata Pengukuran Setiap Parameter.....	28
1. Hasil Pengukuran BOD Pada Inlet.....	28
2. Hasil Pengukuran BOD Pada Outlet.....	28
3. Hasil Pengukuran Nitrat Pada Inlet.....	28
4. Hasil Pengukuran Nitrat Pada Outlet.....	29
5. Hasil Pengukuran Fosfat Pada Inlet.....	29
6. Hasil Pengukuran Fosfat Pada Outlet.....	29
7. Hasil Pengukuran Total Coliform Pada Inlet.....	30
8. Hasil Pengukuran Total Coliform Pada Outlet.....	30
D. Data Pengujian Parameter Dari Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta.....	31
1. Pengukuran BOD, Nitrat, dan Fosfat.....	31
2. Pengukuran Total Coliform.....	63

Abstrak

Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* Sebagai *Tertiary Treatment* Untuk Menurunkan Jumlah Bakteri Patogen Pada Limbah Rumah Sakit

JOSHUA CHRISTIAN ARRANSA RANTI

31160011

Limbah rumah sakit merupakan limbah yang berasal dari aktivitas-aktivitas yang dilakukan di rumah sakit, seperti limbah domestik, limbah klinis, dan limbah dari laboratorium. Apabila dilihat dari karakteristiknya, limbah rumah sakit mengandung banyak bakteri coliform. Bakteri tersebut berbahaya apabila mencemari lingkungan karena dapat menyebabkan penyakit pada manusia yang mengkonsumsinya. Pada umumnya rumah sakit telah menerapkan sistem pengolahan limbah dengan menggunakan desinfektan sebagai *tertiary treatment*. Desinfektan sendiri dapat membahayakan lingkungan apabila digunakan secara terus-menerus. Selain itu juga, penggunaan desinfektan memakan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini menggunakan sistem *constructed wetland* sebagai *tertiary treatment* dengan menggunakan tanaman *Echinodorus palaefolius*. Hasil yang diperoleh dari penelitian dengan menggunakan sistem ini adalah persentase efektivitas penurunan total coliform, BOD, nitrat, dan fosfat. Persentase efektivitas yang diperoleh, yaitu total coliform sebesar 96,17%, BOD sebesar 62,92%, nitrat sebesar 69,98%, dan fosfat sebesar 63,53%.

Keyword: *Constructed Wetland*, *Echinodorus palaefolius*, Limbah, Rumah Sakit, Total Coliform

Abstract

The Effectivity of Constructed Wetland System as Tertiary Treatment for Reducing the Number of Pathogenic Bacteria in Hospital Waste

JOSHUA CHRISTIAN ARRANSA RANTI

31160011

*The wastewater produced in the hospital originates from activities carried out in the hospital, such as domestic waste, clinical waste, and laboratory waste. It contains many coliform bacteria. The bacteria were dangerous if it pollutes the environment because it can be the human's disease. In general, hospitals have implemented wastewater treatment systems using disinfectants as tertiary treatment. Disinfectant itself can endanger the environment if used continuously. In addition, the use of disinfectants costs a lot. Therefore, this study uses a constructed wetland system as an alternative of the tertiary treatment using *Echinodorus palaefolius*. The results obtained from studies using this system are the percentage effectiveness of decreasing total coliform, BOD, nitrate, and phosphate. The removal efficiency of the total coliform, BOD, nitrate, & phosphate was 96,17%, 62,92%, 69,98%, & 63,53% respectively.*

Keyword: *Constructed Wetland, Echinodorus palaefolius, Hospital, Total Coliform, Waste*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, sedang marak terjadinya banjir yang merendam beberapa wilayah. Banjir ini sendiri terjadi karena curah hujan yang cukup tinggi dan meluapnya air sungai akibat debit air yang melebihi batas. Akibat dari banjir ini adalah dapat menyebabkan banyaknya masyarakat yang terkena *water borne disease*. *Water borne disease* adalah penyakit yang ditularkan melalui air, akibat kontak langsung antara manusia dengan bakteri berbahaya. *Water borne disease* dapat ditularkan karena kondisi dari air yang telah terkontaminasi oleh bakteri-bakteri pembawa penyakit. Salah satu sumber yang dapat menyebabkan perairan menjadi tercemar dan terkontaminasi adalah air limbah rumah sakit yang tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air.

Rumah sakit adalah salah satu instansi pemerintah atau swasta sebagai tempat berobat seluruh kalangan masyarakat. Rumah sakit merupakan salah satu instansi swasta atau pemerintah yang bertugas sebagai tempat berobat bagi seluruh kalangan masyarakat. Dalam proses pengobatan itu sendiri tentu menghasilkan limbah yang bersifat infeksius bagi lingkungan dan bagi masyarakat (Setiyanto *et al*, 2016). Limbah yang bersifat infeksius sendiri adalah limbah yang tercemar oleh bakteri-bakteri patogen yang berbahaya bagi manusia (Dires *et al*, 2019).

Di beberapa negara, pengolahan terhadap limbah telah menjadi perhatian besar, karena akibat dari pencemaran terhadap air ini menyebabkan meningkatnya jumlah penyakit, seperti kolera dan diare yang dapat menyebabkan kematian. Di Indonesia, pemerintah telah menetapkan sebuah regulasi kepada setiap rumah sakit untuk memiliki sebuah IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) sehingga kebanyakan rumah sakit telah mengolah limbah mereka sebelum dibuang ke badan air, tetapi permasalahan yang terjadi adalah kebanyakan rumah sakit

menggunakan senyawa kimiawi berupa desinfektan sebagai pengolahan lanjutan (*tertiary treatment*) agar limbah yang akan dibuang ke badan air sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Padahal penggunaan senyawa kimiawi akan berdampak buruk terhadap lingkungan apabila digunakan secara terus-menerus. Selain itu, pembelian senyawa kimiawi yang akan dipakai membutuhkan biaya yang besar. Untuk itu diperlukan sebuah sistem pengolahan lanjutan untuk mengganti penggunaan senyawa kimiawi, yaitu sebuah sistem yang murah, dan efisien dalam mengolah berbagai jenis limbah. Salah satu sistem yang cocok untuk digunakan adalah *Constructed Wetland* (Setiyanto *et al*, 2016).

Constructed Wetland sendiri adalah salah satu sistem pengolahan limbah yang dapat mengelola berbagai jenis limbah, seperti limbah industri, limbah domestik, limbah dari sisa pertanian, bahkan hingga limbah rumah sakit (Skrzypiec *et al* & Gajewska *et al*, 2017). Selain itu, sistem ini juga dapat dikatakan sistem yang murah tetapi efisien, karena sistem ini memanfaatkan kemampuan tanaman untuk mengolah limbah-limbah tersebut hingga aman untuk dibuang ke badan air (Setiyanto *et al*, 2016).

Banyak sekali jenis-jenis tanaman yang dapat digunakan dalam sistem *Constructed Wetland*. Salah satunya adalah tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*). Tanaman ini merupakan salah satu tanaman hias yang dapat beradaptasi dengan baik di daerah tropis. Tanaman ini merupakan tanaman yang selalu membutuhkan air. Tanaman ini juga merupakan tanaman yang perawatannya mudah dan tidak memerlukan perlakuan khusus. Tanaman ini memiliki kemampuan untuk menurunkan dan mengurai beban organik yang terdapat di dalam limbah sehingga tanaman ini sering digunakan dalam berbagai sistem pengolahan limbah (Kasman *et al*, 2018).

Dari penjelasan diatas maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas sistem *constructed wetland* sebagai *tertiary*

treatment dalam mengganti penggunaan desinfektan yang terdapat dalam limbah cair rumah sakit.

1.2 Rumusan Masalah

1.2.1 Bagaimana efektivitas sistem *constructed wetland* dalam menurunkan kadar parameter Total Coliform sebagai *tertiary treatment*?

1.2.2 Berapakah persentase efektivitas penurunan pada setiap parameter yang diuji?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Mengetahui Efektivitas Sistem *Constructed Wetland* sebagai *Tertiary Treatment* dalam Menurunkan Parameter Total Coliform

1.3.2 Mengetahui Berapa Besar Persentase Penurunan pada Setiap Parameter yang Diuji

BAB V

KESIMPULAN

1. Sistem pengolahan limbah *constructed wetland* dengan menggunakan tanaman melati air (*Echinodorus palaefolius*) dapat dikatakan efektif dalam mengolah limbah rumah sakit sebagai *tertiary treatment*. Hal tersebut dibuktikan dari turunnya nilai total coliform dari 134742,5 MPN/100 ml menjadi 5167,13 MPN/100 ml.
2. Persentase penurunan pada tiap parameter, yaitu total coliform dengan persentase efisiensi sebesar 96,17%, BOD dengan persentase efisiensi sebesar 62,92%, lalu nitrat dengan persentase efisiensi sebesar 69,98%, dan fosfat dengan persentase efisiensi sebesar 63,53%.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA. (1992). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Dad, (2000). *Bacterial Chemistry and Psichology*. John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 426
- Dires, S., Birhanu, T., & Ambelu, A. (2019). Use of Broken Brick to Enchance the Removal of Nutrients In Subsurface Flow Constructed Wetlands Receiving Hospital Wastewater.
- Mursito, B. (2011). Tanaman Hias Berkhasiat Obat. Penebar Swadaya, Depok. Halaman: 27.
- Mustofa, Arif, (2015), Kandungan Nitrat dan Pospat Sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai, Jurnal DISPROTEK, Vol. 6(1): 13-19
- Kasman, M., Riyanti, A., Salmariza, & Ridwan, M. (2018). Reduksi Pencemar Limbah Cair Industri Tahu dengan Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Dalam Sistem Kombinasi *Constructed Wetland* dan Filtrasi. Jurnal Litbang Industri, Vol. 8(1): 39-46
- Koesputri, AS., Nurjazuli, Dangiran, HL. (2016). Pengaruh Variasi Lama Kontak Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) Dengan Sistem Subsurface Flow Wetlands Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, dan Fosfat Dalam Limbah Cair Laundry. Jurnal Kesehatan Masyarakat Vol. 4(4): 771-778
- Maiga, Y., von Sperling, M., Mihelcic, J. (2017). Constructed Wetlands. In: J.B. Rose and B. Jiménez-Cisneros, (eds) Global Water Pathogens Project. <http://www.waterpathogens.org> (C. Haas, J. Mihelcic and M. Verbyla) (eds) Part 4 Management of Risk from Excreta nad Wastewater) <http://www.waterpathogens.org/book/constructed-wetlands> Michigan State University, E. Lansing, MI, UNESCO.
- Olutiola, PO., Awojobi, KO., Oyedeji, O., Ayansina, ADV., Cole, OO. (2010). *Relationship Between Bacterial Density and Chemical Composition of a Tropical Sewage Oxidation Pond*. African Journal of Environmental Science and Technology Vol. 4(9): 595-602
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah (Hal. 77)
- Pratiwi, A.D., Widyorini, N., dan Rahman A. (2019). Analisis Kualitas Perairan Berdasarkan Total Bakteri Coliform di Sungai Plumbon Semarang. Journal of Maquares. 8(3), 211-220
- Putri, MH., Jazuli, N., dan Dangiran, HL., (2016), “Perbedaan Efektivitas Constructed Wetland Sub Surface Flow System dan Free Water Surface

pada Tanaman Cattail untuk Menurunkan BOD, COD, dan Fosfat Limbah Laundry di Kelurahan Tembalang, Kota Semarang, *Jurnal Kesehatan Masyarakat* Vol. 4 (5): 18-26.

- Rahmat, B., & Mallongi, A. (2018). Studi Karakteristik dan Kualitas BOD dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Lanto DG. Pasewang Kabupaten Jeneponto
- Rahmawati, A, Azizah, R. (2005). Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 2 (1): 97-110
- Rito, B. A. (2017). Pemanfaatan Constructed Wetland Sebagai Bagian Dari Rancangan Lansekap Ruang Publik Yang Berwawasan Ekologis.
- Setiyanto, RD., Darundiati, YH., & Joko, T. (2016). Efektivitas Sistem Constructed Wetlands Kombinasi Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dan Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang.
- Patty, SI, Arfah, H, Abdul, MS. (2015). Zat Hara (Fosfat, Nitrat), Oksigen Terlarut dan pH Kaitannya Dengan Kesuburan Di Perairan Jikumerasa, Pulau Baru. *Jurnal Pesisir Laut Tropis* Vol. 1(1): 43-50
- Skrzypiecbeef, K., & Gajewskaad, M. (2017). The Use of Constructed Wetlands For The Treatment of Industrial Wastewater.
- Stefanakis, A. I., & Akrotos, C. S. (2016). Removal of Pathogenic Bacteria in Constructed Wetland: Mechanisms and Efficiency.
- UN-HABITAT. (2008). *Constructed Wetlands Manual*. (Vol. 978-92-1-131963-7) UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme.
- Waluyo, Prihadi. (2009). *Kajian Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dan SNI Terkait*
- Zhang, Y., (2012), "Design of a Constructed Wetland for Wastewater Treatment and Reuse in Mount Pleasant, Utah", Master of Landscape Architecture, Utah University