

**Pengolahan Air Limbah Cuci *Laundry* Sistem *Constructed Wetlands* menggunakan Tanaman *Canna indica* L dengan Penambahan Media Substrat Batu Kapur**

**Skripsi**



**Bara Theo Ruhama Jatendya**

**31190307**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana  
2024**

Pengolahan Air Limbah Cuci *Laundry* Sistem *Constructed Wetlands* menggunakan Tanaman *Canna indica* L dengan Penambahan Media Substrat Batu Kapur

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana



**31190307**

**Program Studi Biologi  
Fakultas Bioteknologi  
Universitas Kristen Duta Wacana**

**2024**

**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 : Bara Theo Ruhama Jatendya  
NIM : 31190307  
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:

**“Pengolahan Air Limbah Cuci Laundry Sistem Constructed Wetlands  
menggunakan Tanaman *Canna indica* L dengan Penambahan Media Substrat  
Batu Kapur”**

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 : 27 April 2024

Yang menyatakan,

(Bara Theo Ruhama Jatendya)

NIM. 31190307

## Lembar Pengesahan Naskah Skripsi

Skripsi dengan judul:

PENGOLAHAN AIR LIMBAH CUCI *LAUNDRY* SISTEM *CONSTRUCTED WETLANDS* MENGGUNAKAN TANAMAN *Canna indica* L DENGAN PENAMBAHAN MEDIA SUBSTRAT BATU KAPUR

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

**BARA THEO RUHAMA JATENDYA**

**31190307**

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 22 Mei 2024


### Nama Dosen

### Tanda Tangan

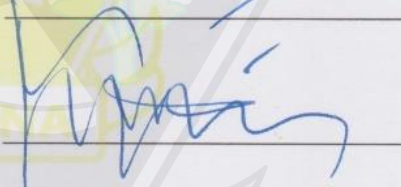
1. Dra. Haryati B. Sutanto, M.Sc.  
(Dosen Pembimbing I / Ketua Penguji)



2. Kukuh Madyaningrana, S.Si., M. Biotech  
(Dosen Pembimbing II / Dosen Penguji)



3. Drs. Kisworo, M.Sc.  
(Dosen Penguji)



Yogyakarta, 5 Juli 2024

Disahkan oleh:

Dekan,

Ketua Program Studi Biologi,



Dr. Charis Amarantini, M.Si.  
NIK: 914 E 155



Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc.  
NIK: 214 E 556

## Lembar Persetujuan Naskah Skripsi

Judul : Pengolahan Air Limbah Cuci *Laundry* Sistem  
*Constructed Wetlands* Menggunakan Tanaman  
*Canna indica* L dengan Penambahan Media  
Substrat Batu Kapur

Nama Mahasiswa : Bara Theo Ruhama Jatendya

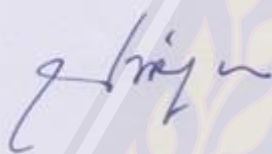
Nomor Induk Mahasiswa : 31190307

Hari/Tanggal Ujian : Rabu, 22 Mei 2024

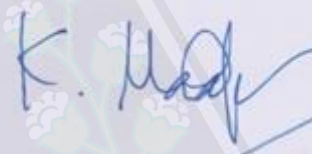
Disetujui oleh:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



(Dra. Haryati B. Sutanto, M.Sc.)  
NIK: 894 E 099



(Kukul Madyaningrana, S.Si., M. Biotech)  
NIK: 214 E 555

Ketua Program Studi Biologi

DUK WACANA



(Dwi Adityarini, S.Si., M.Biotech., M.Sc)  
NIK: 214 E 556



## Lembar Pernyataan Integritas

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bara Theo Ruhama Jatendya

NIM : 31190307

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**“Pengolahan Air Limbah Cuci *Laundry* Sistem *Constructed Wetlands*  
Menggunakan Tanaman *Canna indica* L dengan Penambahan Media  
Substrat Batu Kapur”**

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.

DUTA WACANA

Yogyakarta, 22 Mei 2024



Bara Theo Ruhama Jatendya  
NIM: 31190307

## Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas kasih dan karunia-Nya, penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengolahan Air Limbah Cuci Laundry Sistem Constructed Wetlands Menggunakan Tanaman *Canna indica* L dengan Penambahan Media Substrat Batu Kapur”** yang merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana (S.Si) di Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.

Penulis sangat menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak mampu terwujud tanpa adanya bantuan dari banyak pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan yang diberikan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc, selaku dosen pembimbing I atas bimbingan, masukan, dan dorongan motivasi selama rangkaian pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak Kukuh Madyaningrana, S.Si., M. Biotech, selaku dosen pembimbing II untuk masukan, bimbingan, dan motivasi selama ini dan selama pengerjaan skripsi.
3. Bapak Drs. Kisworo, M.Sc, selaku dosen penguji untuk masukan saran dalam pengerjaan skripsi ini.
4. Seluruh Laboran Laboratorium Fakultas Bioteknologi, terkhusus kepada Kak Arga Nugraha, S.Si yang telah membimbing penulis selama rangkaian penulisan skripsi.
5. Seluruh dosen, staff, dan karyawan Fakultas Bioteknologi atas bantuan dan dukungan yang diberikan selama ini.
6. Ayah dan Bunda, serta Adek dan keluarga besar atas dukungan, motivasi, dan doa yang selalu diberikan tanpa henti selama masa studi dan pengerjaan skripsi ini.
7. Bapak Waluyo selaku penyedia tanah dan air sawah dari lahan sawah beliau untuk melakukan pengerjaan skripsi. Tanpa beliau, pengerjaan skripsi ini dapat terhambat atau bahkan tidak terjadi.
8. Bapak Sigit selaku penyedia limbah *laundry* dari usaha jasa *Laundry Kuchex'z* untuk melakukan pengerjaan skripsi. Tanpa beliau, pengerjaan skripsi ini dapat terhambat atau bahkan tidak terjadi.
9. Ibu Ety, Ibu Ari, dan seluruh Keluarga Alamanda yang terus memberi semangat dalam pengerjaan skripsi
10. Gilbert Timotius Aditya yang telah berjalan bersama dalam pengerjaan penelitian ini.
11. Albert, Vitho, Indha, Alda, Misa, Aca, Siska, Arkhey, Timothy, Alfenie, dan teman – teman lain yang tidak bisa disebutkan satu – persatu.
12. Lily, yang telah membantu dalam mendukung dan memotivasi dalam pengerjaan skripsi ini.

## DAFTAR ISI

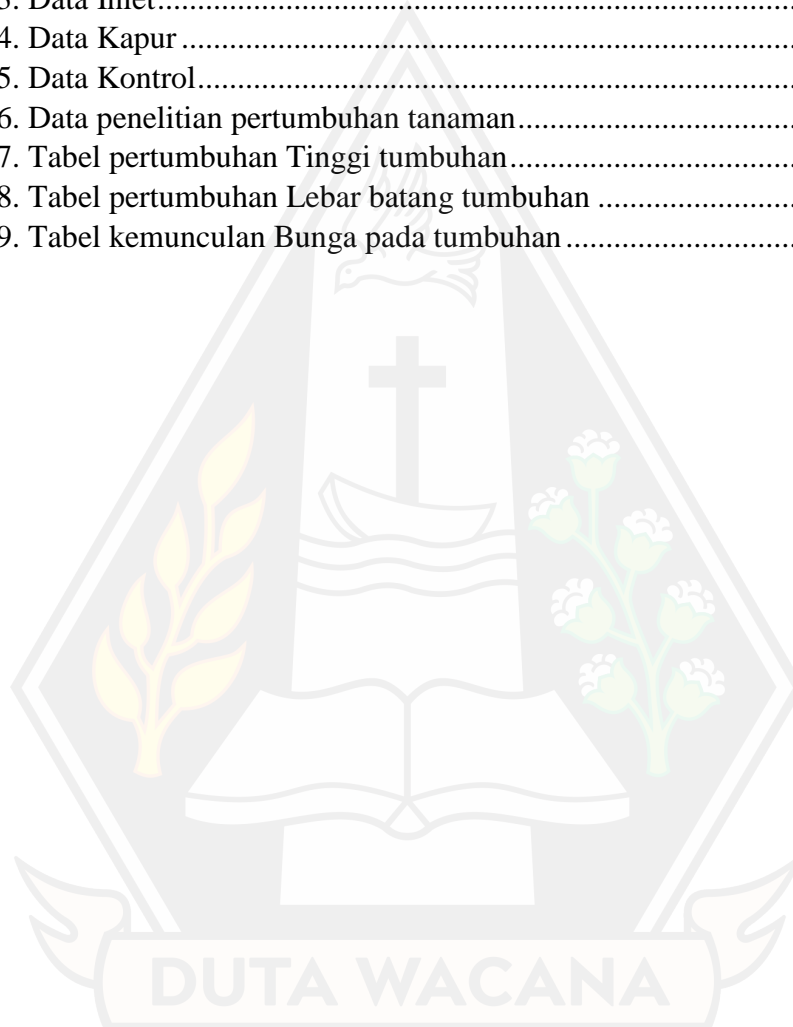
<b>Halaman Sampul Depan</b> .....	i
<b>Halaman Sampul Bagian Dalam</b> .....	ii
<b>Lembar Pengesahan Naskah Skripsi</b> .....	iii
<b>Lembar Persetujuan Naskah Skripsi</b> .....	iv
<b>Lembar Pernyataan Integritas</b> .....	v
<b>Kata Pengantar</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>BAB I</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II</b> .....	5
2.1. Limbah Penatu.....	5
2.1.1. Definisi dan karakteristik limbah penatu .....	5
2.1.2. Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i> pada Kawasan Yogyakarta .....	6
2.2. Pengolahan limbah cair ( <i>wastewater treatment</i> ) .....	9
2.3. Lahan basah buatan ( <i>Constructed Wetlands</i> ) sebagai cara pengolahan <i>wastewater</i> .....	9
2.3.1. <i>Vertical Sub Surface Flow Constructed Wetlands</i> .....	11
2.3.2. Komponen <i>wastewater treatment</i> .....	11
2.4. Tanaman Kana ( <i>Canna indica L</i> ) .....	13
<b>BAB III</b> .....	15
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
3.2. Desain Penelitian .....	15



3.3. Bahan.....	16
3.4. Alat .....	16
3.5. Cara Kerja.....	16
3.6. Alur Analisa .....	20
3.7. Analisis Data .....	20
<b>BAB IV</b> .....	<b>21</b>
4.1. Identifikasi Tanaman Kana ( <i>Canna indica</i> L).....	21
4.2. Parameter Limbah .....	22
4.2.1. Kebutuhan Oksigen Kimiawi / <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) ....	23
4.2.2. Pengukuran Kadar Detergen / <i>Methylene Blue Active Substance</i> (MBAS) .....	24
4.2.3. Fosfat .....	25
4.2.4. Oksigen Terlarut / <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	27
4.2.5. pH.....	28
4.2.6. Suhu .....	29
4.2.7. Total Padatan Terlarut / <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) .....	30
4.2.8. Total Padatan Tersuspensi / <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) .....	31
4.3. Pertumbuhan Tanaman Kana Dalam Reaktor <i>Constructed Wetlands</i> .....	33
<b>BAB V</b> .....	<b>36</b>
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>44</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
Tabel 1.	Nilai Baku Mutu Air limbah <i>Laundry</i> .....	6
Tabel 2.	Nilai Parameter Limbah .....	22
Tabel 3.	Data Inlet.....	127
Tabel 4.	Data Kapur .....	127
Tabel 5.	Data Kontrol.....	127
Tabel 6.	Data penelitian pertumbuhan tanaman.....	128
Tabel 7.	Tabel pertumbuhan Tinggi tumbuhan.....	129
Tabel 8.	Tabel pertumbuhan Lebar batang tumbuhan .....	129
Tabel 9.	Tabel kemunculan Bunga pada tumbuhan.....	129



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
Gambar 1.	<i>Canna indica</i> L.....	13
Gambar 2.	Reaktor Kontrol.....	17
Gambar 3.	Reaktor Perlakuan .....	17
Gambar 4.	Alur Analisis .....	20
Gambar 5.	Nilai COD limbah <i>laundry</i> .....	23
Gambar 6.	Nilai Polutan MBAS limbah <i>laundry</i> .....	24
Gambar 7.	Nilai Fosfat limbah <i>laundry</i> .....	25
Gambar 8.	Nilai polutan Dissolved Oxygen limbah <i>laundry</i> .....	27
Gambar 9.	Pengukuran akar tanaman <i>Canna indica</i> L .....	27
Gambar 10.	Lapisan pada reaktor kontrol setelah dipotong secara melintang .....	27
Gambar 11	Nilai pH limbah <i>laundry</i> .....	28
Gambar 12.	Nilai suhu limbah <i>laundry</i> .....	29
Gambar 13.	Nilai TDS limbah <i>laundry</i> .....	30
Gambar 14.	Perbedaan hasil air limbah <i>laundry</i> .....	31
Gambar 15.	Nilai TSS limbah <i>laundry</i> .....	32
Gambar 16.	Tinggi tanaman <i>Canna indica</i> L.....	33
Gambar 17.	Lebar batang tanaman <i>Canna indica</i> L .....	33
Gambar 18.	Jumlah bunga yang muncul pada tanaman <i>Canna indica</i> L.....	34
Gambar 19.	Tanaman <i>Canna indica</i> L sebelum penanaman .....	34
Gambar 20.	Potongan melintang pada reaktor perlakuan kapur .....	34
Gambar 21.	Potongan melintang pada reaktor kontrol .....	34
Gambar 22.	Gambar Data SPSS Perbedaan penurunan COD .....	111
Gambar 23.	Gambar Data SPSS Perbedaan penurunan DO .....	111
Gambar 24.	Gambar Data SPSS Perbedaan penurunan Fosfat .....	112
Gambar 25.	Gambar Data SPSS Perbedaan penurunan MBAS/Detergen.....	112
Gambar 26.	Gambar Data SPSS Perbedaan penurunan TDS .....	113
Gambar 27.	Gambar Data SPSS Perbedaan penurunan TSS .....	113
Gambar 28.	Persiapan pembuatan reaktor .....	114
Gambar 29.	Tanaman Kana sebelum perlakuan .....	114
Gambar 30.	Batuan dalam reaktor .....	114
Gambar 31.	Persiapan bahan kapur.....	114
Gambar 32.	Kondisi reaktor pada awal aklimatisasi.....	115
Gambar 33.	Kondisi daun setelah 5 hari aklimatisasi .....	115
Gambar 34.	Kondisi reaktor setelah 10 hari Aklimatisasi. ....	116
Gambar 35.	Reaktor setelah 3 Minggu mengalami aklimatisasi.....	116
Gambar 36.	Reaktor pada hari pertama.....	117
Gambar 37.	Reaktor dengan 100% Air Limbah.....	117
Gambar 38.	Reaktor setelah dipindah tempat .....	118

Gambar 39. Reaktor setelah 10 hari pemindahan tempat .....	118
Gambar 40. Kuncup bunga muncul pertama pada reaktor kapur.....	119
Gambar 41. Reaktor 7 Hari setelah bakal bunga muncul.....	119
Gambar 42. Bakal bunga muncul pada reaktor kontrol .....	120
Gambar 43. Bunga pada reaktor kapur dan kontrol .....	120
Gambar 44. Reaktor pada hari terakhir pemasukan .....	121
Gambar 45. Hari terakhir sebelum pemotongan reaktor .....	121
Gambar 46. Reaktor kapur setelah pembelahan.....	122
Gambar 47. Reaktor kontrol setelah pembelahan .....	122
Gambar 48. Bentuk akar pada reaktor kontrol .....	123
Gambar 49. Bentuk akar pada reaktor kapur.....	123
Gambar 50. Bentuk batuan kapur setelah dibuka.....	124
Gambar 51. Bentuk kapur seperti bubuk .....	124
Gambar 52. Batuan dalam reaktor yang memiliki akar .....	125
Gambar 53. Kerak atau kotoran yang terbentuk pada selang outlet .....	125
Gambar 54. Detergen yang digunakan pada vendor .....	126
Gambar 55. Detergen yang digunakan pada vendor .....	126
Gambar 56. Perbedaan air Limbah, Kontrol, dan Kapur .....	126



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran 1: Surat Keterangan Identifikasi Tanaman .....	44
Lampiran 2: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah -Pertama .....	45
Lampiran 3: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah -Kedua.....	53
Lampiran 4: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah -Ketiga.....	62
Lampiran 5: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah -Keempat.....	70
Lampiran 6: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah -Kelima .....	78
Lampiran 7: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah -Keenam .....	87
Lampiran 8: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah –Ketujuh.....	95
Lampiran 9: Laporan Hasil Uji Parameter Limbah –Kedelapan .....	104
Lampiran 10: Hasil Perhitungan SPSS .....	111
Lampiran 11: Foto Penelitian.....	114
Lampiran 12: Tabel Data Penelitian .....	127
Lampiran 13: Data Penelitian Pertumbuhan tanaman.....	128





## ABSTRAK

### **Pengolahan Air Limbah Cuci *Laundry* Sistem *Constructed Wetlands* menggunakan Tanaman *Canna indica* L dengan Penambahan Media Substrat Batu Kapur**

**BARA THEO RUHAMA JATENDYA**

Perkembangan usaha jasa binatu atau *laundry* di tengah masyarakat kota tidak hanya membantu kehidupan harian manusia, tetapi juga dapat berdampak pada lingkungan apabila tidak ada proses pengolahan limbah terlebih dahulu. Salah satu teknologi untuk mengolah limbah *laundry* adalah sistem *constructed wetlands*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat efektivitas *constructed wetlands* dengan tanaman *Canna indica* L yang diperkaya dengan batuan kapur dalam mengurangi polutan yang terdapat pada limbah *laundry*. Penelitian dilakukan secara langsung atau eksperimental dengan dua reaktor *constructed wetlands*, yaitu reaktor kontrol dan reaktor perlakuan. Parameter yang diukur dalam penelitian meliputi parameter limbah *laundry* berupa COD, MBAS, fosfat, DO, pH, suhu, TDS, dan TSS; dan parameter pertumbuhan tanaman berupa, tinggi tanaman, lebar batang tanaman, jumlah tangkai bunga. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengurangan polutan pada parameter COD sebesar 91.43% pada reaktor perlakuan dan 91.67% pada reaktor kontrol. Parameter MBAS menunjukkan efisiensi penurunan yang hampir sama pada kedua reaktor, yaitu 98.89% pada reaktor perlakuan dan 98.61% pada reaktor kontrol. Naiknya nilai fosfat pada kedua reaktor, disebabkan oleh penggunaan air dan tanah sawah pada proses aklimatisasi tanpa pengecekan terlebih dahulu. Nilai TDS, pada reaktor perlakuan mengalami kenaikan nilai dikarenakan adanya penambahan kapur, sementara pada reaktor kontrol nilai penurunan TDS mencapai 10.19%. Kandungan TSS mengalami penurunan nilai mencapai 94.6% pada reaktor perlakuan dan 91.5% pada reaktor kontrol. Tanaman Kana dapat tumbuh dengan baik pada reaktor *constructed wetlands* yang digunakan. Sistem *constructed wetlands* menggunakan batuan kapur dapat menurunkan polutan yang ada dalam air limbah *laundry* walaupun nilai parameter fosfat dan TDS cenderung menunjukkan kenaikan.

**Kata Kunci:** Batu Kapur, *Canna indica*, *Constructed Wetlands*, Limbah *laundry*, *Wastewater treatment*

## ABSTRACT

### **Wastewater Treatment of Laundry Wash Using Constructed Wetlands System with *Canna indica* L Plants and the Addition of Limestone Substrate Media**

**BARA THEO RUHAMA JATENDYA**

The development of laundry services in urban communities not only enhances human daily life but also can impact the environment if wastewater is not processed beforehand. One technology for treating laundry wastewater is the constructed wetlands system. This research aims to assess the effectiveness of constructed wetlands using *Canna indica* L plants enriched with limestone in reducing pollutants present in laundry wastewater. The study was conducted directly or experimentally with two constructed wetlands reactors: a control reactor and a treatment reactor. Parameters measured in the study included laundry wastewater parameters such as COD, MBAS, phosphate, DO, pH, temperature, TDS, and TSS; and plant growth parameters such as plant height, stem width, and number of flowers. The research results showed a reduction in COD pollutants by 91.43% in the treatment reactor and 91.67% in the control reactor. MBAS parameters exhibited nearly identical reduction efficiencies in both reactors: 98.89% in the treatment reactor and 98.61% in the control reactor. The increase in phosphate values in both reactors was due to the use of water and paddy soil during the acclimatization process without prior checking. TDS values in the treatment reactor increased due to limestone addition, while in the control reactor, a decrease in TDS values reached 10.19%. TSS content decreased by 94.6% in the treatment reactor and 91.5% in the control reactor. *Canna* plants thrived well in the constructed wetlands reactors. The constructed wetlands system using limestone can effectively reduce pollutants in laundry wastewater, although phosphate and TDS parameters tend to show an increase in pollutant levels.

**Keywords:** *Canna indica*, Constructed Wetlands, Laundry waste, Limestone, Wastewater treatment

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Dewasa ini, usaha penatu atau yang biasa disebut dengan usaha *laundry* berkembang pesat di tengah masyarakat Kota Yogyakarta (Andriani, 2014). Maraknya usaha *laundry* ini sejalan dengan perubahan gaya hidup masyarakat seperti keterbatasan waktu yang membuat individu dan keluarga banyak memanfaatkan jasa usaha *laundry*. Peningkatan bisnis di sektor pelayanan seperti rumah sakit, hotel, dan spa juga memicu banyaknya usaha *laundry*. Dukungan pemerintah terhadap usaha kecil termasuk *laundry* tertuang dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 7 Tahun 2021 tentang Kemudahan, Pelindungan, dan Pemberdayaan Koperasi dan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (Presiden Republik Indonesia, 2021), yang diwujudkan dalam bentuk modal bagi masyarakat yang membuka usaha secara mandiri. Respon pemerintah ini turut memicu berkembangnya usaha *laundry* di perkotaan.

Usaha *laundry* dapat memiliki dampak yang positif terhadap perkembangan dan pertumbuhan ekonomi. Namun, sisi negatif dari usaha ini berdampak pada lingkungan. Meningkatnya kegiatan *laundry*, baik yang dilakukan secara mandiri maupun melalui jasa, menyebabkan limbah akan semakin banyak mengalir ke saluran pembuangan dan akhirnya mencapai badan air utama. Akibatnya, lingkungan akan mengalami pencemaran air yang merugikan, sedangkan banyak makhluk hidup membutuhkan air bersih untuk bertahan hidup setiap hari.

Dampak awal limbah *laundry* mungkin hanya terlihat pada lingkup lingkungan kecil yang apabila dibiarkan akan merambat ke lingkungan yang lebih besar dan akhirnya berdampak pada manusia sebagai pengguna air dalam kehidupan sehari-hari dan bergantung pada lingkungan alam untuk sumber daya lainnya.

Fosfat adalah salah satu zat yang paling banyak ditemukan dalam limbah *laundry*. Untuk mengatasi hal ini, perlu dilakukan penurunan kandungan fosfat dalam limbah *laundry* dengan proses pengolahan limbah yang tepat. Salah satu solusi yang diterapkan adalah pengolahan air limbah atau Wastewater treatment. Pengolahan air limbah ini merupakan proses perawatan air limbah sebelum dibuang ke saluran yang lebih besar, dan saat ini sudah banyak metode atau desain dalam pengolahan limbah yang telah dikembangkan (Nathanson & Ambulkar, 2024).

Sistem pengolahan limbah cair banyak dilakukan dengan menggunakan desain *Constructed wetlands*. *Constructed wetlands*, atau lahan basah buatan, adalah sistem lahan basah yang dibuat berdasarkan ekosistem alami dengan memanfaatkan ekosistem itu sendiri dalam proses pemurnian air (Dinas Pekerjaan Umum Kulon Progo, 2023).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem *Constructed wetlands* (CWs) efektif karena bahan yang digunakan dapat menggunakan material yang sudah tersedia. Sistem CWs memiliki beberapa kelebihan dalam bidang ekonomi, lingkungan, dan komunitas. Dari segi ekonomi, CWs merupakan layanan ekosistem bernilai tinggi dengan biaya rendah, serta merupakan pilihan pengolahan limbah yang hemat biaya dibandingkan metode lainnya. Dari segi lingkungan, CWs memiliki kemampuan ekologis dalam penyaringan air, penghilangan residu pupuk, patogen, dan racun lainnya dari limbah. Selain itu, vegetasi di lahan basah air limbah dapat membantu dalam penyerapan karbon. Dari segi komunitas, lahan basah yang sehat dapat meningkatkan nilai estetika dan menawarkan kesempatan pendidikan bagi masyarakat, dengan menyebarkan kesadaran akan pentingnya lahan basah dan jasa ekosistem yang menakjubkan (Anonim, 2020).

Sistem *constructed wetlands* merupakan lahan buatan yang menyerupai lahan basah alami, sehingga perlakuan CWs membutuhkan keberadaan tanaman dalam membantu mengurangi polusi air limbah. Dalam penelitian yang ada, tanaman Kana dipilih karena efektivitasnya dalam

mereduksi fosfat dan COD air limbah (Asolekar & Kumar, 2016). Penambahan media seperti batu kapur juga bisa dilakukan karena kapur dapat mengikat fosfat (Astuti, et al., 2016).

Sistem *Constructed wetlands* dengan penambahan batu kapur tidak hanya efektif dalam mengurangi polutan air limbah, tetapi juga mengapresiasi alam yang telah ada sejak jutaan tahun sebagai filter alami dalam membantu memperbaiki lingkungan yang ditinggali semua makhluk hidup.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dituliskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini, adalah: Bagaimana efektivitas penurunan polutan dalam air limbah *laundry* menggunakan system *constructed wetlands* menggunakan tanaman *Canna indica* L dan penambahan substrat batuan kapur?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Merujuk pada rumusan masalah yang ada, tujuan penelitian ini adalah mempelajari efektivitas penurunan polutan dalam air limbah *laundry* dalam system *constructed wetlands* menggunakan tanaman *Canna indica* L dengan penambahan substrat batuan kapur.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Untuk penulis, diharapkan sistem *Constructed Wetlands* yang menggunakan tanaman *Canna indica* L dengan penambahan batuan kapur dapat secara efektif mengurangi kadar limbah dalam air *laundry*. Penelitian ini diharapkan dapat membuka peluang untuk penerapan sistem ini di banyak tempat pada masa mendatang. Untuk masyarakat, Diharapkan sistem *Constructed Wetlands* yang menggunakan tanaman *Canna indica* L dengan penambahan batuan kapur dapat meningkatkan pemahaman masyarakat dalam mengurangi limbah *laundry* di kegiatan rumah tangga. Pengetahuan ini



dapat membantu masyarakat mengadopsi praktik ramah lingkungan dalam kehidupan sehari-hari. Untuk dunia akademik, Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang sistem *Constructed Wetlands* yang menggunakan tanaman *Canna indica* L dengan penambahan batuan kapur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan kontribusi ilmiah dalam bidang pengolahan limbah *laundry*.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Hasil pengolahan limbah *laundry* menggunakan *constructed wetlands* dengan tanaman *Canna indica* L dan penambahan batuan kapur menunjukkan bahwa sistem tersebut mampu menurunkan polutan air limbah *laundry*. Tanaman *Canna indica* L juga dapat hidup hingga berbunga pada kondisi lingkungan limbah *laundry*.

Penambahan substrat batuan kapur dalam sistem *constructed wetland* sangat efektif menurunkan hampir semua parameter limbah *laundry*, kecuali *Total Dissolved Solid* yang memiliki nilai yang cenderung naik dikarenakan fosfat yang diikat oleh kapur yang membuat Hidroksiapatit, dan akan melepaskan ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) ke dalam air yang berkontribusi dalam kenaikan TDS dalam air.

#### **5.2. Saran**

Untuk penelitian selanjutnya mungkin dapat dicari penambahan media yang lainnya, dikarenakan menggunakan kapur apabila dilakukan dengan waktu lama maka dapat menyebabkan lubang pada tanah yang memiliki kapur didalamnya dan akhirnya membahayakan lingkungan sekitar. Tanah ataupun air sawah yang digunakan, dapat dilakukan pengecekan terlebih dahulu untuk melihat kandungan fosfat yang tersedia pada air sawah maupun tanah sawah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. A., Irwan, I., & Prasetya, E. (2020). Analisis Karakteristik Limbah Laundry Terhadap Kejadian Dermatitis Kontak iritan Pada Pekerja Laundry X Kota Gorontalo. *Jambura Journal of Health Sciences and Research*, 2(1), 43-51.
- Adiputra, R. (2020). *Pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) dari Metil Ester Berbasis CPO sebagai Bahan Baku dengan Variasi Katalis*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Amiard-Triquet, C. (2019). 2 - Pollution Tolerance in Aquatic Animals: From Fundamental Biological Mechanisms to Ecological Consequences. (E. Gross, & J. Garric, Eds.) *Ecotoxicology*, 33-91.  
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-314-1.50002-X>
- Andriani, D. (2014, Maret 12). *Prospek Bisnis Jasa Laundry Cerah*. Retrieved from [ekonomi.bisnis.com](http://ekonomi.bisnis.com):  
<https://ekonomi.bisnis.com/read/20140312/87/210134/prospek-bisnis-jasa-laundry-cerah>
- Angeles, G., Lascurain, M., Davalos-Sotelo, R., Zárate-Morales, R. P., & Ortega-Escalona, F. (2013). Anatomical and physical changes in leaves during the production of tamales. *American Journal of Botany*, 100(8), 1509-1521.  
doi:10.3732/ajb.120057
- Anonim. (2018, Juni 5). *Dissolved Oxygen and Water*. Retrieved Maret 7, 2023, from [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov): <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/dissolved-oxygen-and-water>
- Anonim. (2019, November 12). *The Complete Guide to Crushed Stone and Gravel*. Retrieved from Gra-Rock Redi-Mix: <https://www.gra-rock.com/post/2019/11/11/the-complete-beginners-guide-to-crushed-stone-and-gravel>
- Anonim. (2020). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Retrieved Maret 07, 2023, from [greencommunitiesguide.ca](http://greencommunitiesguide.ca):  
<https://greencommunitiesguide.ca/guide/nbs-implementation-overviews/constructed-wetlands-for-wastewater-treatment>
- Anonim. (2024a). *NPK Compound Fertilizers*. Retrieved from S&P Global: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/npk-compound-fertilizers-chemical-economics-handbook.html>
- Anonim. (2024b). *NPK(S) 12:15:21(8)*. Retrieved from PhosAgro: <https://www.phosagro.com/production/fertilizer/azotno-fosfornye-udobreniya/npk-s-121521-8/>
- Anonim. (2024c). *Rooting Nutrients: Why Are They Necessary?* Retrieved from BAC - Biological Activated Cocktail: <https://www.bacfertilizers.com/plant-stimulants/rooting-nutrients>

- Anonim. (n.d.). *Canna indica*. Retrieved from giardinaggio.net:  
<https://www.giardinaggio.net/giardino/piante-perenni/canna-indica.asp>
- Ariyanto, W. (2019). *Evaluasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Candirejo terhadap Lingkungan Kecamatan Ngawen Kabupaten Klaten*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Asolekar, S. R., & Kumar, D. (2016). Experiences with laboratory and pilot scale constructed wetlands for treatment of sewages and effluents. In T. Wintgens, J. Plattner, L. Breitenmoser, L. Elango, S. Asolekar, C. Sandhu, . . . Chakrabo, T. Wintgens, A. Nättorp, L. Elango, & S. R. Asolekar (Eds.), *Natural Water Treatment Systems for Safe and Sustainable Supply in the Indian Context* (p. 156). London: IWA Publishing. Retrieved from  
[https://www.researchgate.net/publication/327574368\\_Natural\\_Water\\_Treatment\\_Systems\\_for\\_Safe\\_and\\_Sustainable\\_Water\\_Supply\\_in\\_the\\_Indian\\_Context\\_Saph\\_Pani](https://www.researchgate.net/publication/327574368_Natural_Water_Treatment_Systems_for_Safe_and_Sustainable_Water_Supply_in_the_Indian_Context_Saph_Pani)
- Astuti, W. T., Joko, T., & Dewanti, N. A. (2016, Juli). Efektivitas Larutan Kapur Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Rsud Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(3), 941-948.
- Balai PSDA BODRI Kuto. (2022). *PH (Keasaman Air)*. Retrieved February 27, 2023, from Balai PSDA BODRI Kuto: <https://bpusdataru-bk.jatengprov.go.id/index.php/informasi-sda/kualitas-air/93-das/kualitas-air/154-ph-keasaman-air>
- Bednarek, W., Tkaczyk, P., & Dresler, S. (2017). The Effect Of Npk Fertilization On Mineral Phosphorus Fraction Content In Soil. *Acta Agroph*, 191-203.
- Benz, S., Chen, D., Möller, A., Hofmann, M., Schnieders, D., & Dronskowski, R. (2022). The Crystal Structure of Carbonic Acid. *Inorganics*, 10(9), 132. doi:10.3390/inorganics10090132
- Bisleri. (2020, Juli 24). *Understanding TDS and its Role in Drinking Water*. Retrieved Maret 03, 2023, from bisleri.com: <https://www.bisleri.com/blog-detail/understanding-tds-and-its-role-in-drinking-water>
- Boyd, C. E. (2001, Desember 1). Water quality standards: Dissolved Oxygen. *Water quality standards: Dissolved Oxygen « Global Aquaculture Advocate*. Retrieved from <https://www.globalseafood.org/advocate/water-quality-standards-dissolved-oxygen/>
- Bramantyo, K. (2014). *Pengertian Dari Total Suspended Solid (Tss), Turbidity dan Water Clarity*. Retrieved February 27, 2023, from Mealabs Environment Indonesia: <https://www.mealabs-environment.com/2019/05/apa-itu-total-suspended-solid-tss-turbidity-water-clarity.html>
- Britannica, E. (2024, March 4). *pH*. Retrieved from Britannica: <https://www.britannica.com/science/pH>
- Catharina, A., Suswati, S. P., & Wibisono, G. (2013). Pengolahan Limbah Domestik Dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). *Indonesian Green Technology Journal*, 2(2), 70-77.

- Chen, Y., Bracy, R. P., Owings, A. D., & Merhaut, D. J. (2009). Nitrogen and Phosphorous Removal by Ornamental and Wetland Plants in a Greenhouse Recirculation Research System. *HortScience*, 44(6), 1704–1711.  
doi:<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.6.1704>
- Das, R., Ranjan, N. S., Kumar, P. R., & Mitra, D. (2006). Role of Electrical Conductivity as an Indicator of Pollution in Shallow Lakes. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 3(1), 143-146.
- Das, R., Ranjan, N., Kumar, P., & Mitra, D. (2005). Environment and Pollution. *Asian Journal of Water*, 143-146.
- Department of Ecology. (2002). Dissolved Oxygen and the Water Quality Standards. *Focus*. Retrieved from <https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/0210001.pdf>
- Dinas Pekerjaan Umum Kulon Progo. (2023, Maret 28). *Lahan Basah Buatan (Constructed Wetland)*. Retrieved from Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Kulon Progo: <https://dpu.kulonprogokab.go.id/detil/952/lahan-basah-buatan-constructed-wetland>
- Eawag, & Stauffer, B. (2012). *Constructed Wetlands (CWs)*. Switzerland: secon international gmbh. Retrieved from <https://sswm.info/taxonomy/term/3933/horizontal-subsurface-flow-constructed-wetland>
- El-Ghany, M., El-Kherbawy, M., Abdel-Aal, Y., El-Dek, S., & El-Baky, A. T. (2021). Comparative Study between Traditional and Nano Calcium Phosphate Fertilizers on Growth and Production of Snap Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Plants. *Nanomaterials*, 11(11), 2913.  
doi:10.3390/nano11112913
- Environmental Protection Agency. (2021, July). *Dissolved Oxygen*. Retrieved from Factsheets on Water Quality Parameters: <https://www.epa.gov/awma/dissolved-oxygen-parameter-factsheet>
- EPA. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet Wetlands: Subsurface Flow*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency. Retrieved from [https://www3.epa.gov/npdes/pubs/wetlands-subsurface\\_flow.pdf](https://www3.epa.gov/npdes/pubs/wetlands-subsurface_flow.pdf)
- Filiandini, E., & Andini, S. D. (2021). *Studi Penjerapan Fosfat menggunakan Bioabsorben dari arang batang pisang pada limbah laundry*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Fondriest Environmental Inc. (2013, November 19). *Dissolved Oxygen*. Retrieved from Fundamentals of Environmental Measurements: <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>
- Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta. (2016). *Baku Mutu Air Limbah*. Yogyakarta: Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Hadi, A., & Asiah. (2020). *Verifikasi Metode Pengujian Air dan Air Limbah* (2 ed.). (B. Nugraha, Ed.) Bogor, Indonesia: IPB Press.



- Haritash, A. K., Sharma, A., & Dutta, S. (2017). Phosphate uptake and translocation in a tropical Canna-based constructed wetland. *Ecological Processes*, 6(12). doi:10.1186/s13717-017-0079-3
- Hou, M., Huang, B., Zhao, X., Jiao, X., & Sun, Z. (2023). Evaluation Model of Hard Limestone Reformation and Strength Weakening Based on Acidic Effect. *Minerals*, 13(8), 1101. doi:10.3390/min13081101
- Huang, J., Fisher, P., Horner, W., & Argo, W. R. (2010). Limestone Particle Size and Residual Lime Concentration Affect pH Buffering Substrates. *Journal Of Plant Nutrition*, 846-858. doi:DOI:10.1080/01904161003654089
- Husnabilah, A. (2016). Perencanaan Constructed Wetland Untuk Pengolahan Greywater Menggunakan Tumbuhan Canna Indica (Studi Kasus: Kelurahan Keputih Surabaya).
- Irwan, F., & Afdal. (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1), 85-93.
- Jethwa, K. B., & Bajpai, S. (2016, Agustus). Role of plants in constructed wetlands (CWS): a review. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 5-10.
- Karungamye, P. N. (2022). Potential of Canna indica in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review. *Conservation*, 2, 499–513. doi:https://doi.org/10.3390/conservation2030034
- Kaswinarni, F. (2007). *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu (Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal, dan Gagak Sipat Boyolali)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- KBBI. (2021). *penatu*. Retrieved Maret 15, 2023, from Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI): <https://kbbi.web.id/penatu>
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2019). *Kimia*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Khan, F., Siddique, A. B., Shabala, S., Zhou, M., & Zhao, C. (2023, Agustus 3). Phosphorus Plays Key Roles in Regulating Plants' Physiological Responses to Abiotic Stresses. *Plants (Basel)*, 12(15), 2861. doi:10.3390/plants12152861
- Kholif, M. A., Pungut, Sugito, Sutrisno, J., & Dewi, W. S. (2020). Pengaruh Waktu Tinggal dan Media Tanam pada Constructed Wetland untuk Mengolah Air Limbah Industri Tahu. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(2), 107–115. doi:10.29080/alard.v5i2.901
- Kim, H.-J., & Li, X. (2016). Effects of Phosphorus on Shoot and Root Growth, Partitioning, and Phosphorus Utilization Efficiency in Lantana. *HortScience*, 51(8), 1001-1009. doi:https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.8.1001
- Kusuma, D. A., Fitria, L., & Kadaria, U. (2019). Pengolahan Limbah Laundry dengan Metode Moving Bed Biofilm Reaktor (MBBR). *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 001-010. Retrieved from

- <https://media.neliti.com/media/publications/281661-pengolahan-limbah-laundry-dengan-metode-83385708.pdf>
- Loehwing, W. F. (1942). Nutritional Factors in Plant Growth and Development - Paper Presented at the Fifty-Sixth Annual Meeting. *Proceedings of the Iowa Academy of Science* (pp. 61-112). Iowa: State University of Iowa.
- Made, D., & Sugito. (2013). Penurunan TSS dan Phospat Air Limbah Puskesmas Janti Kota Malang Dengan Wetland. *jurnal Teknik Waktu*, 11(1), 93-101.
- Mo, E. (2019). A Preliminary Assessment of Hydrogeochemical Quality of Groundwater around Rural Communities of Abandon Nkalagu Limestone Quarry. SE Nigeria. *Annals of Chemical Science Research*. doi:DOI:10.31031/acsr.2019.01.000522
- Nagtode, V. S., Cardoza, C., Yasin, H. K., Mali, S. N., Tambe, S. M., Roy, P., . . . Pratap, A. P. (2023). Green Surfactants (Biosurfactants): A Petroleum-Free Substitute for Sustainability—Comparison, Applications, Market, and Future Prospects. *ACS Omega*, 8(13), 11674–11699. doi:10.1021/acsomega.3c00591
- Nathanson, J. A., & Ambulkar, A. (2024, January 30). *Wastewater Treatment*. Retrieved from Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/technology/wastewater-treatment>
- Oksilia, & Alby, S. (2020, Oktober). Pengaruh Pupuk Fosfat Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Mentimun Jepang (*Cucumis sativus L.*). *Jurnal Ilmu Pertanian Agronitas*, 2(2), 38-45.
- Panchuk, K. (2019). *Physical Geology, First University of Saskatchewan Edition*. Saskatoon: University of Saskatchewan.
- Pasiecznik, N. (2022). *Canna indica (canna lilly)*. doi:10.1079/cabicompendium.14575.
- Prasad, R., & Chakraborty, D. (2019, April 19). *Phosphorus Basics: Understanding Phosphorus Forms and Their Cycling in the Soil*. Retrieved from Alabama Cooperative Extension System: <https://www.aces.edu/blog/topics/crop-production/understanding-phosphorus-forms-and-their-cycling-in-the-soil/>
- Presiden Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah (PP) tentang Kemudahan, Pelindungan, dan Pemberdayaan Koperasi dan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah*. Presiden Republik Indonesia. Retrieved from <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/161837/pp-no-7-tahun-2021>
- Puijenbroek, P. v., Beusen, A., & Bouwman, A. (2018, November). Datasets of the phosphorus content in laundry and dishwasher detergents. *Data Brief*, 2284-2289. doi:10.1016/j.dib.2018.11.081
- Qomariyah, S., Ramelan, A. H., Sobriyah, & Setyono, P. (2017). Use of macrophyte plants, sand & gravel materials in Constructed Wetlands for greywater treatment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.

- Ratri, M. C. (2017, Mei). Pencemaran Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (Sdbs) Pada Ikan Air Tawar: Penentuan Akumulasi Dan Monitoring Pencemaran. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, 14(1), 43-54.
- Rianto, A. (2019, September 27). *Pengertian BOD dan COD pada Limbah Pabrik*. Retrieved Febuari 28, 2023, from ISW Group: <https://www.isw.co.id/post/2019/09/27/pengertian-bod-dan-cod-pada-limbah-pabrik>
- Rito, B. A. (2017, Januari). Pemanfaatan Constructed Wetland Sebagai Bagian Dari Rancangan Lansekap Ruang Publik Yang Berwawasan Ekologis Studi Kasus Houtan Park China. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 9(1), 46-59. Retrieved Maret 7, 2023
- Sasaerila, Y. H., Sakinah, S., Noriko, N., & Wijihastuti, R. S. (2021). Effects of Light Environments on Leaf Traits and Phenotypic Plasticity of *Canna indica*. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 13(2), 169-177.
- Shaw, C. (2019). *Gravel or Stone, what's the difference?* Retrieved from Gorham Sand & Gravel: <https://www.gsgravel.com/gravel-or-stone-whats-the-difference/>
- Shelef, O., Gross, A., & Rachmilevitch, S. (2013). Role of Plants in a Constructed Wetland: Current and New Perspectives. *Water*, 5(2), 405-419. doi:<https://doi.org/10.3390/w5020405>
- Sila, N., Birawida, A. B., & Natsir, M. F. (2022, Februari). Keberadaan Bakteri Pengurai Bahan Pencemar Organik Pada Air Limbah Domestik Pulau Kodingareng. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, 4, 44-51. Retrieved from <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jnik/article/view/19637/7903>
- Sitorus, E., Sutrisno, E., Armus, R., Gurning, K., Fatma, F., Parinduri, L., . . . Priastomo, Y. (2021). *Proses Pengolahan Limbah*. (R. Watrianthos, Ed.) Medan, Sumatera Utara, Indonesia: Yayasan Kita Menulis.
- Sperling, M. v., Verbyla, M., & Oliveira, S. (2020). *Assessment of Treatment Plant Performance and Water Quality Data*. London: IWA Publishing.
- Swarnakar, A. K., & al, e. (2022). Various Types of Constructed Wetland for Wastewater Treatment-A Review. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* (p. 1032). Chhattisgarh: IOP Publishing. doi:[doi:10.1088/1755-1315/1032/1/012026](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1032/1/012026)
- Tian, M. (2011). Application of Constructed Wetland Technology in Urban Landscape Designs. *Advanced Materials Research*, 211-212, 939-943.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies 2nd Revised Edition*. Duebendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Retrieved from <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/454>

- Trifando, R. Y., Sutanto, H. B., & Prihatmo, G. (2022). The Reducing Of Organic Loading And Phosphate (Po<sub>4</sub>) In Domestic Wastewater Treatment by Constructed Wetland System Using *Canna Indica* And *Cyperus Alternifolius*. *BioLink - Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*, 9(1), 95-105. doi:10.31289/biolink.v9i1.6837
- UN-HABITAT. (2008). *Constructed Wetlands Manual*. Kathmandu: UN-HABITAT.
- Upadhyaya, H., Begum, L., Dey, B., Nath, P. K., & Panda, S. K. (2017). Impact of Calcium Phosphate Nanoparticles on Rice Plant. *Journal of Plant Science and Phytopathology*, 001-010. doi:10.29328/journal.jpssp.1001001
- Velvizhi, G. (2019). Chapter 4.1 - Overview of Bioelectrochemical Treatment Systems for Wastewater Remediation. (S. V. Mohan, S. Varjani, & A. Pandey, Eds.) *Microbial Electrochemical Technology*, 587-612. doi:10.1016/B978-0-444-64052-9.00024-8
- Wardhana, I. W., Handayani, D. S., & Rahmawati, D. I. (2009). Penurunan Kandungan Fosfat Pada Limbah Cair Industri Pencucian Pakaian (Laundry) Menggunakan Karbon Aktif Dari Sampah Plastik Dengan Metode Batch Dan Kontinyu: Studi Kasus Limbah Cair Industri Laundry Lumintu Tembalang, Semarang. *Jurnal Teknik*, 30(2).
- Wijaya, N. I., & Elfiansyah, M. (2022). The influence of nitrate and phosphate concentration on the abundance of plankton at the estuary of Bengawan Solo, Gresik, East Java. *AACL Bioflux*, 15(1), 83-95. Retrieved Maret 7, 2023, from <http://www.bioflux.com.ro/aac>
- Wulandari, L. K., Bisri, M., Harisuseno, D., & Yuliani, E. (2019). *Abilities of stratified filter and wetland to reduce TDS and TSS in blackwater domestic waste*. Malang: IOP Publishing. doi:10.1088/1757-899X/469/1/012016
- Wurtsbaugh, W. A., Paerl, H. W., & Dodds, W. K. (2019, August 15). Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *WIREs Water*. doi:<https://doi.org/10.1002/wat2.1373>