

Perbandingan Penggunaan *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dalam *Constructed Wetland* untuk Penurunan Amonia (NH₃), Nitrat (NO₃⁻), dan Beban Organik pada Limbah Domestik

Skripsi



**Lucky Oktavian Prakoso
31170116**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2021**

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 : Lucky Oktavian Prakoso
NIM : 31170116
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:

**“Perbandingan Penggunaan *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dalam
Constructed Wetland untuk Penurunan Amonia (NH₃), Nitrat (NO₃⁻), dan Beban
Organik pada Limbah Domestik”**

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 2021

Yang menyatakan



(Lucky Oktavian Prakoso)

NIM.31170116

Perbandingan Penggunaan *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dalam *Constructed Wetland* untuk Penurunan Amonia (NH₃), Nitrat (NO₃⁻), dan Beban Organik pada Limbah Domestik

Skripsi

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



Lucky Oktavian Prakoso
31170116

Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2021

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH
SKRIPSI**

Judul Proposal : Perbandingan Penggunaan *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dalam *Constructed Wetland* untuk Penurunan Amonia (NH_3), Nitrat (NO_3^-), dan Beban Organik pada Limbah Domestik

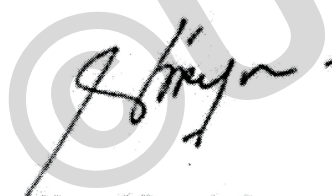
Nama : Lucky Oktavian Prakoso

NIM : 31170116

Hari/Tgl Ujian : Kamis/ 12 Agustus 2021

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama,



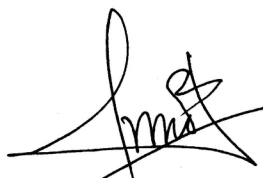
(Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc.)
NIK : 894 E 009

Pembimbing Pendamping,



(Drs. Guruh Prihatmo, M.S.)
NIK : 874 E 055

Ketua Program Studi Biologi,



(Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.)
NIK : 884 E 075

Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul :

PERBANDINGAN PENGGUNAAN *Canna indica* DAN *Cyperus alternifolius*
DALAM *CONSTRUCTED WETLAND* UNTUK PENURUNAN AMONIA
(NH_3), NITRAT (NO_3^-), DAN BEBAN ORGANIK PADA LIMBAH
DOMESTIK

Telah diajukan dan dipertahankan oleh :

LUCKY OKTAVIAN PRAKOSO

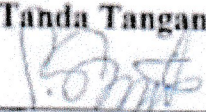
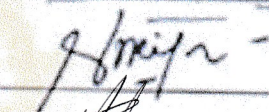

31170116

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 12 Agustus 2021

Nama Dosen	Tanda Tangan
1. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, SU. (Ketua Tim Penguji)	
2. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc. (Dosen Pembimbing I / Penguji)	
3. Drs. Guruh Prihatmo, M.S. (Dosen Pembimbing II / Penguji)	


Yogyakarta, 12 Agustus 2021

Disahkan Oleh:

Dekan,


(Drs. Kisworo, M.Sc.)

Ketua Program Studi Biologi,


(Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.)

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lucky Oktavian Prakoso

NIM : 31170116

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan
Judul:

**“Perbandingan Penggunaan *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dalam
Constructed Wetland untuk Penurunan Amonia (NH_3), Nitrat (NO_3^-), dan
Beban Organik pada Limbah Domestik”**

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 kaerya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 26 Juli 2021



(Lucky Oktavian Prakoso)
NIM : 31170116

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa penulis ucapkan atas kasih karunia dan berkat yang Tuhan berikan kepada saya dalam penulisan skripsi yang berjudul “Perbandingan Penggunaan *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dalam *Constructed Wetland* untuk Penurunan Amonia (NH₃), Nitrat (NO₃⁻), dan Beban Organik pada Limbah Domestik”. Karya ini penulis persembahkan untuk kemuliaan Tuhan yang sebesar-besarnya dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains (S.Si.) pada program studi biologi, Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.

Penulisan skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu ucapkan terimakasih penulis tujukan kepada:

1. Bapak Drs. Kisworo, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.
2. Ibu Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana.
3. Ibu Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc. selaku dosen pembimbing 1 yang selalu mendampingi dengan sabar dari awal proses dinamika skripsi hingga akhir.
4. Bapak Drs. Guruh Prihatmo, M.S. selaku dosen pembimbing 2 dan dosen wali yang selalu mendampingi proses dinamika perkuliahan hingga tahap akhir melalui skripsi..
5. Mas Arga, seluruh laboran dan staff fakultas bioteknologi yang selalu memberikan bantuan.
6. Kedua orang tua dan ke-4 kakakku yang selalu memberikan dukungan dalam segala proses pengerjaan skripsi
7. Rendi, Theo, dan Alex sebagai kolega dalam pengerjaan skripsi dalam tema pengolahan limbah yang selalu ada dikala susah maupun senang
8. Arimatea Aruaini yang selalu memberikan bantuan dan semangat dalam pengerjaan skripsi
9. Seluruh teman yang termasuk dalam bioteknologi 2017 yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Yogyakarta, 22 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL DEPAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Limbah Domestik	3
2.2 <i>Constructed Wetlands</i> (CW).....	3
2.2.1 <i>Horizontal Flow Constructed Wetland</i> (HFCW)	4
2.2.2 <i>Vertical Flow Constructed Wetland</i> (VFCW).....	5
2.3 Karakteristik Tanaman.....	6
2.3.1 <i>Canna indica</i> (Bunga Tasbih)	6
2.3.2 <i>Cyperus alternifolius</i> (Rumput Payung).....	7
BAB III METODE PENELITIAN.....	8
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	8
3.2 Desain Penelitian	8
3.3 Bahan.....	8
3.4 Alat	9
3.5 Cara Kerja.....	9

3.5.1 Persiapan.....	9
3.5.2 Aklimatisasi Reaktor dan Tanaman.....	11
3.5.3 Penstabilan Reaktor	11
3.5.4 Pengukuran Parameter.....	11
3.5.5 Analisis Data	12
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	13
4.1 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD ₅)	14
4.2 Amonia (NH ₃).....	18
4.3 Nitrat (NO ₃ ⁻)	20
4.4 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	22
4.5 Suhu (°C).....	24
4.6 pH	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	26
5.1 Kesimpulan.....	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Nomor Gambar	Judul Gambar	Halaman
1	Aliran Skematis <i>Horizontal Flow Constructed Wetland</i> (HFCW)	5
2	Aliran Skematis <i>Vertical Flow Constructed Wetland</i> (VFCW)	5
3	<i>Canna indica</i>	6
4	<i>Cyperus alternifolius</i>	7
5	Sistem Reaktor Secara Skematis	10
6	Susunan Media pada Reaktor	10
7	Perbandingan Rata-rata BOD ₅ dari Setiap Perlakuan	14
8	Perbandingan Efisiensi Penurunan BOD ₅	15
9	Perbandingan Zona Perakaran	15
10	Perbandingan Rata-rata Amonia dari Setiap Perlakuan	18
11	Perbandingan Efisiensi Penurunan Amonia	18
12	Perbandingan Rata-rata Nitrat dari Setiap Perlakuan	20
13	Perbandingan Rata-rata <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) dari Setiap Perlakuan	22
14	Perbandingan Rata-rata <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) dari Setiap Titik Sampling	23
15	Perbandingan Rata-rata Suhu dari Setiap Perlakuan	24
16	Perbandingan Rata-rata pH dari Setiap Perlakuan	25

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Lampiran
1	Dokumentasi Penelitian
2	Tabulasi dan Perhitungan Data
3	Hasil Analisis Statistik <i>One-way</i> ANOVA
4	Hasil Uji Parameter Amonia dan Nitrat
5	Kartu Konsultasi Skripsi

©UKDWN

ABSTRAK

Perbandingan Penggunaan *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dalam Constructed Wetland untuk Penurunan Amonia (NH₃), Nitrat (NO₃⁻), dan Beban Organik pada Limbah Domestik

LUCKY OKTAVIAN PRAKOSO

Pertumbuhan penduduk merupakan penyebab terjadinya lingkungan padat penduduk di suatu wilayah. Permasalahan ini menyebabkan minimnya lahan untuk fasilitas pengolahan limbah, sehingga limbah domestik akan menimbulkan masalah dan cenderung langsung dibuang ke daerah aliran sungai. Pengolahan limbah secara desentralisasi menggunakan *constructed wetland* adalah solusi untuk mengolah limbah domestik pada lingkungan padat penduduk. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui perbandingan efisiensi penurunan beban organik, amonia, dan nitrat dalam limbah domestik pada sistem *vertical constructed wetland* yang menggunakan tanaman *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius*. Penelitian ini menggunakan sistem *vertical constructed wetland* dengan tipe aliran *subsurface flow constructed wetland*. Terdapat 2 perlakuan yaitu perlakuan 1 (P1) menggunakan tanaman hias *Canna indica* dan perlakuan 2 (P2) menggunakan tanaman yang berasal dari *natural wetland* yaitu *Cyperus alternifolius*. Parameter yang diukur adalah BOD₅, amonia (NH₃), nitrat (NO₃⁻), *dissolved oxygen* (DO), suhu, dan pH. Melalui analisis statistik yang dilakukan kedua perlakuan mampu mengurangi polutan yang ditunjukkan melalui perbedaan yang signifikan antara inlet dengan kedua perlakuan pada parameter BOD₅ dan amonia. Efisiensi penurunan polutan yang dimiliki P1 adalah BOD₅ (42,7%), amonia (83,04%) sedangkan P2 adalah BOD₅ (48,86%), amonia (83,46%). Penambahan nitrat ditemukan pada efluen kedua perlakuan menunjukkan adanya proses nitrifikasi yang baik. Kedua perlakuan mempunyai kemampuan yang sama dalam mengurangi polutan karena P1 dan P2 tidak berbeda secara signifikan berdasarkan analisis statistik yang dilakukan.

Kata kunci : *Canna indica*, *Cyperus alternifolius*, Limbah domestik, *Subsurface flow constructed wetland*

ABSTRACT

Comparison Between *Canna indica* and *Cyperus alternifolius* in Constructed Wetland for Ammonia (NH₃), Nitrate (NO₃⁻), And Organic Loading Removal in Domestic Wastewater

LUCKY OKTAVIAN PRAKOSO

Population growth is the main cause of densely populated environments. This problem can cause the lack of land for wastewater treatment facilities, then domestic wastewater can cause the problems and tends to be dumped directly to the water bodies. Decentralized wastewater treatment using constructed wetland can be the solution for these problems. The purpose of this research is to compare the removal efficiency of organic loading, ammonia, and nitrate in domestic wastewater in vertical constructed wetland using *Canna indica* and *Cyperus alternifolius*. This research used vertical constructed wetland with subsurface flow constructed wetland type. There are 2 treatments in this research, treatment 1 (P1) using ornamental flowering plant *Canna indica* and treatment 2 (P2) using natural wetland plant *Cyperus alternifolius*. Parameters that are measured are BOD₅, ammonia (NH₃), nitrate (NO₃⁻), dissolved oxygen (DO), temperature, and pH. Both treatments can removed the pollutants such as BOD₅ and ammonia. The removal efficiency of BOD₅ and ammonia in P1 are 42,7% and 83,04% respectively, while in P2 48,86% and 83,46% respectively. The increase of nitrate in effluent of both treatments indicates the good nitrification process. Both treatments have the same ability to reduce pollutants because both treatments are not significantly different based on statistical analytics.

Keywords : *Canna indica*, *Cyperus alternifolius*, Domestic wastewater, Subsurface flow constructed wetland

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu hal yang tidak bisa dihindari yang nantinya akan berujung pada meningkatnya kepadatan penduduk di suatu wilayah. Hingga tahun 2020 diperkirakan jumlah penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta mencapai angka 3,9 juta jiwa yang nantinya akan diprediksi pada tahun 2025 mencapai 4,1 juta jiwa (Badan Pusat Statistik DIY, 2018). Semakin tinggi jumlah penduduk maka kebutuhan lahan akan tempat tinggal juga akan meningkat. Hal ini dapat mengakibatkan jarak rumah ke rumah akan semakin minim dan sempit yang membuat lingkungan tempat tinggal semakin padat. Permasalahan ini akan berujung kepada minimnya pengolahan limbah domestik yang dihasilkan oleh masing-masing rumah, sehingga limbah domestik tersebut akan cenderung untuk langsung dibuang ke daerah aliran sungai tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Limbah domestik memiliki kandungan beban organik yang tinggi sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekologis sungai. Permasalahan lainnya yang dihasilkan oleh limbah domestik adalah masalah kesehatan, limbah domestik yang tidak diolah terlebih dahulu dan langsung dibuang ke lingkungan mampu menjadi sumber penyakit yang disebarkan melalui air (*waterborne disease*).

Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pengolahan limbah cair menggunakan sistem *Constructed Wetland* (CW). Sistem ini memiliki keunggulan mampu menurunkan beban organik serta polutan lainnya seperti ammonia dan nitrat, selain itu yang menjadi keunggulan sistem ini adalah konstruksi yang sederhana dan biaya konstruksi dan operasional yang murah. Hal ini sangat cocok dengan kondisi pemukiman padat penduduk yang cenderung dari kalangan menengah ke bawah. Sistem *Constructed Wetland* tidak hanya bergantung pada tanaman yang berasal dari habitat *natural wetland* saja, namun mulai marak penggunaan tanaman hias untuk diterapkan di dalam sistem *constructed wetland*. Beberapa tanaman hias memiliki kemampuan dan beberapa karakteristik fisiologis yang mirip dalam hal penguraian polutan dengan tanaman yang biasa ditemukan di habitat *natural wetland*. Penggunaan tanaman hias seperti *Canna indica* (bunga

tasbih) dan tanaman *natural wetland* seperti *Cyperus alternifolius* (rumput payung) pada sistem *vertical constructed wetland* diharapkan dapat mengurangi beban organik dan menurunkan ammonia serta nitrat pada limbah domestik. Penggunaan tanaman hias dalam sistem *constructed wetland* tentunya akan memberikan dampak positif untuk lingkungan padat penduduk karena dapat menambah nilai estetika pada sistem.

1.2 Tujuan

Mengetahui perbandingan efisiensi penurunan beban organik, amonia, dan nitrat dalam limbah domestik pada sistem *vertical constructed wetland* yang menggunakan tanaman *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius*.

1.3 Rumusan Masalah

Bagaimana perbandingan efisiensi penurunan beban organik, amonia, dan nitrat dalam limbah domestik pada sistem *vertical constructed wetland* yang menggunakan tanaman *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius*?

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai alternatif sistem pengolahan limbah yang dapat diterapkan secara desentralisasi karena biaya yang murah dan konstruksi yang sederhana.
2. Memberikan informasi kepada masyarakat bahwa tanaman *Canna indica* dan *Cyperus alternifolius* dapat digunakan di dalam sistem pengolahan limbah dan memberikan nilai estetika kepada sistem.
3. Memberikan informasi kepada peneliti mengenai perbandingan efisiensi pengurangan beban organik, ammonia, dan nitrat serta persebaran oksigen terlarut pada sistem *constructed wetland* yang menggunakan tanaman hias dan tanaman *natural wetland*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan efisiensi penurunan polutan pada sistem *vertical constructed wetland* pada perlakuan yang menggunakan tanaman *Canna indica* (P1) dan *Cyperus alternifolius* (P2) dapat digunakan untuk menurunkan beban organik. Hal ini ditunjukkan dengan efisiensi pengurangan BOD₅ pada reaktor *Canna indica* sebesar 42,7% dan reaktor *Cyperus alternifolius* sebesar 48,86% serta efisiensi penurunan amonia pada reaktor *Canna indica* sebesar 83,04% dan reaktor *Cyperus alternifolius* sebesar 83,46%. Kedua perlakuan belum efektif untuk menurunkan nitrat karena laju nitrifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan reaktor untuk mengurangi nitrat melalui proses denitrifikasi dan proses penyerapan nitrat oleh tanaman. Kedua perlakuan mempunyai kemampuan yang sama dalam mengurangi polutan karena P1 dan P2 tidak berbeda secara signifikan berdasarkan analisis statistik yang dilakukan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan untuk perkembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Memperhatikan penggunaan HRT pada sistem selain 3 hari untuk mencari HRT paling optimum.
2. Mengeksplorasi penggunaan jenis tanaman hias lain yang dapat digunakan pada sistem.
3. Mengkombinasikan sistem dengan sistem pengolahan limbah secara anaerobik untuk menurunkan nitrat.
4. Mengidentifikasi keragaman mikroflora yang berperan dalam proses pengurangan polutan di *constructed wetland*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 “Baku Mutu Air Limbah”.
- Anonim. 2016. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 “Baku Mutu Air Limbah Domestik”.
- Badan Pusat Statistik DIY. 2018. Proyeksi Penduduk Daerah Istimewa Yogyakarta 2015-2025. Yogyakarta: Badan Pusat Statistik Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Bawole, H. 2015. "Scaled Constructed Wetland", An alternative Waste Water treatment for Low Income Settlement. International Joint Conference SENVAR-iNTA-AVAN (pp. 1-81). Johor: Faculty of Built Environment Universiti Teknologi Malaysia.
- Boguniewicz-Zablocka, J., & Capodaglio, A. 2017. Sustainable wastewater treatment solutions for rural communities: Public (centralized) or individual (on-site). Case study. Economic and Environmental Studies Vol. 17, No. 4, 1103-1119.
- Cooper, P. F., Job, G. D., Green, M. B., & Shutes, R. B. 1996. Reed Beds and Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Wiltshire: WRc Swindon.
- Ebrahimi, A., & Taheri, E. 2013. Efficiency of Constructed Wetland Vegetated with *Cyperus alternifolius* Applied for Municipal Wastewater Treatment. Journal of Environmental and Public Health, vol. 2013, 1-5.
- Eriksson, E., Karina, A., & Morgen, A. H. 2002. Characteristic of Grey Wastewater. Urban Water 4, 85-104.
- Kamer, M.-v., & Maas, P. 2008. The Cannaceae of the World. Blumea, vol.53, no. 2, 247-318.
- Karathanasis, A., Potter, C., & Coyne, M. 2003. Vegetation effects on fecal bacteria, BOD, and suspended solid removal in constructed wetlands treating domestic wastewater. Ecol. Eng. 20, 157-169.
- Lee, C.-g., Fletcher, T., & Sun, G. 2009. Nitrogen removal in constructed wetland systems. Eng. Life Sci. 9, 11-22.
- Lim, B., Huang, X., Goto, N., & Fujie, K. 2001. Effect of temperature on biodegradation characteristics of organic pollutants and microbial community in a solid phase aerobic bioreactor treating high strength organic wastewater. Water Sci Technol. 43(1), 131-7.
- Liu, W., Dahab, M., & Surampalli, R. 2005. Nitrogen transformation modeling in subsurface-flow constructed wetlands. Water Environ. Res 77, 246-258.
- Meng, P., Pei, H., Hu, W., Shao, Y., & Li, Z. 2014. How to increase microbial degradation in constructed wetlands: Influencing factors and improvement measures. Bioresour. Technol., 316-326.
- Minakshi, D., Sharma, P. K., & Rani, A. 2022. Effect of filter media and hydraulic retention time on the performance of vertical constructed wetland system treating dairy farm wastewater. Environ. Eng. Res. 27(1), 183-192.
- Morel, A., & Diener, S. 2006. Greywater Management in Low and Middle-Income Countries, Review of different treatment systems for households or

- neighbourhoods. Dubendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag).
- National Plant Data Center. 1996. The PLANTS database.
- Nivala, J., Wallace, S., Headley, T., Kassa, K., Brix, H., Afferden, M., & Muller, R. 2013. Oxygen transfer and consumption in subsurface flow treatment wetlands. *Ecol. Eng.* 61, 544-554.
- Qomariyah, S., Sobriyah, Koosdaryan, & Muttaqien, A. Y. 2017. Lahan Basah Buatan Sebagai Pengolah Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret*, 25-32.
- Safroedin, A., & Mangkoedihardjo, S. 2016. Desain Ipal Pengolahan Grey Water dengan Teknologi Subsurface Flow Constructed Wetland di Rusunawa Grudo Surabaya. *Jurnal Teknik ITS Vol. 5 No.2*, 144-149.
- Sandoval, L., Zamora-Castro, S. A., Vidal-Alvarez, M., & Marin-Muniz, J. L. 2019. Role of Wetland Plants and Use of Ornamentals Flowering Plants in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review. *Appl. Sci.* 9, 1-17.
- Sari, P., Sudarno, & Wisnu, I. 2015. Pengaruh Jumlah Tanaman *Cyperus Alternifolius* dan Waktu Tinggal Limbah dalam Penyisihan Kadar Ammoniak, Nitrit, dan Nitrat. *Jurnal Teknik Lingkungan vol. 4, no. 2*, 1-9.
- Sirivedin, T., & Gray, K. A. 2006. Factors affecting denitrification rates in experimental wetlands: Field and laboratory studies. *Ecol. Eng* 26, 167-181.
- Skrzypiec, K., & Gajewska, M. 2017. The use of constructed wetlands for the treatment of industrial wastewater. *J. Water Land Dev*, 233-240.
- Tanner, C., Clayton, J., & Upsdell, M. 1995. Effect of loading rate and planting on treatment of dairy farm wastewater in constructed wetland: removal of oxygen demand, suspended solids and fecal coliform. *Water Res.* 29, 17-26.
- UN-HABITAT. 2008. *Constructed Wetlands Manual*. Kathmandu: UN-HABITAT Water for Asian Cities Programme Nepal.
- Zurita, F., De Anda, J., & Belmont, M. 2009. Treatment of domestic wastewater and production of commercial flowers in vertical and horizontal subsurface-flow constructed wetlands. *Ecol. Eng.* 35, 861-869.