

**Efektivitas Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan
dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan
Tanaman *Canna indica* dengan Sistem *Vertical Flow Constructed
Wetland* untuk Lahan Sempit**

SKRIPSI



**Alexander Mahadarta
31170093**

**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 : Alexander Mahadarta
NIM : 31170093
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 Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan Tanaman *Canna indica* dengan Sistem Vertical Flow Constructed Wetland untuk Lahan Sempit”

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 : 30 Agustus 2021

Yang menyatakan



(Alexander Mahadarta)

NIM: 31170093

Efektivitas Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan Tanaman *Canna indica* dengan Sistem *Vertical Flow Constructed Wetland* untuk Lahan Sempit

SKRIPSI

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



Alexander Mahadarta

31170093

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

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama: Alexander Mahadarta

NIM: 31170093

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul

“Efektivitas Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan Tanaman *Canna indica* dengan sistem *vertical Constructed Wetland* untuk lahan sempit”

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

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

Yogyakarta, 27 Juli 2021



Alexander Mahadarta

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Efektivitas Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan Tanaman *Canna indica* dengan sistem *vertical Constructed Wetland* pada lahan sempit

Nama : Alexander Mahadarta

NIM : 31170093

Pembimbing I : Dra. Haryati Bawole Susanto M.Sc.


Pembimbing II : Drs. Guruh Prihatmo, M. S.


Hari/tgl ujian : 12 Agustus 2021

Disetujui oleh:

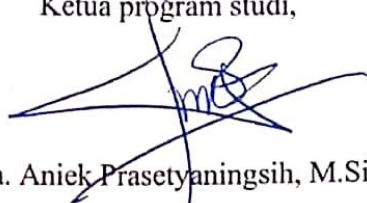
Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II


(Dra. Haryati Bawole Susanto M.Sc.)
NIK: 894 E 099.


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

Ketua program studi,


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

Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul:

Efektivitas Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan Tanaman *Canna indica* dengan Sistem Vertical Flow Constructed Wetland untuk Lahan Sempit

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

Alexander Mahadarta

31170093

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

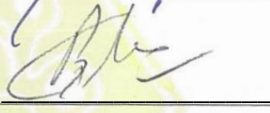
1. Prof. Dr. Suwarno Hadisusanto, SU.
(Ketua Tim Penguji)

: 

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

: 


3. Drs. Guruh Prihatmo, M.S.
(Dosen Penguji II / Pembimbing II)

: 

Yogyakarta, 12 Agustus 2021

Disahkan Oleh:

Dekan,


Drs. Kisworo, M.Sc.

Ketua Program Studi,


**Dra. Aniek Prasetyaningsih,
M.Si.**

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas terselesaikannya skripsi yang berjudul “**Efektivitas Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan Tanaman *Canna indica* dengan Sistem Vertical Flow Constructed Wetland untuk Lahan Sempit**”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mampu terwujud tanpa adanya kontribusi dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Kisworo, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Bioteknologi, Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.
2. Dra. Haryati Bawole Sutanto, M.Sc. dan Drs. Guruh Prihatmo, M.S. selaku dosen pembimbing skripsi yang sudah memberikan berbagai masukan dan bimbingan selama proses pengerjaan skripsi.
3. Drs. Djoko Rahardjo, M.Kes. selaku dosen wali yang membantu memberikan dorongan motivasi untuk menyelesaikan skripsi.
4. Seluruh dosen, laboran, staff serta karyawan dari fakultas bioteknologi yang memberikan bantuan selama proses pengerjaan skripsi.
5. Lucky Oktavian Prakoso, Theofilus situmorang dan Rendi Yopi Trifando selaku rekan skripsi limbah yang sudah meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu penulis.
6. Tung Leihu dan Dharmatirta Prajnavira selaku teman dekat yang sudah memberikan dorongan motivasi bagi penulis.
7. Seluruh pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidaklah sempurna dan masih terdapat berbagai kekurangan. Kritik dan saran dari pembaca akan sangat berharga bagi penulis. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi anda para pembaca.

Yogyakarta, 27 Juli 2021

Penulis,

Alexander Mahadarta

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL DAN GRAFIK.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Karakteristik Limbah Cuci Kendaraan	3
2.1. Constructed Wetland	3
2.2. Surfaktan.....	4
2.3. Fosfat	4
2.4. <i>Canna indica</i>	4
BAB III METODE	6
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	6
3.2. Desain Penelitian	6
3.3. Parameter yang Diukur	6
3.4. Alat.....	7
3.6. Cara Kerja	8
3.6.1. Pembuatan Reaktor	8
3.6.2. Tanaman yang akan digunakan	9
3.6.3. Proses aklimatisasi	9
3.6.4. Proses transisi.....	10
3.6.5. <i>Steady state</i>	10

3.6.6. Pengukuran parameter	10
3.6.7. Analisa Data	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1. Panjang Tanaman dan Berat Tanaman.....	11
4.2. Suhu.....	12
4.3. pH.....	13
4.4. DO.....	14
4.5. COD.....	16
4.6. TSS (<i>Total suspended solid</i>)	17
4.7. Total Fosfat.....	18
4.8. Deterjen.....	20
BAB V KESIMPULAN	22
DAFTAR PUSTAKA.....	23
LAMPIRAN.....	25

©UKDWN

DAFTAR TABEL DAN GRAFIK

Grafik 1. Perbandingan panjang total serta panjang akar tanaman awal dengan akhir	11
Grafik 2. Perbandingan berat tanaman awal dengan akhir	11
Grafik 3. Perbandingan suhu rata-rata inlet dengan outlet	12
Grafik 4. Perbandingan suhu inlet dengan outlet pada setiap sampling	12
Grafik 5. Perbandingan pH rata-rata inlet dengan outlet	13
Grafik 6. Perbandingan pH inlet dan outlet pada setiap sampling.....	13
Grafik 7. Perbandingan DO rata-rata inlet dengan outlet	14
Grafik 8. Perbandingan DO inlet dan outlet pada setiap sampling.....	14
Grafik 9. Perbandingan DO rata-rata pada setiap titik sampling	15
Grafik 10. Perbandingan COD rata-rata inlet dengan outlet.....	16
Grafik 11. Perbandingan COD inlet dan outlet pada setiap sampling	16
Grafik 12. Perbandingan TSS rata-rata inlet dengan outlet	17
Grafik 13. Perbandingan TSS inlet dan outlet pada setiap sampling.....	17
Grafik 14. Perbandingan fosfat rata-rata inlet dengan outlet.....	18
Grafik 15. Perbandingan fosfat inlet dan outlet pada setiap sampling	18
Grafik 16. Perbandingan TSS rata-rata inlet dengan outlet	20
Grafik 17. Perbandingan TSS inlet dan outlet pada setiap sampling.....	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Canna indica</i>	5
Gambar 2. Susunan media	8
Gambar 3. Desain reaktor	9

©UKDW

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto penelitian.....	25
Lampiran 2. Tabel Hasil	27
Lampiran 3 Hasil Uji Sampel di BTKL Yogyakarta	29
Lampiran 4. Uji statistik menggunakan SPSS	61

©UKDW

ABSTRAK

Efektivitas Penurunan Bahan Organik, Fosfat dan Surfaktan dalam Limbah Cuci Kendaraan Bermotor Menggunakan Tanaman *Canna indica* dengan Sistem *Vertical Constructed Wetland* untuk lahan sempit

ALEXANDER MAHADARTA

Tempat cuci kendaraan menghasilkan limbah yang jika tidak diolah dengan baik dapat mengakibatkan pencemaran pada badan air. Sayangnya, lahan yang sempit pada lokasi tempat cuci kendaraan umumnya tidak memungkinkan untuk dibuatnya sistem pengolahan limbah. Oleh karena itu diperlukan adanya modifikasi dari sistem pengolahan limbah untuk mengakomodasi lahan yang terbatas tersebut, salah satunya adalah dengan membuat sistem secara vertikal. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental untuk memodifikasi sistem pengolahan limbah Subsurface Flow Constructed Wetland menggunakan tanaman *Canna indica* secara vertikal dan melihat efisiensinya dalam menurunkan parameter TSS, COD, fosfat, detergen, pH, suhu, kondisi tanaman yang digunakan, serta sebaran DO pada berbagai kedalaman. Hasil penelitian mendapatkan kesimpulan yaitu efisiensi pengurangan TSS adalah sebesar 94,52%, bahan organik (COD) sebesar 79,3% dan detergen sebesar 17,25%. Untuk Parameter fosfat mengalami kenaikan sebesar 74,6% dikarenakan dugaan fosfat terbawah aliran sehingga terlepas dari tanah dan masuk ke dalam air limbah menuju outlet. Pada parameter DO, oksigen tersebar secara cukup rata pada titik 1 (6,846 ppm), titik 2 (7,042 ppm), dan titik 3 (7,081 ppm) dan mengalami peningkatan signifikan pada titik 4 / outlet menjadi 7,49 ppm.

Kata kunci: *Canna indica*, Constructed Wetland, Limbah Cuci Kendaraan

ABSTRACT

Effectiveness of Decreasing Organic Matter, Phosphate and Surfactant in Carwash Service Wastewater using *Canna indica* on Vertical Constructed Wetland for Narrow Field

ALEXANDER MAHADARTA

Car washing service produces wastewater that can pollute the waters. Unfortunately, it is very hard to create a wastewater treatment system due to narrow space on the car washing service location. Therefore, the wastewater treatment system needs a modification to accommodate the narrow space, one of the possible solutions is by using a vertical wastewater treatment system. This is an experimental research to modify Subsurface Flow Constructed Wetland using *Canna indica* into vertical design dan check the efficiency in decreasing parameter like TSS, COD, phosphate, detergent, pH, temperature, plant condition and DO spread on various depths. From the results, the conclusion gained is that the removal efficiency of TSS, COD, detergent reach 94,52%, 79,3% and 17,25% respectively. There is a 74,6% phosphate increase due to the possibility that the phosphate was carried away from the soil into wastewater by the flow. For DO, oxygen spready evenly on sampling point 1 (6,846 ppm), sampling point 2 (7.042 ppm), and sampling point 3 (7.081 ppm) then undergo significant increase on sampling point 4 / outlet point to 7.49 ppm.

Key Words: *Canna indica*, Constructed Wetland, Carwash Wastewater

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Masalah

Pada abad ke-21 ini, kendaraan pribadi merupakan sesuatu yang hampir dimiliki oleh setiap orang dikarenakan mobilitas manusia yang kian tinggi serta lebih praktis ketimbang kendaraan umum. Pada tahun 2018, Badan Pusat Statistik (BPS) melakukan pendataan secara keseluruhan di Indonesia dan mendapatkan hasil bahwa terdapat 14.830.698 mobil pribadi dan 106.657.952 sepeda motor dengan jumlah yang terus meningkat setiap tahunnya. Kendaraan pribadi yang dimiliki tentunya akan dirawat oleh pemilik kendaraan agar usia pakainya menjadi panjang. Salah satu bentuk perawatan yang dilakukan adalah dengan mencuci kendaraan tersebut.

Tidak semua orang mempunyai waktu atau tidak ingin membuang tenaga ekstra untuk mencuci kendaraan pribadi sehingga menggunakan jasa cuci kendaraan. Pencucian kendaraan umumnya menggunakan deterjen dan pada umumnya, komposisi pada deterjen mengandung surfaktan dan fosfat. Jasa cuci kendaraan yang cukup populer di Indonesia tentu akan menghasilkan *effluent* limbah cukup tinggi. Sayangnya, banyak sekali tempat usaha yang langsung membuang limbah mereka ke selokan tanpa ada pengolahan sama sekali. Limbah yang dibuang tanpa pengolahan ini dapat mengakibatkan berbagai permasalahan lingkungan. Contoh permasalahan ini dapat dimulai dari bau tidak sedap di selokan bahkan hingga kerusakan ekosistem pada badan air yang menerima langsung limbah ini secara terus menerus.

Melihat permasalahan yang ada, maka perlu dibuat sebuah sistem pengolahan limbah untuk mengolah limbah kendaraan bermotor tersebut. Terdapat banyak sistem untuk pengolahan limbah, salah satunya adalah *Constructed Wetland* (CW). CW merupakan salah satu sistem yang umum digunakan karena proses pembuatan yang mudah dan biaya perawatan yang rendah namun mempunyai efisiensi yang tinggi (Skrzypiec & Gajewska, 2017). Sayangnya CW mempunyai kelemahan yaitu lahan yang dibutuhkan umumnya cukup luas.

Pada sistem CW dapat menggunakan berbagai varaisi tanaman mulai dari tanaman yang hidup di daerah *wetland* hingga tanaman *ornamental* (hias). Untuk tanaman hias sendiri terdapat berbagai spesies yang dapat digunakan namun umumnya paling sering ditemui adalah *Canna* sp.; *Iris* sp.; *Heliconia* sp.; dan *Zantedeschia* sp. (Sandoval, Zamora-Castro, Vidal-Álvarez, & Marín-Muñiz, 2019). Dari keempat tanaman tersebut, *Canna* sp. diketahui

mempunyai efisiensi yang sangat tinggi dalam menyerap fosfat dan nitrat (Chen, Bracy, Owings, & Merhaut, 2009).

Melihat kondisi tempat usaha cuci mobil yang biasanya tidak mempunyai lahan luas untuk dapat difungsikan sebagai tempat pengolahan limbah, peneliti mengusulkan sistem *vertical flow sub-surface CW* dengan modifikasi pada reaktor menjadi vertikal menggunakan tanaman *Canna indica*. Hal ini agar sistem pengolahan limbah dapat dilakukan pada lahan sempit seperti tempat usaha cuci mobil dan tetap mempunyai nilai estetik melalui tanaman hias.

1.2.Rumusan Masalah

1. Seberapa efisien pengurangan TSS, bahan organik, fosfat dan deterjen pada limbah cuci kendaraan menggunakan sistem *vertical flow sub-surface Constructed Wetland* yang dimodifikasi dengan tanaman hias *Canna indica*?
2. Bagaimana sebaran oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) pada kedalaman tertentu di reaktor limbah?

1.3.Tujuan Penelitian

1. Mengetahui efisiensi pengurangan TSS, bahan organik, fosfat dan deterjen pada limbah cuci kendaraan menggunakan modifikasi sistem *Constructed Wetland* dengan tanaman hias *Canna indica*.
2. Mengetahui sebaran oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) pada berbagai kedalaman pada reaktor limbah.

1.4.Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi kepada masyarakat terutama pemilik usaha cuci kendaraan bahwa terdapat sistem pengolahan limbah yang tidak memakan lahan luas dan biaya yang murah namun mempunyai efisiensi tinggi dan mempunyai nilai estetika.
2. Memberikan informasi bagi peneliti mengenai efisiensi sistem *Costructed Wetland* yang dimodifikasi untuk lahan sempit.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi pengurangan TSS adalah sebesar 94,52%, bahan organik (COD) sebesar 79,3% dan deterjen sebesar 17,25%. Parameter fosfat mengalami kenaikan sebesar 74,6% dikarenakan dugaan terbawahnya fosfat dari tanah menuju outlet akibat aliran limbah.
2. Oksigen tersebar secara cukup rata pada titik 1 dengan kedalaman 21 cm (6,846 ppm), titik 2 dengan kedalaman kedalaman 42 cm (7,042 ppm), dan titik 3 dengan kedalaman 63 cm (7,081 ppm) dan mengalami peningkatan secara signifikan pada titik 4 / outlet menjadi 7,49 ppm (kedalaman 84 cm).

© UKDW

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, N. (2017). Penurunan Kadar Surfaktan dan Sulfat dalam Limbah Laundry. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 37-44.
- Bazrafshan, E., Mostafapoor, F. K., Soori, M. M., & Mahvi, A. H. (2012). Application of Combined Chemical Coagulation and Electro-Coagulation Process for Carwash Wastewater Treatment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2694-2701.
- Cahyana, G. H., & Aulia, A. N. (2019). Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Menggunakan Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. *EnviroSan*.
- Centre for Agriculture and Bioscience International. (2019, December 10). *Canna indica (canna lilly)*. Retrieved from CABI Invasive Species Compendium: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/14575#tosummaryOfInvasiveness>
- 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. *Hort Science*, 1704-1711.
- Doubrava, N., & Polomski, B. (2018, August 31). *Why Plants Fail to Flower or Fruit*. Retrieved from Home & Garden Information Center: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/why-plants-fail-to-flower-or-fruit/>
- Ho Tan Tai, L., & Nardello-Rataj, V. (2001). Detergents The main surfactants used in detergents and personal care products. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*.
- Integrated Taxonomic Information System. (2010). *Canna indica L.* Retrieved from Integrated Taxonomic Information System: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42413#null
- Kepolisian Republik Indonesia. (n.d.). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2018*. Retrieved from Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>
- Metcalf & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Boston: McGraw-Hill.
- Norton, S. (2007). *Removal Mechanisms in Constructed Wastewater Wetlands*. Retrieved from Iowa State University: <http://home.eng.iastate.edu/~tge/ce421-521/stephen.pdf>
- Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta No.7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. (2016).
- Peterson, R., & Jensén, P. (1989). The role of bacteria in pH increase of nettle water. *Plant and Soil*, 137-140.
- 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/><https://www.aces.edu/blog/topics/crop-production/understanding-phosphorus-forms-and-their-cycling-in-the-soil/>
- Puijenbroek, P. v., Beusen, A., & Bouwman, A. (2018). Datasets of the phosphorus content in laundry and dishwasher detergents. *Elsevier*, 2284-2289.

- Rani, M. K. (2010). Phosphorus Concerns with Detergent Use. New York City, New York, United States of America.
- Sandoval, L., Zamora-Castro, S. A., Vidal-Álvarez, M., & Marín-Muñiz, J. L. (2019). Role of Wetland Plants and Use of Ornamental Flowering Plants in Constructed Wetlands for Wastewater Treatment: A Review. *Applied Sciences*, 1-17.
- Saph Pani. (2016). *Natural Water Treatment Systems for Safe and Sustainable Water Supply in the Indian Context*. IWA Publishing.
- Shapiro, J. (2018, July 31). *An Easy Guide to Understanding Surfactants*. Retrieved from International Product Cooperation: <https://www.ipcol.com/blog/an-easy-guide-to-understanding-surfactants/>
- Skrzypiec, K., & Gajewska, M. H. (2017). The use of constructed wetlands for the treatment of industrial wastewater. *Journal of Water and Land Development*, 233-240.
- Vymazal, J. (2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water*, 530-549.

© UKDW