

579/TA-SS/TL-1/FT/IX/2021

**LAPORAN
TUGAS AKHIR
(TL – 003)**

**EFEKTIVITAS *HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW*
CONSTRUCTED WETLAND DENGAN TANAMAN
Cyperus alternifolius, *Iris pseudacorus* DAN *Typha angustifolia*
DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN TSS LIMBAH
CAIR TAHU *ARTIFICIAL***

Disusun Oleh :

**Sofi Rezekika
153050067**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
PASUNDAN BANDUNG
2021**

579/TA-SS/TL-1/FT/IX/2021

**LAPORAN
TUGAS AKHIR
(TL – 003)**

**EFEKTIVITAS *HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW*
CONSTRUCTED WETLAND DENGAN TANAMAN
Cyperus alternifolius, *Iris pseudacorus* DAN *Typha angustifolia*
DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN TSS LIMBAH
CAIR TAHU *ARTIFICIAL***

Disusun Oleh :

**Sofi Rezekika
153050067**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
PASUNDAN BANDUNG
2021**

EFEKTIVITAS *HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND* DENGAN TANAMAN *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* DAN *Typha angustifolia* DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN TSS LIMBAH CAIR TAHU *ARTIFICIAL*

**LAPORAN
TUGAS AKHIR
(TL – 003)**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan penyelesaian Program S-1
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik
Universitas Pasundan

Disusun Oleh :

Sofi Rezekika

153050067



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

(TL – 003)

**EFEKTIVITAS *HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW*
CONSTRUCTED WETLAND DENGAN TANAMAN
Cyperus alternifolius, *Iris pseudacorus* DAN *Typha angustifolia*
DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN TSS LIMBAH
CAIR TAHU *ARTIFICIAL***

**Disusun Oleh :
Sofi Rezekika
153050067**



**Telah disetujui dan disahkan
Pada, September 2021**

Pembimbing I

(Deni Rusmaya, ST., MT)

Pembimbing II

(Dr. Ir. Evi Afiatun, MT)

Penguji I

(Dr. Ir. Anni Rochaeni, MT)

Penguji II

(Astri W. Hasbiah, ST., MEnv)

EFEKTIVITAS *HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND* DENGAN TANAMAN *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* DAN *Typha angustifolia* DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN TSS LIMBAH CAIR TAHU ARTIFICIAL

Sofi Rezekika

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan

Jl. Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung

Abstrak

Dampak negatif dari industri tahu berupa limbah buangan yang menimbulkan masalah pencemaran sehingga dapat merusak lingkungan. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi dampak negatif pencemaran limbah cair tahu adalah dengan melakukan pengolahan limbah terlebih dahulu. Salah satu alternatif sistem pengolahan air limbah adalah sistem *Constructed Wetland*. *Constructed Wetland* merupakan instalasi pengolah limbah cair buatan yang dirancang dan dibuat berupa kolam atau saluran yang ditanami oleh tanaman air. *Subsurface* sistem dapat diklasifikasikan menurut arah aliran yaitu *Horizontal Subsurface Flow* (HSF) dan *Vertical Subsurface Flow* (VSF). Penelitian ini menggunakan *Horizontal Subsurface Flow*. *Horizontal Subsurface Flow* terdiri dari lapisan kerikil atau endapan kasar yang ditanam dengan *macrophytes* yang mencuat. Jenis tanaman yang akan digunakan pada penelitian ini adalah tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia* karena terbukti mampu menurunkan kadar pencemar dari limbah cair tahu. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas kemampuan tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia* dalam penyisihan kadar COD dan TSS limbah cair tahu *artificial* dengan sistem *Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland*. Penelitian ini dikategorikan dalam penelitian eksperimen. Variasi dalam penelitian terdiri dari variasi berat tanaman dan variasi waktu tinggal limbah. Parameter yang diukur selama penelitian adalah COD, TSS, pH dan Temperatur. Analisis data menggunakan analisis deskriptif. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa efektivitas terbaik dari ketiga tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia* dalam menyisihkan kadar COD dan TSS pada limbah cair tahu *artificial* dengan sistem *Horizontal Subsurface Flow Constructed* adalah tanaman *Cyperus alternifolius* yang mampu menyisihkan COD sebesar 58,74% dan TSS sebesar 99,39% dengan waktu tinggal 7 hari. Setelah dilakukan variasi berat tanaman, didapatkan bahwa sistem *Horizontal Subsurface Constructed Wetland* dengan tanaman *Cyperus alternifolius* variasi berat tanaman 2 kg memiliki efektivitas terbaik dalam menyisihkan kadar COD sebesar 64,08% dengan waktu tinggal 10 hari, sedangkan penyisihan kadar TSS pada variasi berat tanaman 1 kg dan 2 kg mampu menyisihkan sebesar 100% dengan waktu tinggal 8 hari.

Kata Kunci: *Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland*, Kadar COD dan TSS, Limbah Cair Tahu.

**THE EFFECTIVENESS OF HORIZONTAL SUBSURFACE FLOW
CONSTRUCTED WETLAND WITH *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus*
AND *Typha angustifolia* PLANTS IN ELIMINATING THE COD AND TSS
LEVELS ON ARTIFICIAL TOFU LIQUID WASTE**

Sofi Rezekika

Environmental Engineering Study of Engineering Faculty of Pasundan University

Jl. Dr. Setiabudhi No. 193 Bandung

Abstract

The negative impact of tofu industry in the form of liquid waste can cause pollution problem which can damage the environment. The effort conducted to overcome the negative impact of tofu liquid waste pollution is by conducting waste treatment first. One of the alternatives of wastewater treatment system is Constructed Wetland system. Constructed Wetland is an artificial wastewater treatment plant designed and constructed in the form of a pond or channel planted with aquatic plants. Subsurface systems can be classified according to the direction of flow, namely Horizontal Subsurface Flow (HSF) and Vertical Subsurface Flow (VSF). This research used, Horizontal Subsurface Flow is used. Horizontal Subsurface Flow consists of a layer of gravel or coarse sediment planted with macrophytes sticking out. The type of plants that will be used in this research are *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* and *Typha angustifolia* plants. The purpose of this research is to determine the effectiveness of ability between *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* and *Typha angustifolia* plants in the elimination of COD and TSS levels on artificial tofu liquid waste with Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. This research is categorized into experimental research. The research variables consist of plant weight variation and waste retention time variation. The parameters measured during research are COD, TSS, pH and temperature. Data are analyzed using descriptive analysis. Based on the research results it is known that the best effectiveness between three plants *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* and *Typha angustifolia* in eliminating the COD and TSS levels on artificial tofu liquid waste with Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland system is *Cyperus alternifolius* plant which able to eliminate COD by 58,74% and TSS by 99,39% with retention time of 7 days. After the variation of plant weight, it was found that Horizontal Subsurface Constructed Wetland system with *Cyperus alternifolius* plant the plant weight variation of 2 kg has the best effectiveness in eliminating the COD level by 64,08%, with retention time of 10 days, whereas the elimination of TSS level in plant weight variation of 1 kg and 2 kg are able to eliminate 100% with retention time of 8 days.

Keywords: Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland, COD and TSS Levels, Tofu Liquid Waste.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya yang selalu menyertai langkah penulis, akhirnya laporan tugas akhir yang berjudul “Efektivitas *Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland* dengan tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia* dalam menyisihkan kadar COD dan TSS limbah cair tahu *artificial*” dapat diselesaikan. Laporan ini dibuat sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu, memberikan dukungan, saran serta masukan yang berarti dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, terutama kepada:

1. Orang tua, yang telah memberikan kesempatan serta mendukung moril maupun materil penulis dalam menempuh pendidikan.
2. Bapak Deni Rusmaya, ST., MT dan Ibu Dr. Ir. Evi Afiatun, MT, selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar dalam memberikan bimbingan, arahan, kritik dan saran.
3. Ibu Astri Widiastuti Hasbiah, ST., M.Env , selaku Dosen Wali bagi penulis yang telah sabar dan perhatian dalam memberikan bimbingan dan arahan rencana studi selama masa studi.
4. Ibu Dr. Ir. Anni Rochaeni, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pasundan serta seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pasundan yang telah memberikan ilmunya bagi penulis.
5. Ibu Dr. Ir. Anni Rochaeni, MT dan Ibu Astri Widiastuti Hasbiah, ST., M.Env selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran, kritikan dan masukan.

6. Teman-teman Teknik Lingkungan 2015 yang saling membantu dan menyemangati dalam penyusunan tugas akhir dan tetap semangat berjuang.
7. Keluarga Penulis yang selalu memberikan dukungan terbaik.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan, maka kritik dan saran membangun sangat penulis harapkan.

Purwakarta, September 2021

Sofi Rezekika



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Identifikasi Masalah.....	I-4
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	I-4
1.5 Sistematika Penulisan	I-5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Tahu	II-1
2.2 Proses Pembuatan Tahu	II-1
2.3 Limbah Cair Tahu.....	II-3
2.3.1 Pengertian Limbah Cair Tahu.....	II-3
2.3.2 Karakteristik Limbah Cair Tahu	II-3
2.3.3 Parameter Uji Limbah Cair Tahu	II-5
2.3.3.1 Parameter COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	II-5
2.3.3.2 Parameter TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	II-6
2.4 Dampak Limbah Cair Tahu.....	II-6
2.5 <i>Constructed Wetland</i>	II-7
2.5.1 Sistem <i>Constructed Wetland</i>	II-7
2.5.2 Sistem Aliran <i>Subsurface Flow Constructed Wetland</i>	II-12

2.5.3 Prinsip Dasar <i>Subsurface Flow Constructed Wetland</i>	II-13
2.5.4 Faktor Sistem <i>Subsurface Flow Constructed Wetland</i>	II-13
2.6 Pengolahan Limbah Secara Fitoremediasi	II-17
2.7 Karakteristik <i>Cyperus alternifolius</i>	II-19
2.8 Karakteristik <i>Iris pseudacorus</i>	II-20
2.9 Karakteristik <i>Typha angustifolia</i>	II-21
2.10 Penelitian Terdahulu	II-22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum	III-1
3.2 Lokasi Penelitian	III-1
3.3 Tahapan Penelitian.....	III-1
3.3.1 Ide Penelitian	III-3
3.3.2 Studi Literatur	III-4
3.3.3 Variabel dan Parameter Penelitian	III-4
3.3.4 Persiapan Alat dan Bahan.....	III-5
3.3.5 Penelitian Pendahuluan	III-8
3.3.6 Penelitian Utama	III-9
3.3.7 Analisa Parameter Uji	III-10
3.3.7.1 Analisa Parameter Uji <i>Chemical Oxygen Demand</i>	III-10
3.3.7.2 Analisa Parameter Uji <i>Total Suspended Solid</i>	III-12
3.3.7.3 Analisa Parameter pH dan Temperatur	III-13
3.3.8 Analisa Data dan Pembahasan	III-13
3.3.9 Kesimpulan dan Saran	III-13

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Air Limbah <i>Artificial</i>	IV-1
4.2 Hasil Penelitian Pendahuluan.....	IV-2
4.2.1 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanpa Tanaman (Kontrol).....	IV-2
4.2.2 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i>	IV-5
4.2.3 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanaman <i>Iris pseudacorus</i>	IV-7

4.2.4 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanaman <i>Typha</i> <i>angustifolia</i>	IV-9
4.2.5 <i>Relative Growth Rate</i>	IV-11
4.2.6 Pengukuran pH dan Temperatur	IV-13
4.3 Hasil Penelitian Utama	IV-16
4.3.1 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanpa Tanaman (Kontrol).....	IV-17
4.3.2 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanaman <i>Cyperus</i> <i>alternifolius</i> (1 Kg)	IV-20
4.3.3 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanaman <i>Cyperus</i> <i>alternifolius</i> (2 Kg)	IV-22
4.3.4 Penyisihan COD dan TSS Pada Reaktor Uji Tanaman <i>Cyperus</i> <i>alternifolius</i> (3 Kg)	IV-24
4.3.5 Perbandingan Penyisihan COD Variasi Berat Tanaman dan Waktu Tinggal Limbah	IV-26
4.3.6 Perbandingan Penyisihan TSS Variasi Berat Tanaman dan Waktu Tinggal Limbah	IV-28
4.3.7 Pengukuran pH dan Temperatur	IV-29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

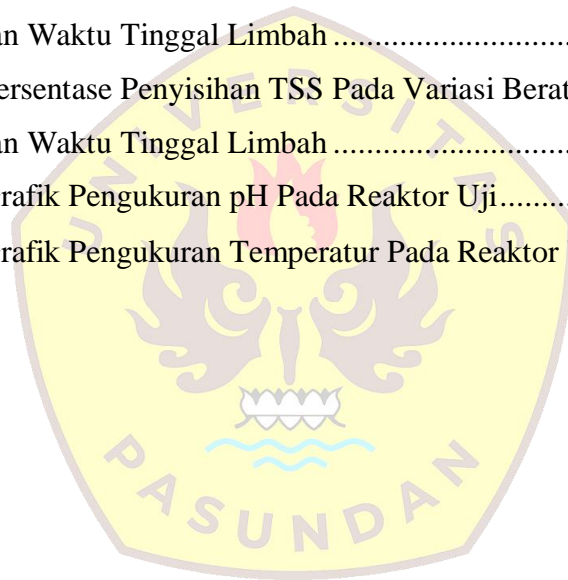
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Analisis Karakteristik Limbah Cair Tahu.....	II-4
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Pengolahan Kedelai.....	II-4
Tabel 2.3 Karakteristik Substrat dalam <i>SSF-Wetland</i>	II-14
Tabel 2.4 Kinerja <i>SSF-Wetland</i> Berdasarkan Jenis Media	II-15
Tabel 2.5 Jenis Tanaman yang Digunakan Pada <i>Constructed Wetland</i>	II-15
Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu Terkait <i>Constructed Wetland</i>	II-22
Tabel 3.1 Alat Analisis Parameter COD dan TSS	III-7
Tabel 3.2 Bahan Analisis Parameter COD dan TSS.....	III-8
Tabel 3.3 Rancangan Penelitian Variasi Berat Tanaman.....	III-10
Tabel 3.4 Rancangan Penelitian Variasi Waktu Tinggal	III-10
Tabel 4.1 Karakteristik Air Limbah Cair Tahu	IV-1
Tabel 4.2 Penyisihan COD dan TSS Tanpa Tanaman (Kontrol)	IV-3
Tabel 4.3 Penyisihan COD dan TSS Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i>	IV-5
Tabel 4.4 Penyisihan COD dan TSS Tanaman <i>Iris pseudacorus</i>	IV-7
Tabel 4.5 Penyisihan COD dan TSS Tanaman <i>Typha angustifolia</i>	IV-9
Tabel 4.6 <i>Relative Growth Rate</i> Tanaman Uji	IV-11
Tabel 4.7 Pengukuran pH dan Temperatur	IV-13
Tabel 4.8 Penyisihan COD dan TSS Tanpa Tanaman (Kontrol)	IV-17
Tabel 4.9 Penyisihan COD dan TSS Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i> (1 Kg)	IV-20
Tabel 4.10 Penyisihan COD dan TSS Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i> (2 Kg)	IV-22
Tabel 4.11 Penyisihan COD dan TSS Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i> (3 Kg)	IV-24
Tabel 4.12 Pengukuran pH dan Temperatur	IV-29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Pembuatan Tahu.....	II-2
Gambar 2.2 Klasifikasi Jenis Lahan Basah (<i>Wetland</i>).....	II-7
Gambar 2.3 Tipe Aliran Lahan Basah Buatan (<i>Constructed Wetland</i>)	II-8
Gambar 2.4 <i>Surface Flow Constructed Wetland</i>	II-9
Gambar 2.5 <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i>	II-10
Gambar 2.6 <i>Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland</i>	II-10
Gambar 2.7 <i>Floating Aquatic Plant System</i>	II-11
Gambar 2.8 <i>Surface Flow Wetland</i>	II-11
Gambar 2.9 <i>Subsurface Flow Wetland</i>	II-12
Gambar 2.10 Penyerapan Polutan Tanaman dalam Proses Fitoremediasi..	II-17
Gambar 2.11 <i>Cyperus alternifolius</i>	II-19
Gambar 2.12 <i>Iris pseudacorus</i>	II-21
Gambar 2.13 <i>Typha angustifolia</i>	II-22
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian	III-2
Gambar 3.2 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i>	III-6
Gambar 3.3 Gelas Kimia 200 mL.....	III-6
Gambar 3.4 pH meter.....	III-6
Gambar 4.1 Reaktor Uji Penelitian Pendahuluan.....	IV-2
Gambar 4.2 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> Tanpa Tanaman.....	IV-4
Gambar 4.3 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> dengan Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i>	IV-6
Gambar 4.4 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> dengan Tanaman <i>Iris pseudacorus</i>	IV-8
Gambar 4.5 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> dengan Tanaman <i>Typha angustifolia</i>	IV-10

Gambar 4.6 Grafik Perbandingan <i>Relative Growth Rate</i> Tanaman Uji.....	IV-12
Gambar 4.7 Grafik Pengukuran pH Pada Reaktor Uji.....	IV-15
Gambar 4.8 Grafik Pengukuran Temperatur Pada Reaktor Uji	IV-16
Gambar 4.9 Reaktor Uji Penelitian Pendahuluan	IV-17
Gambar 4.10 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> Tanpa Tanaman.....	IV-19
Gambar 4.11 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> dengan Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i> 1 Kg	IV-21
Gambar 4.12 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> dengan Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i> 2 Kg	IV-23
Gambar 4.13 Desain <i>Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland</i> dengan Tanaman <i>Cyperus alternifolius</i> 3 Kg	IV-25
Gambar 4.14 Persentase Penyisihan COD Pada Variasi Berat Tanaman dan Waktu Tinggal Limbah	IV-26
Gambar 4.15 Persentase Penyisihan TSS Pada Variasi Berat Tanaman dan Waktu Tinggal Limbah	IV-28
Gambar 4.16 Grafik Pengukuran pH Pada Reaktor Uji.....	IV-31
Gambar 4.17 Grafik Pengukuran Temperatur Pada Reaktor Uji	IV-32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern seperti sekarang ini, perkembangan ekonomi yang semakin pesat ditunjang pula oleh kemajuan teknologi yang semakin masif. Perkembangan ekonomi dapat ditandai dengan pembangunan industri nasional berskala besar maupun berskala kecil. Di satu sisi, pembangunan industri tersebut berkontribusi sangat besar terhadap peningkatan kesejahteraan perekonomian masyarakat. Namun, di sisi lain pembangunan industri juga memberikan dampak negatif berupa penurunan kualitas lingkungan hidup.

Tahu merupakan salah satu makanan pokok yang sering dikonsumsi masyarakat Indonesia karena terbuat dari kedelai sehingga kaya akan protein nabati. Selain karena kandungan gizinya, harga tahu di pasaran juga sangat terjangkau bagi seluruh lapisan masyarakat. Hal ini dikarenakan proses produksi tahu yang relatif mudah dan harga kedelai sebagai bahan baku yang juga murah. Tak heran, jika saat ini banyak dijumpai industri tahu yang mampu memproduksi tahu dengan metode-metode konvensional ataupun metode-metode yang sudah lebih modern.

Industri tahu merupakan usaha yang didirikan dalam rangka pengembangan kegiatan di bidang pangan yang mempunyai dampak positif dan negatif bagi lingkungan. Dampak positif berupa pemenuhan kebutuhan masyarakat akan sumber pangan, sedangkan dampak negatif dari industri tahu berupa limbah buangan yang menimbulkan masalah pencemaran sehingga dapat merusak lingkungan. Pencemaran lingkungan tersebut berupa hasil pembuangan limbah padat (ampas tahu) dan limbah cair (Aak., dalam Fachrurozi, dkk., 2010).

Limbah cair industri adalah buangan hasil proses atau sisa dari suatu kegiatan atau usaha industri yang berwujud cair dimana kehadirannya pada suatu dan tempat tidak dikehendaki lingkungannya karena tidak mempunyai nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang (Asmadi dan Suharno, 2012). Sebagai contohnya, limbah cair dari industri tahu dapat menimbulkan bau yang

tidak diinginkan dan polusi berat pada perairan bila pembuangannya tidak diberi perlakuan yang tepat.

Air dikatakan tercemar apabila air tersebut tidak dapat digunakan sesuai dengan peruntukannya. Polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air yang keadaan normal akibat terkontaminasi oleh material atau partikel, dan bukan dari proses pemurnian. Air sungai dikatakan tercemar apabila badan air tersebut tidak sesuai lagi dengan peruntukannya dan tidak dapat lagi mendukung kehidupan biota yang ada di dalamnya. Terjadinya suatu pencemaran di sungai umumnya disebabkan oleh adanya masukan limbah ke badan sungai (Azwir, 2006). Sumber pencemar yang terkandung dalam limbah cair tahu mengandung bahan organik yang tinggi seperti COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*). Jika limbah cair dibiarkan mengalir ke badan air maka akan mengganggu lingkungan yaitu timbulnya bau busuk dan kematian terhadap organisme yang hidup di dalamnya sehingga perlu adanya pengolahan limbah cair tahu untuk menyingkirkan beban pencemaran yang ada. Salah satu cara untuk mengetahui tingkat pencemaran pada air limbah adalah mengukur *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solid* (TSS).

Upaya yang dilakukan untuk mengatasi dampak negatif pencemaran limbah cair tahu adalah dengan melakukan pengolahan limbah terlebih dahulu. Salah satu alternatif sistem pengolahan air limbah adalah sistem lahan basah buatan (*Constructed Wetland*). *Constructed Wetland* merupakan sistem pengolahan terencana atau terkontrol yang telah didesain dan dibangun menggunakan proses alami yang melibatkan vegetasi, media, dan mikroorganisme untuk mengolah air limbah (Vyamazal, 2010). *Constructed Wetland* memiliki karakteristik performa yang baik, biaya pengoperasian dan investasi minimum, sangat ekonomis dan bermanfaat bagi masyarakat dalam menangani air limbah. Mekanisme penyisihan polutan merupakan dasar yang penting pada desain teknik *Constructed Wetland* dan dapat memberikan keandalan dalam desain rekayasa dan operasi (Mengzhi, 2009).

Ada 2 (dua) jenis aliran *Constructed Wetland*, yaitu jenis aliran permukaan (*surface flow*) dan aliran bawah permukaan (*subsurface flow*). Kelemahan sistem pengolahan dengan *surface flow* dapat meningkatkan populasi nyamuk di sekitar

lokasi IPAL sehingga pengolahan menggunakan *subsurface flow* lebih layak digunakan sebagai alternatif sistem pengolahan di Indonesia (Leady B., dalam Hariyanti, 2016).

Subsurface system dapat diklasifikasikan menurut arah aliran yaitu *Horizontal Subsurface Flow* (HSF) dan *Vertical Subsurface Flow* (VSF). Yang sering digunakan adalah *horizontal* karena jenis ini memiliki efisiensi pengolahan terhadap *suspended solid* dan bakteri lebih tinggi dibandingkan dengan tipe lain (Khatuddin, dalam Cahyana dan Aulia, 2019). *Horizontal Subsurface Flow* (HSF) yaitu kolam yang berisi material (tanah, batu bata, pasir atau kerikil). Material ini difungsikan sebagai pendukung pertumbuhan akar. Dasar dan dinding kolam kedap air berfungsi untuk menghindari infiltrasi ke dalam tanah sebelum diolah di *Constructed Wetland*. Umumnya dilapisi tanah liat atau membran sintesis (HDPE atau LDPE tebal 2 mm). Hasil penelitian (Cahyana dan Aulia, 2019) menunjukkan bahwa tipe aliran *Horizontal Subsurface Flow* dengan variasi waktu tinggal dan debit mampu menurunkan BOD sebesar 90,07% dan COD sebesar 91,69%.

Pengolahan *Subsurface Flow* merupakan teknik pengolahan air limbah secara biologis dengan memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menurunkan kadar pencemar dalam air (Hariyanti, 2016). Kemampuan masing-masing tanaman dalam menurunkan kadar pencemar berbeda-beda. Jenis tanaman yang akan digunakan pada penelitian ini adalah tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia*. Tanaman *Cyperus alternifolius* dapat digunakan untuk pengolahan limbah secara biologis, hal ini dibuktikan pada penelitian (Kalsum, 2014) menggunakan limbah cair domestik efektif menurunkan kadar COD sebesar 77% dan TSS sebesar 81%. Selain menggunakan tanaman *Cyperus alternifolius*, tanaman *Iris pseudacorus* juga terbukti dapat menyerap bahan pencemar dalam air. Hal ini dibuktikan pada penelitian (Nikho, 2020) menggunakan limbah cair tahu efektif menurunkan kadar COD 99,9% dan TSS sebesar 97,41%. Kemudian tanaman yang akan digunakan selanjutnya adalah *Typha angustifolia*. Menurut hasil penelitian (Muhajir, 2013) tanaman *Typha angustifolia* mampu menurunkan kadar pencemar dari limbah cair tahu COD sebesar 88,8% dan TSS 90,2%.

Berdasarkan hal tersebut maka dalam penelitian ini, peneliti menggunakan

sistem *Constructed Wetland* untuk menyisihkan kadar COD dan TSS limbah cair tahu *artificial*. Pengolahan dengan sistem *Constructed Wetland* selain dapat menyisihkan kadar pencemar juga dapat menambah nilai estetika tersendiri serta pengolahan ini tidak membutuhkan tenaga ahli khusus dan biaya pemeliharaan yang tidak mahal.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Apabila tidak dikelola dengan benar, limbah cair tahu dapat menyebabkan peningkatan kadar COD dan TSS di badan air sehingga dapat terjadi pencemaran lingkungan.
2. Perlunya dilakukan penelitian pada sistem *Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland* untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair tahu dengan tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui efektivitas perbandingan kemampuan tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia* dalam penyisihan kadar COD dan TSS limbah cair tahu *artificial* dengan sistem *Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland*.
2. Mengetahui efektivitas perbandingan antara variasi berat tanaman dan variasi waktu tinggal limbah dalam penurunan kadar COD dan TSS limbah cair tahu *artificial* dengan sistem *Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Mengingat akan luasnya cakupan permasalahan yang terjadi di bidang pengolahan limbah khususnya *Constructed Wetland*, maka penelitian ini dibatasi oleh batasan-batasan ruang lingkup yang antara lain terdiri sebagai berikut:

1. Sampel air limbah yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah limbah cair tahu *artificial*. Limbah cair tahu *artificial* terdiri dari aquades yang dicampur dengan *Kalium Hydrogen Phthalate* dan Kaolin dengan kadar yang sesuai dengan literatur air limbah tahu yang dihasilkan.
2. Penelitian dilakukan di Laboratorium Air Teknik Lingkungan Universitas Pasundan pada bulan Februari – Maret 2021.
3. Tanaman yang digunakan adalah jenis tanaman *Cyperus alternifolius*, *Iris pseudacorus* dan *Typha angustifolia*.
4. Parameter yang diteliti selama penelitian:
 - COD, TSS, pH dan Temperatur
5. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu variasi berat tanaman dan waktu tinggal limbah cair tahu *artificial*.
6. Metode pengolahan biologis limbah cair tahu yang digunakan adalah *Constructed Wetland* dengan sistem aliran *Horizontal Subsurface Flow Wetland*.
7. Bak *Wetland* menggunakan reaktor *box* plastik berukuran 45 x 36,5 x 28,5 cm (p x l x t).
8. Sistem aliran pengolahan dalam penelitian ini adalah sistem *batch*.
9. Waktu pengambilan sampel setiap 2 hari sekali, yang dimulai pada hari ke 2, 4, 6, 8 dan 10.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan laporan tugas akhir ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisi tentang latar belakang, identifikasi masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi teori-teori dari literatur, jurnal serta penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang daftar alat dan bahan yang digunakan, diagram alir penelitian, metode pengumpulan data serta metode analisa data yang digunakan dalam penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi penyajian, analisis dan pembahasan dari data hasil penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran yang dapat berguna pada penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Aji, P, B. 2015. *Penurunan Nilai COD Air Limbah Pabrik Tahu Menggunakan Reagen Fenton Secara Batch*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Alearts, G. dan Santika, S. 2004. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Al-Kholif, M., Pungut, Sugito, Sutrisno, J., & Dewi, W. S. 2020. *Pengaruh Waktu Tinggal dan Media Tanam pada Constructed Wetland untuk Mengolah Air Limbah Industri Tahu*. *Jurnal Al Ard*, 5(2), 107–115.
- Angraini. 2014. *Pengolahan Limbah Cair Tahu Secara Anaerob Menggunakan Sistem Batch*. *Jurnal Institut Teknologi Nasional* 1(2).
- Anonim.(n.d).<https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/1016/05.2%20b%20ab%202.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Diakses 1 Januari 2021.
- Asmadi dan Suharno. 2012. *Dasar - Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Azwir. 2006. *Analisa Pencemaran Air Sungai Tapung Kiri Oleh Limbah Industri Kelapa Sawit PT. Peputra Masterindo Di Kabupaten Kampar*. Tesis Untuk Memperoleh Gelar Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Brilian, P., dan Muntalif, S. 2019. *Akumulasi Kromium Pada Pistia Stratiotes Dalam Constructed Wetland Tipe Free Water Surface Untuk Pengolahan Limbah Tekstil*. *Jurnal Teknik Lingkungan Volume*, 25 (April), 73–90.
- Cahyana, G. 2020. *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Menggunakan Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland*. *ENVIROSAN: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 58–64.
- Cahyani, M. 2016. *Penurunan Konsentrasi Nikel (Ni) Total Dan COD Menggunakan Tumbuhan Kayu Apu (Pistia stratiotes l) Pada Limbah Cair Eletroplating*. *Jurnal Teknik Lingkungan* 5(4).
- CHEN, M., TANG, Y., LI, X., & YU, Z. 2009. *Study on the Heavy Metals Removal*

- Efficiencies of Constructed Wetlands with Different Substrates*. *Journal of Water Resource and Protection*, 01(01), 22–28.
- Devianasari, A., dan Rudy, L. 2011. *Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Lahan Basah Buatan Menggunakan Rumput Payung (Cyperus Alternifolius)*. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 3(2), 6–7.
- Djo, Y. H. W., Suastuti, D. A., Suprihatin, I. E., dan Sulihingtyas, W. D. 2017. *Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (Eichhornia crassipes) Untuk Menurunkan COD dan Kandungan Cu dan Cr Limbah Cair Laboratorium Analitik Universitas Udayana*. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2), 137–144.
- DuPoldt, C., Edwards, R., Garber, L., Isaacs, B., & Lapp, J. 1996. *A Handbook of Constructed Wetlands: General Considerations*. In *Ecological Engineering* (Vol. 1, Issue 1996, p. 53).
- Evasari, J. 2015. *Pemanfaatan Lahan Basah Buatan Dengan Menggunakan Tanaman Typha latifolia Untuk Mengelola Limbah Cair Domestik*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia, Depok.
- Fachrurozi, M., Utami, L. B., dan Suryani, D. 2010. *Pengaruh Variasi Biomassa Pistia stratiotes l. Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD Dan TSS Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta*. *Jurnal KESMAS UAD*, 4(1), 1–16.
- Fitri, H.M. 2016. *Penurunan Kadar COD, BOD dan TSS Pada Limbah Cair Industri MSG (Monosodium Glutamat) dengan Biofilter Anaerob Media Bio-Ball*. *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro* 5(1), 1-10.
- H, N. Y., P, T. B., & Djuhriah, N. (n.d.). *Perbedaan Waktu Tinggal Tanaman Cattail (Typha angustifolia) Terhadap Penurunan Kadar COD Air Limbah Domestik Kantin*. 11(1), 196–201.
- Hanifa, A,R,D. 2018. *Pengolahan Limbah Eletroplating Untuk Penurunan TSS, Total Krom Dan Nikel Dengan Teknik Fitoremediasi Sistem SSF-WETLAND*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang.
- Hariyanti, F. 2016. *Efektivitas Subsurface Flow-Wetlands Dengan Tanaman Eceng*

Gondok Dan Kayu Apu Dalam Menurunkan Kadar COD Dan TSS Pada Limbah Pabrik Saus. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Semarang.

Hendrawan, D., Melati F.F., Bambang I., dan Pramiati P. 2014. *Pengaruh Media dalam Lahan Basah Buatan tipe Subsurface Flow System terhadap E. coli.*

Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta.

Herlambang, A., dkk. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu - Tempe.* <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuLimbahCairIndustri/02tempe.pdf>. Diakses 28 Desember 2020.

Hidayah, E, N. & Aditya, W. 2010. *Potensi Pengaruh Tanaman Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Sistem Constructed Wetland.* Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Volume 2 No.2.

Jenie, B,S,L., & Rahayu, W,P., 2004. *Penanganan Limbah Industri Pangan.* Yogyakarta: Kanisius.

Kalsum, S., Napoleon, A., & Yudono, B. 2014. *Efektivitas Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes), Hydrilla (Hydrilla Verticillata), dan Rumput Payung (Cyperus Alternifolius) dalam Pengolahan Limbah Grey Water.* Jurnal Penelitian Sains, 17(1), 168155.

Kaswinarni, F. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu.* Tesis Untuk Memperoleh Gelar Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.* Menteri Negara Lingkungan Hidup.

Khiatuddin, M. 2010. *Melestarikan Sumber Daya Air dengan Teknologi Rawa Buatan.* Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Lestari, D,H. 2012. *Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Metode Rawa Buatan (Constructed Wetland).* Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Muhajir, M,S,. 2013. *Penurunan Limbah Cair BOD Dan COD Pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) Dengan Sistem Constructed Wetland.* Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains,

Universitas Negeri Semarang.

- Nikho, M,A,. 2020. *Perbandingan Efektivitas Tanaman Cattail (Typha angustifolia) Dan Tanaman Iris (Iris pseudacorus) Pada Constructed Wetland Terhadap Limbah Cair Industri Tahu*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Ilmu Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam.
- Ningsih, D,A,. 2017. *Uji Penurunan Kandungan BOD, COD Dan Warna Pada Limbah Cair Perwarnaan Batik Menggunakan Scirpus grossus Dan Iris pseudacorus Dengan Sistem Pemaparan Intermittent*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nurfita, A,E., Kurniati, E., & Haji, A,T,S,. 2017. *Efisiensi Removal Fosfat (PO₄₃-) Pada Pengolahan Limbah Cair Laundry dengan Fitoremediasi Kiambang (Salvina natans)*. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- Oktaviani, L. 2020. *Fitoremediasi Logam Berat Seng (Zn) Dengan Memanfaatkan Tanaman Apu - Apu (Pistia stratiotes) Menggunakan Sistem Batch..* Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, UIN Sunan Ampel, Surabaya.
- P, E., Joko, T., & D, H. 2017. *Efektifitas Constructed Wetlands Tipe Subsurface Flow System Dengan Menggunakan Tanaman Cyperus Rotundus Untuk Menurunkan Kadar Fosfat Dan COD Pada Limbah Cair Laundry*. Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal), 5(1), 444–449.
- Prawira, J. 2015. *Efektivitas Sistem Lahan Basah Buatan Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Iris pseudacorus*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjung Pinang.
- Rahayu, E,S,. dkk. 2016. *Teknologi Proses Produksi Tahu*. Yogyakarta: Kanisius.
- Rachmawardani, A. 2017. *Studi Constructed Wetland Sebagai Solusi Pencemaran di Sub DAS Tukad Badung Hulu Kabupaten Badung Provinsi Bali*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Qomariyah, S., Sobriyah, S., Koosdaryani, K., dan Muttaqien, A. Y. 2017. *Lahan*

- Basah Buatan Sebagai Pengolah Limbah Cair Dan Penyedia Air Non-Konsumsi*. Jurnal Riset Rekayasa Sipil, 1(1), 25.
- Sabli, T,E., 2002. *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Medium Tanah Dalam Sistem Lahan Basah*. Tesis Untuk Memperoleh Gelar Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Saputri, G,A., 2016. *Efektivitas Reduksi Chromium Limbah Cair Penyamakan Kulit Dengan Sistem Constructed Wetland Menggunakan Enchinodorus palaefolius Dan Iris pseudacorus*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains, Universitas Kristen Duta Wacana Yogyakarta.
- Sari, P., Sudarno, dan Wisnu, I. 2015. *Pengaruh Jumlah Tanaman Cyperus Alternifolius dan Waktu Tinggal Limbah dalam Penyisihan Kadar Ammoniak, Nitrit, Dan Nitrat (Studi Kasus : Pabrik Minyak Kayu Putih)*. Jurnal Teknik Lingkungan, 4(2), 1–9.
- Soewondo, P. (n.d). *Aplikasi Wetland*. <https://docplayer.info/36262704-Aplikasi-wetland-prayatni-soewondo-prodi-teknik-lingkungan-fts1-itb.html>. Diakses 19 Desember 2020.
- Standar Nasional Indonesia. *Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand) dengan Refluks Terbuka Secara Titrimetri*. SNI 6989.15:2019.
- Standar Nasional Indonesia. *Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid) Secara Gravimetri*. SNI 6989.3:2004.
- Stefanakis, A.I., Akrotos, C.A., & Tsihrintzis, V.A., 2014. *Vertical Flow Constructed Wetlands*. Amsterdam: Elsevier.
- Sugiyono. 2001. *Metode Penelitian*. Bandung: CV. Alfa Beta.
- Sumayya, A,S,. 2017. *Efisiensi Penyerapan Logam Pb dengan Menggunakan Campuran Bentonit dan Eceng Gondok*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Lingkungan, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius l. Dalam Menggunakan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetland)*. Tesis Untuk Memperoleh Gelar Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sutrisno, C,T., dan Suciastuti, E. 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta:

Rineka Cipta.

- Vymazal, J. 2010. *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*, *Journal Water* 2010, 2, 530-549, ISSN 2073-4441.
- Vymazal, J., & Kropfelova, L. 2008. *Wastewater Treatment in Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow*. Czech Republic: Springer.
- Warisaura, A. D., Sukmawati, P. D., dan Reza, I. B. 2019. *Studi Kemampuan Kombinasi Kayu Apu (Pistia stratiotes) Dan Zeolit Terhadap Penurunan Warna, COD, TSS Limbah Pewarna Remazol Red RB*. Simposium Nasional RAPI, 182–187.
- Yanto. 2019. *Analisis Kandungan Total Suspended Solid (TSS) Dan Total Dissolved Solid (TDS) Di Tambak Tradisional Pondok Pesantren Hidayatullah Kota Tarakan*. Tugas Akhir Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Ilmu Kelautan, Universitas Borneo Tarakan, Kalimantan Utara.
- Yoedono, B,S,. Sunik dan Inanta, C,A,. 2019. *Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Rumput Payung (Cyperus alternifolius) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Dengan Matrik Epoxy*. *Jurnal Teknik Sipil* 15(3), 162-169.

