

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU A HOK MENGUNAKAN CONSTRUCTED WETLAND

Soeprijanto^{*}), M Hanif Rosyidi dan Aurinati Salsabila

Departemen Teknik Kimia Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

^{*}) Corresponding author: soeprijanto@chem-eng.its.ac.id

Abstract

*Tofu Industry is one of the industries that produce organic waste. At present, the average tofu business in Indonesia is still carried out using simple technology, so that the level of efficiency in the use of resources is felt to be low and the level of waste production is relatively high. So it is necessary to process it so as not to damage the environment. One of the processing methods that can be used as a solution is the Constructed Wetland (CW) method. This study aimed to measure the efficiency of wastewater treatment in reducing pollutant loads so that waste discharged into the environment can be declared safe. The system design consists of those arranged in series, namely Subsurface Flow (SSF) and Free Water Surface (FWS). The plant used is a plant (*Eichornia crassipes*) which has great potential for pollutant processing, because of its high capacity to absorb nutrients and heavy metals from waste. The parameters studied were COD with the length of time the waste was in the reactor (Hydraulic Retention Time) for 2, 5, and 7 days. The results of the analysis of the initial content obtained a COD value of 5341 mg/L. Based on research conducted by Sivakumar (2013), using FWS, water hyacinth plants, and substrates in the form of gravel and soil obtained a COD removal efficiency of 92.8%. Therefore, the use of the CW system proved to be effective in treating tofu liquid waste by observing the high removal efficiency*

Abstrak

Industri Tahu merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah organik. Saat ini, usaha tahu di Indonesia rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan sumber daya dirasakan masih rendah dan tingkat produksi limbahnya relatif tinggi. Sehingga diperlukan adanya pengolahan agar tidak merusak lingkungan. Salah satu metode pengolahan yang dapat dijadikan solusi adalah metode Constructed Wetland (CW). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur efisiensi pengolahan air limbah dalam menurunkan beban pencemar agar limbah yang dibuang ke lingkungan dapat dinyatakan aman. Desain sistem terdiri dari yang disusun secara seri, yaitu Subsurface Flow (SSF) dan Free Water Surface (FWS). Tanaman yang digunakan adalah tanaman (*Eichornia crassipes*) yang memiliki potensi besar untuk pengolahan polutan, karena kapasitasnya tinggi untuk menyerap nutrisi dan logam berat dari limbah. Parameter yang diteliti adalah COD dengan lama limbah berada di reaktor (Hydraulic Retention Time) selama 2, 5, dan 7 hari. Hasil analisa pada kandungan awal didapatkan nilai COD sebesar 5341 mg/L. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sivakumar (2013), dengan menggunakan FWS, tanaman eceng gondok dan substrat berupa kerikil dan tanah didapatkan removal efficiency COD sebesar 92,8%. Oleh karena itu, penggunaan sistem CW terbukti efektif dalam mengolah limbah cair tahu dengan melihat removal efficiency yang tinggi.

Kata kunci: *Constructed Wetland, Hybrid; Eceng Gondok, Limbah Cair Tahu, Hydraulic Retention Time*

PENDAHULUAN

Industri Tahu merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah organik. Limbah industri tahu yang dihasilkan dapat berupa limbah padat dan cair, tetapi limbah cair memiliki tingkat pencemaran lebih besar dari pada limbah padat. Bahan utama pembuatan tahu adalah kedelai, dimana tahu adalah suatu olahan dari ekstrak kedelai yang dilakukan dengan penambahan asam cuka. Limbah tahu banyak mengandung protein dan karbohidrat tinggi sehingga pembusukan oleh mikro organisme pembusuk sangat mudah terjadi[1].

Menurut data dari Kementerian Pertanian pada tahun 2019 perkembangan konsumsi tahu di tingkat rumah tangga di Indonesia selama tahun 2002-2018 mengalami fluktuasi. Rata-rata konsumsi tahu pada tahun 2002-2017 adalah sebesar 7,41kg/kapita/th. Prediksi konsumsi kedelai untuk industri tahu tahun 2019 hingga 2021 diperkirakan meningkat rata-rata sebesar 1,78%. Sedangkan konsumsi tahu diprediksikan terus meningkat menjadi sebesar 8,67 kg/kapita pada tahun 2021[2].

Saat ini, usaha tahu di Indonesia rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana, sehingga tingkat efisiensi penggunaan sumber daya (air dan bahan baku) dirasakan masih rendah dan tingkat produksi limbahnya juga relatif tinggi[3]. Limbah tahu masih memiliki kandungan organik yaitu protein (40%-50%), karbohidrat (25%-50%), dan lemak (10%)[4]. Potensi limbah yang tinggi terutama limbah padat yang mencapai 170% dari berat kedelai yang digunakan dalam tahu, sehingga memberikan potensi limbah yang besar[5]. Pada pada proses pembuatan tahu, limbah cair dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, hasil penggumpalan, pengepresan, dan tumpahan serta pembersihan tempat. Karakteristik buangan industri tahu meliputi dua hal, yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi padatan total, padatan tersuspensi, suhu, warna, dan bau. Karakteristik kimia meliputi bahan organik, bahan anorganik dan gas[6].

Berdasarkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air pengolahan kedelai (tahu) lampiran XVIII menyatakan bahwa kadar baku mutu yang diizinkan yaitu BOD sebesar 150 mg/L, COD sebesar 200 mg/L, pH 7 dan TSS sebesar 300 mg/L[2]. Sedangkan limbah cair industri tahu memiliki kandungan zat organik yang cukup tinggi dengan kadar BOD sekitar 5.000- 10.000 mg/l, COD 7.000 -12.000 mg/l[7].

Pencemaran air sungai 60%-70% berasal dari limbah domestik, dengan kontribusi pencemar di DAS Brantas 60% berasal dari limbah domestik (sanitasi, sampah, detergen); 30% limbah industri; dan 10% limbah pertanian dan peternakan. Oleh karenanya penting untuk memperbaiki sistem sanitasi, salah satunya dengan cara mengolah air limbah sebelum dibuang ke badan air untuk mengurangi beban pencemar air permukaan yang dimanfaatkan sebagai sumber air. Salah satu cara pengolahan air limbah adalah *Constructed Wetlands* (CWs). *Constructed Wetlands* adalah salah satu rekayasa sistem pengolah limbah yang dirancang dan dibangun dengan melibatkan tanaman air, tanah atau media lain, dan kumpulan mikroba terkait. *Constructed Wetlands* dirancang dengan perlakuan lebih terkontrol, misalnya dengan pengaturan *Hydraulic Retention Time* (HRT) dan *Hydraulic Loading Rate* (HLR) untuk mempertimbangkan dimensinya. Dari aspek hidraulika dapat diklasifikasikan menjadi CWs dengan permukaan air bebas *Free Water Surface* (FWS) dan CWs aliran di bawah permukaan *Sub-Surface Flow* (SSF)[8].

Jenis tumbuhan air yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok (*Eichornia*

crassipes). Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) adalah salah satu jenis tumbuhan air mengapung, biasanya tumbuh di kolam-kolam dangkal, tanah basah dan rawa, aliran air yang lambat, danau, tempat penampungan air dan sungai [9]. Eceng gondok juga menunjukkan potensi besar untuk pengolahan polutan, terutama karena kapasitasnya yang tinggi untuk menyerap nutrisi dan logam berat yang timbul dari limbah [10]. Menurut (Dewi, 2016) dalam penelitiannya eceng gondok dapat digunakan untuk pengendalian limbah secara biologis. Hal tersebut dibuktikan pada penelitian yang dilakukan oleh (Rukmi et al., 2013) dimana menggunakan limbah *laundry* dapat menurunkan kadar deterjen sebesar 19,63%, kadar BOD sebesar 37,24%, dan kadar COD sebesar 20,39%. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh [13] dengan menggunakan jenis tanaman *Typha latifolia* dan *Canna Indica L* dapat menurunkan beban pencemar dari setiap parameter masing-masing adalah BOD 92,5% dan 93%, kemudian krom 21,6% dan 22,4%.

Berdasarkan hal diatas, kami berinisiasi untuk melakukan inovasi dan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Rukmi et al., 2013), yakni mengetahui efektifitas tanaman eceng gondok dalam menurunkan kadar beban pencemar pada limbah cair industri tahu.

METODE PENELITIAN

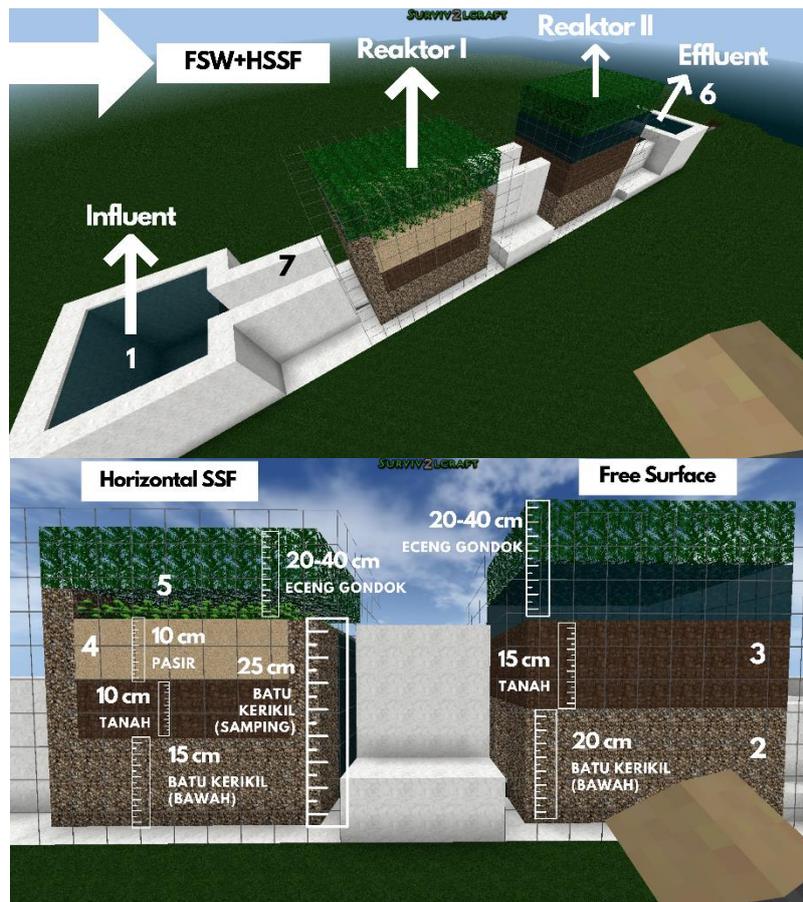
Penelitian ini bersifat eksperimental dan dilakukan secara offline selama 4 bulan di laboratorium bioteknologi jurusan Teknik Kimia Industri ITS. Pendekatan eksperimen dilakukan dengan menggunakan penelitian/eksperimen dalam skala laboratorium untuk merancang dan mengkaji “Pengolahan Air Limbah Industri Tahu A Hok Surabaya”. Metode implementasi yang digunakan ada 5 tahapan, yaitu:

1. Tahap Pra-perawatan pada penelitian ini merupakan tahap pre-treatment. Pada tahap itu, mulai menyiapkan air limbah industri tahu, vegetasi eceng gondok, dan substrat berupa kerikil, tanah, dan pasir. Setelah itu dilakukan aklimatisasi terhadap vegetasi eceng gondok agar dapat beradaptasi dengan baik sebelum tanaman masuk ke dalam reaktor.
2. Tahap Desain Lahan Basah yang dibangun pada proses ini dilakukan perancangan reaktor yang akan digunakan yaitu *Constructed Wetland* dengan dua tipe yaitu Horizontal Flow Sub-Surface Flow (HSSF) dan Free Water Surface (FWS). Dengan menyiapkan 2 reaktor berupa balok, kemudian mengisi substrat di dalam reaktor, kemudian membuang vegetasi yang telah diaklimatisasi, dan menyiapkan reservoir inlet dan outlet dengan selang pipa.
3. Tahap Pengolahan Limbah Industri Tahu dengan *Constructed Wetland* eksperimen dilakukan dengan memasukkan air limbah industri tahu ke dalam reaktor lahan basah yang dibangun secara seri yaitu memasuki reaktor 1 (HSSF) kemudian memasuki reaktor 2 (FWS) dengan variasi Waktu Tinggal Hidrolik (HRT) selama 10, 20, dan 30 hari. Setelah itu diambil air pada outlet reservoir untuk dianalisa dengan parameter yang telah ditentukan yaitu COD dan TSS.
4. Tahap Analisis Hasil Setelah dilakukan percobaan, dilakukan analisis berupa parameter yang telah ditentukan yaitu uji COD dan TSS berdasarkan PERMENLHK No. 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu.
5. Tahap Penarikan Kesimpulan. Setelah dilakukan penelitian dapat diambil kesimpulan dari analisa pada penelitian yang telah dilakukan

Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Alat
 1. *Beaker Glass*
 2. Buret
 3. Cawan penguap
 4. Desikator

5. Erlenmeyer
6. Gelas ukur
7. *Hot plate*
8. Kertas saring
9. Labu ukur
10. Neraca analitik
11. pH meter
12. Pipet ukur
13. Pipet volume
14. *Oven*
15. Statif dan Klem
16. *Hybrid constructed wetland*



Gambar 1 Rangkaian Alat

Keterangan :

- a. Bak penampung inlet
 - b. Batu kerikil
 - c. Tanah
 - d. Pasir
 - e. Rumput Vetiver (Reaktor I) dan Tanaman Eceng Gondok (Reaktor II)
 - f. Bak penampung outlet
 - g. Pipa selang
- Bahan :
 1. Air limbah tahu dari UMKM tahu A Hok
 2. *Aquadest*

3. H₂SO₄
4. KMnO₄
5. Tanaman Eceng Gondok
- Tahap Pelaksanaan
 1. Persiapan bahan baku
 2. Aklimatisasi Tanaman Eceng Gondok
 3. Pembuatan desain *constructed wetland*
 4. Pelaksanaan percobaan *constructed wetland*
 5. Analisa TSS
 6. Analisa COD
 7. Analisa pH
- Variabel percobaan :
 1. Variabel bebas berupa waktu tinggal hidrolis (HRT) : 1, 10 hari
 2. Variabel terikat berupa Persentase penurunan : TSS, COD
 3. Variabel kontrol berupa Jumlah influen : 20 L air limbah industri tahu
- Prosedur Percobaan
 1. Tahap Persiapan Bahan :
 - a. Mengambil sampel limbah cair tahu dari “Pabrik Tahu A Hok” sebanyak 20 L
 - b. Melakukan pengujian konsentrasi awal TSS, BOD, COD, dan pH
 - c. Sampel limbah cair tahu ditampung kedalam bak penampungan
 2. Aklimatisasi Vegetasi Eceng Gondok
 - a. Memasukkan air bersih ke dalam bak
 - b. Memasukkan eceng gondok pada bak yang berisi air bersih
 - c. Membiarkan eceng gondok beradaptasi dalam bak berisi air bersih selama 3 hari
 3. Pembuatan Desain *Hybrid Costructed Wetland*
 - a. Menyiapkan kolam sebagai reaktor berukuran P cm x L cm x T cm 2 buah
 - b. Mengisi kolam dengan substrat berupa batu kerikil (15 cm), tanah (10 cm), dan pasir (10 cm) pada reaktor I dan batu kerikil (20 cm) dan tanah (15 cm) pada reaktor II
 - c. Memindahkan rumput vetiver ke dalam reaktor I dan eceng gondok dari tahap aklimatisasi ke dalam reaktor II yang masing-masing sudah berisikan substrat
 - d. Menyiapkan bak penampung inlet dan outlet
 - e. Memasang pipa selang pada saluran inlet dan outlet
 4. Pelaksanaan Percobaan *Constructed Wetland*
 - a. Memasukkan air limbah industri tahu sebanyak 20 L pada masing-masing reaktor
 - b. Mengalirkan air limbah industri tahu dari inlet ke dalam reaktor *constructed wetland*
 - c. Melakukan pengamatan pada masing-masing sesuai variabel yang telah ditentukan
 - d. Mengambil air pada bak penampung outlet untuk dianalisa sesuai dengan parameter yang telah ditentukan
 5. Prosedur Analisa COD
 - a. Memipet 1-10 ml sampel (COD) ke dalam erlenmeyer 250 ml, encerkan dengan aquadest hingga 100 mL.
 - b. Menambahkan 5 ml H₂SO₄ 8 N. Campuran tersebut dipanaskan pada suhu 70⁰C.
 - c. Tambahkan 10 ml larutan standar KMnO₄ 0,1 N dan teruskan pemanasan sampai mendidih. Pendidihan dilakukan dengan hati – hati selama 10 menit.
 - d. Menambahkan 10 ml Asam Oksalat 0.01 N.
 - e. Menunggu dingin beberapa saat
 - f. Menitrasi dengan larutan standar KMnO₄ 0,1 N sampai timbul warna merah muda max 7 ml dengan toleransi 10 ml, kalau lebih maka ulangi dan encerkan
 - g. Menghitung menggunakan rumus nilai permanganat

Perhitungan nilai permanganat:

$$KMnO_4 \frac{Mg}{L} = \frac{((10 + a)b - (10 \times c)) \times 31.6 \times 1000}{f_p} \times V_{sampel} \dots\dots(1)$$

Dengan:

a = volume $KMnO_4$ 0,1 N yang dibutuhkan pada titrasi.

b = normalitas $KMnO_4$ yang sebenarnya.

c = normalitas Asam Oksalat.

d = volume sampel

P = faktor pengenceran

HASIL DAN PEMBAHASAN

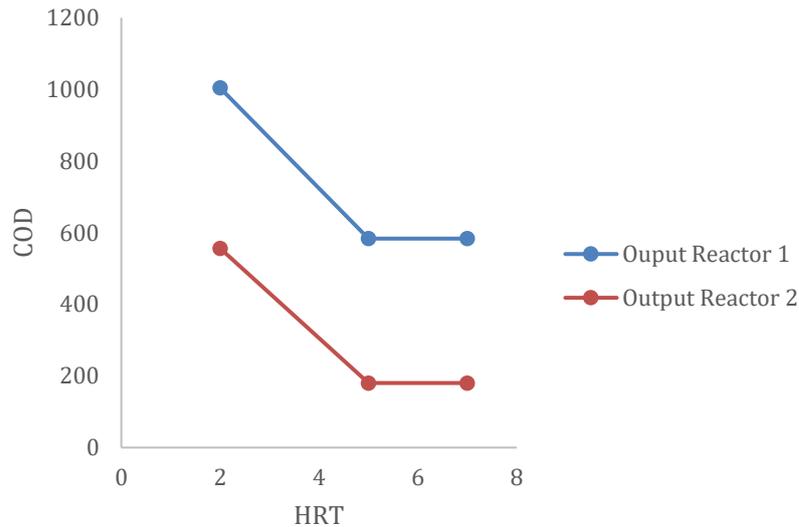
Hasil dari penelitian yang dilakukan didapatkan data uji karakteristik limbah berupa COD dan TSS sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Analisis Limbah

No	Parameter	Unit	Analisis	Standar
1	COD	Mg/L	5341	200

Hasil uji cod pada air limbah industri tahu dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai COD dan TSS limbah industri tahu sebesar 1832.025 mg/L dan 300 mg/L. Nilai ini jauh melebihi baku mutu air limbah industri makanan. dalam PERMENLHK No. 5 Tahun 2014. Oleh karena itu diperlukan pengolahan limbah yang dapat mengurangi beban polutan dan tidak membahayakan lingkungan sekitar.

Karena terdapat 2 reaktor pada penelitian ini maka dilakukan variasi hydraulic residence time (HRT) selama 7 hari untuk masing-masing reaktor. Secara lebih rinci variabel HRT dilakukan selama 7 hari di reaktor 1 yang terdapat tanaman ilalang. Setelah itu dilanjutkan dengan 7 hari di reaktor 2 yang terdapat tanaman eceng gondok. Hasil penelitian dari CWs (*Construction Wetlands*) menunjukkan bahwa pada variasi hydraulic residence time (HRT) 7 hari penyisihan COD konten dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Uji COD

Pengujian COD dilakukan sesuai variabel yaitu 2,5 dan 7 hari untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pengurangan kandungan polutan. Dari Gambar 1, terlihat bahwa kandungan COD limbah awal (sebelum masuk reaktor) adalah 5341 mg/L, dan setelah keluar reaktor 1 (HSSF) adalah 583.5 mg/L. Kemudian limbah masuk kembali ke reaktor 2 (FWS) dan dapat dikeluarkan dengan nilai kandungan COD sebesar 2.8 mg/L. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa Lahan Basah yang Dibangun dengan 2 reaktor dan variasi HRT 7 hari dapat secara efektif mengurangi kandungan COD dengan efisiensi penyisihan sebesar 96,6% dan memenuhi standar mutu yang berlaku.

Nilai efisiensi penyisihan diperoleh dengan Constructed Wetland dengan variasi HRT 30 hari yaitu dapat disimpulkan bahwa semakin lama HRT maka semakin rendah nilai kandungan polutannya. HRT memainkan peran penting dalam menghilangkan polutan dalam air limbah. Kumpulan mikroba akan terbentuk di dalam CW dan dapat menghilangkan kontaminan seiring dengan lamanya limbah berada di dalam reaktor[15].

KESIMPULAN

Lahan basah buatan dapat digunakan untuk pengolahan air limbah di industri tahu yang jumlahnya cukup banyak baku. Mutu air limbah industri PERMENLHK No. 5 tahun 2014 untuk nilai COD. Efisiensi tertinggi dicapai dengan memvariasikan waktu tinggal hidrolis (HRT) selama 7 hari dimana semakin lama HRT efisiensi penurunan COD semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Agung *et al.*, “PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PLASMA.”
- [2] W. P. Pangestu, H. Sadida, and D. Vitasari, “Pengaruh Kadar BOD, COD, pH dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Media Filter Adsorben Alam dan Elektrokoagulasi,” *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 2, pp. 74–80, Sep. 2021, doi: 10.33084/mitl.v6i2.2376.
- [3] S. Kasus, I. Tahu, T. Semarang, S. Kendal, D. Gagak, and S. Boyolali, “KAJIAN TEKNIS PENGOLAHAN LIMBAH PADAT DAN CAIR INDUSTRI TAHU.”
- [4] S. Juariah, W. Puspa Sari, J. Analis Kesehatan Klinikal, and A. Analis Kesehatan Yayasan Fajar Pekanbaru Jl Riau Ujung no, “PEMANFAATAN LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF PERTUMBUHAN *Bacillus* sp. Info Artikel,” 2018. [Online]. Available: <http://jurnal.univrab.ac.id/index.php/klinikal>
- [5] G. S. T. I. Wirawan, “PEMANFAATAN AMPAS TAHU UNTUK OLAHAN PANGAN DARI LIMBAH PENGOLAHAN INDUSTRI TAHU DI KELURAHAN TUNGGULWULUNG KOTA MALANG,” 2017.
- [6] B. Jenis Tanaman Dengan Metode Fitoremediasi *et al.*, “PENGELOLAAN LIMBAH INDUSTRI TAHU MENGGUNAKAN,” vol. 2, 2021.
- [7] Febrian Sayow Bobby Vian Jhon PoliiWenny TilaarKojoh Deanne Augustine, “ANALISIS KANDUNGAN LIMBAH INDUSTRI TAHU DAN TEMPE RAHAYU DI KELURAHAN UNER KECAMATAN KAWANGKOAN KABUPATEN MINAHASA,” 2020.
- [8] A. C. Sri, P. Suswati, and D. G. Wibisono, “PENGOLAHAN LIMBAH DOMESTIK DENGAN TEKNOLOGI TAMAN TANAMAN AIR (Constructed Wetlands),” 2013.
- [9] T. Ardiana Dewi and M. Rifa, “Pengaturan Kontrol PID pada Proses Reverse Osmosis Pengolahan Air Laut dengan Sistem SCADA,” 2016.
- [10] P. Sabioni, L. Migliolo, and F. J. C. Magalhães, “Ibuprofen and caffeine removal in vertical flow and free-floating macrophyte constructed wetlands with *Heliconia rostrata* and *Eichornia crassipes*,” *Chemical Engineering Journal*, vol. 373, no. February, pp. 458–467, 2019, doi: 10.1016/j.cej.2019.05.064.
- [11] Y. S. Dewi, “EFEKTIVITAS JUMLAH RUMPUN TANAMAN ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes* (Mart) Solm) DALAM PENGENDALIAN LIMBAH CAIR DOMESTIK,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 13, no. 2, p. 151, 2016, doi: 10.29122/jtl.v13i2.1414.
- [12] D. P. Rukmi, Ellyke, and R. S. Pujiati, “Efektivitas Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen , BOD , dan COD pada Air Limbah Laundry (Studi di

- Laundry X di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember),” *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*, vol. 05, 2013.
- [13] C. W. Ernastin Maria, “REMOVAL LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK DENGAN METODE FITOREMEDIASI PADA SSF-WETLAND,” no. November, pp. 19–25, 2018.
- [14] D. P. Rukmi, Ellyke, and R. S. Pujiati, “Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen , BOD , dan COD pada Air Limbah Laundry (Studi di Laundry X di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember),” *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*, vol. 05, 2013.
- [15] B. Rekoyoso, ; Syafrudin, and ; Sudarno, “MENGUNAKAN REAKTOR UASB.”