



Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Pengalengan Ikan pada Lahan Basah Buatan dengan Tanaman Air Untuk Menurunkan COD, TSS, Nitrogen dan Phosfat

Effectiveness of Fish Canning Waste water in Constructed Wetlands with Aquatic Plants to Reduce COD, TSS, Nitrogen and Phosphate

Dhikma Pristika Melenia¹, Euis Nurul Hidayah²

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta,

Jl. SWK No 104 Condongcatur, Yogyakarta, Indonesia-55283

*Corresponding Author: dhikma18@gmail.com

Article Info:

Received: 01-03-2023

Accepted: 27-03-2023

Kata kunci: Limbah Cair Pengalengan Ikan, Bambu Air, Sirih Gading, Lembang

Keywords: *Fish Canning Waste, Water, Bamboo Air, Sirih Gading, Cattail and Clay*

Abstrak: Limbah cair pengalengan ikan di kota Tuban menjadi suatu permasalahan lingkungan, mengingat banyaknya industri perikanan di Kota Tuban. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kadar parameter COD, TSS, Phosfat dan Nitrogen pada limbah cair pengalengan ikan. Penelitian ini memanfaatkan 3 jenis tanaman air yang berbeda yaitu tanaman bambu air, tanaman sirih gading dan tanaman lembang. Tujuan lain dari penelitian ini adalah mengetahui efektifitas tanah liat sebagai media pada pengolahan lahan basah buatan. Penelitian ini memberikan hasil bahwa lahan basah buatan dengan tanaman lembang, sirih gading dan bambu air mampu untuk menurunkan parameter pencemar pada limbah cair pengalengan ikan. Didapatkan hasil bahwa debit 5L / hari lebih baik daripada variasi debit 8L / hari. Tanaman sirih gading dan tanaman lembang memberikan hasil penyisihan parameter yang lebih baik dibandingkan tanaman bambu air. Waktu detensi yang lebih lama akan memberikan hasil yang paling optimum.

Abstract: *Fish canning waste water in Tuban City is an environmental problem, considering a lot of fishing industries in Tuban City. This study purpose to decrease the levels of COD, TSS, Phosphate and Nitrogen parameters in fish canning waste water. This research utilizes 3 different types of aquatic plants, which is water bamboo plants, sirih gading plants and cattail plants. Another aim of this study is to find out the effectiveness of clay as a medium in constructed wetland processing. This study provides results that constructed wetland with lembang plants, sirih gading and water bamboo are able to reduce pollutant parameters in fish canning waste water. It was found that the 5L/day debit was better than the 8L/day debit variation. Sirih gading plants and lembang plants provide better parameter allowance results than water bamboo plants. Longer detention time will give the most optimal results.*

1. Pendahuluan

Kabupaten Tuban menjadi kota dengan hasil tangkapan ikan terbesar di Jawa Timur. Berdasarkan data Kementerian Kelautan dan Perikanan (2013). Data UPI (Unit Pengolahan Ikan) menyebutkan bahwa jumlah industri pengolahan ikan di Kota Tuban Jawa Timur sejumlah 8 industri menengah besar dan sejumlah 1.006 industri mikro kecil skala rumah tangga. Tidak ada industri mikro kecil yang melakukan pengolahan limbah, hal ini berdampak pada rusaknya lingkungan sekitar industri (Data DLH Tuban). Kandungan bahan organik yang ada pada limbah cair pengalengan ikan dapat diketahui dari parameter TSS, BOD, COD, N, P, suhu, bau dan pH (Mutiara et al., 2005).

Constructed wetland merupakan pengolahan yang memiliki perencanaan terkontrol untuk mengolah air limbah dengan memanfaatkan proses vegetasi mikroorganisme tanaman dengan media (Vymazal, 2010). Teknologi lahan basah buatan adalah pengolahan biologis yang melibatkan peran mikroorganisme tanaman yang akan menguraikan bahan organik pada limbah cair yang digunakan. Mikroorganisme tersebut akan menjadi suplai nutrisi untuk tanaman sehingga dapat menguraikan parameter pencemar pada air limbah (Prihatini et al., 2015).

Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan beberapa tanaman air dalam mengurangi beban pencemar parameter COD, TSS, N dan P. tujuan lain dari penelitian ini adalah mengetahui efektifitas media tanah liat sebagai media tumbuh pada teknologi lahan basah buatan.

2. Metode Penelitian

A. Bahan

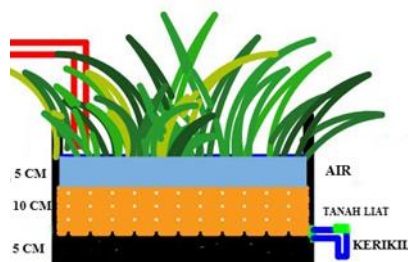
Alat penelitian ini adalah 6 buah reaktor lahan basah buatan dengan memanfaatkan kotak styrofoam persegi panjang, ukuran 69 x 49 x 40 cm dengan kapasitas 20 liter. Setiap reaktor diisi dengan berbagai yaitu, tanaman lembang, sirih gading dan bambu air. Bahan utama penelitian ini adalah limbah cair pengalengan ikan yang telah melewati pengolahan pertama (Hendrizon & Wildian, 2012).

Media yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan memanfaatkan media tanah liat dan kerikil. Berikut merupakan data ukuran media yang digunakan.

Tabel 1. Ukuran Media

No.	Nama Media	Ukuran	Ketebalan	Porositas
1.	Kerikil	1-2 cm	5 cm	0,42
2.	Tanah Liat	-	15 cm	0,52

Tanah liat diambil dari tanah liat persawahan berlokasi di Kota Tuban. Tanah liat merupakan tanah yang memiliki unsur silika (Aphin, 2012). Tanah liat tergolong ke dalam tanah yang tidak subur untuk lahan pertanian namun, akan menjadi media yang baik untuk tanaman yang memiliki sifat fisik akar yang keras karena akar tersebut akan mengikat pada tanah liat. Kerikil ditambahkan dengan tujuan menjadi penyangga selang outlet agar tanah liat tidak masuk kedalam selang outlet yang berada di bagian bawah.

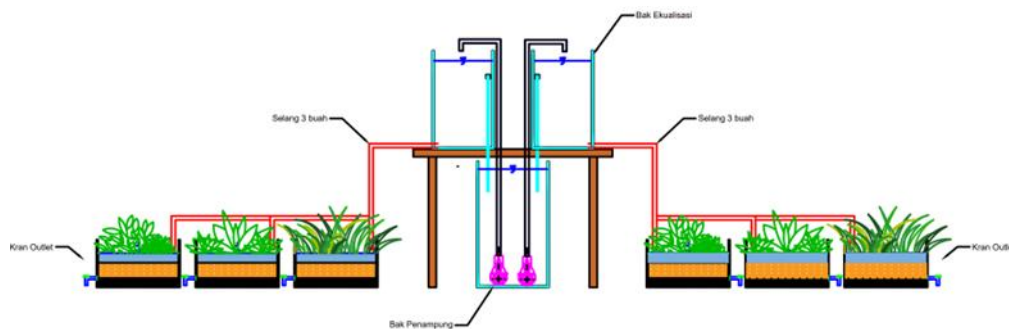


Gambar 1. Susunan Media

B. Metode

Metode penelitian memiliki beberapa tahapan, yaitu aklimatisasi tanaman, pembuatan reaktor lahan basah buatan, hingga pada proses pengoperasian reaktor. Penelitian ini menggunakan 3 jenis tanaman air yaitu, Lembang, Sirih Gading dan Bambu Air dengan tipe aliran subsurface flow system. Parameter utama pada penelitian ini adalah COD, TSS, N dan P, parameter pH dan suhu menjadi parameter pendukung dengan variasi debit 5 L/ hari dan 8 L/ hari. Penelitian ini melakukan pengamatan pada pengaruh ketiga jenis tanaman setelah penambahan air limbah pada reaktor. Lokasi pengambilan sampel dilakukan di salah satu industri di Kota Tuban, Jawa Timur. Pengambilan

sampel analisa parameter dilakukan setiap 3 hari sekali. Desain konstruksi reaktor lahan basah terbuat dari kotak styrofoam berukuran 69 cm x 49 cm x 40 cm. Desain ini memanfaatkan media berupa kerikil dan tanah liat. Ketebalan media kerikil 5 cm dan ketebalan tanah liat 10 cm. Rangkain alat penelitian dijelaskan dalam bentuk gambar dibawah ini (Udin, 2021).



Gambar 1. Desain Susunan Alat

3. Hasil dan Pembahasan

A. Karakteristik Air Limbah

Uji karakteristik sampel air limbah bertujuan mengetahui kadar awal parameter sesuai dengan Pergub Jawa Timur No.72 Tahun 2013.

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah

No	Parameter	Sampling		Baku mutu	
		Jumlah	Satuan	Jumlah	Satuan
1.	COD	864.4	Mg/L	150	Mg/L
2.	TSS	340	Mg/L	30	Mg/L
3.	N Total	89.25	Mg/L	5	Mg/L
4.	P	5.1	Mg/L	0,2	Mg/L
5.	pH	6.9	—	6-9	—
6.	Suhu	26.1	°C	± 3o C terhadap suhu udara	°C
7.	DO		Mg/L	4	Mg/L

B. Tahap Aklimatisasi

Berdasarkan penelitian (Ningsih, 2017), diketahui bahwa tumbuhan yang digunakan optimal berumur 3 bulan. Tumbuhan berumur 3 bulan memasuki fase reproduktif, yang mana akan membuat polutan akan diserap secara optimal. Berikut merupakan data ukuran tumbuhan yang digunakan.

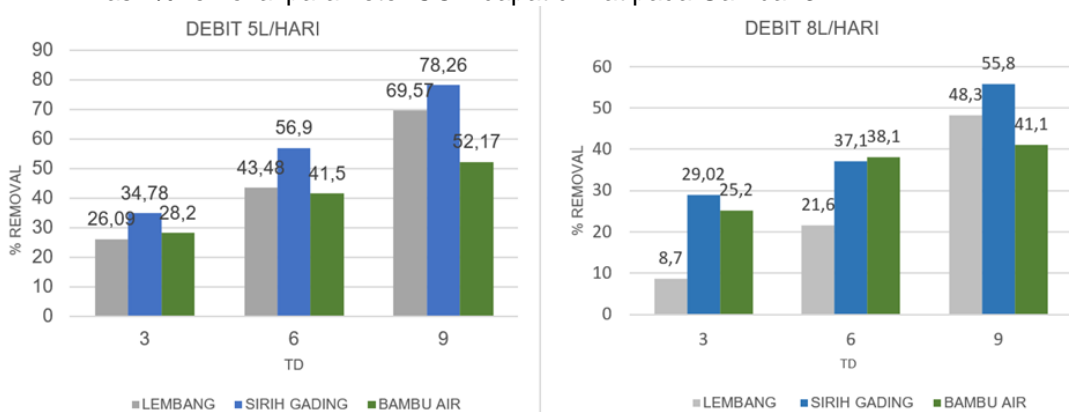
Tabel 3. Data Tanaman

Nama Tanaman	Berat Tanaman	Panjang tanaman
Bambu Air	310-325 gram	92 cm
Sirih Gading	200-220 gram	76 cm
Lembang	810-845 gram	182 cm

Setelah mendapatkan ketiga jenis tanaman, dilakukan proses aklimatisasi selama 2 minggu, dimana minggu pertama tanaman dilakukan penyiraman dengan air PDAM dan minggu kedua dilakukan penyiraman dengan air limbah (Devarajan, 2023). Tahap ini bertujuan membuat tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Hal itu dapat dibuktikan dengan tidak ada tumbuhan yang mati. Setelah tumbuhan sudah menunjukkan kondisi tidak layu atau mati, maka dapat disimpulkan bahwa ke-3 tumbuhan dapat bertahan hidup dengan kondisi yang baru. Sehingga tumbuhan siap dilakukan untuk penelitian utama dengan memberi air limbah pada reaktor (Damaiyanti, 2021).

C. Parameter COD

Hasil % removal parameter COD dapat dilihat pada Gambar 3



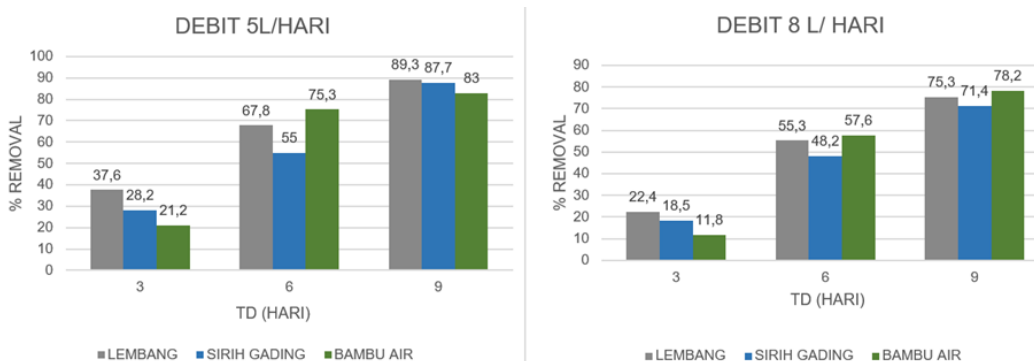
Gambar 2. Hasil Penyisihan COD

Simpulan Pada gambar diatas menjelaskan bahwa, besarnya penurunan COD salah satunya dipengaruhi oleh besaran debit air limbah. Perbandingan debit 5L/hari dan 8L/hari memiliki hasil yang signifikan. Debit 5 L/hari memiliki penyisihan kadar COD lebih baik dibandingkan dengan debit 8L/hari. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil suatu debit yang masuk kedalam reaktor akan membuat waktu tinggal semakin lama dan mendapatkan hasil penyisihan yang efektif (Choe, 2020). Pada Gambar 3 terlihat bahwa perbandingan variasi td 3 hari, 6 hari dan 9 hari hari memiliki perbedaan hasil. Grafik menunjukkan bahwa variasi td 9 hari memberikan hasil yang paling optimal dari pada variasi td 3 dan 6 hari. Perbandingan waktu td tersebut memberikan pemahaman bahwa, besaran waktu detensi mempengaruhi efisiensi % removal yang terjadi pada lahan basah buatan. Hal ini sejalan dengan (Supradata, 2005) bahwa semakin lama limbah berada di reaktor, akan semakin optimal proses penyisihan bahan organik oleh mikroorganisme. Pada gambar tersebut menjelaskan bahwa, besarnya penurunan COD salah satunya dipengaruhi oleh jenis tanaman yang digunakan. Penyisihan maksimal kadar COD dengan variasi debit 5L/hari terjadi pada reaktor tanaman sirih gading dengan hasil 78.26%. Parameter COD mengalami kenaikan % removal dikarenakan terbentuknya ekosistem penghasil oksigen dari hasil fotosintesis tanaman yang dapat mendegradasi bahan organik (Muhajir, 2013).

D. Parameter TSS

Hasil penyisihan parameter TSS pada limbah cair pengalengan ikan disajikan pada Gambar 4.

4.



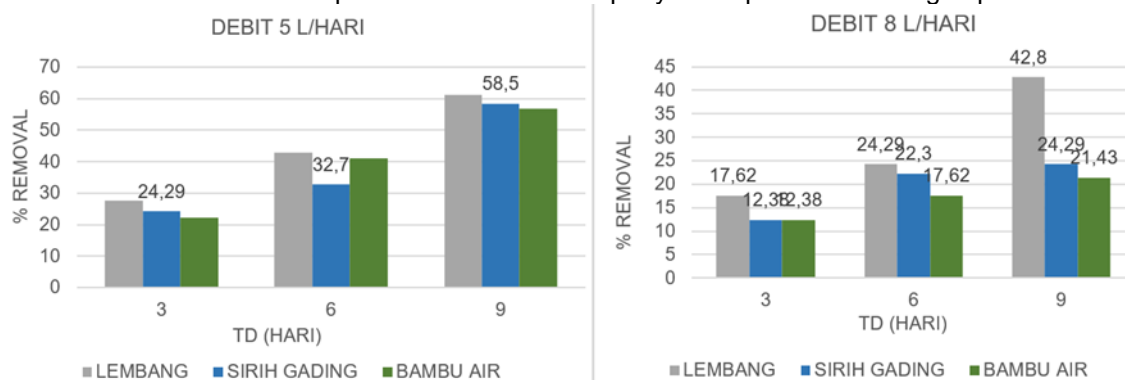
Gambar 4. Hasil Penyisihan Parameter Nitrogen

Pada grafik tersebut menunjukkan perbandingan kedua debit memiliki hasil yang berbeda. Debit 5L/hari dinilai lebih efisien dibandingkan dengan debit 8L/hari. Perbedaan besaran debit akan mempengaruhi kecepatan air limbah pada reaktor. Hal ini mempengaruhi laju penyerapan nitrogen. Hasil ini sejalan dengan (Hanisa et al., 2017) bahwa debit tinggi akan berdampak pada meningkatnya konsentrasi nitrogen karena bakteri tidak memiliki waktu yang cukup untuk mendegradasi zat organik. Waktu detensi selama 9 hari memiliki hasil yang paling maksimal untuk penyisihan parameter nitrogen, yaitu sebesar 45.1 %. Nitrogen merupakan sumber nutrisi untuk tanaman pada reaktor lahan basah buatan. Waktu detensi yang lebih lama akan sangat membantu proses penyerapan nitrogen pada akar tanaman dikarenakan akar tanaman akan menyerap polutan nitrogen dengan maksimal. Hal ini akan berdampak baik pada pertumbuhan tanaman, dilihat dari tumbuhnya tunas-tunas baru. Parameter

nitrogen memiliki persamaan dengan parameter fosfat yaitu, menjadi faktor pendukung pertumbuhan tanaman. Ketiga jenis tanaman mengalami kenaikan % removal yang meningkat, akan tetapi tanaman bambu air memiliki % removal yang paling efektif dibandingkan dengan jenis tanaman yang lain. Bambu air memiliki % removal yang paling efektif yaitu 45.1% (Punyawansiri, 2021)

E. Parameter P

Berikut merupakan hasil % removal penyisihan parameter nitrogen pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Penyisihan Parameter Phosfat

Pada gambar diatas, terlihat bahwa perbandingan debit 5L/hari dan debit 8L/hari memiliki hasil yang terlihat nyata. Variasi debit 5L/hari terlihat lebih efektif dibandingkan dengan debit 8L/hari. Perbandingan td 9 hari memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan td 3 dan 6 hari. Hasil perbandingan variasi waktu tinggal 3,6 dan 9 hari memberikan hasil yang sejalan dengan (Rahmani & Handajani, 2014) bahwa waktu td yang lebih lama akan memberikan hasil yang optimal. Hasil penyisihan parameter P mengalami penyisihan paling efektif pada tanaman sirih gading. Ketiga jenis tanaman memiliki hasil penyisihan yang meningkat. Dari grafik tersebut dapat dipahami bahwa seluruh tanaman mampu menyerap kadar nitrogen dengan baik. Hal ini sejalan dengan (Rahmani & Handajani, 2014) bahwa kandungan P yang tinggi akan memberikan keuntungan bagi tanaman air, karena fosfat merupakan salah satu sumber nutrisi yang dibutuhkan bagi tumbuhan untuk proses bertumbuh.

F. Tanah Liat

Tanah liat dipilih sebagai media pada penelitian ini, dikarenakan habitat tanaman bambu air dan lembang adalah tanah yang mengandung kandungan lempung yang tinggi. Hal ini bertujuan untuk menciptakan lingkungan ekosistem yang sama agar tanaman mudah beradaptasi. Setelah melakukan proses pengolahan air limbah pada lahan basah buatan, didapatkan hasil bahwa tanah liat merupakan tanah yang tidak subur (Correa-Galeote, 2022). Hal ini dibuktikan dengan bentuk fisik tanah yang tidak gembur justru melekat cenderung keras. Setelah dilakukan uji lab tanah didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. Karakteristik Tanah Liat

No.	Nama	Satuan	Hasil
1.	Kadar Air	%	12,08
2.	Volume Pori	Cm ³	4,25
3.	Porositas	%	34,05

Porositas tanah untuk tanah pertanian berkisar antara 40 – 60%. Sedangkan tanah berlempung mempunyai porositas tinggi yaitu sekitar 60%. (Nurhayati, 1986). Media tanah yang dipakai pada penelitian ini memiliki porositas tanah sebesar 34.05 %. Tanah liat yang dipakai pada penelitian lahan basah buatan kali ini, memiliki kadar air sebesar 12.08 %. Tanah yang tidak subur adalah jenis tanah berlempung karena struktur tanahnya dan kadar airnya kurang (Utami, 2015).

Dilakukan pengujian kandungan parameter organik, nitrogen dan fosfat pada tanah untuk mengetahui apakah media tanah liat memberikan peran pada proses penyerapan bahan organik. Didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 5. Hasil Uji Tanah Liat

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil		Persyaratan	Metode
			Sampel 1	Sampel 2		
1.	N Total	%	0,48	0,513	-	Kjeldahl/Destilasi
2.	P ₂ O ₅ Total	Mg/100 g	26,09	28,61	> 40	Spektrofotometri
3.	C-Organik	%	13,26	13,77	15	Walkey and black

Berdasarkan hasil uji laboratorium pada media tanah liat dapat dipahami bahwa media

tanah liat tidak memberikan peran pada proses penyerapan bahan organik pada air limbah. Dapat disimpulkan bahwa proses penyisihan parameter COD, TSS, Nitrogen dan Fosfat disebabkan oleh tanaman air.

G. Suhu, Ph dan DO

Hasil pengujian pH dan semua pada semua reaktor hampir memiliki karakteristik yang sama. pH dan suhu memiliki peran penting yaitu sebagai indikator keberhasilan mikroorganisme dalam menguraikan bakteri. Hasil pengujian masing masing reaktor telah memenuhi standar baku mutu pH 6 - 9. Setiap reaktor mengalami kenaikan pH, namun debit 5L/hari memberikan hasil paling optimal. Hal ini sejalan dengan (Hidayah et al., 2018, 2020, 2021) bahwa pH dengan debit paling kecil memiliki hasil peningkatan terbaik. Suhu pada masing-masing reaktor menunjukkan angka berkisar anatar 24.92°C hingga 30.4°C. Parameter DO menunjukkan kenaikan dari 6 mg/L hingga 10 mg/L. Akar tumbuhan akuatik mengeluarkan oksigen di seluruh permukaan rambut akar. Oksigen tersebut mengalir ke akar melalui batang setelah diserap dari atmosfera melalui liang permukaan daun (Brix, 1987 dalam Khiatuddin, 2003). Hal ini mengakibatkan terjadinya peningkatan oksigen terlarut (DO), sehingga memungkinkan mikroorganisma pengurai seperti bakteri aerobik dapat hidup dalam kawasan paya yang dalam keadaan anaerobik (Khiatuddin, 2003).

H. Analisa Anova One Way

Berikut merupakan hasil analisa statistika anova oneway pada penuru nan parameter COD, TSS N dan P. metode uji anova one-way dipilih bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan rata-rata persen removal setiap parameter

DEBIT	F-VALUE	P-VALUE	MEAN
COD			
5 LITER / HARI	3.33	0.087	47.88
8 LITER / HARI			33,88
TSS			
5 LITER / HARI	0,94	0,346	60.57
8 LITER / HARI			48.74
NITROGEN			
5 LITER / HARI	1,08	0,314	26.72
8 LITER / HARI			20.82
PHOSFAT			
5 LITER / HARI	10,50	0,005	40.82
8 LITER / HARI			21.68

Hipotesis

H0 : Ada perbedaan signifikan pada rata-rata persen removal penyisihan kadar parameter berdasarkan variasi debit

H1 : Tidak ada perbedaan signifikan pada rata-rata persen removal penyisihan kadar parameter berdasarkan variasi debit

Daerah Penolakan:

p-value < 0.05 = H0 Ditolak

p-value > 0.05 = H1 Ditolak

Berdasarkan hasil uji statistika tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut:

- i. COD
 Nilai p-value lebih besar dari α 0.05 yakni sebesar 0,087. Hasil ini menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan pada rata-rata persentase penyisihan kadar COD berdasarkan variasi debit (debit 5L/hari dan 8L/hari). Berdasarkan hasil p-value, maka H1 ditolak atau bisa disimpulkan bahwa hasil rata-rata persentase penyisihan kadar COD berdasarkan variasi debit berbeda signifikan.
- ii. TSS
 Berdasarkan hasil uji One Way Anova didapat nilai p-value lebih besar dari α 0.05 yakni sebesar 0,346. Hasil ini menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan pada rata-rata persentase penyisihan kadar TSS berdasarkan variasi debit (debit 5L/hari dan 8L/hari). Berdasarkan hasil p-value, maka H1 ditolak atau bisa disimpulkan bahwa hasil rata-rata persentase penyisihan kadar COD berdasarkan variasi debit berbeda signifikan.
- iii. Nitrogen
 Berdasarkan hasil uji One Way Anova didapat nilai p-value lebih besar dari α 0.05 yakni sebesar 0,314. Hasil ini menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan pada rata-rata persentase penyisihan kadar N berdasarkan variasi debit (debit 5L/hari dan 8L/hari). Berdasarkan hasil p-value, maka H1 ditolak atau bisa disimpulkan bahwa hasil rata-rata persentase penyisihan kadar N berdasarkan variasi debit berbeda signifikan.
- iv. Phosfat

Berdasarkan hasil uji One Way Anova didapat nilai p-value lebih kecil dari α 0.05 yakni sebesar 0,005. Hasil ini menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan pada rata-rata persentase penyisihan kadar P berdasarkan variasi debit (debit 5L/hari dan 8L/hari). Berdasarkan hasil p-value, maka H1 ditolak atau bisa disimpulkan bahwa hasil rata-rata persentase penyisihan kadar P berdasarkan variasi debit tidak berbeda signifikan.

4. Simpulan

Setelah seluruh proses penelitian pengolahan limbah cair pengalengan ikan, didapatkan kesimpulan:

- A. Debit 5L/hari memberikan hasil yang optimal dibandingkan dengan debit 8L/hari
- B. Ketiga tanaman mampu untuk menurunkan parameter COD, TSS, N dan P. Tanaman lembang dan sirih gading memberikan hasil % removal yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman lembang.
- C. Waktu detensi yang lebih lama dinilai lebih efektif menurunkan parameter pencemar.
- D. Tanah liat merupakan tanah yang tidak subur berpotensi merusak tanaman, namun pada penelitian ini tanaman dapat tumbuh subur dikarenakan mendapatkan asupan nutrisi dari parameter nitrogen dan fosfat yang bersumber dari limbah cair pengalengan ikan.

Daftar Pustaka

- Aphin. (2012). *Prakarya Dari Tanah Liat*.
- Choe, U. (2020). Anaerobic co-digestion of fish processing waste with a liquid fraction of hydrothermal carbonization of bamboo residue. *Bioresource Technology*, 297. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122542>
- Correa-Galeote, D. (2022). Structure of fungal communities in sequencing batch reactors operated at different salinities for the selection of triacylglyceride-producers from a fish-canning lipid-rich waste stream. *New Biotechnology*, 71, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2022.08.001>
- Damaiyanti, D. W. (2021). Characterization and acute toxicity bioactive compound canning waste of lemuru fish oil as potential immunomodulator. *Pharmacognosy Journal*, 13(2), 376–382. <https://doi.org/10.5530/pj.2021.13.48>
- Devarajan, Y. (2023). Detailed studies on employing fish canning waste as a partial alternative in a research diesel engine: Waste to energy initiation. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 42(5). <https://doi.org/10.1002/ep.14130>
- Hanisa, E., Nugraha, W. D., & Sarminingsih, A. (2017). Penentuan Status Mutu Air Sungai Berdasarkan Metode Indeks kualitas Air–National Sanitation Foundation (IKA-NSF) Sebagai Pengendalian Kualitas Lingkungan (Studi Kasus: Sungai Gelis, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1).
- Hendrizon, & Wildian. (2012). Rancang Bangun Alat Ukur Tingkat Kekeuhan Zat Cair Berbasis Mikrokontroler AT89s51 Menggunakan Sensor Fototransistor dan Penampil LCD. *Jurnal Fisika Unand*, 1(1), 6.
- Hidayah, E. N., Cahyonugroho, O. H., Pachwarya, R. B., & Ramanathan, A. L. (2021). Efficiency of a Pilot Hybrid Wastewater Treatment System Comprising Activated Sludge and Constructed Wetlands Planted with Canna lily and Cyperus papyrus. *Water and Environment Journal*, 35(2), 647–656.
- Hidayah, E. N., Djalembah, A., Asmar, G. A., & Cahyonugroho, O. H. (2018). Pengaruh Aerasi dalam Constructed Wetland pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *J Ilmu Lingkung*, 16(2), 155.
- Hidayah, E. N., Pachwarya, R. B., Cahyonugroho, O. H., & Ramanathan, A. L. (2020). Characterization of Molecular Weight–Based Fluorescent Organic Matter and Its Removal in Combination of Constructed Wetland with Activated Sludge Process. *Water, Air, & Soil Pollution*, 231, 1–12.
- Muhajir, M. (2013). *Penurunan Limbah Cair BOD Pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) dengan Sistem Constructed Wetland*.
- Mutiara, D., Sutrisno, E., & Wardhana Wisnu, I. (2005). Penurunan Kadar COD dan TSS pada Limbah Industri Pencucian Pakaian (Laundry) dengan Metode Constructed Wetland Menggunakan Tanaman Bintang Air (Cyperus alternifolius). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(4).
- Ningsih, D. A. (2017). *Uji Penurunan Kandungan BOD, COD, dan Warna pada Limbah Cair Pewarnaan Batik Menggunakan Scirpus grossus dan Iris pseudacorus dengan Sistem Pemaparan Intermittent*.
- Prihatini, N. S., Priatmadi, B. J., Masrevanah, A., & Soemarno. (2015). Performance of the Horizontal Subsurface-Flow Constructed Wetlands with Different Operational Procedures. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 7(6), 1620–1629.
- Punyawansiri, P. (2021). Minimizing the cost of converting waste fat from fish-canning-factory wastewater treatment system to biofuel oil. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 43(4), 1220–1229. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2021.159>
- Rahmani, A. F., & Handajani, M. (2014). Efisiensi Penyisihan Organik Limbah Cair Industri Tahu Dengan Aliran Horizontal Subsurface Pada Constructed Wetland Menggunakan Typha angustifolia. *Jurnal*

- Teknik Lingkungan*, 20(1), 78–87.
- Supradata, S. (2005). *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius, L. dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands)*. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Udin, A. R. A. (2021). Emission characteristics and fuel consumption of biodiesel obtained from fish canning industry waste in agriculture diesel engine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 672(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/672/1/012102>
- Utami, F. H. (2015). Penentuan Tingkat Kesuburan Tanah di Balai Penyuluhan Pertanian Perikanan dan Kehutanan dengan Menggunakan Algoritma Naive Bayes dalam Data Mining. *Riau Journal of Computer Science*, 1(1), 27–38.
- Vymazal, J. (2010). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. *Water*, 2(3), 530–549.

