

## Penurunan TSS, COD, dan Total Nitrogen Air Lindi dengan *Constructed Wetland* Menggunakan Melati Air (*Echinodorus palaefolius*)

### *Removal TSS, COD, and Total Nitrogen Leachate with Constructed Wetland using Water Jasmine (Echinodorus palaefolius)*

Thineza Ardea Pramesti<sup>1</sup>, Mohammad Mirwan<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi S1 Teknik Lingkungan, UPN “Veteran” Jawa Timur

Email:<sup>1</sup>19034010004@student.upnjatim.ac.id, <sup>2</sup>mmirwan.tl@upnjatim.ac.id

\*Penulis korespondensi: [mmirwan.tl@upnjatim.ac.id](mailto:mmirwan.tl@upnjatim.ac.id)

Direview: 6 September 2023

Diterima: 30 September 2023

#### ABSTRAK

Air lindi adalah air yang berasal dari rembesan sampah yang membawa kandungan terlarut dan tersuspensi dari hasil dekomposisi materi sampah dan pembusukan sampah. Parameter yang terkandung pada air lindi antara lain suhu, TSS, pH, *Dissolved Oxygen*, amonia total, nitrat, besi, sulfat, COD, dan juga BOD. Salah satu pengolahan air lindi adalah *constructed wetlands*. Pengolahan dengan metode *constructed wetlands* adalah sistem pengolahan lahan basah yang direkayasa untuk pengolahan air limbah dimana memanfaatkan tanaman, tanah, dan mikroorganisme untuk mengolah parameter pada air lindi. Penelitian ini memanfaatkan tanaman melati air menggunakan aliran *subsurface* dengan sistem kontinu. Pada penelitian ini memvariasikan debit dan waktu sampling. Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium dengan pengujian penurunan konsentrasi pada parameter TSS, COD, dan Total Nitrogen. Waktu sampling dilakukan dalam kurun waktu 6, 8, 10, 12, dan 14 hari. Pada penelitian ini diperoleh hasil TSS terbesar pada debit 5L/hari dengan waktu sampling hari ke-14 mencapai 96,3%. Pada penurunan COD tertinggi pada debit 5L/hari hari ke-14 sebesar 94,4%. Penurunan Total-Nitrogen pada debit 5L/hari hari ke-14 sebesar 89,6%. Untuk pH dan suhu diamati selama 14 hari penelitian dan mendapatkan rata-rata pH dan suhu sebesar 7,9 dan 26,7°C. Pada penelitian ini, rata-rata pH dan suhu masih dalam rentang pH dan suhu yang optimal dalam pengolahan *constructed wetland* yaitu sebesar 7,9 dan 26,7°C dengan rentang pH dan suhu yang optimal sebesar 6-9 dan 25-33°C.

**Kata kunci:** *Constructed wetland, Aliran Subsurface, Melati Air, TSS, COD*

#### ABSTRACT

*Leachate is water that comes from waste seepage which carries dissolved and suspended contents from the decomposition waste material dan waste decay. The parameters contained in leachate include temperature, TSS, pH, Dissolved Oxygen, total ammonia, nitrate, iron, sulfate, COD, and BOD. One of the leachate treatments is constructed wetlands. Processing using the constructed wetlands method is a wetland processing system engineered for wastewater treatment which utilizes plants, soil, and microorganisms. This research utilizes water jasmine plants using subsurface flow with a continuous system. In this study varying discharge and sampling time. This research was carried out on a laboratory scale by testing the decrease in concentration on the parameters TSS, COD, and Total-Nitrogen parameters. The sampling time was carried out on the 6th, 8th, 10th, 12th, and 14th days. In this study, the largest TSS results were obtained at a discharge of 5L/day with a sampling time of the 14th day reaching 96,3%. The highest reduction in COD at a discharge of 5L/day on day 14 was 94,4%. The decrease in total nitrogen at 5L/day discharge on the 14th day was 89.64%. The pH and temperature were observed for 14 days of research and obtained an average pH and temperature of 7.9 and 26.77°C. pH and temperature in this study are pH and temperature with the optimal range in constructed wetland processing.*

**Keywords:** *Constructed Wetland, Subsurface Flow, Water Jasmine, TSS, COD*

## 1. PENDAHULUAN

Air lindi adalah air yang diperoleh dari rembesan sampah yang membawa kandungan terlarut dan tersuspensi yang bersumber dari hasil dekomposisi materi sampah dan juga proses pembusukan sampah. Air lindi ini dapat mencemari air tanah jika air lindi tersebut langsung dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu (Sudarmato, 2021). Bau dari air lindi yang tidak sedap berasal dari proses pembusukan sampah itu dan warna yang gelap dari lindi berasal dari bahan organik yang terkandung dalam air lindi. Semakin gelap warna air lindi maka akan semakin pekat bahan organik yang terkandung dalam air lindi (Saputra, 2021). Air lindi memiliki berbagai karakteristik dari lindi muda yang memiliki sifat asam dan juga kandungan organik yang tinggi serta memiliki kandungan BOD atau COD yang besar. Terdapat juga lindi tua yang memiliki kandungan yang hampir mendekati kondisi netral dengan kandungan karbon organik yang relatif sudah rendah (Raffinet, 2020). Parameter yang terkandung dalam air lindi antara lain parameter fisika dan kimia. Parameter fisika dalam air lindi antara lain total padatan tersuspensi dan suhu. Sementara parameter kimia dalam air lindi antara lain pH, *Dissolved Oxygen* (DO), *Chemical Oxygen Demand* (COD), amonia total, nitrat, besi, sulfat, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (Juniarsih, 2018). Dalam hal ini TPA Klotok, Kota Kediri menerapkan sistem *sanitary landfill*. Dimana dalam sistem tersebut air lindi dapat tertampung dalam suatu tempat pengolahan yang nantinya akan diproses dalam penampungan sebelum dikeluarkan ke lingkungan seperti pada badan air atau pada tanah.

*Chemical Oxygen Demand* (COD) atau keperluan oksigen kimia yaitu total oksigen yang diperlukan dengan menggabungkan oksigen dengan berbagai zat-zat anorganik dan organik yang ada pada air limbah. Jika oksigen ditingkatkan dalam suatu air limbah COD dapat turun (Nafisah, 2020). Sementara *Total Suspended Solid* (TSS) ialah jumlah padatan yang telah tersuspensi dalam air dengan satuan miligram per liter. Total-Nitrogen merupakan ikatan dari nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ), dan amonia ( $\text{NH}_3$ ). Nitrogen adalah faktor penting yang ada dalam sistem biologi setiap makhluk hidup (Angrianto et al., 2021). Terdapat beberapa pengolahan dalam air lindi seperti pengolahan fisika antara lain membran filtrasi, evaporasi, dan juga pertukaran ion. Selain pengolahan air lindi secara fisika, juga terdapat pengolahan air lindi secara kimia seperti AOPs. AOPs adalah teknologi berupa metode oksidasi lanjut yang memanfaatkan kombinasi dengan beberapa cara seperti ozonisasi, sinar ultraviolet (UV), hydrogen peroksida, katalis, karbon aktif dan beberapa proses lainnya yang menghasilkan radikal hidroksil (Rahmayanti et al., 2022).

Salah satu pengolahan air lindi adalah *constructed wetlands*. *Constructed wetlands* yaitu sistem pengolahan lahan basah yang dibangun dengan sistem rekayasa yang dibentuk dengan memakai proses yang ada pada tanaman tanah basah, tanah, dan mikroorganisme guna mengolah air limbah. Sistem ini harus menggunakan tanaman, tanpa tanaman tidak dianggap dengan metode *constructed wetland*. Pengolahan *constructed wetlands* ini cenderung lebih murah dibandingkan dengan pengolahan-pengolahan lainnya. Terdapat beberapa sistem aliran dalam pengolahan lahan basah buatan yaitu aliran *surface* dan aliran *subsurface* (Vymazal, 2018). Aliran *Subsurface* atau aliran bawah permukaan tanah ialah tanah basah buatan melalui aliran yang melewati tanaman yang ditanam dalam media. Pengolahan pada sistem ini mampu mengolah limbah dengan persen penyisihan yang mencapai hingga 80% lebih yang termasuk dalam efisiensi pengolahan tinggi (Nirmala & J.A.R, 2019).

Pada penelitian ini menggunakan tanaman melati air dikarenakan tanaman ini efektif dalam pengolahan lahan basah. Melati air merupakan tanaman akuatik yang berwarna hijau dalam semua anggota daun kecuali bunga dan akar. Panjang batang melati air mencapai 50-100 cm dan memiliki diameter 1-3 cm. Memiliki permukaan daun yang kasar dan memiliki bentuk daun bulat seperti telur dan tepi daun yang rata dan memiliki bunga berwarna putih (Adinata, 2020). Akar dari melati air berbentuk serabut dengan tipe yang panjang dan menjalar. Sistem perakaran pada melati air ini merupakan salah satu sistem perakaran yang kuat.

Dari beberapa keuntungan metode *constructed wetlands* dengan tanaman melati air dinilai efektif untuk mengolah air lindi sebelum dibuang ke lingkungan. Tujuan dari penelitian ini ingin mengetahui seberapa persentase penyisihan TSS, COD, Total Nitrogen pada air lindi TPA Klotok Kota Kediri menggunakan melati air dengan jangka waktu 14 hari dengan aliran *subsurface* dengan metode kontinu. Selain itu, peneliti ingin mengetahui rata-rata pH dan suhu pada penelitian ini apakah efektif untuk pengolahan metode *constructed wetlands* dan pengaruh waktu sampling dan variasi debit pada penurunan TSS, COD, dan Total nitrogen dalam penelitian ini.

## 2. METODE PENELITIAN

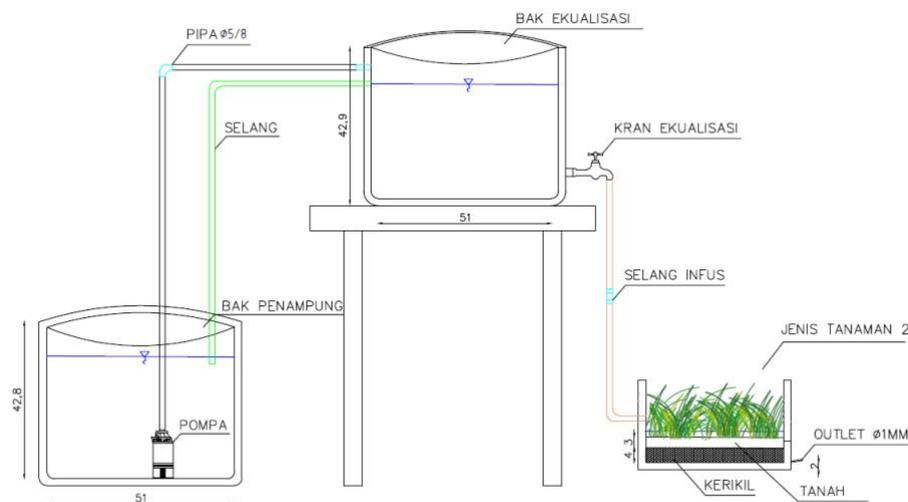
Pada penelitian ini menggunakan air lindi dari TPA Klotok, Kota Kediri. *Study* ini dilaksanakan di minggu ke-4 bulan April 2023 – minggu ke-3 bulan Mei 2023 dari tahap persiapan dan awal penelitian hingga waktu

sampling terakhir. Alat-alat yang dibutuhkan untuk *study* ini antara lain bak kontainer plastik berukuran 54x36x29 cm atau bak pada volume 45L, bak awal penampung limbah sebesar 100 liter, bak ekualisasi sebesar 50liter dengan jumlah 2 bak, pompa, dan juga selang infus untuk mengatur debit pada setiap reaktor. Media tanaman yang digunakan yaitu kerikil berukuran 4-5 cm pada ketinggian 6 cm dan tanah dengan ketinggian 3 cm. Tanaman yang *digunakan* adalah melati air dengan umur 2,5 bulan merupakan umur optimal untuk proses *constructed wetland* (Sukmawati & Asmoro, 2014). Proses pra-penelitian adalah proses *Range Finding Test* yang berguna untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk bertahan pada air lindi yang digunakan untuk penyisihan parameter nantinya. Dalam proses *Range Finding Test* ini mengacu pada USEPA Guidelines part 850.4500 dimana konsentrasi yang ada 0% (kontrol), 20%, 40%, 60%, dan 80% (Raissa, 2017). Dalam penelitian ini menggunakan konsentrasi air lindi sebanyak 20%, dikarenakan pada konsentrasi tersebut tanaman tidak akan mati.

Tahap awal penelitian proses *Range Finding Test*, sebelum dilakukan tahap itu tanaman harus di aklimatisasikan terlebih dahulu. Sebelum melakukan penelitian, tanaman harus diaklimatisasi dengan menyiram tanaman dengan air bersih atau air PDAM selama 7 hari. Pada penelitian ini menggunakan variasi debit yaitu 5L/hari, 7L/hari dan 9L/hari dengan variasi waktu sampling sebanyak 5 kali sampling. Dalam penelitian ini menggunakan proses secara kontinu. Parameter suhu dan pH akan diamati setiap hari selama proses penelitian yaitu selama 14 hari.

Tabel -1. Matriks Penelitian

No	Jenis Tanaman	Perlakuan Aliran	Debit (L/hari)	Waktu Detensi (hari)	Waktu Sampling (hari ke-)				
1	Melati Air	Subsurface flow	5	5	6	8	10	12	14
			7	5	6	8	10	12	14
			9	5	6	8	10	12	14



Gambar-1. Gambar Reaktor *Subsurface Flow* Melati Air

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakteristik Air Lindi setelah Proses *Range Finding Test*

Saat proses *range finding test* didapatkan konsentrasi campuran untuk air lindi sebesar 80% air PDAM atau air tanah dengan 20% air lindi. Karakteristik air lindi pada konsentrasi pada 80% **tabel-2** berikut.

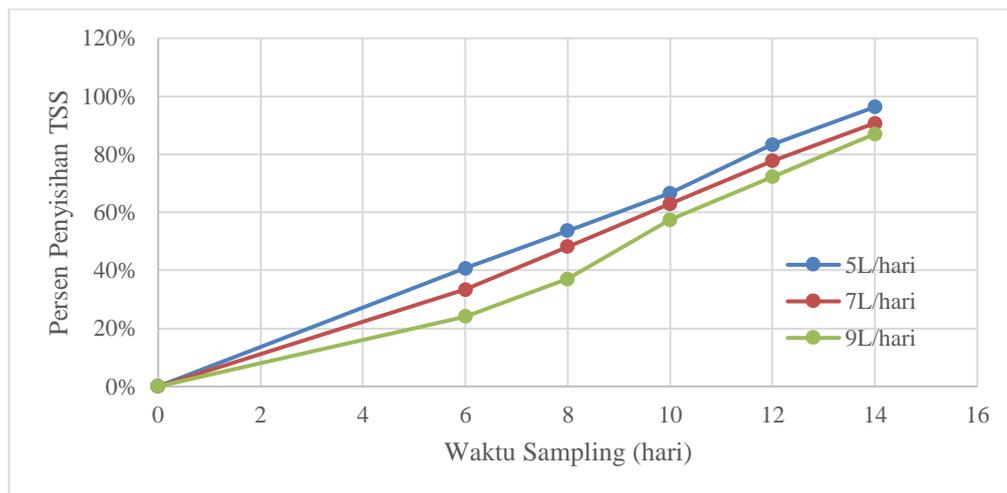
Tabel -2. Karakteristik Air Lindi Konsentrasi 80%

Konsentrasi	Satuan	Hasil Analisis	Baku Mutu
TSS	mg/L	108	100
COD	mg/L	662,4	300
Total-N	mg/L	145,3	60

Berdasarkan **Tabel-2**, nilai TSS, COD, Total-N pada air lindi belum memenuhi baku mutu sesuai dengan Permen LHK nomor 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi bagi Usaha dan /atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah.

### 3.2 Penurunan TSS pada Melati Air

Pada penelitian ini pengumpulan sampel dilakukan pada hari ke-6, hari ke-8, hari ke-10, hari ke-12, dan hari ke-14. Hasil penurunan TSS pada *constructed wetlands* dengan tanaman melati air ada pada **Gambar-2** dibawah ini.



**Gambar-2.** Grafik Persen Penyisihan TSS Melati Air Aliran *Subsurface*

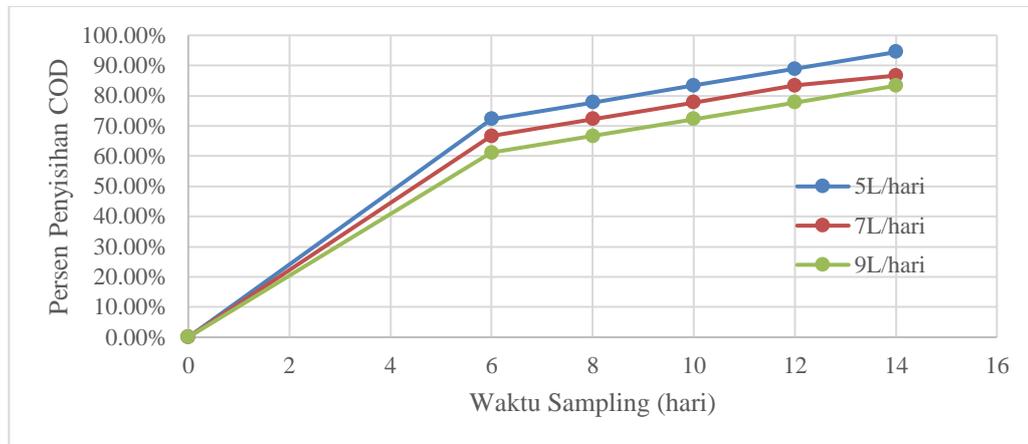
Persentase penyisihan TSS dapat dilihat pada grafik **Gambar-2**, bahwa persen penyisihan tertinggi pada debit 5L/hari dengan rentang sebesar 40,7% - 96,3%. Penyisihan tertinggi terjadi pada waktu sampling hari ke-14 dengan persen penyisihan dapat mencapai 96,3%. Persen penyisihan TSS pada debit 7L/hari memiliki rentang sebesar 33,3% - 90,7%. Sementara untuk debit 9L/hari memiliki rentang penyisihan sebesar 24,1% - 87%. Dari ketiga debit, persen penyisihan TSS dapat naik secara bertahap. Penelitian ini sesuai dengan penelitian terdahulu yaitu dapat mencapai 98% pada melati air dan konsentrasi yang digunakan dalam penelitian lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi pada penelitian ini. Penurunan TSS ini disebabkan karena akar tanaman, terlebih pada akar tanaman melati air yang berbentuk serabut.

Akar yang berbentuk serabut ini lebih memungkinkan koloid-koloid akan menempel pada akar tersebut dan membantu proses penyerapan oleh akar lebih banyak karena akar serabut tersebar banyak ke reaktor. Serta bahan organik terlarut dapat terdekomposisi dan bahan organik dapat mengendap dengan baik (Kasman et al., 2018). Penurunan TSS ini juga dibantu oleh media yang ada pada reaktor. Dapat dilihat juga dalam grafik pada **Gambar-2**, bahwa debit dan waktu sampling sangat memengaruhi penurunan TSS dalam aliran *subsurface* ini. Kesimpulan pengaruh debit dan waktu sampling, semakin kecil debit yang masuk dalam reaktor maka akan semakin meningkat penurunan TSS, juga semakin lama waktu sampling maka akan semakin naik pula penurunan konsentrasi TSS pada melati air.

### 3.3 Penurunan COD pada Melati Air

Penurunan COD pada debit 9L/hari memiliki rentang sebesar 61,1% - 83,3%. Pada debit 7L/hari memiliki persen penyisihan COD hari ke-6 sebesar 66,7% dan sebesar 86,7% dalam hari ke-14. Pada debit 5L/hari dengan persen penyisihan tertinggi dalam hari ke-14 sebesar 94,4% dan sebesar 72,2% pada kurun waktu hari ke-6. Mikroorganisme menjadi peranan penting dalam penurunan COD. Bahan organik yang ada pada air limbah akan didegradasi oleh aktivitas mikroba. Jaringan akar akan berpengaruh pada penurunan COD, jika semakin dalam jaringan akar tersebut maka zona *rhizosfer* yang tercipta akan semakin luas juga. Sesuai dengan bentuk akar pada melati air dimana akar melati air yang kuat dan menjalar yang berfungsi sebagai tempat melekatnya mikroorganisme (Hadi & Pungut, 2022). Pada penelitian ini, debit dan waktu sampling memengaruhi penurunan COD, semakin lama waktu sampling akan semakin meningkat persentase penyisihan COD dan semakin kecil debit yang masuk maka semakin meningkat persentase penyisihan COD. Pada

penelitian terdahulu, persentase penyisihan COD pada variasi debit terkecil dibandingkan dengan debit lainnya pada penelitian tersebut yaitu pada debit 8 ml/menit atau setara dengan 11,52 L/hari.

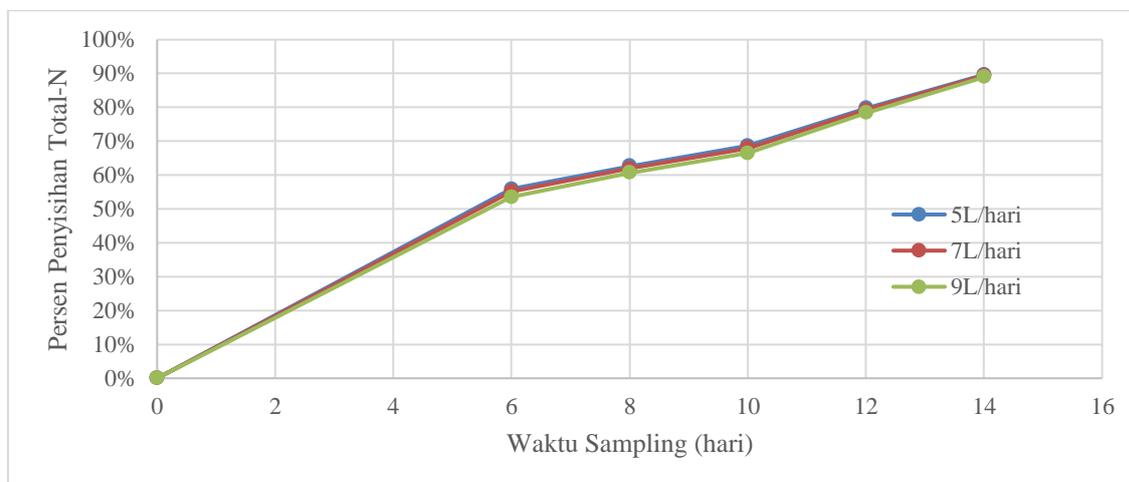


**Gambar-3.** Grafik Persen Penyisihan COD Melati Air Aliran *Subsurface*

Penurunan COD ini dikarenakan mikroorganisme yang ada pada perakaran tanaman dimana senyawa organik dalam COD akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana dan senyawa tersebut akan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi (Fildzah et al., 2016).

### 3.4 Penurunan Total-Nitrogen pada Melati Air

Pengambilan sampel pada melati air dalam kurun waktu 6, 8, 10, dan 12, serta 14 hari. Berikut grafik hasil persen penyisihan Total-Nitrogen pada melati air pada **Gambar-4**.



**Gambar-4.** Grafik Persen Penyisihan Total-Nitrogen Melati Air Aliran *Subsurface*

Debit 5L/hari memiliki persentase penyisihan dalam kurun waktu 6 hari sebesar 55,9% dan dalam kurun waktu 14 hari sebesar 89,6%. Pada debit 7L/hari memiliki rentang penyisihan selama 14 hari sebesar 55,2% - 89,4%. Untuk debit 9L/hari pada hari ke-6 persen penyisihan dapat mencapai 53,49% dan pada hari ke-14 persen penyisihan sebesar 88,92%. Pada penelitian (Prayitno & Sholeh, 2014) penurunan Total-Nitrogen dapat mencapai 83,67% pada waktu tinggal 3,1 hari. Waktu tinggal yang semakin lama, kian kecil debit yang masuk dan kian kecil *loading rate* dapat memengaruhi nitrogen yang turun. Penurunan nitrogen yang ada dalam pengolahan air limbah melalui 2 tahapan mekanisme reaksi antara lain nitrifikasi dan denitrifikasi. Dalam mekanisme nitrifikasi ini terjadi proses aerobik dengan akar tanaman *rhizome* yang dapat mentransfer oksigen pada air limbah yang terdapat pada dasar reaktor. Mikroorganisme juga berperan dalam penurunan Total-Nitrogen yang ada pada air limbah.

Bakteri untuk penurunan Total-Nitrogen adalah dari genus *nitrobacter* yang memiliki fungsi untuk oksidasi nitrit. Terdapat proses aerobik dan anaerobik pada penurunan Total-Nitrogen. Zat organik akan diuraikan oleh bakteri aerobik menggunakan oksigen dan akan menghasilkan air. Sementara ion sulfat dan ion nitrat

digunakan bakteri anaerob untuk menguraikan zat organik dan hasil yang diperoleh adalah energi, karbon dioksida (Cahyana & Aulia, 2019). Akar pada tanaman berfungsi sebagai melekatnya bakteri. Terdapat simbiosis mutualisme dalam pengolahan Total-Nitrogen ini dikarenakan karbondioksida dan air hasil respirasi mikroba diperlukan tanaman untuk melakukan fotosintesis. Sebaliknya, karbohidrat dan oksigen hasil dari fotosintesis diperlukan mikroba untuk menguraikan zat organik (Cahyana & Aulia, 2019).

### 3.5 pH dan Suhu selama Proses Penelitian

Pada penelitian pH dan suhu diambil selama proses penelitian berlangsung selama 14 hari. Diperoleh rata-rata pH pada melati air sebesar 7,9 dan suhu rata-rata melati air sebesar 26,7°C. Selama proses, rentang pH sebesar 7,9 termasuk pH efektif dikarenakan rentang pH efektif adalah sebesar 6-9. Jika pH lebih dari 9 maka bakteri yang membantu mendegradasi konsentrasi pada air lindi tidak akan berkembang biak (Ningrum et al., 2022). Pada penelitian ini, pH selama 14 hari mengalami penurunan ini dikarenakan peran tanah sebagai buffer sehingga air limbah yang melewati media pH nya menjadi netral. Untuk suhu pada penelitian ini termasuk optimal karena rentang suhu optimal pada *constructed wetlands* adalah sebesar 25-33°C. Suhu adalah bagian yang penting dalam pengolahan *constructed wetland* dikarenakan agar membuat nyaman lingkungan hidup bakteri agar dapat berkembang dan hidup. Suhu ini dipengaruhi oleh faktor lingkungan faktor cuaca di sekitar sehingga dapat memengaruhi kenaikan dan penurunan suhu yang dapat berubah-ubah selama penelitian. Selain untuk hidup dan berkembang mikroorganisme suhu berperan juga untuk fotosintesis tanaman (Ningrum et al., 2022).

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan pada *study* ini adalah melati air untuk pengolahan air lindi dengan proses *constructed wetland* efektif untuk menurunkan TSS, COD, dan Total-Nitrogen mencapai 96,3%, 94,4%, dan 89,6%. Pada aliran *subsurface* melati air ini efektif dikarenakan jaringan akar melati air yang serabut dan menjalar mampu menyebarkan zona rhizosfer akar sampai bawah reaktor dan dengan waktu kontak di *subsurface* lebih lama. Pada pH dan suhu didapatkan rata-rata pH dan suhu selama penelitian sebesar 7,9 dan 26,7°C, dimana suhu pada penelitian ini efektif untuk pengolahan. pH dan suhu dalam penelitian ini optimal untuk tempat hidup dan berkembang mikroorganisme yang membantu untuk menurunkan konsentrasi TSS, COD, dan Total-Nitrogen yang ada pada air lindi.

## SARAN

Saran untuk penelitian *constructed wetland* lainnya adalah dapat menggunakan beberapa variasi tanaman dan juga beberapa variasi debit sehingga dapat mengetahui efektifitas tanaman dalam mengurangi kandungan konsentrasi yang ada pada air lindi. Selain waktu pengamatan berupa waktu sampling lebih lama agar dapat mengetahui seberapa efektif tanaman melati air dalam menyerap konsentrasi TSS, COD, dan Total-Nitrogen pada air lindi. Melakukan penelitian lanjutan terhadap akar tanaman agar dapat mengetahui berapa persen konsentrasi yang diserap oleh tanaman maupun berapa konsentrasi yang dapat didegradasi oleh akar tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, C. (2020). Efektivitas Tanaman Melati Air (*Echinodorus palaefolius*) dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung. In *Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry*.
- Angrianto, N. L., Manusawai, J., & Sinery, A. S. (2021). Analisis Kualitas Air Lindi dan Permukaan pada Areal TPA Sowi Gunung dan Sekitarnya di Kabupaten Manokwari Papua Barat. *Cassowary*, 4(2), 221–233. <https://doi.org/10.30862/cassowary.cs.v4.i2.79>
- Cahyana, G. H., & Aulia, A. N. (2019). Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Menggunakan Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. *EnviroSan*, 2(2), 58–64. <https://dlhk.bantenprov.go.id/read/article/230/PENGOLAHAN-AIR-LIMBAH-RUMAH-SAKIT.html>
- Fildzah, A., Suryani, R., Dian, A., Fitriana, G., Nisa, A. C., & Samudro, G. (2016). Pengolahan Limbah Domestik Kawasan Pesisir Dengan Subsurface Constructed Wetland Menggunakan Tanaman *Jatropha curcas* L. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 8(2), 80–88. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol8.iss2.art2>
- Hadi, S. N., & Pungut. (2022). Penurunan BOD, COD, dan TSS pada Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Floating Wetland Dilanjutkan Constructed Wetland. *Jurnal Teknik Waktu*, 19, 94–102. <http://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/waktu/article/view/2347>
- Juniarsih, A. (2018). Penurunan Kandungan Logam Fe Pada Air Lindi (Leachate) dengan Menggunakan

- Adsorben Dari Limbah Daun Nanas. In *Repository UMS*. <http://repository.unimus.ac.id>
- Kasman, M., Herawati, P., & Aryani, N. (2018). Pemanfaatan Tumbuhan Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) dengan Sistem Constructed Wetlands untuk Pengolahan Grey Water. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i1.3>
- Nafisah, A. (2020). *Degradasi Kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Tenun Oleh Bakteri Endofit*.
- Ningrum, D. P., Pramitasari, N., & Dhokhikah, Y. (2022). Efektivitas Penyisihan Kadar BOD Limbah Cair Pengolahan Ikan Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echinodorus Palaefolius*) dengan Sistem SSFCWS. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(1), 1–8. <https://doi.org/10.33084/mitl.v7i1.3140>
- Nirmala, & J.A.R, N. R. (2019). Efektifitas Subsurface Flow Wetlands dengan Tanaman *Canna Indica* dalam Menurunkan Kandungan COD dan TSS pada Limbah Rumah Potong Hewan (RPH). *Jurnal Envirotek*, 11(1), 46–53.
- Prayitno, & Sholeh, M. (2014). Pengurangan Nitrogen pada Limbah Cair Terolah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Sistem Wetland Buatan. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 30(2), 79–86. <https://doi.org/10.20543/mkcp.v30i2.129>
- Raffinet, Z. (2020). *Monitoring Harian IPAL di TPA Batuan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sumenep*.
- Rahmayanti, A., Faradila, R. S., Masrufah, A., & Sari, P. A. P. (2022). Pengolahan Lindi Menggunakan Advanced Oxidation Process (AOPs) Berbasis Ozon. *Journal of Research and Technology*, 8(1), 141–148.
- Raissa, D. G. (2017). Fitoremediasi Air yang Tercemar Limbah Laundry dengan Menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Kayu Apu (*Pistia stratiotes*). In *repostory its*. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/42976>
- Saputra, I. (2021). *Efektivitas Sistem Constructed Wetlands dengan Keladi Singonium (Syngonium polophyllum) dan Biochar Tatal Karet dalam Menurunkan Parameter Pencemar Air Lindi*.
- Sudarmato. (2021). *Pengaruh Resirkulasi Air Lindi Terhadap Konsentrasi BOD dan COD Lindi*.
- Sukmawati, I. W. S., & Asmoro, P. (2014). Removal Cemaran BOD, COD, Phosphat (PO<sub>4</sub>) dan Detergen Menggunakan Tanaman Melati Air sebagai Metode Constructed Wetland dalam Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Teknik Waktu*, 12(01), 24–34.
- Vymazal, J. (2018). Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. In *Encyclopedia of Ecology* (2nd ed.). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11238-2>