



## Penurunan TSS, COD, dan Total-Nitrogen pada Air Lindi dengan Metode *Constructed Wetland* Tanaman *Typha Angustifolia*

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

<sup>1,2\*</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN “Veteran” Jawa Timur Indonesia

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

### Abstract

Landfill is a place to dispose of waste. There are still many landfills in Indonesia that use open dumping. Klotok Landfill in Kediri City uses a sanitary landfill where if you use the sanitary landfill method, leachate can be accommodated in a shelter. Leachate comes from waste decomposition. One of the leachate treatments is constructed wetlands. Constructed wetlands are treatment with a design that copy the natural system of plants to treat wastewater by involving several process mechanisms such as physics, chemistry, and biology. In this study, *Typha angustifolia* were used because these plants were considered capable of processing leachate. Using subsurface flow and continuous process is expected to reduce TSS, COD, and Total-Nitrogen. Sampling time was carried out in the 6th, 8th, 10th, and 12th, and 14th days. The results of TSS, COD, and Total-Nitrogen obtained were highest at 5L/day discharge with the 14th day sampling reaching 96.30%, 90%, and 89.16%. The average temperature and pH results obtained reached 26.92 °C and 7.9. The temperature and pH in this study are still within the optimal range for constructed wetland processing methods.

**Keywords:** *Constructed Wetlands, Typha Angustifolia, Subsurface Flow, Leachate*

### Abstrak

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah yaitu tempat yang memiliki fungsi guna membuang sampah. Masih banyak TPA di Indonesia yang menggunakan *open dumping*. Di TPA Klotok, Kota Kediri menggunakan *sanitary landfill* dimana jika menggunakan metode *sanitary landfill* air lindi dapat tertampung dalam suatu penampungan. Air lindi berasal dari pembusukan sampah. Metode pengolahan air lindi salah satunya adalah *constructed wetland*. *Constructed wetland* adalah pengolahan dengan desain dan rancangan yang meniru sistem alami dari tanaman untuk mengolah air limbah dengan melibatkan beberapa mekanisme proses seperti fisika, kimia, dan biologi. Pada *study* ini menggunakan tanaman *Typha angustifolia* karena tanaman ini dianggap mampu untuk mengolah air lindi. Menggunakan aliran *subsurface* dan proses kontinyu diharapkan mampu menurunkan TSS, COD, dan Total-Nitrogen. Waktu sampling dilakukan dalam kurun waktu ke-6, 8, 10, dan 12, serta 14 hari. Hasil akhir TSS, COD, dan Total-Nitrogen diperoleh tertinggi pada debit 5L/hari dengan waktu sampling hari ke-14 mencapai 96,30%, 90%, dan 89,16%. Hasil rata-rata suhu dan pH yang diperoleh mencapai 26,92°C dan 7,9. Suhu dan pH dalam *study* ini masih dalam rentang yang optimal dalam pengolahan metode *constructed wetland*.

**Kata Kunci:** *Constructed Wetlands, Typha Angustifolia, Aliran Subsurface, Air Lindi*

## 1. PENDAHULUAN

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah merupakan wadah yang berfungsi guna memproses dan membuang sampah sehingga dapat dibuang ke alam secara aman untuk makhluk hidup terutama manusia dan lingkungan. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) di Indonesia masih banyak yang memanfaatkan metode *open dumping*. Di TPA Klotok, Kota Kediri ini sudah menerapkan TPA dengan metode *sanitary landfill* dimana terdapat tempat proses pengelolaan air lindi. Proses *sanitary landfill* adalah proses sampah masuk ke dalam lubang setelah itu dilakukan penutupan dengan timbunan tanah sehingga diatas

timbunan tanah tersebut dapat ditumpuk oleh sampah kembali lalu ditimbun kembali dan seterusnya (Manurung & Santoso, 2020). Dalam metode pengolahan sampah dengan *sanitary landfill*, air lindi dapat tertampung pada suatu tempat atau kolam yang berfungsi untuk menampung air lindi untuk diproses sebelum dikeluarkan ke lingkungan. Air lindi adalah air yang dihasilkan sebab pemrosesan sampah yang terkandung materi yang dapat larut dan tersuspensi dari hasil dekomposisi sampah.

*Leachate* dapat juga berasal dari hasil sampah yang membusuk dan mampu mencemari air tanah dan dapat mencemari lingkungan (Walid et al., 2020). Kandungan organik di dalam air lindi menyebabkan air lindi berwarna gelap dan kian gelap warna air lindi kian gelap kandungan organik di dalamnya (Saputra, 2021). Konsentrasi air lindi yang terkandung di dalamnya antara lain pH, suhu, TSS (total padatan tersuspensi), DO (oksigen terlarut), nitrat, nitrit, amonia total, besi, sulfat, COD (kebutuhan oksigen kimia), BOD (kebutuhan oksigen biologi) (Juniarsih, 2018)

Kebutuhan Oksigen Kimia (COD) yaitu total oksigen yang dibutuhkan untuk memisahkan semua bahan organik pada air. Yaitu total oksigen yang diperlukan untuk dengan fungsi bahan-bahan organik dapat teroksidasi dengan reaksi kimia. Hasil dari ukuran COD dapat difungsikan untuk menetapkan berapa banyak beban pencemar pada limbah rumah tangga dan industri. COD dapat didefinisikan sebagai total oksigen ( $\text{mgO}_2$ ) yang diinginkan untuk mengoksidasi semua zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dengan pengoksidasi berupa larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yang berfungsi sebagai asal oksigen (Duhupo et al., 2019). Total Padatan tersuspensi (TSS) adalah partikel tersuspensi koloid yang dapat menyebabkan kekeruhan dalam air sebab oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel tersuspensi biasa dapat memiliki ukuran yang lebih besar dari partikel koloid. Pengujian padatan tersuspensi menggunakan kertas *whatmann* dengan pengovenan pada suhu tertentu. Total nitrogen merupakan jumlah semua nitrogen yang ada pada limbah, sampel atau air sungai atau badan air yang terdiri dari nitrat, amonia, dan nitrit

Terdapat berbagai pengolahan air lindi untuk menurunkan beberapa parameter yang ada pada air lindi. Salah satunya adalah pengolahan dengan metode *constructed wetland*. Dalam metode ini, cara mendesain dan merancang pengolahan ini meniru dengan sistem alami dari tanaman untuk mengolah air limbah dengan melibatkan beberapa mekanisme proses seperti fisika, kimia, dan biologi. Beberapa mekanisme tersebut bertugas untuk menghilangkan beberapa konsentrasi dalam air limbah yang membahayakan makhluk hidup dan lingkungan. Beberapa variabel yang mempunyai pengaruh dalam lahan basah buatan antara lain media, tanaman, dan juga suhu (Fajariyah, 2017). *Constructed wetland* dibagi menjadi 2 aliran antara lain *surface* dan *subsurface*. Untuk tanaman pada *constructed wetland* dibagi menjadi 3 jenis tanaman yaitu tanaman yang mengapung pada permukaan, tanaman pada perakaran yang ada pada tanah, dan tanaman yang seluruh tanaman berada di bawah permukaan air (Sitoresmi, 2015).

Kelebihan metode lahan basah buatan antara lain pengolahan dapat dilakukan *in-situ* akibatnya limbah mampu langsung diolah tanpa memindahkan limbah ke tempat lain. Metode ini dapat menurunkan konsentrasi COD sebesar 60-85%, konsentrasi TSS hingga mencapai 80%-95% dan juga dapat menurunkan konsentrasi nitrogen dan fosfor dalam air limbah. Untuk kekurangan metode ini harus ada pemanenan tanaman secara teratur supaya persen penyisihan pada tanaman dilakukan secara maksimal sehingga mengeluarkan biaya lebih untuk proses pemanenan. Dan pada spesies tanaman akan berbeda-beda tingkat penyisihan parameter (Parde et al., 2021).

*Typha angustifolia* mempunyai tinggi sekitar yang dapat mencapai 1,5 m dengan batang yang bulat dengan akar berbentuk rimpang. Tanaman ini mampu digunakan sebagai bahan anyaman dengan daun yang dapat dibuat tikar (Ramadhani et al., 2019).

Tanaman ini yang dimanfaatkan untuk *constructed wetland* dapat menurunkan TSS dan Total-Nitrogen mencapai 70,714% dan 66,838% (Ramadhani et al., 2019). Dari beberapa kelebihan metode *constructed wetland* yang telah dijelaskan diatas. Pengolahan air lindi dengan metode *constructed wetland* ini dinilai efektif untuk penurunan beberapa parameter pada air lindi. Maka dari itu, tujuan dari *study* ini untuk mengetahui seberapa besar persen penyisihan parameter TSS, COD dan Total-N pada air lindi TPA Klotok, Kota Kediri dengan tanaman *Typha angustifolia*. Selain itu juga ingin mengetahui pengaruh waktu sampling dan juga debit pada metode *constructed wetland*.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Tahapan Pra-Penelitian Utama

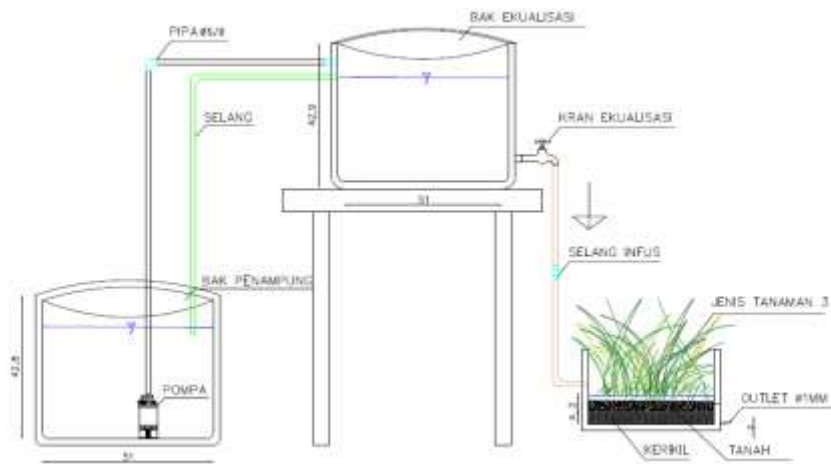
*Study* ini menggunakan air lindi pada Instalasi Pengolahan Air Lindi di TPA Klotok, Kota Kediri. *Study* ini dilaksanakan pada Bulan April 2023 minggu ke-4 sampai minggu terakhir Bulan Mei 2023. Tahapan pra-penelitian utama yaitu persiapan media dan tanaman. Alat yang diperlukan di *study* ini antara lain bak penampung awal limbah sebesar 100 liter, bak ekualisasi sebanyak 2 buah dengan ukuran masing-masing 50 liter, selang infus untuk mengatur debit, bak reaktor berbahas plastik berukuran 54 cm x 36 cm x 29 cm. Media yang dibutuhkan untuk *study* ini berupa kerikil berukuran 4-5 cm dan tanah. Untuk kerikil akan dimasukkan dalam reaktor dengan ketinggian 4 cm dan tanah dengan ketinggian 3 cm. Di tahap pra penelitian ini, terdapat proses *Range Finding Test*. *Range Finding Test* merupakan uji ketahanan tanaman yang nantinya akan menerima konsentrasi limbah dan akan memprosesnya. Proses *Range Finding Test* dilakukan selama 5 hari (Raissa, 2017).

### 2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan *study* didahului dengan proses aklimatisasi selama 7 hari. Di dalam proses aklimatisasi dilakukan penyiram pada tanaman menggunakan air PDAM atau air tanah. Setelah melalui proses aklimatisasi dilakukan pengujian *Range Finding Test* pada beberapa konsentrasi sesuai dengan (Raissa, 2017) yaitu konsentrasi 0% (kontrol), 20%, 40%, 60%, dan 80%. Diperoleh hasil jika tanaman mampu bertahan pada konsentrasi tertentu, tanaman tidak layu, dan daun tidak bewarna kuning. Diperoleh hasil pada konsentrasi 80% air PDAM atau air tanah dengan 20% air limbah. Proses *study* ini menggunakan sistem kontinyu dengan variasi debit yaitu 5L/hari, 7L/hari, dan 9L/hari. Dengan waktu sampling kurun waktu ke-6,8,10,12, dan 14 hari menggunakan tanaman *Typha angustifolia* yang berumur 2 bulan dengan panjang tanaman kira-kira sebesar 30-40 cm (Yuniarmita et al., 2015). Digunakan tanaman *Typha angustifolia* umur 2 bulan diharapkan mampu untuk menyediakan karbohidrat untuk reproduksi aseksual dan berfungsi membantu berdirinya tanaman (Pratiwi, 2019). *Study* ini juga akan mengukur suhu dan pH selama proses penelitian berlangsung. Pada *study* ini menurunkan beberapa parameter air lindi seperti TSS, COD, dan Total-N. Berikut pada Tabel 1. Terdapat tabel matriks penelitian dan dalam Gambar 1. terdapat gambar reaktor penelitian.

Tabel 1. Matriks Penelitian

No	Jenis Tanaman	Perlakuan Aliran	Debit (L/hari)	Waktu Detensi (hari)	Waktu Sampling (hari ke-)				
1	Typha Angustifolia	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* *Typha angustifolia*  
Sumber: Peneliti, 2023

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Dalam proses *Range Finding Test* sesuai hasil diatas diperoleh hasil bahwa konsentrasi 80% tanaman dapat hidup dengan baik tanpa layu dan menguning daunnya. Konsentrasi tersebut berupa 80% air PDAM atau air tanah dengan 20% air limbah yaitu air lindi. Berikut konsentrasi air lindi setelah didapatkan konsentrasi pada Tabel 2.

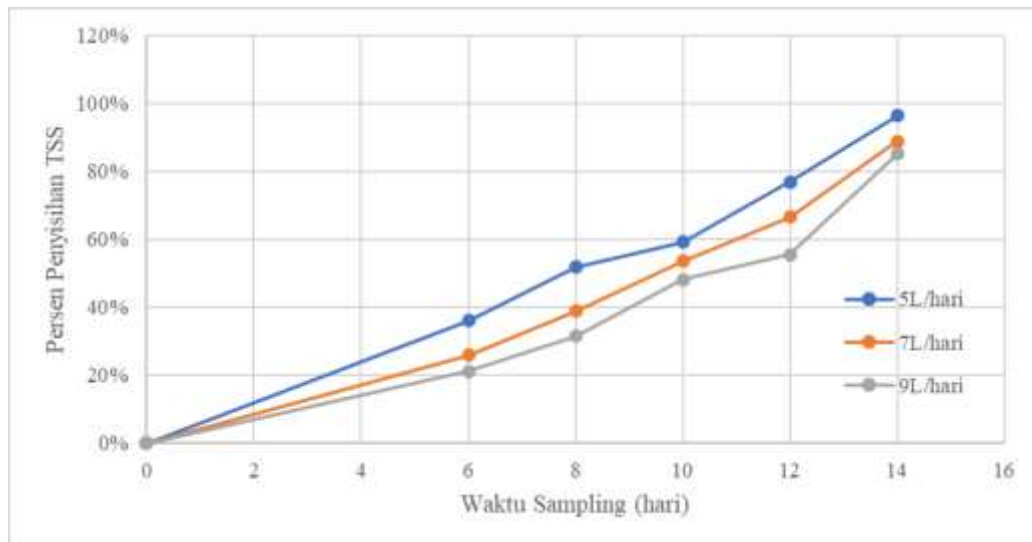
Tabel 1. Konsentrasi 80% Air Lindi

Konsentrasi	Satuan	Hasil Analisis	Ambang Batas
TSS	mg/L	108	100
COD	mg/L	662,4	300
Total-N	mg/L	145,25	60

Berdasarkan pada peraturan yang berlaku, ketiga konsentrasi diatas masih belum sesuai dengan ambang batas dari Permen LHK nomor 59 tahun 2016 tentang Baku Mutu Lindi. Maka diperoleh kesimpulan bahwa harus terdapat pengolahan air lindi terlebih dahulu sebelum limbah tersebut keluar ke lingkungan dan dapat mencemari lingkungan dan makhluk hidup terutama manusia.

#### 3.2. Penurunan TSS pada *Typha angustifolia*

Pengujian TSS dilakukan setelah dilakukan pengambilan sampling pada kurun waktu ke-6, 8, 10, dan 12, serta 14. Grafik penurunan TSS tersedia pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Persen Penyisihan TSS aliran *Subsurface* Typha angustifolia  
Sumber: Peneliti, 2023

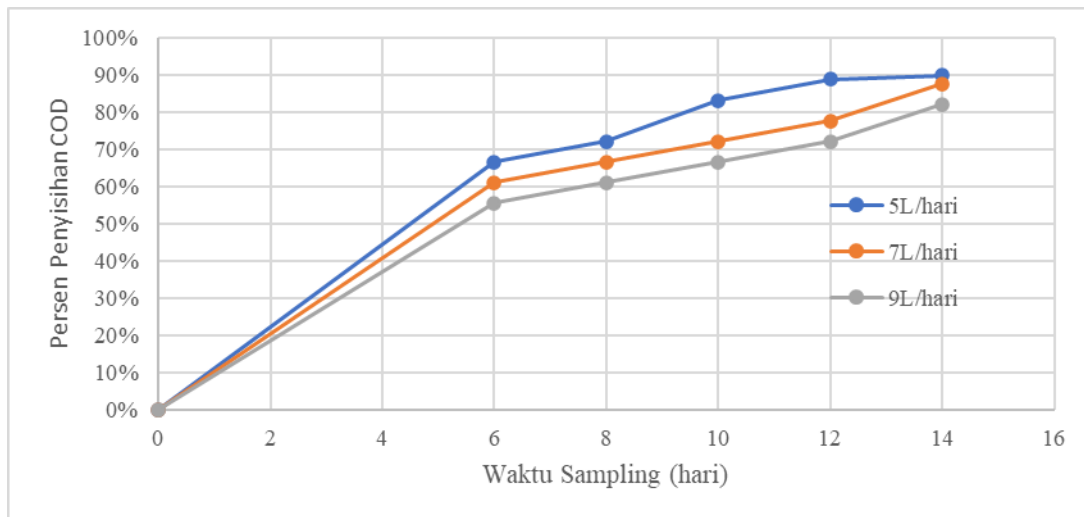
Dari grafik didapatkan pada debit 5L/hari kurun waktu hari ke-6 persen penyisihan TSS sebesar 36,11% dan kurun waktu hari ke-14 sebesar 96,30%. Pada debit 5L/hari merupakan penurunan tertinggi dibandingkan pada debit lainnya dan di waktu sampling lainnya. Di 7L/hari waktu hari ke-6 penurunan TSS sebesar 25,93% dan di waktu hari ke-14 sebesar 88,89%. Pada debit 9L/hari kurun waktu hari ke-6 persen penyisihan TSS sebesar 21,30% dan persen penyisihan TSS kurun waktu ke-14 hari dapat mencapai 85,19%. Penurunan TSS meningkat seiring meningkatnya waktu sampling pada setiap debit yang divariasikan.

Dalam penurunan TSS tumbuhan memiliki peranan yang besar sebagai penopang laju aliran hingga mampu melancarkan proses sedimentasi padatan. Filtrasi dapat terjadi pada akar tanaman sehingga konsentrasi TSS dapat turun karena ada penyaringan dari media tanaman (Akhmad et al., 2022). Akar tanaman mampu memfiltrasi karena filter dapat dibentuk pada akar tanaman sehingga sebagai penahan semua partikel *solid* yang ada pada limbah, selain terdapat proses filtrasi juga ada proses sedimentasi yang memerlukan waktu tinggal agar semua material yang terdapat kandungan bahan organik dapat berkurang (Nasrullah et al., 2017). Selain dari akar tanaman media berupa kerikil dan tanah dapat berpengaruh terhadap penurunan TSS. Media yang ada pada reaktor berfungsi sebagai filtrasi dari konsentrasi TSS itu sendiri.

Penurunan TSS dalam Typha angustifolia dinilai efektif. Pada penelitian terdahulu penurunan TSS dapat mencapai 70,714% dengan waktu detensi dengan waktu 6 hari (Ramadhani et al., 2019). Ini membuktikan bahwa waktu sampling berpengaruh terhadap penurunan TSS dengan Typha angustifolia dalam metode *constructed wetland*.

### 3.3. Penurunan COD pada Typha angustifolia

Penurunan COD dalam kurun waktu ke-6, 8, 10, dan 12, serta 14 hari meningkat seiring dengan meningkatnya waktu sampling. Hal ini dibuktikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Persen Penyisihan COD aliran *Subsurface* Typha angustifolia  
Sumber: Peneliti, 2023

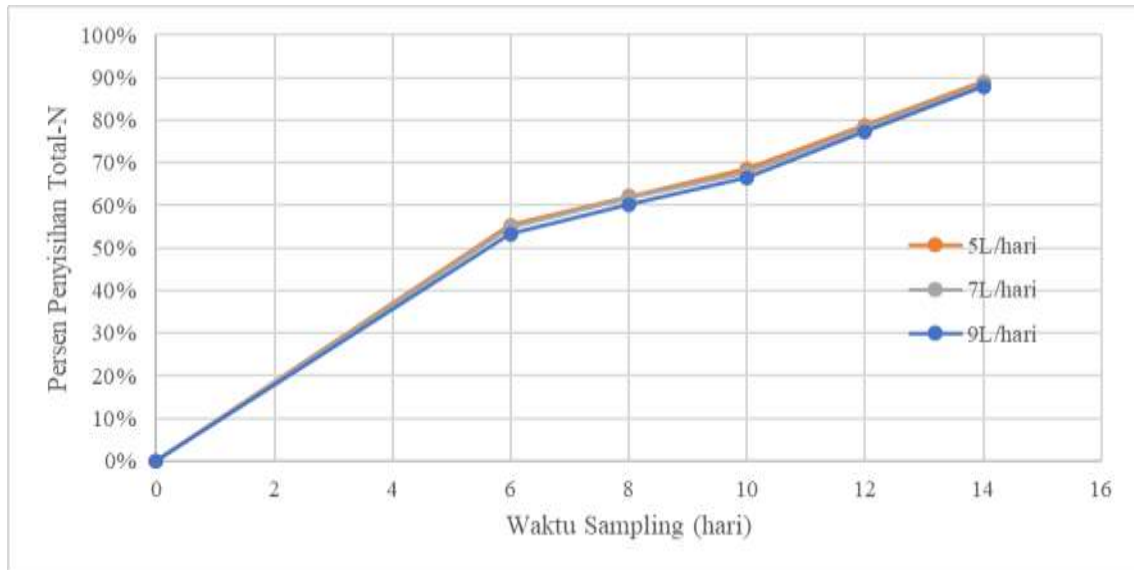
Penurunan COD ini meningkat secara bertahap seiring dengan meningkatnya waktu sampling dalam *study* ini. Dilihat pada gambar 2 bahwa di debit 5L/hari penurunan COD dalam kurun waktu ke-6 mencapai 66,67% dan mencapai penurunan tertinggi pada hari ke-14 sebesar 90%. Penurunan 90% merupakan penurunan tertinggi dibandingkan dengan variasi debit lainnya dan variasi waktu pengambilan sampel lainnya. Variasi debit lainnya adalah 7L/hari, waktu sampling hari ke-6 sebesar 61,11% lebih sedikit dibandingkan penurunan di debit 5L/hari. Di waktu hari ke-14 penurunan COD pada Typha angustifolia mencapai 87,78%. Dalam kurun waktu ke-6 hari debit 9L/hari, tanaman Typha angustifolia mampu menurunkan COD sebesar 55,56% dan di kurun waktu ke-14 hari dapat menurunkan COD mencapai 82,22%.

Tanaman Typha angustifolia juga tanaman yang efektif untuk menurunkan COD pada air lindi. Penurunan COD ini karena mikroba akan menguraikan bahan organik menjadi zat yang kian sederhana dan bermanfaat oleh vegetasi yang berfungsi sebagai *nutrient*. Akar tanaman mempunyai pengaruh dalam untuk menurunkan COD karena pada tanaman akan mewujudkan oksigen yang berguna sebagai sumber energi yang dimanfaatkan untuk proses metabolisme pada mikroorganisme. Sehingga bahan organik dapat dihancurkan secara biologis (Kartika et al., 2017)

Di dalam penelitian terdahulu penurunan COD mampu mencapai 97% dikarenakan pada *study* terdahulu menggunakan metode aerasi. Pada metode aerasi ini mampu memperbanyak mikroorganisme. Mikroorganisme ini yang digunakan untuk memecah bahan organik yang ada pada COD sehingga bahan organik akan turun (Patil & Chakraborty, 2016).

#### 3.4. Penurunan Total-Nitrogen pada Typha angustifolia

Penurunan Total-Nitrogen dilakukan dalam kurun waktu ke-6, 8, 10, 12, dan 14. Penurunan Total-Nitrogen ini meningkat kian meningkatnya waktu sampling. Dapat dilihat pada Gambar 4 grafik persen penyisihan Total-N pada Typha angustifolia.



Gambar 4. Grafik Persen Penyisihan Total-Nitrogen aliran *Subsurface* *Typha angustifolia*  
Sumber: Peneliti, 2023

Penurunan Total-Nitrogen terbesar terjadi pada debit 5L/hari dengan waktu sampling hari ke-14. Pada debit dan waktu sampling tersebut penurunan mencapai 89,16%. Pada kurun waktu ke-6 hari penurunan Total-Nitrogen sebesar 55,42%. Dilihat dari penurunan tersebut dapat terlihat kesimpulan bahwa kian tinggi waktu sampling kian tinggi penurunan Total-Nitrogen. Di debit 7l/hari waktu sampling ke-6 penurunan Total-Nitrogen mencapai 54,94% dan di waktu sampling ke-14 penurunan dapat mencapai 88,67%. Di debit 9L/hari dengan kurun waktu ke-6 hari penurunan Total-Nitrogen sebesar 53,25% lebih sedikit dibandingkan dengan penurunan pada debit lainnya. Dan pada waktu sampling ke-14 debit 9L/hari penurun mencapai 87,95%. Pada kesimpulan diatas dengan variasi debit, debit yang semakin kecil akan semakin meningkat penurunan Total-N yang terjadi pada *Typha angustifolia*.

Tanaman dan mikroba yang ada pada reaktor menyebabkan nitrogen yang ada pada air limbah akan turun. Selain tanaman dan mikroba, pengaruh lainnya adalah denitrifikasi, nitrifikasi, kation yang bertukar yang memiliki fungsi untuk amonia tanpa mengabaikan keberadaan *biofilm* mikroba yang mengurangi Total-Nitrogen. Proses yang terjadi untuk menurunkan Total-Nitrogen ini selama tanaman menyerap air, mikroorganisme akan membantu penyerapan tersebut dan mengubah partikel Total-N menjadi sumber energi bagi mikroorganisme untuk produk biomassa dan dapat menghasilkan oksigen untuk mengurangi nitrogen (Gaballah et al., 2020).

### 3.5 Suhu dan pH selama Berlangsungnya Penelitian

Didapatkan rata-rata suhu dan pH yang diteliti selama proses *study* yaitu sebesar 26,92°C dan pH sebesar 7,9. Untuk suhu pada penelitian ini merupakan suhu yang optimal untuk mampu menurunkan beberapa konsentrasi yang ada pada air limbah. Suhu optimal pada metode *constructed wetland* dengan rentang sebesar 20-40°C. Pada suhu dengan kondisi tersebut yaitu kondisi mesofilik. Pada rentang suhu diatas merupakan rentang suhu optimal untuk mikroorganisme dan akar tanaman dapat mengurai zat organik.

Ph pada penelitian ini juga termasuk normal karena pH optimal terjadi pada rentang 6-8 karena bakteri dapat tumbuh dan hidup pada pH tersebut dan akar tanaman dapat menyerap optimum pada pH tersebut.



#### 4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini terbukti tanaman *Typha angustifolia* efektif untuk menurunkan parameter TSS, COD, dan Total-N. Penurunan ketiga konsentrasi terbesar pada debit 5L/hari dengan waktu sampling hari ke-14. Pada hari ke-14, penurunan TSS, COD, dan Total-Nitrogen sebesar 96,30%, 90%, dan 89,16%. Debit dan waktu sampling sangat memengaruhi penurunan TSS, COD, dan Total-Nitrogen. Bertambahnya kecil debit yang masuk pada reaktor maka semakin meningkat penurunan parameter yang terkandung. Dan semakin lama waktu sampling maka semakin meningkat penurunan parameter. Suhu dan pH dalam penelitian ini memiliki rata-rata 26,92°C dan 7,9. Suhu dan pH tersebut termasuk dalam suhu dan pH yang optimal dalam pengelolaan metode *constructed wetland*.

Saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat menguji kandungan TSS, COD, dan Total-Nitrogen yang ada pada akar tanaman supaya lebih mengetahui daya serap tanaman terlebih pada bagian akar. Dalam *study* selanjutnya dapat menggunakan variasi debit dan variasi tanaman yang lebih beragam agar didapatkan referensi persen penyisihan debit dan tanaman yang lebih banyak lagi.

#### 5. REFERENCES

- Akhmad, A. G., Darman, S., Aiyen, & Hamsens, W. P. S. (2022). Pengaruh *Typha angustifolia*, *Echinodorus paniculatus* dan *Lidwigia adscendes* terhadap Kinerja Horizontal Sub-surface Flow Constructed Wetland dalam Penghapusan total coliform dan TSS. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 23(2), 198–206. <https://doi.org/10.29122/jtl.v23i2.5057>
- Duhupo, D., Akili, R. H., & R., P. O. (2019). Perbandingan Analisis Pencemaran Air Sungai dengan Menggunakan Parameter Kimia BOD dan COD di Kelurahan Ketang Baru Kecamatan Singkil Kota Manado tahun 2018 dan 2019. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, 8(7), 1–19. [http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865607390&partnerID=tZOtx3y1%0Ahttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2LIMMD9FVXkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Principles+of+Digital+Image+Processing+fundamental+techniques&ots=HjrHeuS\\_](http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84865607390&partnerID=tZOtx3y1%0Ahttp://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=2LIMMD9FVXkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Principles+of+Digital+Image+Processing+fundamental+techniques&ots=HjrHeuS_)
- Fajariyah, C. (2017). *Studi Literatur Pengolahan Lindi Tempat Pemrosesan Akhir (Tpa) Sampah Dengan Teknik Constructed Wetland Menggunakan Tumbuhan Air*.
- Gaballah, M. S., Abdelwahab, O., Barakat, K. M., & Aboagye, D. (2020). A Novel Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland Planted with *Typha angustifolia* for Treatment of Polluted Water. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(22). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08669-5>
- 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>
- Kartika, Yetty, N. H., Budi, T. P., & Djuhriah, N. (2017). Perbedaan Waktu Tinggal Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) terhadap Penurunan Kadar COD Air Limbah Domestik Kantin. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(1), 196–201.
- Manurung, D. W., & Santoso, E. B. (2020). Penentuan Lokasi Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah yang Ramah Lingkungan di Kabupaten Bekasi. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 123–130. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i2.48801>
- Nasrullah, S., Hayati, R., & Kadaria, U. (2017). Pengolahan Limbah Karet dengan Fitoremediasi menggunakan Tanaman *Typha Angustifolia*. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 5(1), 1–10.
- Parde, D., Patwa, A., Shukla, A., Vijay, R., Killedar, D. J., & Kumar, R. (2021). A Review of Constructed Wetland on Type, Treatment and Technology of Wastewater. *Environmental Technology and Innovation*, 21, 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101261>



- Patil, S., & Chakraborty, S. (2016). Effects of Step-Feeding and Intermittent Aeration on Organics and Nitrogen Removal in A Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 52(4). <https://doi.org/10.1080/10934529.2016.1262608>
- Pratiwi, R. H. (2019). Studi Adaptasi Tumbuhan secara Anatomi terhadap Kondisi Lingkungan yang Ekstrim. *Symposium of Biology Education (Symbion)*, 2, 158–165. <https://doi.org/10.26555/symbion.3521>
- 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>
- Ramadhani, J., Asrifah, R. D., & Wahyuning, I. (2019). Pengolahan Air Lindi Menggunakan Metode Constructed Wetland di TPA Sampah Tanjungrejo, Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumian*, 1(2), 1–8. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kebumian/article/view/3280>
- Saputra, I. (2021). *Efektivitas Sistem Constructed Wetlands dengan Keladi Singonium (Syngonium polophyllum) dan Biochar Tatal Karet dalam Menurunkan Parameter Pencemar Air Lindi*.
- Sitoresmi, P. W. (2015). *Pemanfaatan Constructed Wetland dengan Tanaman Papyrus (Cyperus papyrus) untuk Pengolahan Surfaktan dalam Air Limbah Laundry*. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2538.html>
- Walid, A., Kesumah, R. G. T., Putra, E. P., Suciarti, P., & Herlina, W. (2020). Pengaruh Keberadaan TPA terhadap Kualitas Air Bersih Diwilayah Pemukiman Warga Sekitar: Studi Literatur. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 20(3), 1075. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v20i3.1025>
- Yuniarmita, R., Zaman, B., & Istirokhatun, T. (2015). *Studi Kemampuan Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland dalam Menyisihkan Konsentrasi TSS, TDS, dan ORP pada Lindi Menggunakan Tumbuhan Alang-Alang (Typha Angustifolia)*.