

Analisis Efektivitas Tanaman Ekor Kucing (*Typha latifolia*) dalam Menurunkan Kadar Pencemar di Industri Minyak dan Gas dengan Fitoremediasi Resirkulasi 40% dan 60%

Devi Regina Sari¹, Ulvi Pri Astuti^{1*}, Ayu Nindyapuspa¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: ulvipriastuti@ppns.ac.id

Abstrak

Air terproduksi pada IPAL industri migas mengandung kadar pencemar berupa COD, TDS, serta Minyak dan Lemak yang melebihi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas tanaman dan variasi resirkulasi yang terbaik dalam menurunkan kadar pencemar. Adapun tahapan yang dilakukan yaitu propagasi, aklimatisasi, *range finding test*, dan fitoremediasi resirkulasi 40% dan 60% secara kontinyu. Hasilnya adalah tanaman *Typha latifolia* pada reaktor resirkulasi 40% dapat meremoval COD sebesar 50,28%, TDS sebesar 35,9%, serta Minyak dan Lemak sebesar 30%. Sedangkan tanaman *Typha latifolia* pada reaktor resirkulasi 60% dapat meremoval COD sebesar 36,91%, TDS sebesar 19,6%, serta Minyak dan Lemak sebesar 20%.

Keywords: Aklimatisasi, Fitoremediasi, Industri Minyak dan Gas, *Range Finding Test*, *Typha latifolia*

1. PENDAHULUAN

Minyak merupakan sumber energi dan pendapatan penting bagi banyak negara dan telah menjadi salah satu aktivitas industri yang penting pada abad ke-21. Meningkatnya kebutuhan energi fosil mengakibatkan peningkatan jumlah produksi limbah lumpur pengeboran (Asmura, dkk. 2017). Selain itu, kegiatan eksplorasi dan produksi migas dapat menghasilkan limbah dalam bentuk cair, padat, dan gas dengan komposisi terbanyak adalah limbah cair sebesar 80%. Air terproduksi merupakan limbah cair terbesar dari kegiatan eksplorasi dan produksi pada industri minyak dan gas (Yudistira, 2023).

Air terproduksi merupakan hasil samping dari proses pengolahan minyak dan gas bumi (migas) yang terbawa keatas dari kegiatan produksi migas termasuk didalamnya air formasi, air injeksi dan bahan kimia yang ditambahkan untuk pengeboran atau untuk proses pemisahan minyak dan air (Permen LH No 19 Tahun 2010). Seiring berjalannya waktu, pengolahan air limbah terproduksi pada IPAL banyak berkembang, salah satunya adalah fitoremediasi.

Fitoremediasi adalah teknologi remediasi yang memanfaatkan kemampuan melekat pada tanaman hidup. Fitoremediasi merupakan salah satu metode pengolahan yang ramah lingkungan (Aghni, dkk, 2020). Tanaman *Typha latifolia* merupakan salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi. Keistimewaan dari tanaman tersebut adalah tanaman ini digolongkan sebagai tanaman hiperakumulator yang dapat menyerap kandungan logam berat sehingga dapat digunakan sebagai alternatif untuk penyerapan limbah logam (Efanna, 2022). Pada penelitian yang dilakukan Putri (2023), tanaman *Typha latifolia* dapat mereduksi COD hingga 74,07% - 92,42%, BOD hingga 92,5%. Pada penelitian Seghairi (2021), *Typha latifolia* dapat mereduksi ammonia nitrogen hingga 90,38%. Selain itu pada penelitian Nyieku, dkk. 2022, *Typha latifolia* dapat mereduksi minyak dan lemak 54,55%, BOD 47,62%, COD 39,67%, TDS 37,30%, dan nitrat hingga 41,87%.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis efektivitas penurunan kadar pencemar air limbah air terproduksi pada IPAL Industri migas menggunakan fitoremediasi dengan tanaman *Typha latifolia* dengan sistem kontinyu dan resirkulasi 40% dan 60%.

2. METODE

Sebelum melakukan fitoremediasi, terdapat beberapa tahapan yaitu propagasi tanaman, aklimatisasi tanaman, *range finding test*, kemudian fitoremediasi.

A. Persiapan Alat dan Bahan

Reaktor fitoremediasi menggunakan bahan berupa kaca dengan ukuran 80 cm x 30 cm x 40 cm dan dilengkapi kran, selang, dan pompa sebagai alat bantu resirkulasi. Sedangkan alat ukur yang digunakan pada

pengamatan harian adalah kertas pH, thermometer, dan meteran untuk mengukur tinggi tanaman *Typha latifolia*.

B. Propagasi Tanaman

Propagasi tanaman adalah tahap memperbanyak tanaman atau proses menciptakan tanaman baru. Tahap propagasi bertujuan untuk memperbanyak dan menyediakan stok tanaman yang akan digunakan pada saat penelitian (Billah, 2023). Tanaman *Typha latifolia* dipropagasi selama satu bulan dan diamati untuk pertumbuhan tinggi. Tanaman *Typha latifolia* mulai menghasilkan tunas setelah 10–14 hari setelah penanaman tanaman induk. Tunas *Typha latifolia* berukuran hingga 20 cm selama satu minggu, 50 cm selama dua minggu, 90 cm selama tiga minggu, dan 130 cm selama empat minggu. Untuk meningkatkan nutrisi tanaman selama proses propagasi, vitamin B1 diberikan kepada tanaman. Pada proses propagasi, tanaman diberikan vitamin B1 sebagai penunjang nutrisi pada tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Obenu (2019), minimal selama 1 bulan sampai tumbuhan memiliki ukuran dan bentuk tumbuh secara optimum.

C. Aklimatisasi Tanaman

Aklimatisasi bertujuan untuk menstabilkan dan menyesuaikan keadaan tanaman pada lingkungan reaktor sebelum memulai penelitian utama. Untuk mencegah terjadinya *shock loading*, maka dilakukan pentahapan pengisian air limbah dengan komposisi awal berupa 100% air bersih (Ita, 2017). Aklimatisasi tanaman dilakukan dengan mengkontakkan tanaman secara bertahap dengan persentase volume air limbah dan air PDAM sebesar 25:75, 50:50, 75:25 selama 3 hari. Aklimatisasi berhenti pada persentase 75% karena pada hari kedua tanaman *Typha latifolia* dikontakkan dengan air limbah dengan persentase 75% terdapat tanaman yang mati mengering. Selain pengamatan fisik tanaman, dilakukan pengamatan pada pH dan suhu air selama aklimatisasi. Saat aklimatisasi berlangsung, pH air limbah pada *range* 7-8 dan suhu air pada *range* 29°C – 30°C. Perubahan warna daun saat aklimatisasi terjadi karena air limbah memberikan dampak negatif pada tanaman.

D. Range Finding Test

Uji *Range Finding Test* dilakukan untuk mendapatkan besarnya persentase maksimum polutan yang memberikan efek pada tanaman namun tanaman masih dapat bertahap hidup (Damanik, 2018). Perbedaan antara alimatisasi dan RFT yaitu, aklimatisasi digunakan untuk menyesuaikan tanaman dengan lingkungan yang baru. Sedangkan RFT dilakukan untuk mengetahui persentase air limbah maksimal yang dapat diterima oleh tanaman *Typha latifolia*. *Range* persentase air limbah yang diambil pada angka 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari persentase volume air limbah pada proses aklimatisasi. Menurut USEPA Guidelines Part 850.4500, RFT dilakukan selama 96 jam atau 4 hari berturut turut secara bersamaan. Hasil menunjukkan tanaman *Typha latifolia* dapat bertahan pada persentase 60% yang ditandai dengan tanaman tetap hijau segar selama 4 hari RFT. Persentase air limbah tersebut akan digunakan pada tahap fitoremediasi. Selain pengamatan fisik tanaman, dilakukan pengamatan pada pH dan suhu air selama aklimatisasi. Saat RFT berlangsung, pH air limbah pada *range* 7-8 dan suhu air pada *range* 29°C – 30°C.

E. Fitoremediasi

Pelaksanaan fitoremediasi pada penelitian ini menggunakan sistem kontinu menggunakan resirkulasi 40% dan 60%. Dimana limbah terproduksi industri migas akan mengalir melalui drum penampungan kemudian mengalir ke kotak yang berisi tanaman. Kemudian limbah tersebut mengalir dan ditampung pada kotak penampungan. Kemudian pada bak penampungan diberikan pompa air yang membantu menaikkan air yang telah mengalir di reaktor masuk kembali ke bak penampungan untuk dilakukan fitoremediasi kembali. Proses ini terjadi selama 15 hari dimulai dari drum penampungan kemudian mengalir dengan adanya gravitasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Awal Limbah Industri Minyak dan Gas

Sebelum melakukan penelitian, sampel air limbah industri minyak dan gas diuji karakteristik air limbah. Hasil perbandingan pengujian air limbah industri migas dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Industri Migas

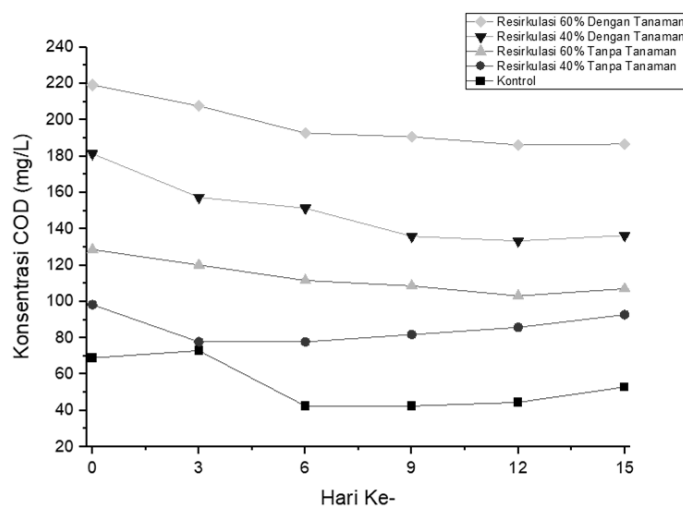
Parameter	Hasil Pengujian Air Limbah Terproduksi	Baku Mutu Air Limbah Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi (PERMENLHK No. 19 Tahun 2010)
COD	363 mg/L	200 mg/L
TDS	12.680 mg/L	4.000 mg/L
Minyak dan lemak	8 mg/L	25 mg/L
pH	8,0	6,0 – 9,0
Temperatur	30°C	40 °C

Berdasarkan hasil perbandingan pengujian sampel air limbah migas dengan baku mutu Air Limbah Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi PERMENLHK No. 19 Tahun 2010, air limbah tersebut masih belum memenuhi baku mutu sehingga sebelum dibuang ke badan air harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu yang mana pada penelitian ini menggunakan metode fitoremediasi resirkulasi.

B. Fitoremediasi

1. Analisa Parameter *Chemical Oxygen demand* (COD)

Analisa kadar COD pada masing masing sampel uji mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi dengan nilai COD sebesar 200 mg/L. Pada reaktor resirkulasi 40% tanpa tanaman dapat menurunkan COD hingga didapatkan hasil akhir sebesar 63,5 mg/L. Reaktor resirkulasi 60% tanpa tanaman dapat menurunkan COD hingga mencapai nilai akhir sebesar 68 mg/L. Reaktor resirkulasi 40% dengan tanaman *Typha latifolia* dapat menurunkan COD hingga hasil akhir sebesar 44,5 mg/L. Dan reaktor resirkulasi 60% dengan tanaman *Typha latifolia* dapat menurunkan hingga mencapa nilai akhir sebesar 57 mg/L. Sehingga semua parameter dari masing masing reaktor telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Penurunan konsentrasi COD pada air limbah migas dapat dilihat pada **Gambar 1**.

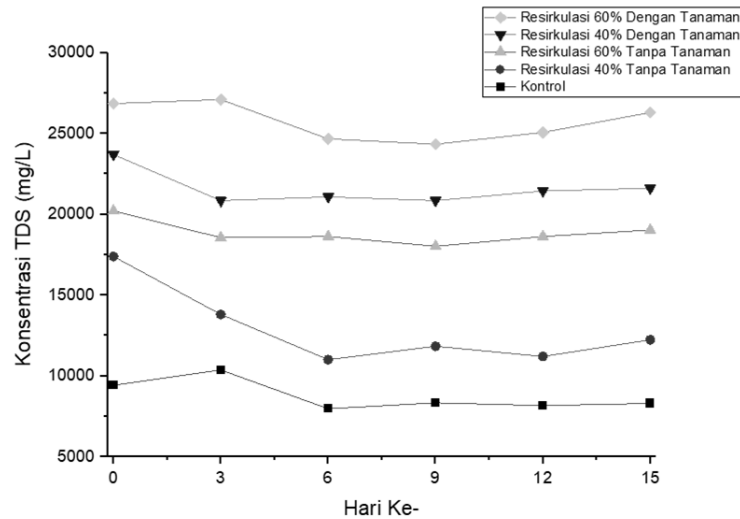


Gambar. 1 Grafik Konsentrasi COD pada Tiap Reaktor

Peningkatan efisiensi removal COD dapat terjadi karena menurunnya jumlah unsur-unsur kimia organik karena terserap oleh tanaman *Typha latifolia* yang mengakibatkan menurunnya atau terhambatnya proses-proses kimiawi dalam air limbah yang membutuhkan banyak oksigen melalui mekanisme reaksi oksidasi oleh mikroorganisme. Pada **Gambar 1**, dapat dilihat hari ke-15, terjadi peningkatan konsentrasi COD dalam air limbah. Hal ini disebabkan karena terjadinya kejenuhan tanaman dalam menyerap kontaminan dalam air. Menurut penelitian yang dilakukan Billah (2023), kejenuhan terjadi karena tanaman terlalu banyak menyerap kontaminan dalam air limbah. Sehingga, semakin banyak kontaminan yang diserap, maka semakin banyak kontaminan yang terakumulasi pada jaringan tanaman dan menyebabkan tanaman tidak dapat menyerap kontaminan secara maksimal

2. Analisa Parameter *Total Dissolved Solid* (TDS)

Analisa parameter TDS pada setiap sampel uji mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi dengan nilai TDS sebesar 4000 mg/L. Pada reaktor resirkulasi 40% tanpa tanaman dapat menurunkan TDS hingga didapatkan hasil akhir nilai sebesar 4266,67 mg/L. Reaktor resirkulasi 60% tanpa tanaman dapat menurunkan TDS hingga mencapai nilai akhir sebesar 6933,33 mg/L. Reaktor resirkulasi 40% dengan tanaman *Typha latifolia* dapat menurunkan TDS hingga mencapai hasil akhir sebesar 6033,33 mg/L. Dan reaktor resirkulasi 60% dengan tanaman *Typha latifolia* dapat menurunkan hingga mencapai nilai akhir TDS sebesar 7566,67 mg/L. Namun nilai TDS tersebut belum memenuhi baku mutu air limbah. Penurunan kadar TDS air limbah migas selama 15 hari dapat dilihat pada **Gambar 2**.

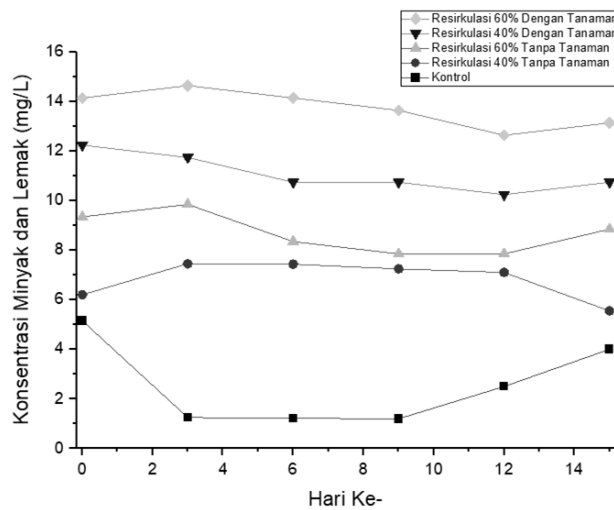


Gambar. 2 Grafik Konsentrasi TDS pada Tiap Reaktor

Pada Gambar 2, hari ke-15, konsentrasi TDS meningkat, hal tersebut dapat terjadi karena tanaman mengalami masa jenuh akibat tanaman terlalu banyak menyerap kontaminan yang berada di dalam air. Sehingga penyerapan TDS menjadi kurang efektif (Billah, 2023). Penurunan efisiensi konsentrasi TDS bisa disebabkan karena kondisi media, tumbuhan *typha* dan mikroorganisme telah mengalami kejenuhan mulai dari pengukuran hari ke 9 sampai hari ke 15 (Yuniarmita, 2015). Penurunan TDS juga dapat disebabkan oleh adanya proses pemecahan bahan organik yang tadinya merupakan *suspended solid* menjadi berukuran lebih kecil (Taufiq, 2020).

3. Analisa Parameter Minyak dan Lemak

Analisa parameter Minyak dan Lemak pada setiap sampel mengacu pada Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi dengan konsentrasi Minyak dan Lemak sebesar 25 mg/L. Pada reaktor resirkulasi 40% tanpa tanaman dapat menurunkan Minyak dan Lemak hingga didapatkan hasil akhir nilai sebesar 4,5 mg/L. Reaktor resirkulasi 60% tanpa tanaman dapat menurunkan Minyak dan Lemak hingga didapatkan nilai akhir sebesar 4,5 mg/L. Reaktor resirkulasi 40% dengan tanaman *Typha latifolia* dapat menurunkan Minyak dan Lemak hingga didapatkan hasil akhir sebesar 3,5 mg/L. Dan reaktor resirkulasi 60% dengan tanaman *Typha latifolia* dapat menurunkan hingga didapatkan nilai akhir Minyak dan Lemak sebesar 4 mg/L. Konsentrasi tersebut telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Penurunan konsentrasi minyak dan lemak pada air limbah dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar. 3 Grafik Konsentrasi Minyak Lemak pada Tiap Reaktor

Berdasarkan Gambar 3, pada hari ke-15, konsentrasi minyak dan lemak meningkat karena tanaman mengalami kejenuhan yang ditandai dengan perubahan fisik tanaman berubah menjadi kuning akibat menyerap banyak kontaminan dalam air limbah. Sehingga tanaman *Typha latifolia* tidak dapat

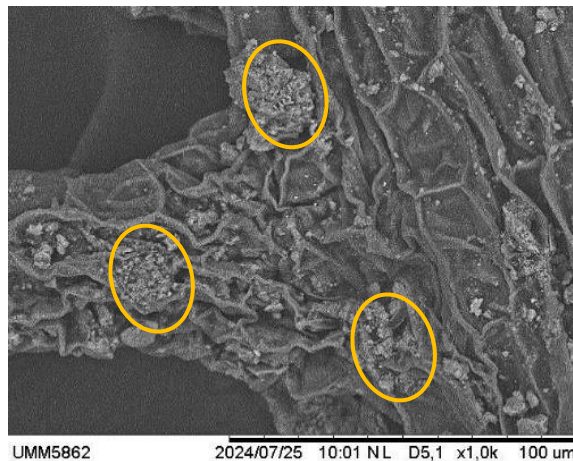
menyerap kontaminan minyak dan lemak secara maksimal. Menurut Hasan dkk (2021), seiring dengan waktu bertumbuhnya tanaman di dalam lahan basah buatan dimungkinkan oleh adanya proses dekomposisi minyak dan lemak oleh mikroorganisme dalam air limbah dan secara mekanis ketika air limbah tersebut melewati media/substrat, juga terjadi penyaringan oleh massa akar atau fauna air.

4. Analisa Parameter pH dan Suhu

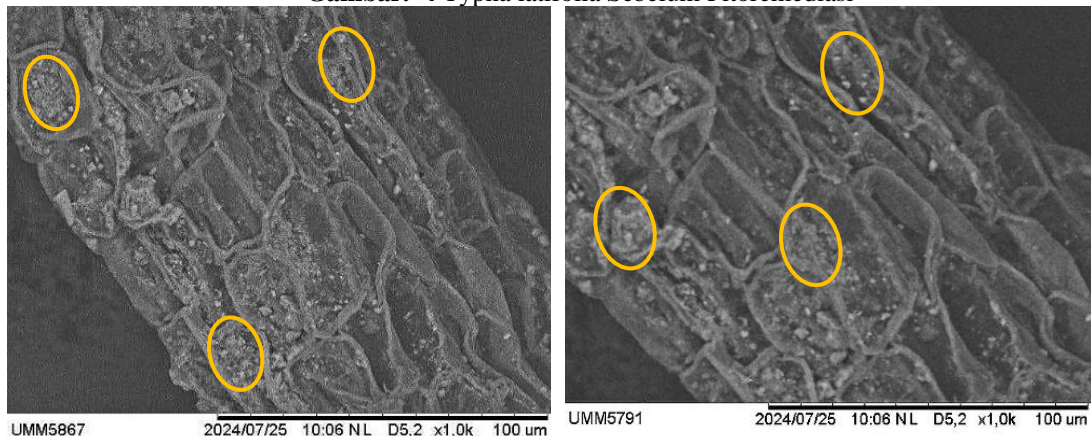
Saat fitoremediasi berlangsung, pengamatan pH dan suhu dilakukan setiap hari. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai pH berada pada *range* 7 – 8 dan suhu berada pada *range* 29°C – 30°C. Perubahan nilai pH disebabkan adanya pengaruh resirkulasi karena semakin cepat sirkulasi terjadi maka semakin cepat penyerapan pH. Selain itu, perubahan suhu dapat terjadi karena pengaruh lingkungan sekitar yang mempengaruhi suhu air limbah.

5. Analisa Morfologi Tanaman

Morfologi tanaman *Typha latifolia* diamati secara fisik dan sel dalam tanaman menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Pada reaktor resirkulasi 40% dengan tanaman dan reaktor resirkulasi 60% dengan tanaman, perubahan fisik tanaman terjadi ditandai dengan perubahan warna daun dari hijau segar hingga tanaman menguning saat fitoremediasi berlangsung. Sedangkan pada pengamatan menggunakan SEM, dapat dilihat pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.



Gambar. 4 *Typha latifolia* Sebelum Fitoremediasi



Gambar. 5 *Typha latifolia* Setelah Fitoremediasi Reaktor 40% Resirkulasi

Gambar. 6 *Typha latifolia* Setelah Fitoremediasi Reaktor 60% Resirkulasi

Berdasarkan **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**, hasil pengujian dengan perbesaran 1000 kali menunjukkan penurunan jumlah sel pada akar tanaman *Typha latifolia* setelah proses fitoremediasi. Hal ini disebabkan oleh kandungan organik seperti COD, TDS, minyak, dan lemak yang ditemukan dalam air limbah migas membahayakan sel akar, mengakibatkan kerusakan sel akar tanaman. Menurut penelitian yang dilakukan Aminatul (2023), polutan merusak tanaman dan mengurangi asimilasi CO₂ karena penurunan konduktansi sel.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, tanaman *Typha latifolia* pada reaktor resirkulasi 40% dapat menurunkan kadar COD hingga mencapai konsentrasi 44,5 mg/L, TDS hingga mencapai konsentrasi 6033,33 mg/L, serta Minyak dan Lemak hingga mencapai konsentrasi 3,5 mg/L. Sedangkan tanaman *Typha latifolia* pada reaktor resirkulasi 60% dapat menurunkan kadar COD hingga mencapai konsentrasi 57 mg/L, TDS hingga mencapai konsentrasi 7566,67 mg/L, serta Minyak dan Lemak hingga mencapai konsentrasi 4 mg/L.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aghni, Geo Bintang Sukono, dkk. 2020. Mekanisme Fitoremediasi: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, Vol. 2, No. 2.
- Aminatul, Aulia Ula. 2023. Analisis Efektivitas Tanaman *Azolla pinnata* Dalam Meremoval Limbah Laundry. *Tugas Akhir*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
- Asmura, Jecky, dkk. 2017. Penyisihan Fenol, H₂S Dan COD Limbah Cair Lumpur Bor Artifisial Dengan Metode Oksidasi Lanjut Berbasis Ozon. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* Vol. 12, No. 2
- Billah, Zauzan. 2023. Penurunan Kadar COD Air Limbah Industri Tempe dengan Metode Fitoremediasi Menggunakan Tanaman *Typha latifolia*. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*. Vol. 6, No. 1
- Damanik, M. O., & Purwanti, I. F. (2018). *Range Finding Test (RFT) Cyperus rotundus L dan Scirpus grossus* sebagai Penelitian Pendahuluan dalam Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), F161-F164.
- Efanna, Lesi Trian. 2022. Potensi *Typha latifolia* dan *Indigenous Jamur* Untuk Restorasi Lahan Gambut Dengan Sistem Wetland. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- Ita, Sondang Apriliya, dkk. 2017. Efek Morfologi Penyisihan Polutan Pada Air Terproduksi dengan Sistem Lahan Basah Buatan Terhadap Tanaman *Typha latifolia*. *Jom FTEKNIK*, Vol. 4 No.2
- Nyieku, Florence Esi, dkk. 2022. Oilfield Wastewater *Contaminants Removal Efficiencies of Three Indigenous Plants Species in a Free Water Surface Flow Constructed Wetland*. *Sustainable Environment* 8 (1): 0–10.
- Obenu, Adriana. 2019. Fitoremediasi Tanah Tercemar Aluminium Menggunakan *Scirpus grossus*, *Typha angustifolia* dan *Bioaugmentasi Vibrio alginolyticus*. *Tesis*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi
- Putri, Maharani Shintya, dkk. 2023. Pemanfaatan Tumbuhan *Typha latifolia* Sebagai Agen Fitoremediasi Dalam Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Salome: Multidisipliner Keilmuan*, Vol. 1 No. 4
- Seghairi, Nora, dkk. 2021. *The Performance Of Filters Planted With Typha Latifolia In The Removal Of Ammonium And Phosphates Present In Domestic Wastewater*. *EPH - International Journal of Agriculture and Environmental Research*, Vol. 7, No. 1.
- Taufiq, Muhammad. 2020. Unjuk Kerja Reaktor *Ecological Floating Bed (EFB)* Dengan Penambahan Media Penyangga Spons Poliuretan Untuk Penyisihan Padatan Tersuspensi (TSS) dan Padatan Terlarut (TDS) Pada Air Limbah *Greywater*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- Yudistira, Deva Ricky. 2022. Analisis Kualitas Air Limbah Kilang Sebelum Dibuang Ke Badan Air. PPSDM Migas. Cepuult
- Yuniarmita, Raisa, dkk. 2021. Studi Kemampuan *Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland* Dalam Menyisihkan Konsentrasi TSS, TDS, Dan Orp Pada Lindi Menggunakan Tumbuhan Alang-alang (*Typha Angustifolia*). *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 4, no. 2, 2015, pp. 1-8