

# PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DENGAN METODE FILTRASI DAN FITOREMEDIASI MENGGUNAKAN TANAMAN ECENG GONDOK (*EICHHORNIA CRASSIPES*)

## PROCESSING OF PALM OIL LIQUID WASTE BY FILTRATION AND PHYTOREMEDIATION METHOD USING *EICHHORNIA CRASSIPES*

ADZANI GHANI ILMANAFIAN, EMA LESTARI, FITRIA KHAIRUNISA

Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut, Jl. A. Yani, km.6, Desa Panggung, Kec. Pelaihari, Kab. Tanah Laut, Kalimantan Selatan 70815, Indonesia  
Email: adzanigi@gmail.com

### ABSTRACT

*Palm oil mill effluent (POME) is a side product from oil palm processing activities with potential environmental pollution. Its smells, colored appearance contains high COD, BOD, and TSS values. Thus, the processing of POME is crucial. In treating this wastewater, filtration and phytoremediation methods can be applied. This study aimed to evaluate the performance of the POME treatment using filtration and phytoremediation methods using water hyacinth (Eichhornia crassipes). This research method includes a sampling process, tub reactor construction with four filter ingredients (sand, gravel, coconut fiber, and sponge), the dilution of POME (concentration of 100%, 75%, and 50%), phytoremediation, filtering and testing of sample parameters. The parameters tested were BOD, COD, TSS, pH, and physical properties, including color, smell, and turbidity. The results of this study showed that the application of POME treatment with water hyacinth was not yet effective, supported by the following research results of the treatment concentration of 100%, 75%, and 50% with BOD levels respectively 894.7 mg/l, 304.15 mg/l, and 77.03 mg/l, COD levels respectively 4,320 mg/l, 1,120 mg/l, and 440 mg/l, TSS levels were 400 mg/l, 200 mg/l and 0 mg/l respectively. While, pH results for those treatments are 8, 8, and 9 respectively.*

**Keywords:** *filtration, liquid waste, phytoremediation, water hyacinth*

### ABSTRAK

Kegiatan operasional Pabrik Kelapa Sawit menghasilkan produk samping (*By-Product*) salah satunya limbah cair yang berbau, berwarna, mengandung nilai COD, BOD serta TSS yang tinggi berpotensi mencemari lingkungan, sehingga pengolahan limbah cair di pabrik kelapa sawit sangat penting. Filtrasi dan fitoremediasi adalah metode yang dapat digunakan dalam mengolah limbah cair pabrik kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan metode filtrasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). Metode penelitian ini meliputi proses sampling, membuat bak reaktor berukuran 60 cm x 40 cm x 40 cm dengan 4 media penyaring (pasir, kerikil, serabut kelapa dan spons), kemudian melakukan pengenceran limbah cair pabrik kelapa sawit dengan konsentrasi 100%, 75% dan 50%, fitoremediasi, penyaringan dan pengujian sampel parameter BOD, COD, TSS, pH dan Uji sifat fisik meliputi warna, aroma dan kekeruhan. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa aplikasi pengolahan limbah PKS dengan tanaman eceng gondok belum efektif, dengan ditunjang hasil penelitian sebagai berikut : 100%, 75%, dan 50% dengan kadar BOD berturut-turut 894,7 mg/l, 304,15 mg/l, dan 77,03 mg/l, kadar COD berturut-turut 4.320 mg/l, 1.120 mg/l dan 440 mg/l, kadar TSS berturut-turut 400 mg/l, 200 mg/l dan 0 mg/l dan pH berturut-turut 8, 8, dan 9.

**Kata kunci:** eceng gondok, filtrasi, fitoremediasi, limbah cair

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kegiatan operasional di Pabrik Kelapa Sawit menghasilkan produk utama berupa CPO (*Crude Palm Oil*), PKO (*Palm Kernel Oil*) dan PK (*Palm Kernel*), serta produk sampingan berupa limbah padat, limbah cair, dan polutan ke udara bebas. Dibandingkan dengan limbah

jenis lain, limbah cair pabrik kelapa sawit/*Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah salah satu limbah utama dari industri kelapa sawit dengan potensi pencemaran lingkungan yang paling besar<sup>(1)</sup>. Potensi pencemaran limbah cair juga berasal dari jumlah limbah yang dihasilkan, sebanyak 1 ton minyak sawit mentah produksi yang membutuhkan 5-7,5 ton air; lebih dari 50% nya berakhir sebagai POME<sup>(2)</sup>.

POME adalah cairan dengan konsistensi yang kental dengan warna kecoklatan, yang memiliki kandungan air (95-96%), minyak (0,6-0,7%), dan 4-5% total padatan yang terutama berasal puing-puing dari buah dengan nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang sangat tinggi (nilai COD sering lebih besar dari 80.000 mg/l)<sup>(2)</sup>. Apabila limbah tersebut dibuang langsung ke lingkungan, sebagian akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut dalam air, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tajam dan merusak ekosistem. Di lain pihak, aplikasi metode-metode pengolahan POME yang sudah ada memiliki banyak kekurangan seperti kebutuhan ruang dan fasilitas yang besar dan lamanya waktu tunggu hidrolis (HRT)<sup>(3)</sup>. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan limbah POME yang relatif murah dan cukup efisien. Beberapa metode yang berpotensi untuk dicoba adalah filtrasi dan fitoremediasi.

Filtrasi atau penyaringan merupakan metode pemisahan untuk memisahkan zat padat dari cairannya dengan menggunakan alat berpori (penyaring). Penggunaan metode filtrasi dalam pengolahan limbah diharapkan menjadi lebih efisien jika dipadukan dengan metode fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan suatu sistem yang menggunakan tumbuhan, dimana tumbuhan tersebut bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media untuk mengubah, menstabilkan, atau menghancurkan zat kontaminan menjadi kurang atau tidak berbahaya sama sekali bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi<sup>(4)</sup>.

Fitoremediasi adalah metode degradasi kontaminan dengan memanfaatkan tanaman yang tumbuh pada tanah dan air permukaan. Metode ini murah, berkelanjutan, efektif, dan ramah lingkungan sebagai alternatif teknologi remediasi konvensional<sup>(5)</sup>. Meskipun fitoremediasi memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan teknologi remediasi lainnya, namun pemanfaatan fitoremediasi dalam instalasi pengelolaan air limbah industri belum banyak dikembangkan<sup>(6)</sup>. Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi harus memenuhi karakteristik tertentu untuk memperoleh hasil yang efektif, seperti tingkat pertumbuhan dan produksi yang baik, tahan terhadap tingkat polusi yang tinggi serta dapat berperan sebagai bioakumulator yang baik<sup>(7)</sup>. Salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk menguraikan limbah cair adalah tanaman eceng gondok. Keunggulan dari tanaman eceng gondok adalah berpotensi sebagai komponen utama pembersih air limbah dari berbagai industri dan rumah tangga. Eceng gondok digunakan sebagai media dalam fitoremediasi untuk menurunkan

konsentrasi logam Cu dan Zn<sup>(8)</sup>. Pengolahan air limbah dengan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) telah berhasil diimplementasikan di Amerika, untuk menghasilkan limbah yang mencapai standar kualitas yang ditetapkan<sup>(3)</sup>.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas penggunaan metode filtrasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok. Kedua metode tersebut ditujukan untuk menguraikan kandungan berbahaya dalam limbah cair pabrik kelapa sawit seperti kadar BOD, COD, TSS, pH, dan sifat fisik (warna, aroma, dan kekeruhan) pada air limbah.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 Bahan dan Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak plastik ukuran 60 cm x 40 cm x 40 cm, pipa ½ inch, toples, kran air, kertas pH, botol sampel, jerigen plastik volume 5 liter, kertas saring Whatman No. 41, oven, desikator, neraca analitik, corong, erlenmeyer, gelas kimia, gelas ukur, kertas label, batang pengaduk dan pipet tetes.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair dari pabrik kelapa sawit PTPN XIII PKS Pelaihari, tanaman eceng gondok, air tanah, akuades.

### 2.2 Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental skala laboratorium. Persentase formulasi masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Persentase formulasi perlakuan

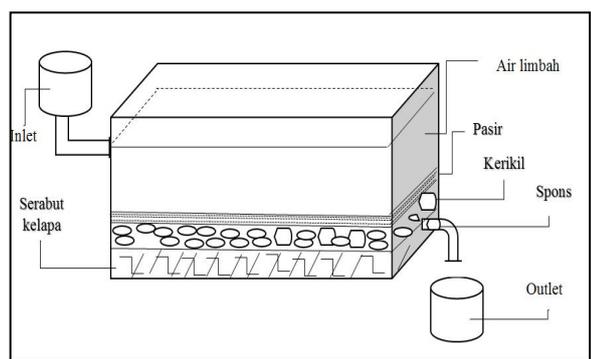
Perlakuan	Limbah cair (%)	Air (%)
A1	100	0
A2	75	25
A3	50	50

Prosedur penelitian ini, yaitu pembuatan bak reaktor, pengambilan sampel, persiapan proses fitoremediasi, serta analisis mutu air limbah berupa BOD, COD, TSS, pH dan uji sifat fisik limbah cair yang meliputi aroma, warna, dan tingkat kekeruhan.

### Pembuatan Bak Reaktor

Proses fitoremediasi limbah cair PKS dilakukan dalam suatu bak reaktor yang dibuat dari bak plastik berukuran 60 cm x 40 cm x 40 cm dengan di dalamnya tersusun dari 3 media

(serabut kelapa, kerikil dan pasir). Adapun desain at dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan Bak Reaktor

**Pengambilan Sampel**

Proses pengambilan sampel limbah cair pabrik kelapa sawit dilakukan pada stasiun pengolahan limbah PT. Perkebunan Nusantara XII PKS Pelaihari pada kolam limbah No 3 (kolam anaerobik primer) dengan menggunakan ember plastik yang dimasukkan ke dalam kolam limbah sebanyak 30 liter, kemudian dimasukkan ke dalam 6 jerigen plastik dengan kapasitas masing-masing 5 liter. Pada proses pengambilan sampel, sangat penting menggunakan APD (alat pelindung diri) seperti sepatu karet, masker, topi, jaket dan sarung tangan.

**Proses Fitoremediasi**

Eceng gondok yang digunakan untuk penelitian ini dipilih atau diseleksi tanaman eceng gondok yang memiliki ukuran besar, tinggi, ketebalan akar, jumlah daun tanaman yang sama, dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran dalam akar tanaman. Dengan volume air limbah maksimal yang digunakan sebesar 96 liter, maka digunakan tanaman eceng gondok seberat 4,8 kg. Rasio tanaman: air limbah sebesar 1:20 kg/l didapat dari rasio terbaik dari hasil penelitian fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok sebelumnya<sup>(9)</sup>. Tanaman ditanam pada bak reaktor yang berisi air limbah, pasir, kerikil dan serabut. Proses ini dilakukan sampai minggu ke-4 (empat) setelah tanam dan diusahakan tanaman eceng gondok mendapatkan cahaya matahari dan udara yang cukup untuk tetap tumbuh.

**Pengujian Sampel**

Pengujian sampel limbah cair berupa BOD, COD, TSS, pH, dan uji organoleptik yang dilakukan pada limbah awal (sebelum proses fitoremediasi atau sebelum perlakuan), minggu

kedua (setelah proses fitoremediasi), minggu ketiga (setelah proses fitoremediasi) dan minggu ke empat (akhir proses fitoremediasi).

**Analisa Kadar BOD dan COD**

1 liter sampel air limbah pada masing-masing konsentrasi diambil dari bak reaktor per satu minggu jadwal pengujian, kemudian dilakukan pengujian parameter BOD dan COD di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Banjarbaru.

**Analisa Kadar TSS**

Kertas saring Whatman no.41 ditetesi dengan akuades, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Kemudian dimasukkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang. Sampel air limbah kemudian disaring sebanyak 50 ml dan dikocok sampai homogen. Lalu, air limbah disaring dengan kertas saring Whatman, kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Setelah dioven, masukkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang. Ditentukan besar TSS dengan menggunakan rumus:

$$TSS = ((A-B) \times 1000) / (V) \dots\dots\dots(1)$$

- Keterangan :
- A = berat kertas saring + sampel setelah dioven (mg)
  - B = berat kertas saring setelah dioven (mg)
  - V = volume sampel (ml)

**Pengujian Tingkat Keasaman (pH)**

Sampel limbah disiapkan dalam cawan petri sebanyak 5 ml. Kertas pH dicelupkan ke dalam sampel air limbah sampai diperoleh perubahan warna. Warna yang timbul dicocokkan dengan skala warna yang ada dan dicatat hasilnya. Pengujian pH dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

**Pengujian Sifat Fisik**

Uji sifat fisik pada limbah cair dilakukan berdasarkan pada proses penginderaan meliputi warna, aroma dan kekeruhan dengan menggunakan *score sheet* yang diisi oleh 15 orang panelis. Hasil yang didapat dari uji sifat fisik tersebut kemudian dirata-ratakan untuk menentukan perbandingan terbaik berdasarkan nilai rata-rata tertinggi. Adapun skala yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Skala parameter pengamatan:

Skala	Warna	Aroma	Kekeruhan
5	Jernih	Tidak ada aroma	Tidak keruh
4	Jernih kekuningan	Sedikit aroma busuk	Sedikit keruh
3	Coklat	Cukup aroma busuk	Cukup keruh
2	Coklat kehitaman	Aroma Busuk	Keruh
1	Hitam pekat	Sangat aroma busuk	Sangat keruh

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan dilakukan pada perlakuan konsentrasi air limbah 100%, 75% dan 50% selama waktu pengamatan M0 (sebelum perlakuan), M1 (satu minggu setelah perlakuan), M2 (dua minggu setelah perlakuan), M3 (tiga minggu setelah perlakuan) dan M4 (empat minggu setelah perlakuan). Kemudian dilakukan pengukuran parameter yang meliputi pengukuran sifat kimia (BOD, COD, pH) dan TSS yang mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI Nomor 5 Tahun 2014, serta pengukuran sifat fisik (warna, aroma, dan kekeruhan).

#### 3.1 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014, menetapkan baku mutu BOD limbah sawit sebesar 100 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa semakin tinggi konsentrasi limbah cair yang digunakan akan semakin rendah tingkat persentase penurunan polutan pada parameter BOD, sedangkan semakin rendah konsentrasi limbah cair yang digunakan maka semakin besar tingkat persentase penurunan polutan pada limbah cair. Penelitian lain juga menunjukkan hal yang sama dengan fitoremediasi menggunakan tanaman akar wangi menghasilkan penurunan kadar BOD hingga 90% dalam POME dengan konsentrasi rendah dan penurunan kadar BOD hingga 60% dalam POME dengan konsentrasi tinggi<sup>(10)</sup>.

Adapun hasil dari perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3. Di mana dapat dilihat bahwa perlakuan A1 (air limbah konsentrasi 100%) dan A2 (air limbah konsentrasi 75%) belum memenuhi baku mutu, sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar bisa memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan dan tidak memberi dampak buruk terhadap ekosistem lingkungan.

Tabel 3. Perbandingan Efluen dengan Baku Mutu pada parameter BOD

Perlakuan	Waktu pengamatan	BOD (mg/l)	Baku Mutu BOD (mg/l)	Keterangan	Persentase Reduksi (%)
A1 (air limbah 100%)	M0	2.142,9	100	Tidak	0
	M1	1.914,29	100	Tidak	10,67
	M2	1.248,2	100	Tidak	41,75
	M3	918,4	100	Tidak	57,14
	M4	894,7	100	Tidak	58,25
A2 (air limbah 75%)	M0	1.914,3	100	Tidak	0
	M1	1.610,15	100	Tidak	15,89
	M2	805,07	100	Tidak	57,94
	M3	608,3	100	Tidak	68,22
	M4	304,15	100	Tidak	84,11
A3 (air limbah 50%)	M0	1.007,1	100	Tidak	0
	M1	891,55	100	Tidak	11,47
	M2	231,1	100	Tidak	77,05
	M3	115,55	100	Tidak	88,53
	M4	77,03	100	Ya	92,35

Walaupun belum mencapai baku mutu, nilai BOD mulai minggu pertama sampai minggu keempat mengalami penurunan. Keberadaan tanaman air di air limbah memanfaatkan CO<sub>2</sub> terlarut selama aktivitas fotosintesis<sup>(3)</sup>. Aktivitas fotosintesis meningkatkan oksigen terlarut di limbah, sehingga tercipta kondisi aerob yang mendukung bakteri aerob bekerja secara sinergis dengan eceng gondok untuk mengurangi nilai BOD. Selain sebagai penyedia oksigen untuk metabolisme bagi bakteri aerob dalam mendegradasi bahan organik, tanaman pada fitoremediasi juga bertindak sebagai media pertumbuhan bakteri tersebut. Oksigen yang dihasilkan oleh tanaman, dipindahkan ke permukaan akar sebagai tempat pertumbuhan bakteri untuk mendukung biodegradasi bahan organik dan menurunkan tingkat BOD. Oleh karena itu, proses alami pengolahan limbah adalah kombinasi dua arah degradasi organik oleh bakteri dalam suspensi dan melekat (biofilm) pada akar tanaman<sup>(11)</sup>. Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kadar BOD pada air limbah adalah konsentrasi limbah cair,

waktu pengolahan, dan jumlah tanaman eceng gondok

### 3.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 menetapkan baku mutu BOD sebesar 100 mg/l. Pengujian kadar COD pada minggu ke empat menunjukkan hasil kadar COD belum memenuhi baku mutu, sehingga limbah cair harus dilakukan pengolahan lebih lanjut agar bisa memenuhi syarat untuk bisa dibuang ke lingkungan dan tidak memberi dampak buruk terhadap ekosistem lingkungan. Walaupun nilai COD belum mencapai baku mutu, tetapi terus mengalami penurunan hingga pengamatan minggu ke empat. Turunnya nilai COD dikarenakan adanya aktivitas fotosintesis oleh eceng gondok yang mendukung aktivitas bakteri aerob untuk mendegradasi zat-zat berbahaya pada limbah<sup>(3)</sup>

Pada Tabel 4 berikut disampaikan hasil perbandingan efluen dengan baku mutu pada parameter COD dari berbagai perlakuan pada penelitian ini.

Tabel 4 Perbandingan Efluen dengan Baku Mutu pada parameter COD

Perlakuan	Waktu pengamatan	Hasil uji COD (mg/l)	Baku Mutu COD (mg/l)	Keterangan	Persentase reduksi (%)
A1 (air limbah 100%)	M0	11.200	350	Tidak	0
	M1	7.760	350	Tidak	30,71
	M2	6.880	350	Tidak	38,57
	M3	5.600	350	Tidak	50
	M4	4.320	350	Tidak	61,43
A2 (air limbah 75%)	M0	10.560	350	Tidak	0
	M1	7.200	350	Tidak	31,82
	M2	6.080	350	Tidak	42,42
	M3	3.360	350	Tidak	68,18
	M4	1.120	350	Tidak	89,39
A3 (air limbah 50%)	M0	5.760	350	Tidak	0
	M1	2.880	350	Tidak	50
	M2	1.320	350	Tidak	77,08
	M3	660	350	Tidak	88,54
	M4	440	350	Tidak	92,36

Faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan kadar COD pada air limbah adalah konsentrasi atau pengenceran air limbah, waktu pengolahan, dan jumlah tanaman eceng gondok, selain itu semakin encer limbah cair atau semakin rendah konsentrasi limbah cair yang dilakukan pengolahan, maka proses fitoremediasi oleh tanaman eceng gondok akan semakin optimal, begitupun sebaliknya. Adapun

rekomendasi pengolahan limbah cair agar memenuhi baku mutu kadar COD dengan dilakukan pengolahan air limbah lanjutan dengan pengolahan tersier yaitu dengan penambahan bahan-bahan kimia.

### 3.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014

menetapkan baku mutu TSS sebesar 250 mg/l. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TSS konsentrasi air limbah 75% dan 50% memenuhi

baku mutu. Berikut merupakan hasil pengukuran TSS pada tabel 5.

Tabel 5 Perbandingan Efluen dengan Baku Mutu pada parameter TSS

Perlakuan	Waktu pengamatan	Hasil uji TSS (mg/l)	Baku Mutu TSS (mg/l)	Keterangan	Persentase reduksi (%)
A1 (air limbah 100%)	M0	13.400	250	Tidak	0
	M1	400	250	Tidak	97,01
	M2	400	250	Tidak	97,01
	M3	400	250	Tidak	97,01
	M4	400	250	Tidak	97,01
A2 (air limbah 75%)	M0	2.000	250	Tidak	0
	M1	200	250	Ya	90
	M2	200	250	Ya	90
	M3	200	250	Ya	90
	M4	200	250	Ya	90
A3 (air limbah 50%)	M0	1.600	250	Tidak	0
	M1	0	250	Ya	100
	M2	0	250	Ya	100
	M3	0	250	Ya	100
	M4	0	250	Ya	100

Kadar TSS pada limbah cair mengalami penurunan pada minggu pertama setelah perlakuan, sedangkan untuk minggu selanjutnya tidak mengalami penurunan kembali. Hal ini sejalan dengan penelitian lain yang menemukan bahwa penurunan TSS menunjukkan laju yang maksimal pada hari ke 0-8 dan cenderung stagnan bahkan sempat naik di hari-hari selanjutnya<sup>(12)</sup>. Penurunan laju penurunan TSS disebabkan oleh tersumbatnya media filter baik oleh padatan terlarut maupun oleh materi organik<sup>(13)</sup>. Sehingga diperlukan langkah pemeliharaan baik sebelum limbah cair tersebut memasuki bak reaktor; seperti dengan melakukan sedimentasi; maupun setelah melalui proses filtrasi seperti dengan melakukan pembersihan media filtrasi.

Hal ini disebabkan terbatasnya pertumbuhan media tanaman sebagai agen fitoremediasi. Penurunan padatan terlarut pada fitoremediasi melibatkan mekanisme filtrasi oleh akar dan sedimentasi partikel tersuspensi dalam tangki percobaan<sup>(14)</sup>, sehingga kapasitas filtrasi akar tanaman akar dipengaruhi oleh pertumbuhan tanaman itu sendiri<sup>(12)</sup>. Sehingga saat tanaman sebagai agen fitoremediasi telah melewati masa pertumbuhan optimal, maka kemampuan filtrasi padatan terlarut juga mengalami penurunan. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi penurunan kadar TSS pada air

limbah yaitu konsentrasi air limbah, jumlah masing-masing media penyaring, dan tingkat kejenuhan media penyaring dalam bak reaktor. Semakin encer limbah cair atau semakin rendah konsentrasi limbah cair yang diolah, maka proses filtrasi oleh media penyaring akan semakin optimal, demikian pula sebaliknya

### 3.4 pH (Tingkat Keasaman)

Hasil fitoremediasi air limbah pada minggu keempat menunjukkan bahwa pH air limbah telah memenuhi baku mutu yaitu 6–9. Sebagaimana diketahui bahwa pada pH 6–9, kehidupan biota dalam suatu perairan dapat berlangsung secara normal, baik kehidupan hewan maupun tumbuhan air, karena dalam kondisi tersebut proses-proses kimia dan mikrobiologis yang menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi kehidupan biota serta kelestarian lingkungan tidak terjadi. pH air limbah pabrik kelapa sawit setelah pengolahan fitoremediasi telah memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan. Semakin encer limbah cair atau semakin rendah konsentrasi limbah cair yang dilakukan pengolahan, maka proses fitoremediasi oleh tanaman eceng gondok akan semakin optimal, demikian pula sebaliknya.

Adapun hasil pengukuran pH sebagai akibat dari perlakuan ditunjukkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Perbandingan Efluen dengan Baku Mutu pada parameter pH

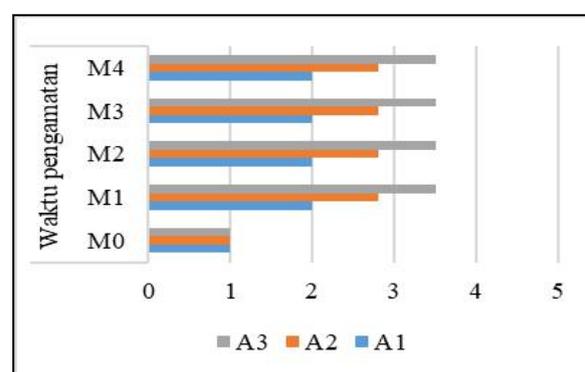
Perlakuan	Waktu pengamatan	Hasil uji pH	Baku Mutu pH	Keterangan
A1 (air limbah 100%)	M0	4	6,0 – 9,0	Tidak
	M1	4,5	6,0 – 9,0	Tidak
	M2	5	6,0 – 9,0	Tidak
	M3	6	6,0 – 9,0	Ya
	M4	8	6,0 – 9,0	Ya
A2 (air limbah 75%)	M0	4	6,0 – 9,0	Tidak
	M1	4,5	6,0 – 9,0	Tidak
	M2	6	6,0 – 9,0	Ya
	M3	7	6,0 – 9,0	Ya
	M4	8	6,0 – 9,0	Ya
A3 (air limbah 50%)	M0	5	6,0 – 9,0	Tidak
	M1	6	6,0 – 9,0	Ya
	M2	7	6,0 – 9,0	Ya
	M3	8	6,0 – 9,0	Ya
	M4	9	6,0 – 9,0	Ya

pH merupakan salah satu faktor yang menentukan pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman akan terhambat karena rendahnya nilai pH yang mengakibatkan berkurangnya kandungan unsur penting bagi tanaman, yaitu fosfor dan nitrogen. Selain itu, nilai pH yang rendah juga dapat menghambat proses rhizofiltrasi karena rusaknya sistem perakaran terutama akar-akar muda. Namun, pertumbuhan eceng gondok baru akan terhambat pada  $\text{pH} < 4$ <sup>(15)</sup> sehingga tanaman eceng gondok yang digunakan pada penelitian ini tidak mengalami hambatan dalam pertumbuhan selama proses fitoremediasi berlangsung. Penggunaan tanaman pada proses fitoremediasi dapat berlangsung optimum pada pH 6-8<sup>(4)</sup>. Mekanisme peningkatan pH berlangsung secara kimia dengan reaksi antara  $\text{CO}_2$  dengan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk membentuk  $\text{H}_2\text{CO}_3$  yang terdisosiasi menjadi  $\text{HCO}_3^-$  dan  $\text{H}^+$ .  $\text{HCO}_3^-$  kemudian terdisosiasi dalam bentuk karbonat. Jumlah ion karbonat secara bertahap meningkat sementara ion karbonik berkurang yang akan meningkatkan ion hidroksida dan selanjutnya akan meningkatkan nilai pH<sup>(16)</sup>.

### 3.5 Uji Sifat Fisik

Perubahan warna yang terjadi pada air limbah dikarenakan adanya proses penyaringan yang dilakukan di dalam bak reaktor, dimana bak reaktor tersebut terdiri dari beberapa media penyaring diantaranya pasir, kerikil, sabut kelapa dan spons. Media pasir, kerikil dan sabut kelapa berfungsi untuk menyaring air limbah dari padatan-padatan dan lumpur yang

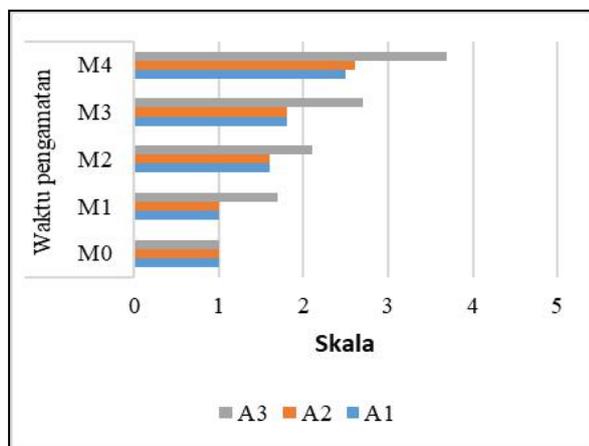
tercampur dalam air limbah. Media spons berfungsi untuk menyaring air limbah dari padatan atau partikel berukuran sangat kecil yang masih terbawa oleh air limbah hasil penyaringan dari media sebelumnya dan menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat atau penyulingan air. Berdasarkan hasil uji organoleptik pada parameter warna yang mengalami kenaikan menunjukkan bahwa proses penyaringan oleh 4 media penyaring dalam bak reaktor telah berlangsung dengan baik. Hal ini sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah.



Gambar 2. Grafik sifat fisik parameter warna

Kenaikan skala parameter aroma sangat berbeda saat air limbah sebelum perlakuan dan empat minggu setelah perlakuan, hal tersebut ditandai dengan kenaikan skala parameter aroma. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai hasil dari perlakuan yang diberikan, kenaikan skala parameter aroma yang paling besar terjadi pada perlakuan A3 (air limbah

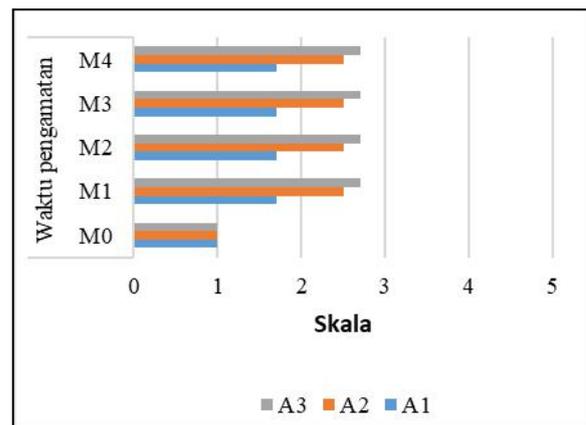
konsentrasi 50%) dengan skala 3,7 (sedikit beraroma busuk), sedangkan kenaikan paling rendah terjadi pada perlakuan A1 (air limbah konsentrasi 100%) dengan skala 2,5 (beraroma busuk). Kenaikan skala parameter aroma ini terjadi karena pada proses penyaringan oleh media spons berlangsung dengan baik pada tiap minggunya, di mana spons berfungsi untuk menyaring atau menghilangkan bau, warna, zat pencemar dalam air, sebagai pelindung dan penukaran resin dalam alat atau penyulingan air<sup>(17)</sup>. Berdasarkan hasil tersebut dapat diartikan bahwa proses penyaringan oleh media spons berlangsung dengan baik. Semakin rendah konsentrasi air limbah kelapa sawit maka kenaikan skala parameter aroma akan semakin besar, dan semakin tinggi konsentrasi air limbah kelapa sawit maka kenaikan skala parameter aroma akan semakin rendah.



Gambar 3. Grafik sifat fisik parameter aroma

Penurunan kekeruhan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, terjadi pada perlakuan A1 (air limbah konsentrasi 100%), A2 (air limbah konsentrasi 75%) dan A3 (air limbah konsentrasi 50%), besarnya penurunan yang terjadi berbeda antara satu perlakuan dengan perlakuan lain. Berdasarkan Gambar 3, penurunan kekeruhan paling besar terjadi pada perlakuan A3 (air limbah konsentrasi 50%) dengan skala 2,7 yang artinya cukup keruh. Penurunan tingkat kekeruhan ini berkaitan erat dengan penurunan TSS pada air. terjadi karena hasil penyaringan pada bak reaktor yang terdiri dari 4 media penyaring yaitu pasir, kerikil, sabut kelapa dan spons. Penggunaan 4 (empat) media penyaring ini bertujuan untuk memisahkan air limbah dari padatan, lumpur atau partikel lain yang ada di dalam air limbah sehingga akan menghasilkan air limbah yang memiliki tingkat kekeruhan yang rendah selain itu juga akan menurunkan kadar TSS (padatan terlarut) yang ada di dalam air limbah hasil penyaringan. Kenaikan skala kekeruhan tersebut menunjukkan bahwa proses

penyaringan pada bak reaktor berlangsung sangat baik.



Gambar 4. Grafik sifat fisik parameter kekeruhan

### 3.6 Pembahasan Umum

Dari hasil analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa dari parameter uji yang dilakukan, parameter pH sudah menunjukkan hasil yang positif. Sementara itu, selama 4 minggu pengamatan, parameter BOD, COD, dan TSS belum optimal diturunkan untuk memenuhi baku mutu air limbah. Konsentrasi air limbah yang menunjukkan hasil positif hanya pada konsentrasi air limbah 50%, di mana pada parameter BOD dan TSS, hasil ujinya berada di dalam standar baku mutu. Sementara itu, pada parameter COD tidak ada konsentrasi air limbah yang digunakan yang menunjukkan nilai di dalam standar baku mutu air limbah. Salah satu langkah yang dapat diaplikasikan untuk dapat menurunkan nilai BOD dan COD dengan lebih optimal adalah dengan menggunakan kombinasi tanaman sebagai fitoremediator. Tanaman yang dipilih harus memiliki karakteristik pertumbuhan optimal pada pH yang lebih rendah dari pH kritis pertumbuhan eceng gondok, seperti purun tikus yang dapat tumbuh dengan normal bahkan pada pH<4<sup>(15)</sup>. Sehingga, pada awal pengamatan dengan pH yang lebih rendah, tanaman tersebut dapat tumbuh lebih subur dan memiliki metabolisme yang lebih tinggi dalam melakukan fitoremediasi dibandingkan dengan eceng gondok yang memiliki pH optimal untuk pertumbuhan mendekati pH netral<sup>(18)</sup>.

Untuk dapat mencapai keberhasilan filtrasi dan fitoremediasi seperti penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, diperlukan penurunan konsentrasi air limbah yang akan diolah terlebih dahulu untuk meningkatkan efektifitas filtrasi dalam menurunkan kekeruhan dan TSS air limbah. TSS dan kekeruhan air limbah harus ditekan untuk selanjutnya dapat meningkatkan efektifitas baik rhizofiltrasi maupun proses fotosintesis tanaman eceng gondok dalam menyediakan oksigen bagi

aktifitas bakteri aerob dalam mendegradasi limbah. Pada prakteknya di lapangan, metode filtrasi dan fitoremediasi bisa menggantikan kolam aerobik. Hal ini dapat dilihat bahwa dengan menggunakan sumber efluen yang sama dengan proses aerobik (efluen bersumber dari kolam anaerobik) proses fitoremediasi menggunakan prinsip yang sama yaitu menggunakan mikroba yang membutuhkan oksigen untuk mendegradasi limbah. Pada proses fitoremediasi, oksigen yang diperlukan diperoleh dari proses fotosintesis yang dihasilkan oleh tanaman untuk digunakan oleh mikroba untuk mendegradasi limbah. Ditambah lagi, pada proses fitoremediasi tanaman juga berperan dalam menurunkan parameter mutu limbah melalui rhizofiltrasi. Potensi substitusi kolam aerobik dengan proses filtrasi-fitoremediasi dapat dilihat juga dari hasil filtrasi-fitoremediasi yang bisa menurunkan nilai BOD, TSS, dan pH hingga di bawah baku mutu, dan COD yang sudah mendekati baku mutu dalam waktu 4 minggu (30 hari). Sementara itu, kolam aerobik memiliki waktu tunggu hingga 60 hari<sup>(19)</sup>. Sehingga pada aplikasi di Pabrik Kelapa Sawit dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah konvensional kolam aerobik dapat disubstitusi dengan instalasi filtrasi dan fitoremediasi dengan menggunakan kapasitas terpasang kolam bertingkat sebagai sarana penurunan konsentrasi efluen dari kolam anaerobik dengan menumbuhkan agen fitoremediasi di permukaan kolam.

Selanjutnya, untuk mengurangi waktu filtrasi dan fitoremediasi yang membutuhkan waktu hingga 4 minggu, maka proses filtrasi harus diaplikasikan dengan proses pencucian filter setiap minggunya, agar proses filtrasi dapat terus dilakukan dengan filter yang baru. Selain itu, proses fitoremediasi harus dilakukan dengan kombinasi tanaman yang menyesuaikan dengan karakteristik limbah yang digunakan, seperti penggunaan tanaman yang lebih tahan pH rendah pada awal proses fitoremediasi, tanaman yang dapat mengadsorpsi cemaran logam tertentu, dan tanaman yang memiliki simbiosis yang optimal dengan mikroba untuk mendegradasi bahan organik dari limbah. Penggunaan kombinasi tanaman ini akan lebih mengoptimalkan proses fitoremediasi sehingga waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan parameter POME dapat dipersingkat.

#### 4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah proses pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan metode filtrasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) tidak efektif untuk diaplikasikan karena hasil analisis menunjukkan

belum semua hasil uji memenuhi baku mutu untuk aman dibuang ke lingkungan atau perairan sehingga diperlukan proses pengolahan air limbah lebih lanjut. Hasil analisis BOD yang belum memenuhi mutu pada minggu ke-4 yaitu pada perlakuan konsentrasi 100% dan 75%, (berturut-turut 894,7 mg/L dan 304,15 mg/L), dan memenuhi baku mutu pada perlakuan konsentrasi 50% (77,03 mg/L). Semua hasil analisis COD belum memenuhi baku mutu (berturut-turut pada konsentrasi 100, 75, dan 50% adalah 4.320 mg/L, 1.120 mg/L dan 440 mg/L). Hasil analisis TSS yang belum memenuhi baku mutu adalah pada konsentrasi air limbah 100% (400 mg/L), dan memenuhi baku mutu pada konsentrasi 75% dan 50% (berturut-turut adalah 200 mg/L dan 0 mg/L). Semua hasil analisis pH memenuhi baku mutu (berturut-turut pada konsentrasi air limbah 100%, 75%, dan 50% yaitu 8, 8 dan 9).

#### PERSANTUNAN

Dengan selesainya penelitian ini saya mengucapkan terimakasih yang sebenarnya kepada Alah SWT atas semua karuniannya yang telah dilimpahkan. Terimakasih kepada kedua orang tua, saudara/i, sahabat dan teman-teman yang selalu memberikan doa dan dukungan, serta seluruh dosen Politeknik Negeri Tanah Laut dan seluruh Staff Laboratorium yang telah membantu dalam proses penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Ibe, I.J., Ogbulie, J.N., Orji, J.C., Nwanze, P.I., Ihejirika, C. & Okechi, R.N. (2014). Effects of Palm Oil Mill effluent (Pome) on soil bacteria and enzymes at different seasons. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3 (10) : 928-934
2. Bala, J.D., Lalung, J., & Ismail, N., (2014). Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment "Microbial Communities in an Anaerobic Digester": A Review., *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4 (6) : 1-24
3. Darajeh, N., Idris, A., Truong, P., Aziz, A.A., Bakar, R.A., & Man, H.C. (2014). Phytoremediation Potential of Vetiver System Technology for Improving the Quality of Palm Oil Mill Effluent. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014 : 1-10
4. Siregar, U.J., & Siregar, C.A. (2010). *Fitoremediasi: Prinsip dan Prakteknya dalam Restorasi Lahan Paska Tambang Di Indonesia*, Seameo Biotrop. Jakarta: Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology

5. Mânzatu, C., Nagy, B., Silaghi-Dumitrescu, L., Török, A., & Cornelia, M.(2015). Crystal Violet Dye Biosorption and Phytoextraction using Living *Salvinia natans* and *Salvinia natans* powder: A comparative study. *Studia UBB Chemia*, 4 : 289-304
6. Shrestha, P., Bellitürk, K., Görres, J.H. (2019). Phytoremediation of Heavy Metal-Contaminated Soil by Switchgrass: A Comparative Study Utilizing Different Composts and Coir Fiber on Pollution Remediation, Plant Productivity, and Nutrient Leaching. *International Journal of Environmental Research Public Health*, 16(1261) : 1-16
7. Febriani, I.K. & Hadiyanto. (2017). Application of Pesticide Phytoremediation in Irrigated Rice Fields System using Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Plants. Paper presented at the The 2nd International Conference on Energy, Environmental and Information System (ICENIS 2017)
8. Chuckwunonso, O.I., Fauziah, S.H., & Redzwan, G. (2014). The Utilization of Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) as Aquatic macrophage Treatment System (AMATS) in Phytoremediation for Palm Oil Mill Effluent (POME). *International Journal of Science : Basic and Applied Research*, 13 (2) : 31-47
9. Tan, I.A.W., Jamalib, N.S., dan Ting, W.H.T. (2019). Phytoremediation of Palm Oil Mill Effluent (POME) Using *Eichhornia crassipes*. *Journal of Applied Science & Process Engineering*, 6(1) : 340-354
10. Astuti, A.D., Lindu, M., Yanidar, R., dan Kleden, M.M. (2016). Kinerja Subsurface Constructed Wetland Multilayer Filtration Tipe Aliran Vertikal Dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetivera zozanoides*) dalam Penyisihan BOD Dan COD Dalam Air Limbah Kantin. *Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah*, 1(2) : 91-108
11. Ng, Y.S., Samsudin, N.I.S., & Chan, D.J.C. (2017). Phytoremediation Capabilities of *Spirodela polyrhiza* and *Salvinia molesta* in Fish Farm Wastewater: A Preliminary Study. Paper presented at the 29th Symposium of Malaysian Chemical Engineers (SOMChE)
12. Sa'at, S.K.M. & Zaman, N.Q. (2017). Phytoremediation Potential of Palm Oil Mill Effluent by Constructed Wetland Treatment. *Galeri Warisan Kejuruteraan* 1(1) : 49-54
13. Pucher, B., & Langergraber, G. (2019). The State of the Art of Clogging in Vertical Flow Wetlands. *Water* 11 (2400) : 1-27
14. Salgueiro, J. L., Pérez, L., Maceiras, R. Sánchez, A. & Cancela, A. (2016). Bioremediation of Wastewater using *Chlorella vulgaris* Microalgae: Phosphorus and Organic Matter. *International Journal of Environmental Research*, 10(3) : 465-470
15. Yunus, R., & Prihatini, N.S., (2018). Fitoremediasi Fe dan Mn Air Asam Tambang Batubara dengan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dan Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*) pada Sistem LBB di PT. JBG Kalimantan Selatan. *Jurnal Sainsmat*, 7(1) : 73-85
16. Kadarini, T., Musthofa, S.Z., Subandiyah, S., & Priono. (2015). Pengaruh Penambahan Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>) dalam Media Pemeliharaan Ikan Rainbow Kurumoi (*Melanotaenia parva*) Terhadap Pertumbuhan Benih dan Produksi Larvanya. *Jurnal Riset Akuakultur* 10 (2) : 187-197
17. Novia, Ajeng Ari, Aulia Nadesya, Dara Janti Harliyanti, Mohammad Ammar, dan Rizka Arbaningrum. (2019). Alat Pengolahan Air Baku Sederhana Dengan Sistem Filtrasi. *Widyakala*, 6 : 12-20
18. Nyananyo, B.L., Gijo, A.H., & Ogamba, E.N. (2007). The Physico-chemistry and Distribution of Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) on the river Nun in the Niger Delta. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 11(3) : 133-137
19. Rahardjo, P.N. (2009). Studi Banding Teknologi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(1) : 09-1