

Pengolahan limbah *Palm Oil Mill Effluent (POME)* menggunakan proses aerasi dalam kolom aerator plat berlubang

Palm Oil Mill Effluent (POME) waste treatment using aeration process in perforated plate aerator column

S. Sisnayati^{1,*}, Dian S. Dewi¹, R. Komala¹, M. Meilianti², M. Faizal³

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tamansiswa Palembang – Indonesia

²Program Studi Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang – Indonesia

³Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Inderalaya – Indonesia

*Email: sisnayati@unitaspalembang.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil terbesar *Crude Palm Oil (CPO)* di dunia. Namun industri ini menghasilkan limbah cair yang disebut *Palm Oil Mill Effluent (POME)* yang dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup. Teknologi yang digunakan untuk mengolah POME pada penelitian ini adalah Kolom Aerasi Plat Berlubang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh waktu aerasi terhadap kualitas POME ditinjau dari penurunan kandungan Chemical Oxygen Demand (COD), Nitrogen Total (N-Total) dan pH dalam POME. Rangkaian alat penelitian terdiri dari Kolom Aerator dengan tinggi 100 cm dan diameter 10 cm serta di dalam kolom aerator dipasang plat berlubang dengan diameter lubang 0,5 cm dengan jarak masing-masing plat 10 cm. Pengambilan sampel dilakukan setiap 24 jam selama rentang waktu 6 hari, untuk diukur nilai pH menggunakan metode elektrometri, pengukuran nilai COD menggunakan metode reflux dan nilai N-Total diukur berdasarkan metode Kjeldahl. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik limbah POME sebelum proses aerasi memiliki nilai pH 5,73 dan mengandung COD dan N-Total yang sangat tinggi, yaitu berturut-turut 1.475,14 mg/L dan 91,12 mg/L yang melebihi ambang batas baku mutu lingkungan yang diizinkan. Kenaikan pH seiring dengan berjalannya waktu aerasi. Nilai pH tertinggi terjadi pada sampel POME I pada hari ke-5, yaitu 7,47. Semakin lama proses aerasi, maka kandungan COD dan N-Total akan semakin menurun, yaitu penurunan COD terbesar pada sampel POME II pada hari ke-6, sebesar 37,58 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 97,45%. Penurunan kandungan N-Total terbesar terjadi pada sampel POME I di hari ke-6, yaitu sebesar 0,42 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 99,54%.

Kata Kunci: Aerasi, kolom plat berlubang, POME

Abstract

Indonesia is one of the largest producing countries for *Crude Palm Oil (CPO)* in the world. However, this industry produces a wastewater, called *Palm Oil Mill Effluent (POME)* which can have a negative impact on the environment. The technology used to treat POME in this research was a *Perforated Plate Aeration Column*. The purpose of this study was to determine how the effect of aeration time on the quality of POME in terms of decreasing the content of *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Total Nitrogen (N-Total)* and *pH* in POME. The series of research tools consisted of an *Aerator Column* with a height of 100 cm, and a diameter of 10 cm and inside the aerator column a perforated plate with a hole diameter of 0.5 cm with a distance of each plate was 10 cm. Sampling was carried out every 24 hours for a span of 6 days, to measure the pH value using the electrometric method, the COD value measurement using the reflux method and the N-Total value measured using the Kjeldahl method. The results showed the characteristics of POME wastewater before the aeration process had a pH value of 5.73 and contained very high COD of 1.475.14 mg/L and N-Total of 91.12 mg/L which exceeded the environmental quality standard. The pH increased with the aeration time. The highest pH value occurred in the POME I sample on day 5, which was 7.47. The longer the aeration process, the COD and N-Total content will decrease. The largest decreasing of COD occurred in the POME II sample on day 6, amounting to 37.58 mg/L

with a percentage decrease of 97.45%. The largest decrease in total N content occurred in the POME I sample on day 6, which was 0.42 mg/L with a percentage decrease of 99.54%

Keywords: Aeration, perforated plate column, POME

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, saat ini pembangunan di sektor industri minyak kelapa sawit atau yang lebih dikenal dengan *Crude Palm Oil Mill* (CPO) berkembang pesat. Dari data *Oil World*, pada tahun 2019, CPO merupakan jenis minyak nabati yang paling banyak dikonsumsi, yaitu sebesar 33% (Oil World, 2019; Gumelar, dkk., 2020). Indonesia merupakan negara penghasil CPO terbesar di dunia, yaitu 51,81 juta ton CPO (Amalia, dkk., 2020). Dengan meningkatnya produksi CPO, maka akan memberikan dampak yang positif untuk pendapatan negara (Gumelar, dkk., 2020). Namun peningkatan produksi CPO akan mengakibatkan hasil samping limbah cair *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang semakin meningkat juga (Fitria, dkk., 2021). Hal ini memberikan dampak pada tingginya biaya operasi untuk pengolahan limbah cair tersebut. Di samping itu, POME yang dihasilkan akan rentan untuk mencemari lingkungan (Mohammad, dkk., 2021). Sehingga, diperlukan suatu metode yang efektif untuk mengolah POME agar tidak mencemari lingkungan.

Limbah POME mempunyai karakteristik berwarna kecoklatan, memiliki kandungan COD yang tinggi, yaitu 68.000 mg/L, bersifat asam dengan kisaran pH 3–5 serta mengandung N-Total sebesar 70 mg/L, dengan komposisi 95% air, 4–5% padatan terlarut dan tersuspensi, 0,5–1% minyak dan koloid, (Yuna dan Mardina, 2019; Basopi, dkk., 2020; Mohammad, dkk., 2021). Nilai COD, pH dan N-Total yang terkandung dalam POME masih di atas baku mutu lingkungan yang diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yang tunjukkan pada Tabel 1 (PPRI., 2014).

Tabel 1. Baku Mutu Limbah POME¹

Parameter	Satuan	Maksimum
pH	-	6 - 9
COD	mg/L	350
N-Total	mg/L	50

¹ Permen LH RI No. 5 Tahun 2014

Nilai pH sangat menentukan pertumbuhan jenis bakteri dalam POME (Loretta, dkk., 2016). Bakteri asidogen baik tumbuh pada pH 5-6 (Trisakti, dkk., 2017) sedangkan bakteri asetonogen dan metanogen baik tumbuh pada pH 6-7 (Damayanti, dkk., 2019). Oleh karena itu, sering kali limbah POME yang memiliki pH awal 3-5 harus dikondisikan terlebih dahulu pada pH 6,5-7,5 (Akhbari, dkk., 2020). Sistem *buffering*

menggunakan sodium bikarbonat, kapur atau sodium hidroksida secara umum digunakan untuk mengatur pH POME sebelum proses *treatment* (Akhbari, dkk., 2020).

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan banyaknya jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang terkandung dalam air (Płuciennik-Koropczuk dan Myszograj, 2019). Proses oksidasi ini akan menghasilkan gas H₂O dan CO₂ (Loretta, dkk., 2016), dan hampir semua zat organik teroksidasi, yaitu sekitar 85% teroksidasi menjadi H₂O dan CO₂ dalam lingkungan asam (Doltade, dkk., 2022). Nilai COD menjadi ukuran untuk pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Andika, dkk., 2020).

Nitrogen Total (N-Total) merupakan banyaknya jumlah kandungan nitrogen keseluruhan yang terdapat di dalam air limbah (McCarty, 2018). Nitrogen merupakan salah satu unsur utama yang digunakan oleh bakteri anaerobik (Hasanudin dan Haryanto, 2018). Kandungan N-Total yang tinggi dalam POME akan menjadi umpan bagi pertumbuhan alga yang tak terkontrol yang dikenal dengan *alga bloom* atau eutrofikasi sehingga akan memicu perebutan oksigen oleh biota di dalam air yang mengakibatkan kematian ikan-ikan (Nta, dkk., 2020). Selain kekurangan oksigen, ikan-ikan juga akan mengalami keracunan akibat hasil ekskresi dari aktivitas metabolisme yang dilakukan oleh alga (Pashaei, dkk., 2022).

Beberapa cara yang sudah dilakukan untuk mengolah limbah POME yaitu fitoremediasi, filtrasi dan aerasi. (Ilmanafian, dkk., 2020 ; Sisnayati, dkk., 2021). Pada proses fitoremediasi memerlukan waktu yang lama sedangkan pada proses filtrasi, walaupun persentase penurunan kandungan kontaminannya sangat tinggi, namun memerlukan biaya operasional yang tinggi (Mohammad, dkk., 2021). Oleh sebab itulah maka diperlukan suatu metode untuk mengolah limbah POME yang relatif sederhana dan ekonomis.

Aerasi merupakan suatu proses penambahan oksigen dengan cara memberikan gelembung-gelembung udara ke dalam limbah POME dan membiarkannya naik dengan sendirinya (Yuniarti, dkk., 2019). Tujuan proses aerasi adalah untuk meningkatkan jumlah oksigen (O₂), mengurangi jumlah karbon dioksida (CO₂) dan menghilangkan bau pada air limbah (Drewnowski, dkk., 2019). Keunggulan proses aerasi adalah biaya pemeliharaan alat yang rendah, persentase penurunan kontaminan cukup besar, biaya instalasi

awal rendah dan tidak menimbulkan bau pada effluent yang dihasilkan (Dyagelev, dkk., 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Elystia, dkk. (2019) bertujuan untuk menghilangkan COD dan N-Total dalam POME menggunakan *Chlorella sp* yang memiliki ukuran mikroskopis, berat jenis rendah dan sulit dipisahkan dalam air limbah POME. Sel-sel *Chlorella sp* tersebut terperangkap dalam matriks Na-alginat membentuk manik-manik dengan diameter 3-4 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa manik-manik yang dibuat dari konsentrasi Na-alginat 8% mampu mengeliminasi, sebesar 11-62,46%. N-Total dan 23-63,1% COD pada hari ke tujuh. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Na-alginat yang lebih tinggi memiliki efisiensi penyisihan yang lebih tinggi.

Proses aerasi dapat mengurangi kandungan COD sebesar 91,06% dengan mengombinasikan berbagai jenis *bacteria-fungi* *Micrococcus luteus* 101PB, *Stenotrophomonas maltophilia* 102PB, *Bacillus cereus* 103PB, *Providencia vermicola* 104PB, *Klebsiella pneumonia* 105PB, *Bacillus subtilis* 106PB, *Aspergillus fumigatus* 107PF, *Aspergillus nomius* 108PF, *Aspergillus niger* 109PF dan *Meyerozyma guilliermondii* 110PF (Bala, dkk., 2018). Penggunaan jamur *Emericella ridulans* NFCCI 3643 pada kondisi aerobik dapat menurunkan kandungan COD sebesar 90% (Lanka dan Pydipalli, 2018). Kemudian Farraji, dkk., (2021) mengembangkan metode mengolah limbah POME dengan menambahkan air limbah domestik dan zeolit sebagai sumber mikroba ke *reaktor batch sequencing* (SBR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa COD dan N-Total berturut-turut 96,80% dan 98,20%.

Penelitian yang dilakukan oleh Yuniarti dkk., (2019) mengkaji pengaruh waktu operasi limbah POME terhadap konsentrasi COD, N Total dan pH dengan metode *air bubbling aerator*. Kolom aerator hanya berbentuk kolom kosong (tanpa menggunakan plat berlubang), dimana oksigen yang dihasilkan dari proses aerasi hanya berasal dari gelembung udara yang dimasukkan ke dalam aerator. Kemudian gelembung-gelembung tersebut akan bergabung menjadi gelembung yang lebih besar dan akan naik ke atas permukaan limbah sehingga oksigen yang dimasukkan ke dalam limbah POME akan semakin kecil. Padahal untuk proses aerasi memerlukan oksigen dalam jumlah yang besar. Dengan metode ini didapat persentase penurunan COD terbesar 58,33% (614,64 mg/L) pada hari ke-4, N-Total 99,66% (0,31 mg/L) pada hari ke-5 dan pH 9,26 pada hari ke-5. Hasil ini mengindikasikan bahwa metode *air bubbling aerator* mampu menurunkan kandungan COD dan N-Total dalam POME namun penurunan COD tersebut masih di atas batas baku mutunya (350 mg/L) yang diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Oleh karena

itu pada penelitian ini penambahan jumlah oksigen akan dimaksimalkan dengan adanya plat berlubang yang berfungsi sebagai pemecah gelembung-gelembung besar sehingga jumlah oksigen larut dalam POME akan semakin banyak.

Dari berbagai metode yang dilakukan untuk mengurangi kandungan COD, N-Total dan meningkatkan nilai pH yang terkandung dalam POME menggunakan proses aerasi menghasilkan persentase penurunan yang cukup besar, namun metode-metode tersebut masih memerlukan bahan tambahan lain selain udara yaitu berupa zeolit dan *bacteria-fungi* (Elystia, dkk., 2019; Bala, dkk., 2018; Lanka dan Pydipalli, 2018; Farraji, dkk., 2021) sehingga mengakibatkan proses pengolahannya memerlukan waktu yang lama dan biaya yang cukup besar. Begitu juga dengan metode *air bubbling aerator* (Yuniarti, dkk., 2019), hasil yang didapat tidak memenuhi standar baku mutu lingkungannya sehingga tidak efisien digunakan dalam menurunkan COD dalam POME. Hal ini disebabkan oleh oksigen yang masuk dialirkan begitu saja tanpa ke kolom aerator yang berbentuk tabung kosong (tanpa plat) dan tanpa perlakuan khusus untuk meningkatkan jumlah gelembung udaranya sehingga jumlah oksigen yang masuk masih sangat sedikit. Oleh sebab itu, diperlukan suatu metode yang lebih sederhana dan ekonomis untuk mengurangi kandungan COD dan N-Total serta dapat meningkatkan nilai pH pada POME dengan meningkatkan jumlah oksigen yang akan dimasukkan dalam POME, maka pada penelitian ini akan digunakan metode aerasi dalam kolom aerator plat berlubang. Kolom aerasi plat berlubang dirancang untuk meningkatkan jumlah oksigen yang masuk ke dalam POME dengan cara pembentukan gelembung-gelembung udara yang membentur plat berlubang. Dengan semakin banyak oksigen yang dimasukkan, diharapkan proses aerasi akan semakin sempurna. Disamping itu, proses aerasi yang dilakukan pada penelitian ini tidak memerlukan bahan kimia tambahan kecuali udara sehingga diharapkan metode ini dapat menjadi metode alternatif pengolahan POME yang lebih sederhana dan efisien.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh waktu aerasi menggunakan kolom aerator plat berlubang terhadap kualitas POME ditinjau dari penurunan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), Nitrogen Total (N-Total) dan pH dalam POME.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pompa udara dan kolom aerator plat berlubang. Bahan yang digunakan adalah udara dan limbah POME dari PTPN VII yang diambil pada kolam limbah pertama pengolahan limbah.

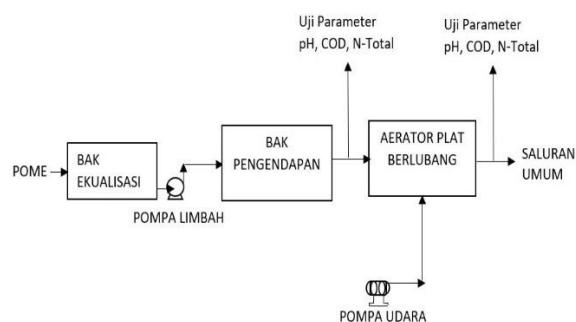
2.2. Variabel Penelitian

Limbah POME sebanyak 7 L dan debit udara yang dimasukkan ke dalam limbah POME diatur 5 L/menit yang menjadi variabel tetapnya. Variabel proses yang diamati adalah kandungan COD, N-Total dan nilai pH sebelum dan sesudah proses aerasi dengan kolom aerator plat berlubang, serta variabel perlakuan yang diamati adalah waktu aerasi setiap 24 jam (1 hari) yang dilakukan selama 6 hari. Proses aerasi dilakukan secara *batch*. Hasil penelitian diambil dengan 3 kali pengulangan sehingga didapat deviasi dari data hasil penelitian.

2.3. Prosedur Penelitian

Langkah awal pada penelitian ini adalah mengalirkan limbah POME yang berwarna kecoklatan sebanyak 7 L ke dalam bak ekualisasi untuk diseragamkan konsentrasi zat pencemar dalam limbah POME supaya homogen dan proses pengolahan limbah POME dapat berjalan stabil. Waktu tinggal limbah POME dalam bak ekualisasi selama 1 jam. Selanjutnya limbah POME dipompa ke bak pengendapan untuk proses sedimentasi dan menghilangkan kotoran padatan tersuspensi seperti lumpur anorganik yang terkandung dalam limbah POME, yang nantinya akan mengendap di dasar bak pengendapan. Kotoran padatan tersebut tidak dapat terurai secara biologis, dan jika tidak diendapkan maka akan menempel pada sehingga menghambat transfer oksigen ke dalam limbah POME. Pada bak pengendapan ini limbah POME akan dibuat sangat tenang untuk memberi kesempatan padatan/suspense untuk mengendap. Proses pengendapan akan berlangsung selama 2 jam. Selanjutnya air limpasan limbah POME dari bak pengendapan akan diidentifikasi kandungan COD, N-Total dan nilai pH nya dan dialirkan ke kolom aerator. Di dalam kolom aerator ini terdapat plat berlubang dan dihembuskan udara dengan debit 5 l/menit sehingga gelembung-gelembung udara akan semakin banyak dan udara yang larut ke dalam limbah POME juga akan semakin meningkat. Disamping itu, mikroorganisme yang ada akan menguraikan senyawa organik yang terkandung dalam limbah POME serta tumbuh dan menempel pada plat sehingga dapat meningkatkan efisiensi penguraian senyawa organik serta mempercepat proses nitrifikasi. Dari kolom aerator plat berlubang, limbah POME diambil sampel akhirnya untuk diuji kualitasnya (uji parameter COD, N-Total dan nilai pH). Uji parameter sampel POME ini dilakukan setelah proses aerasi dan diambil setiap 24 jam (1 hari) selama 6 hari. Kemudian limbah POME yang sudah sesuai dengan standar baku mutunya akan dibuang ke saluran pembuangan (lingkungan).

Skema proses pengolahan limbah POME menggunakan aerator plat berlubang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema penelitian pengolahan limbah POME menggunakan aerator plat berlubang

2.4. Uji kualitas sampel POME

Uji parameter kualitas POME seperti pH, COD dan N-Total tercantum dalam KEPMENLH Nomor 28 Tahun 2003 Tentang Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah dari Industri Minyak Sawit pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit.

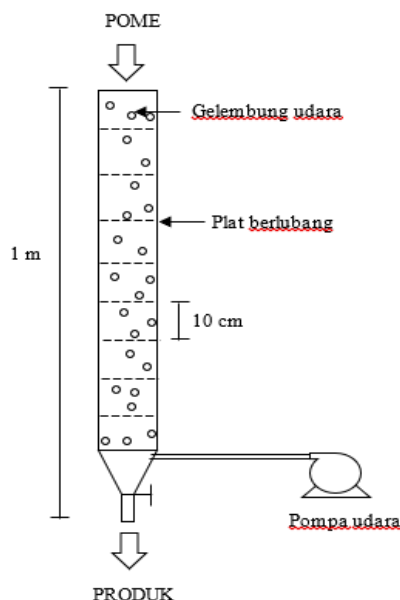
Pengukuran pH limbah POME dilakukan dengan metode elektrometri menggunakan pH meter mengacu pada metode SNI 06-6989.11-2004. Pertama-tama elektroda pada pH meter dikeringkan dengan tisu dan kemudian dibilas dengan aquades. Selanjutnya elektroda dibilas menggunakan sampel limbah POME yang akan diuji. Kemudian elektroda dicelupkan ke dalam sampel limbah POME sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tepat (Ramayanti & Amna, 2019).

Metode yang digunakan untuk pengukuran nilai COD adalah metode *reflux* secara titrimetri menggunakan asam pekat mengacu pada metode SNI 06-6989.15-2004. Sampel limbah POME dioksidasi dengan campuran mendidih asam sulfat dan kalium dikromat yang diketahui normalitasnya dalam reflux selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi kemudian dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) dan dihitung untuk menentukan kandungan CODnya (Zhang, dkk., 2018).

Sedangkan untuk penentuan nilai N-Total menggunakan metode Kjeldahl yang terdiri dari 3 tahap, yaitu destruksi, distilasi dan titrasi (Juliasih dan Amha, 2019). Pada tahap destruksi, nitrogen organik dioksidasi dalam larutan asam sulfat pekat menghasilkan senyawa ammonium sulfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$. Kemudian kandungan ammonium dapat ditentukan dengan cara distilasi. Selanjutnya ekstrak yang didapat dibasakan dengan penambahan larutan NaOH, kemudian NH_3 yang dibebaskan diikat dengan asam borat dan dititrasi dengan larutan asam sulfat menggunakan indikator Conway.

2.5. Rangkaian Alat Penelitian

Rangkaian alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. Kolom aerator dengan plat berlubang berbahan akrilik dirancang tanpa tutup (terbuka) dengan tinggi 100 cm dan diameter 10 cm serta di dalam kolom aerator dipasang plat berlubang dengan diameter lubang 0,5 cm. Jarak masing-masing plat berlubang adalah 10 cm.



Gambar 2. Rancangan kolom aerator plat berlubang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil analisis POME sebelum proses aerasi

Pada penelitian ini dilakukan pengujian limbah POME di PT. SUCOFINDO Palembang yaitu COD, N-Total dan pH yang masing-masing sampel dengan 3 kali pengulangan. Proses aerasi dengan kolom aerator plat berlubang dilakukan untuk meningkatkan kandungan oksigen yang terlarut dalam limbah POME. Langkah awal pada penelitian ini adalah menganalisis karakteristik awal limbah POME untuk mengetahui kandungan COD, N-Total dan pH dalam limbah POME yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil analisis awal limbah POME sebelum proses aerasi

Parameter	Satuan	Nilai	BML*
pH	-	5,73	6 – 9
COD	mg/L	1.475,14	350
N-Total	mg/L	91,12	50

* Permen LH RI No. 5 Tahun 2014

Dari Tabel 2 terlihat bahwa karakteristik awal limbah POME dari PTPN VII memiliki pH yang bersifat asam, yaitu 5,73 dan mengandung COD 1.475,14 mg/L dan N-Total 91,12 mg/L, dimana

nilai-nilai tersebut belum memenuhi standar baku mutu yang sudah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

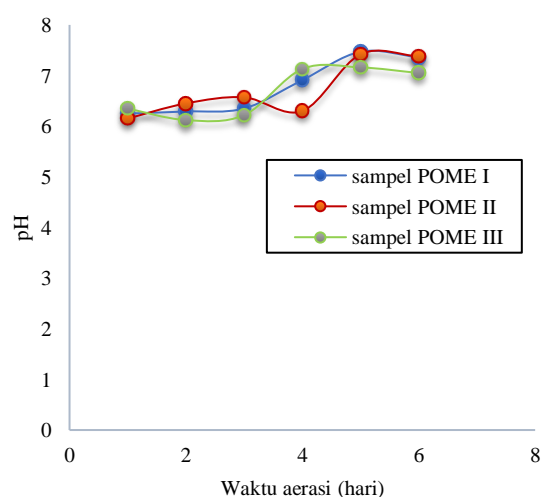
3.2. Hasil analisis POME setelah proses aerasi

Pada penelitian ini dilakukan proses aerasi menggunakan kolom aerator plat berlubang untuk meningkatkan jumlah oksigen terlarut yang masuk ke dalam limbah POME. Pada Gambar 4-6 ditunjukkan pengaruh waktu aerasi terhadap pH serta kandungan COD dan N-Total pada limbah POME setelah proses aerasi menggunakan kolom aerator plat berlubang. Limbah POME sebelum aerasi berwarna keruh kecoklatan dan setelah melalui proses aerasi, limbah POME berwarna kuning bening yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Limbah POME sebelum dan sesudah proses aerasi

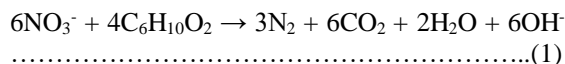
3.2.1. Pengaruh waktu aerasi terhadap pH



Gambar 4. Hubungan waktu aerasi terhadap pH

Dari Gambar 4, terlihat bahwa terjadi peningkatan pH setelah proses aerasi yang awalnya nilai pH 5,73 menjadi 6,25, 6,15 dan 6,35 pada sampel POME I, II dan III di hari ke-1, dan peningkatan pH tertinggi terjadi pada hari ke-5 pada sampel POME I dengan nilai pH 7,47.

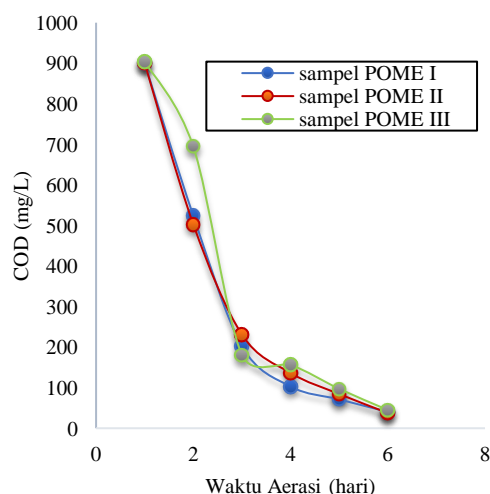
Dari hasil pengukuran pH selama 6 hari pada Gambar 4, didapat kenaikan nilai pH pada sampel POME I, II dan III berkisar 6,12-7,47, hal ini disebabkan adanya pelepasan gas CO₂ yang terlarut dalam limbah POME pada saat penambahan oksigen dari proses aerasi (Dominic dan Baidurah, 2022). Disamping itu, kenaikan pH tersebut dikarenakan adanya proses denitrifikasi yang akan melepaskan gas CO₂ dan H₂O serta terbentuknya ion OH⁻ yang dalam limbah POME dengan persamaan reaksi (Rajta, dkk., 2019) :



Hal ini sejalan dengan penelitian Li, dkk., (2018) yang menyatakan bahwa adanya ion hidroksida (OH⁻) yang dihasilkan dari denitrifikasi akan meningkatkan pH.

3.2.2. Pengaruh waktu aerasi terhadap kandungan COD

Proses aerasi juga mampu menurunkan kandungan COD dari 1.475,14 mg/L menjadi 900,17 mg/L, 900,49 mg/L dan 903,74 mg/L pada hari ke-1, namun nilai tersebut belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Penurunan COD terus berlangsung selama proses aerasi sehingga pada hari ke-3 nilai COD menjadi 202,56 mg/L, 231,15 mg/L dan 180,94 mg/L dan nilai tersebut sudah memenuhi baku mutu lingkungannya. Penurunan COD tertinggi pada hari ke-6 yaitu 37,58 mg/L pada sampel POME II.



Gambar 5. Hubungan waktu aerasi terhadap kandungan COD

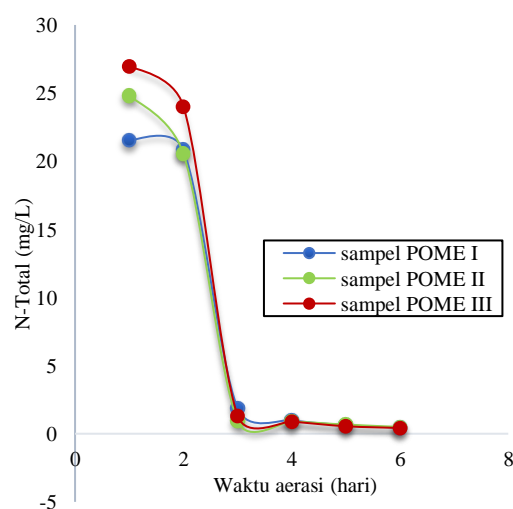
Gambar 5 menunjukkan bahwa hasil COD pada limbah POME yang telah dilakukan pengolahan proses aerasi dengan kolom aerator plat berlubang selama 6 hari. Nilai COD menurun secara signifikan pada hari ke-2 dan 3 disebabkan oleh banyaknya suplai oksigen yang dimasukkan sehingga dengan tercukupinya jumlah oksigen maka

akan terjadi proses oksidasi yang dapat membantu menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah POME. Penurunan nilai COD pada hari ke-4 sampai hari ke-6 sudah mulai mengecil mungkin disebabkan pada hari ke-4 sampai ke-6 terjadi proses oksidasi yang lebih besar sehingga membutuhkan O₂ yang lebih besar. Dengan suplay O₂ yang konstan menyebabkan penurunan nilai COD tidak signifikan (Zalfiatri, dkk., 2020).

Dari Gambar 5, terlihat bahwa semakin lama waktu aerasi maka akan menyebabkan semakin banyak oksigen terlarut dalam limbah POME sehingga proses oksidasi berjalan sempurna untuk mengurai senyawa organik yang terkandung dalam limbah POME dan mengakibatkan terjadinya penurunan kandungan COD (Zalfiatri, dkk., 2020).

Penurunan nilai COD mencapai batas baku mutu lingkungannya setelah waktu operasi pada hari ke-3 dengan konsentrasi COD pada sampel POME I, II dan III berturut-turut 202,56 mg/L, 231,15 mg/L dan 180,94 mg/L dengan persentase penurunan 86,27%, 84,33% dan 87,73%. Penurunan nilai COD terbesar terjadi pada sampel POME II yang dicapai pada hari ke-6 yaitu dari konsentrasi awal COD 1.475,14 mg/L menjadi 37,58 mg/L dengan persentase penurunan COD sebesar 97,45%. Hasil penurunan COD pada penelitian ini sejalan dengan penelitian lain yang menyatakan bahwa proses aerasi sangat mempengaruhi tingkat keberhasilan dalam menurunkan kandungan COD, semakin lama waktu aerasi pada limbah POME, maka nilai COD yang terkandung dalam limbah POME akan semakin kecil dikarenakan adanya oksigen terlarut dalam air akan menguraikan bahan-bahan organik yang terlarut dalam limbah POME (Yuniarti, dkk., 2019).

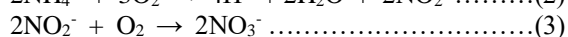
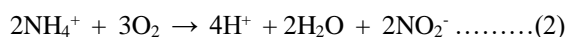
3.2.3. Pengaruh waktu aerasi terhadap kandungan N-Total



Gambar 6. Hubungan waktu aerasi terhadap kandungan N-Total

Hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya waktu aerasi yang diberikan akan menurunkan kandungan N-Total dalam limbah POME. Pada hari ke-1, proses aerasi sudah mampu menurunkan kandungan N-Total pada sampel POME I, II dan III berturut-turut 21,53 mg/L, 24,82 mg/L dan 26,98% dengan efektifitas penurunan sebesar 76,37%, 72,76% dan 70,39%. Pada hari ke-3 terjadi penurunan nilai N-Total secara drastis pada ketiga sampel limbah POME. Hal ini mungkin disebabkan adanya peningkatan jumlah mikroorganisme alami perombak bahan organik yang mengandung nitrogen, yang terkandung dalam air limbah. Pada hari ke-4 sampai 6 terlihat bahwa penurunan N-Total berkurang dan cenderung lebih stabil. Hal ini dimungkinkan oleh berkurangnya substrat yang mengandung nitrogen, sehingga jumlah mikroorganisme juga berkurang, karena nitrogen adalah unsur nutrisi bagi mikroorganisme. Penurunan N-Total terbesar terjadi pada hari ke-6 pada sampel POME I yaitu dari 91,12 mg/L menjadi 0,42 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 99,54%. Proses penurunan N-Total pada limbah POME terjadi dikarenakan adanya tahapan proses yang melibatkan peran mikroorganisme berupa proses nitrifikasi dan denitrifikasi (Dominic dan Baidurah, 2022).

Dari Gambar 6 ditunjukkan bahwa semakin lama waktu aerasi maka penurunan N-Total akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh tercukupinya jumlah oksigen untuk mengoksidasi ammonia menjadi nitrit dan oksidasi nitrit menjadi nitrat dengan reaksi (Dominic dan Baidurah, 2022):



Setelah proses nitrifikasi, dilanjutkan dengan proses denitrifikasi yang merupakan proses enzimatik tanpa menggunakan oksigen. Pada proses ini, nitrit dan nitrat diuraikan menjadi nitrogen yang dilepaskan ke udara (Yosmaniar, dkk., 2018).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah air limbah POME sebelum proses aerasi bersifat asam dengan nilai pH adalah 5,73, kandungan COD sebesar 1.475,14 mg/L dan kandungan N-Total yang sangat tinggi, yaitu 91,12 mg/L. Ketiga parameter uji kualitas air limbah POME ini belum memenuhi baku mutu lingkungan (BML)nya. Setelah proses aerasi, terjadi kenaikan pH seiring dengan berjalannya waktu aerasi. Kenaikan nilai pH tertinggi terjadi pada sampel POME I pada hari ke-5, yaitu sebesar 7,47 dan bersifat sedikit basa. Kandungan COD dan N-Total akan semakin menurun sejalan waktu aerasi. Penurunan kandungan COD terbesar terjadi pada sampel POME II, dimana pada hari ke-6, kandungan COD

mencapai 37,58 mg/L atau persentase penurunan COD mencapai 97,45%. Penurunan kandungan N-Total terbesar terjadi pada sampel POME I pada hari ke-6, yaitu sebesar 0,42 mg/L atau persentase penurunannya mencapai 99,54%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ditujukan kepada Program Penelitian Internal Universitas Tamansiswa Palembang yang telah membantu penelitian, terutama yang memberi dukungan finansial penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PTPN VII yang telah bekerjasama dalam hal penyiapan limbah POME dan kepada PT. SUCOFINDO, Tbk. yang telah membantu menganalisis sampel penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhbari, A., Kutty, P. K., Chuen, O.C., & Ibrahim, S., 2020. A Study Of Palm Oil Mill Processing And Environmental Assessment Of Palm Oil Mill Effluent Treatment. *Environmental Engineering Research*, 25(2): 212–221. <https://doi.org/10.4491/eer.2018.452>
- Amalia, R., Nurkhoiry, R., & Oktarina, S.D., 2020. Analisis Kinerja dan Prospek Komoditas Kelapa Sawit. *Deplantation*, 1(1): 1–12.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R., 2020. Penentuan Nilai BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1): 14–22.
- Bala, J. D., Lalung, J., Al-Gheethi, A.A.S., Kaizar, H., & Ismail, N., 2018. Reduction of Organic Load and Biodegradation of Palm Oil Mill Effluent by Aerobic Indigenous Mixed Microbial Consortium Isolated from Palm Oil Mill Effluent (POME). *Water Conservation Science and Engineering*, 3(3): 139–156. <https://doi.org/10.1007/s41101-018-0043-9>
- Basopi, H., Andrio, D., Jecky Asmura., 2020. Karakteristik Buangan Akhir Pengolahan POME PT. XYZ. *JOM FTEKNIK*, 7(1): 1–3.
- Damayanti, S.I., Astiti, D.F., Sarto & Budhijanto, W., 2019. Inoculum Selection and Micro-Aeration for Biogas Production in Two Stage Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent (POME). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 8(1): 14-21. <https://doi.org/10.15294/jbat.v8i1.16318>
- Doltade, S.B., Yadav, Y.J., & Jadhav, N.L., 2022. Industrial Wastewater Treatment Using Oxidative Integrated Approach. *South African Journal of Chemical Engineering*, 40: 100–106. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2022.02.004>
- Dominic, D., & Baidurah, S., 2022. Recent Developments in Biological Processing

- Technology for Palm Oil Mill Effluent Treatment-A Review. *Biology*, 2022(11): 525. <https://doi.org/10.3390/biology11040525>
- Drewnowski, J., Remiszewska-Skwarek, A., Duda, S., & Łagód, G., 2019. Aeration Process In Bioreactors As The Main Energy Consumer In A Wastewater Treatment Plant. Review Of Solutions And Methods Of Process Optimization. *Processes*, 7(311): 1-21. <https://doi.org/10.3390/pr7050311>
- Dyagelev, M.Y., Pavlov, I.I., Nepogodin, A.M., Grakhova, E.V., & Lapina, A.A., 2021. The Review Of Aeration Systems For Biological Wastewater Treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 839(4): 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/4/042035>
- Elystia, S., Muria, R.S., & Anggraini, L., 2019. Removal Of COD And Total Nitrogen From Palm Oil Mill Effluent In Flat-Photobioreactor Using Immobilised Microalgae *Chlorella sp.* *Food Research*, 3(2): 123–127. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(2\).130](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(2).130)
- Farraji, H., Mohammadpour, R., & Zaman, N.Q., 2021. Post-Treatment Of Palm Oil Mill Effluent Using Zeolite And Wastewater. *Journal of Oil Palm Research*, 33(1): 103–118. <https://doi.org/10.21894/jopr.2020.0077>
- Fitria, A.N., Gunawan, V.S., & Mardiah, M., 2021. Study of the Utilization of Palm Oil Industry Liquid Waste. *Konversi*, 10(1): 31–40. <https://doi.org/10.20527/k.v10i1.10146>
- Gumelar, S.A., Affandi, M.I., & Situmorang, S., 2020. Pengaruh Hambatan Nontarif Di Pasar Uni Eropa Terhadap Ekspor Komoditas CPO Indonesia, *JIIA*, 8(1): 86-92. Hasanudin, U., & Haryanto, A., 2018. Palm Oil Mill Effluent Recycling System for Sustainable Palm Oil Industries. *Asian Journal of Environmental Biotechnology*, 2(1): 52–62.
- Ilmanafian, A.G., Lestari, E., & Khairunisa, F., 2020. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Metode Filtrasi dan Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2): 244–253. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i2.4012>
- Juliasih, N.L.G.R., & Amha, R.F., 2019. Analisis COD, DO, Kandungan Posfat Dan Nitrogen Limbah Cair Tapioka. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(01): 65–72. <https://doi.org/10.23960/aec.v4.i1.2019.p65-72>
- Jumadi, J., Kamari, A., Rahim, N.A., Fatimah, I., & Sukkaew A., 2022. A Brief Review of Physico-Chemical Treatment Techniques for Palm Oil Mill Effluent (POME), *Current Applied Science and Technology*, 22(5): 1-20. <https://doi.org/10.55003/cast.2022.05.22.013>
- Lanka, S., & Pydipalli, M., 2018. Reduction Of Organic Load From Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Selected Fungal Strains Isolated From POME Dump Sites. *African Journal of Biotechnology*, 17(36): 1138–1145. <https://doi.org/10.5897/ajb2016.15821>
- Li, D., Liang, X., Jin, Y., Wu, C., & Zhou R., 2018. Isolation and Nitrogen Removal Characteristics of an Aerobic Heterotrophic Nitrifying-Denitrifying Bacterium, *Klebsiella sp.* TN-10. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 188: 540-554.
- Loretta, O.O., Ezeata, S.E., and Usman, E., 2016. In Vitro Biodegradation of Palm Oil Mill Effluent (POME) by *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Aspergillus niger*. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*, 7(4): 1-8. <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000361>
- McCarty, P.L., 2018. What is The Best Biological Process for Nitrogen Removal : When and Why?, *Environ. Sci. Technol.*, 52: 3835-3841
- Mohammad, S., Baidurah, S., Kobayashi, T., Ismail, N., & Leh, C. P., 2021. Palm Oil Mill Effluent Treatment Processes—A Review. *Processes*, 9(5): 1–22. <https://doi.org/10.3390/pr9050739>
- Nta, S.A., Udom, I.J., Udo, S.O., 2020. Investigation of Palm Oil Mill Effluent Pollution Impact on Groundwater Quality and Agricultural Soils. *Asian Journal of Environment & Ecology*, 12(1): 28-36. <https://doi.org/10.9734/ajee/2020/v12i130151>
- Oil World., 2019. Oil World Database December 2019. ISTA Mielke GmbH, Germany.
- Pashaei, R., Zahedipour-Sheshglani, P., Dzingelevičienė, R., Abbasi, S., & Rees, R. M., 2022. Effects Of Pharmaceuticals On The Nitrogen Cycle In Water And Soil: A Review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(105): 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09754-7>
- Pluciennik-Koropczuk, E., & Myszograj, S., 2019. New Approach In COD Fractionation Methods. *Water (Switzerland)*, 11(7): 1–12. <https://doi.org/10.3390/w11071484>
- PPRI., 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Rajta, A., Bhatia, R., Setia, H., & Pathania, P., 2019. Role of Heterotrophic aerobic denitrifying Bacteria In Nitrate Removal from Wastewater. *Journal of Applied Microbiology*, 128: 1261-1278.
- Ramayanti, D., & Amna, U., 2019. Analisis Paramater COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (Potential Hydrogen) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe, *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(1): 16-21.
- Sisnayati, S., Dewi, D. S., Apriani, R., & Faizal, M., 2021. Penurunan BOD, TSS, Minyak Dan

- Lemak Pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Proses Aerasi Plat Berlubang. *Jurnal Teknik Kimia*, 27(2): 38–45.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36706/jtk.v27i1.559>
- Trisakti, B., Irvan, Adipasah, H., Taslim & Turmuzi, M., 2017. Effect of Agitation on Acidogenesis Stage of Two-Stage Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent (POME) into Biogas, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 180 (2017) 012127.
- Yosmaniar, Y., Novita, H., & Setiadi, E., 2018. Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Nitrifikasi Dan Denitrifikasi Sebagai Kandidat Probiotik. *Jurnal Riset Akuakultur*, 12(4): 369-378.
<https://doi.org/10.15578/jra.12.4.2017.369-378>
- Yuna, R., dan Mardina, V., 2019. Pengujian Karakteristik Kimia pada Limbah Cair Kelapa Sawit di Pabrik X. *Jurnal Biologica Samudra*, 1(1): 1–8.
- Yuniarti, D.P., Komala, R., & Aziz, S., 2019. Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di PTPN VII Secara Aerobik. *Redoks*, 4(2): 7–16.
- Zalfiatri, Y., Restuhadi, F., Pramana, A., Yuliandri, F., 2020. Decreasing Levels Of BOD, COD And Oil In Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Scale Up Experiment Of Symbiosis Mutualism Technology Between Microalgae *Chorella Sp* And Agrobost, *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 4(2): 170-180.
- Zhang, S., Chen, W., Liu, Y., Luo, P., & Gu, H., 2018. A Modified Method for the Accurate Determination of Chemical Oxygen Demand (COD) in High Chloride Oilfield Wastewater. *Open Journal of Yangtze Oil and Gas*, 03(04): 263–277.
<https://doi.org/10.4236/ojogas.2018.34023>