

PENGARUH LAJU ALIR TERHADAP COD, BOD DAN VFA PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT (LCPKS) DALAM BIOREAKTOR ANAEROBIK

EFFECT OF FLOW RATE ON COD, BOD AND VFA IN PALM OIL MILL LIQUID WASTE TREATMENT (LCPKS) IN ANAEROBIC BIOREACTORS

Elvania br Pandia^{1*}, Hernawati¹, Theresia Jari¹, dan Abdul Kahar¹

¹Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University
Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

*Email : elvaniapandia05@gmail.com

(Submitted: 26 Oktober 2020; Reviewed: 12 Desember 2020; Accepted: 25 Desember 2020)

ABSTRAK

Limbah cair kelapa sawit atau *Palm Oil Mill Effluent* (POME) merupakan bahan yang dapat digunakan untuk memproduksi biogas menggunakan reaktor anaerobik. Dalam limbah cair kelapa sawit terdapat beberapa komponen penyusun yaitu *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Volatile Fatty Acid* (VFA). Perubahan terhadap kandungan dalam limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) dipengaruhi oleh laju alir yang terjadi dalam bioreaktor anaerobik. Pada penelitian ini dilakukan variasi laju alir yaitu Q_1 ambient 0 L/hari, Q_2 6 L/hari, Q_3 24 L/hari untuk mengetahui laju alir optimal dalam pengolahan LCPKS pada bioreaktor anaerobik. Pengamatan dilakukan secara rutin dan resirkulasi sampel POME dilakukan selama ± 6 jam/hari. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh laju alir terhadap perubahan kadar COD, BOD, dan VFA yang terkandung dalam LCPKS dengan menggunakan bioreaktor anaerobik. Hasil dari penelitian ini adalah laju alir optimal dalam penurunan kadar COD, BOD, dan VFA dalam LCPKS yaitu sebesar 24 L/menit, dimana semakin besar laju alir yang diberikan maka kadar penurunan COD dan BOD yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit akan semakin besar, hal tersebut juga berlaku pada pembentukan VFA pada limbah cair, hal ini disebabkan karena penambahan variasi laju alir dapat mempengaruhi proses degradasi bahan-bahan organik dalam limbah cair kelapa sawit.

Kata Kunci : POME, laju alir, bioreaktor anaerobik, biogas, LCPKS.

ABSTRACT

Palm oil mill effluent (POME) is one of the materials that can be used to produce biogas in an anaerobic reactors. In oil palm liquid waste, there are several constituent components, namely Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and Volatile Fatty Acid (VFA). Changes to the content contained in POME will be affected by the flow rate that occurs in an anaerobic bioreactor. In this study variations in flow rate will be carried out namely Q_1 ambient 0 L/day, Q_2 6 L/day, Q_3 24 L/day to determine the optimal flow rate in the processing of POME in anaerobic bioreactors. This is done by routine observation and recirculation of POME samples which are carried out for ± 6 hours/day. The purpose was to determine the effect of flow rates to changes in levels of COD, BOD, and VFA contained in POME using anaerobic bioreactors. The results of this study showed the optimal flow rate in reducing COD, BOD, and VFA levels in POME, which was 24 L/minute, it can be concluded that the greater the flow rate given, the COD and BOD contained in palm oil liquid waste will be even greater, this also applies to the formation of VFA in the liquid waste, this is because the addition of variations in flow rates can affect the degradation process of organic materials in palm oil liquid waste.

Keywords: POME, flow rate, anaerobic bioreactor, biogas, palm oil liquid waste.

1. PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) atau yang lebih dikenal dengan istilah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) akan menghasilkan polusi berupa gas metana dengan bobot setara 27 kali karbon dioksida (CO_2), hal ini akan membawa dampak yang buruk pada lingkungan yang menyebabkan pencemaran. Pemerintah memproyeksikan, limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang berbahaya bagi lingkungan akan mencapai 130 juta ton ditahun 2030 mendatang. Pencemaran limbah cair kelapa sawit dapat menurunkan kualitas lingkungan yang secara tidak langsung akan berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Pabrik-pabrik kelapa sawit di Indonesia saat ini dapat memproduksi limbah cair kelapa sawit atau POME (*Palm Oil Mill Effluent*) sekitar 455.000 ton per harinya (Hasanudin dkk, 2017)

Proses anaerobik merupakan proses fermentasi bahan organik oleh aktivitas bakteri anaerob pada kondisi tanpa oksigen bebas dan merubahnya dari bentuk tersuspensi menjadi terlarut dan biogas. Proses anaerobik adalah salah satu teknologi yang paling hemat energi dan ramah lingkungan untuk produksi bioenergi. Pengolahan limbah secara anaerobik dapat diartikan sebagai proses biokimia yang menghasilkan biogas dengan merubah bahan organik kompleks menjadi sumber energi terbarukan (Warnida dkk, 2016).

Pada pengolahan limbah organik secara biologis menggunakan bioreaktor anaerobik sangat ditentukan oleh proses seeding dan aklimatisasi. Sebelum tahap pengolahan anaerobik, mikroorganisme anaerobik ditumbuhkan dengan seeding dan aklimatisasi untuk menjamin keberadaannya dalam bioreaktor. Seeding dan aklimatisasi dilakukan untuk menumbuhkan, mengembang biakkan dan mengadaptasikan populasi mikroorganisme anaerob. Dimana mikroorganisme anaerob inilah yang akan mendegradasi kandungan substrat organik dan

anorganik kompleks dalam limbah cair yang diolah dalam bioreactor (Gunawan dkk, 2019).

Air limbah industri minyak kelapa sawit yang terdiri dari *sludge*, air kondensat, air cucian pabrik, air *hydroclone*, dan sebagainya yang berasal dari stasiun perebusan/sterilisasi dan klarifikasi yang dialirkan ke *fat pit/sludge recovery tank* untuk pengutipan minyak. POME memiliki konsentrasi yang tinggi dan berwarna coklat pekat serta sering menimbulkan polusi (Hasanudin, dkk, 2017). Berikut karakteristik *Palm Oil Mill Effluent* (POME).

Tabel 1 Karakteristik *Palm Oil Mill Effluent* (POME)

No.	Parameter	Satuan	Kisaran
1.	BOD	mg/L	20.000 – 30.000
2.	COD	mg/L (ppm)	40.000 – 60.000
3.	<i>Suspended Solid</i>	mg/L (ppm)	15.000 – 40.000
4.	Total <i>Solid</i>	mg/L (ppm)	30.000 – 70.000
5.	Minyak dan Lemak	mg/L (ppm)	5.000 – 7.000
6.	N – NH_3	mg/L (ppm)	30 – 40
7.	Total N	mg/L (ppm)	500 – 800
8.	Ph	-	4 – 5
9.	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	90 – 140

(Sumber : Manurung, 2004)

Tabel 1 menunjukkan bahwa air limbah industri minyak kelapa sawit mengandung bahan organik yang sangat tinggi yaitu BOD 20.000 – 30.000 mg/l dan COD 40.000 – 60.000 mg/l, sehingga kadar bahan pencemaran akan semakin tinggi. Oleh sebab itu, untuk menurunkan kandungan kadar bahan pencemaran diperlukan degradasi bahan organik. Secara umum dampak yang ditimbulkan oleh air limbah industri kelapa sawit adalah tercemarnya tempat pembuangan limbah cair tersebut yang umumnya sungai karena hampir setiap industri minyak kelapa

sawit berlokasi didekat sungai. Air limbah industri kelapa sawit bila dibiarkan tanpa diolah lebih lanjut akan terbentuk amonia, hal ini disebabkan oleh bahan organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut terurai dan membentuk ammonia. Terbentuk ammonia ini akan mempengaruhi kehidupan biota air dan dapat menimbulkan bau busuk (Ahmad dkk, 2011).

Sementara untuk kadar VFA (*Volatile Fatty Acid*) yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen yang optimal 80 - 160 mM (Sutardi, 1979). Asam lemak volatil adalah produk akhir dari proses biofermentasi di dalam rumen yang merupakan sumber energi bagi ternak ruminansia, karena memenuhi 70 – 80 % kebutuhan ruminansia (Ensminger, dkk, 1990). Proses katabolisis lebih lanjut dari hasil pencernaan hidrolitik zat monomer - monomer fermentatif yaitu difermentasikannya karbohidrat menjadi asam lemak terbang atau VFA (*Volatile Fatty Acid*) (Church dkk, 1976).

Air limbah dari pabrik minyak kelapa sawit ini bersuhu tinggi, yaitu 60 – 80°C, berwarna kecoklatan, mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid serta residu minyak dengan *biochemical oxygen demand* (BOD) dan *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi. Apabila air limbah ini langsung dibuang ke perairan dapat mencemari lingkungan, karena akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen terlarut, menimbulkan kekeruhan, mengeluarkan bau yang tajam dan dapat merusak ekosistem perairan. Sebelum air limbah ini dapat dibuang ke lingkungan limbah cair harus diolah terlebih dahulu agar sesuai dengan baku mutu limbah yang telah ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah yang berlaku, seperti yang disajikan pada tabel 2 (Kep. MENLH NO. Kep-51/MENLH/10/1995 tanggal 23 Oktober 1995).

Tabel 2. Baku Mutu Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

No.	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Pencemaran Maksimum (kg/ton)
1.	BOD	250	1,5
2.	COD	500	3,0
3.	TSS	300	1,8
4.	Minyak dan Lemak	30	0,18
5.	Amoniak Total (NH ₃)	20	0,12
6.	Ph	6,0 – 9,0	
7.	Debit Limbah Maksimum	2,5 m ³ /ton (CPO)	Produk Minyak

Sumber: Kep. MENLH NO. Kep-51/MENLH/10/1995

Air limbah industri minyak kelapa sawit dapat menyebabkan pemanasan global jika tidak dikelola dengan baik, karena melepaskan gas metan (CH₄) dan CO₂. Hal ini karena air limbah tersebut merupakan nutrisi yang kaya akan senyawa organik dan karbon, dekomposisi dari senyawa-senyawa organik oleh 6 bakteri anaerob dapat menghasilkan biogas. Gas metana merupakan penyumbang gas rumah kaca terbesar dan 21 kali lebih berbahaya dari CO₂ (Sumirat dkk, 2009).

Laju alir merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pembentukan biogas dari POME (*Palm Oil Mill Effluent*) dan mempengaruhi kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan VFA (*Volatile Fatty Acid*) yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit (LCPKS).

Penelitian ini menunjukkan hasil bahwa resirkulasi air limbah juga dapat mempercepat penurunan COD (*COD removal*), dari 116 mg COD/L tanpa sirkulasi menjadi 52 - 60 mg COD/L dengan sirkulasi. Sehingga efisiensi penyisihan substrat meningkat dari 72% tanpa sirkulasi menjadi 87% dengan sirkulasi (Yuliasari dkk, 2001).

Pada bioreaktor, resirkulasi memberikan keuntungan, pada kapasitas

steady-state bioreaktor dapat dicapai walaupun laju pertumbuhan maksimum rendah dan stabilitas *steady-state* dapat ditingkatkan dengan resirkulasi (Leib, dkk, 2001). Dilaporkan juga bahwa resirkulasi *effluent* (dengan ratio 6,7). Diperlukan dalam meningkatkan efisiensi pencampuran dan berperan sebagai *buffer* pada pH ekstrim (2-4) (Visser *et al.*, 1993), memastikan pencampuran yang sempurna dalam bioreaktor dan mempercepat peningkatan aktivitas populasi mikroorganisme *methanogenic* (Appels dkk, 2008).

Pada penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dengan tujuan mengetahui pengaruh laju alir resirkulasi pada limbah cair *Palm Oil Mill Effluent* (POME) diketahui bahwa, pengolahan biologis limbah cair yang mengandung substrat organik terlarut dalam bioreaktor anaerobik juga ditentukan oleh *seeding* dan aklimitasi. *Seeding* dan aklimitasi dilakukan untuk menumbuhkan dan mengadaptasikan populasi mikroorganisme anaerob dalam bioreaktor (Gunawan dkk, 2019).

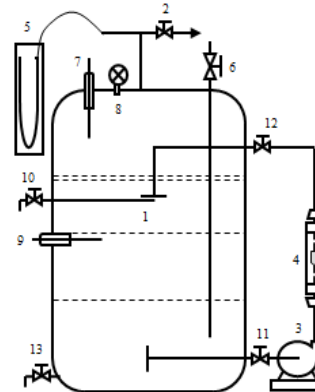
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Bahan utama yang diperlukan adalah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yaitu limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) yang masih mengandung banyak padatan terlarut. Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan metode refluks tertutup secara titrimetri, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) menggunakan metode *winkler* berdasarkan prinsip titrasi iodometri, dan analisis VFA (*Volatile Fatty Acid*) menggunakan Metode *Steam Distillation*.

Alat yang digunakan adalah rangkaian bioreaktor anaerobik yang dilengkapi dengan *flowmeter* untuk mengukur laju alir, serta termometer yang digunakan untuk mengukur suhu limbah cair *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang diresirkulasi. Rangkaian

bioreaktor anaerobik yang digunakan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Reaktor Anaerobik

Keterangan :

1. Bioreaktor anaerobik
2. Valve biogas keluar
3. Pompa resirkulasi POME
4. *Flowmeter*
5. Manometer
6. Inlet umpan masuk
7. Termometer biogas
8. *Pressure gauge*
9. Termometer POME
10. *Sampling port*
11. Valve input resirkulasi POME
12. Valve output resirkulasi POME
13. *Effluent* POME

2.2 Persiapan Peralatan

Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang diperoleh dari PT. Sawit Unggul Agro Niaga di Muara Badak, Kalimantan Timur, reaktor yang digunakan dilengkapi dengan *settler* agar *sludge* tidak terikut keluar dari sistem, serta dilengkapi dengan *flowmeter* untuk mengukur laju alir dan manometer air untuk mengukur tekanan. Bioreaktor juga dilengkapi dengan tangki penampung biogas (*biogas collector*).

2.3 Uji Coba Kebocoran dan Kalibrasi

Setelah persiapan alat selesai, selanjutnya dilakukan uji kebocoran dan kalibrasi dari sistem bioreaktor anaerobik ini. Setelah dapat dipastikan bahwa sistem bioreaktor anaerobik yang dirancang tidak

mengalami kebocoran, dengan cara meniupkan (memompakan) udara ke dalam bioreaktor. Pastikan bahwa tekanan udara awal pada manometer menunjukkan angka yang kurang lebih sama (± 400 mm H₂O), kemudian diamkan selama 24 jam (1 hari). Selanjutnya kalibrasi dapat dihentikan jika penurunan tekanan udara manometer pada masing-masing bioreaktor menunjukkan perbedaan $\pm 10\%$.

2.4 Pengolahan Limbah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Dalam Bioreaktor Anaerobik

Pengolahan limbah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dalam bioreaktor anaerobik skala pilot dengan volume 160 L. Sistem yang digunakan untuk proses pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah sistem *batch*. Dengan perbandingan yang sama untuk *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dan biogas adalah 70 : 30, sehingga diperoleh volume untuk *Palm Oil Mill Effluent* (POME) : biogas = 112 L : 48 L.

Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dalam bioreaktor anaerobik dilakukan pada laju *ambient* 0 L/menit, laju alir 6 L/menit, dan laju Alir 24 L/menit. Resirkulasi *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dilakukan selama ± 6 jam per harinya. Kemampuan pengolahan anaerobik dalam menurunkan substrat COD (*Chemical Oxygen Demand*) berkisar antara 60 – 80 % dalam waktu 14 hari yang direncanakan. Jika pada tahap pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dalam bioreaktor anaerobik belum mencapai 60 – 80 % dalam waktu 14 hari, maka waktu pengolahan akan ditambah 7 hari. Sehingga total waktu yang digunakan setiap kali *running* pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah 41 hari.

Umpan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang sudah siap kemudian dimasukkan ke dalam bioreaktor melalui bagian atas. *Palm Oil Mill Effluent* (POME) diresirkulasi dengan laju alir yang sudah ditentukan melalui bagian bawah masuk ke dalam bioreaktor. Laju alir

resirkulasi *Palm Oil Mill Effluent* (POME) diatur dengan *flowmeter*. Tekanan biogas yang dihasilkan volumenya diukur dengan mengamati perbedaan ketinggian pada manometer.

Adapun ketentuan proses pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sampling dan analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), VFA (*Volatile Fatty Acid*) dilakukan setiap dua hari sekali.
2. Sampling dilakukan minimal setelah ± 1 jam pompa resirkulasi dimatikan.
3. Proses pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dihentikan jika persentase penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*) ($\text{COD}_{\text{removal}}$) telah mencapai 60 - 80 % ($\text{COD}_{\text{removal}}$ optimum rata-rata dari proses anaerobik) atau telah menunjukkan penurunan yang stasioner (tetap).

2.5 Analisis Hasil Pengolahan Limbah *Palm Oil Mill Effluent* (POME)

Selama proses pengolahan POME berlangsung, analisis sampel dilakukan pada *effluent*, meliputi parameter: BOD, COD, VFA. Karakterisasi dan analisis kualitas *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dilakukan dengan *standart method* (APHA, 1989). Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*) menggunakan metode kalium dikromat dengan refluks tertutup secara titrimetri, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) menggunakan metode *winkler* berdasarkan prinsip titrasi iodometri, dan analisis VFA (*Volatile Fatty Acid*) menggunakan metode *Steam Distillation*.

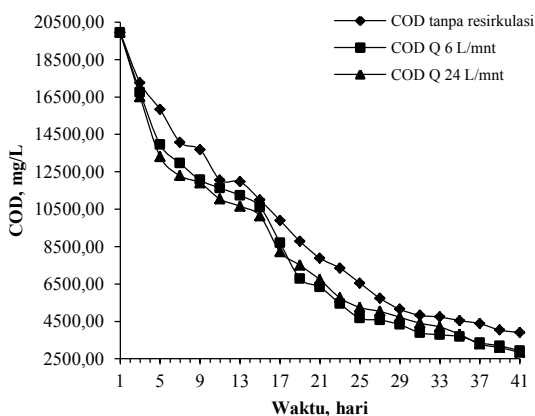
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa laju alir memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap pengurangan kadar *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD),

dan *volatile fatty acid* (VFA) dalam limbah cair pabrik kelapa sawit.

3.1 Pengaruh Laju Alir Terhadap Pengurangan COD

Dalam penelitian yang dilakukan kadar penurunan COD yang terjadi cenderung menurun setiap harinya pada reaktor tanpa resirkulasi, namun pada hari ke-7 hingga hari ke-13 terjadi fluktuasi pada kadar COD, hal ini disebabkan oleh adanya ketidakseimbangan hidup mikroorganisme yang terdapat dalam limbah cair kelapa sawit tersebut. Pada hasil pengamatan dengan variasi laju alir 6 L/menit dan 24 L/menit terjadi penurunan kadar COD yang cukup baik setiap harinya pada limbah cair kelapa sawit.



Gambar 2. Perubahan kadar COD pada limbah POME

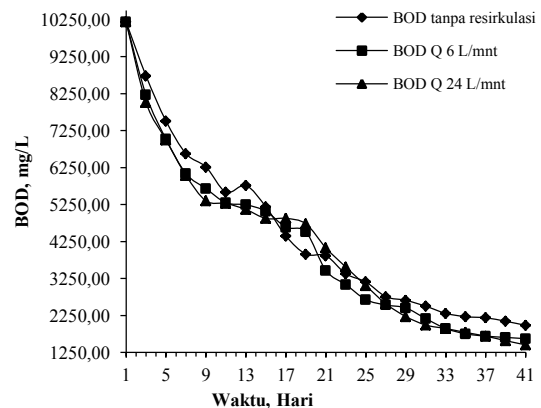
Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan penurunan rata-rata *chemical oxygen demand* (COD), COD *removal* yang dihasilkan sebesar 83,84 % pada limbah cair pabrik kelapa sawit. Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang ada dalam limbah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang digunakan telah mampu mendegradasi bahan organik yang terdapat didalam limbah tersebut (Syafila dkk, 2003).

Penambahan variasi laju alir dapat mempengaruhi proses degradasi bahan-bahan organik yang ada dalam limbah cair kelapa sawit untuk menghasilkan biogas dengan cukup baik, karena kontak antara

mikroorganisme dengan limbah cair yang digunakan sebagai substratnya cukup banyak sehingga mikroorganisme dapat berkembang dengan cukup baik dan menyebabkan degradasi limbah cair akan semakin cepat pula (Nur, 2009).

3.2 Pengaruh Laju Alir Terhadap Pengurangan BOD

Kadar BOD dari limbah cair kelapa sawit *Palm Oil Mill Effluent* (POME) cenderung mengalami penurunan dari hari ke hari. Dimana kadar BOD pada hari ke-1 sampai dengan hari ke-7 mengalami penurunan yang cukup cepat. Namun seiring berjalannya waktu penurunan kadar BOD pada limbah cair tersebut semakin melambat, hal ini dikarenakan pertumbuhan mikroorganisme yang ada mengalami penurunan konsentrasi substrat terlarut, dimana substrat tersebut dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk dapat terus bertahan hidup, berkembang biak dan beradaptasi dalam limbah cair kelapa sawit yang digunakan sebagai sampel.



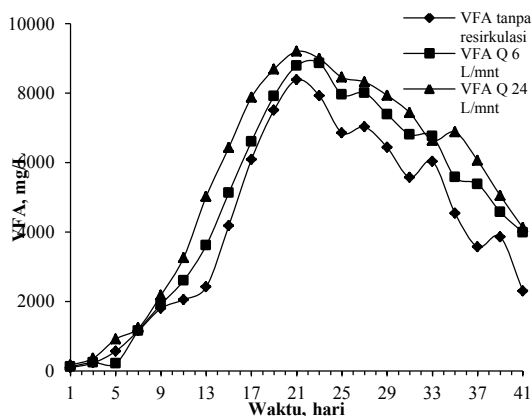
Gambar 3. Perubahan kadar BOD pada limbah POME

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kadar penurunan rata-rata *biological oxygen demand* (BOD) pada sampel, BOD *removal* yang dihasilkan sebesar 83,47 %.

3.3 Pengaruh Laju Alir Terhadap Pengurangan VFA

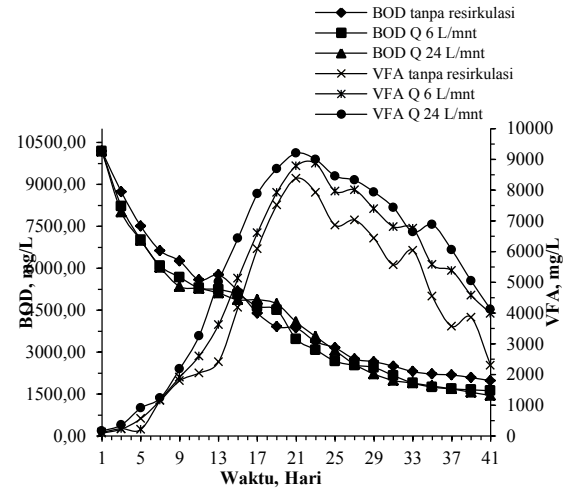
VFA merupakan *intermediate product* (Appels et al., 2008) yang akan dikonversi

menjadi asam asetat pada tahap asetogenesis CO_2 dan H_2 (Schink, 2002). Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa konsentrasi VFA naik turun, dimana dihari ke-1 sampai dengan hari ke-21 cenderung mengalami kenaikan. Sedangkan pada hari ke-22 sampai hari ke- 41 cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada awal pengolahan, kenaikan VFA diiringi dengan penurunan konsentrasi substrat. Seiring dengan waktu, semakin besar penurunan COD removal makin menurun pula konsentrasi VFA yang diperoleh. Kenaikan eksponensial VFA kemudian menurun kembali, hal ini menunjukkan bahwa kadar VFA memiliki ketergantungan terhadap terbatasnya konsentrasi substrat yang ada dalam limbah cair pabrik kelapa sawit (Reid dkk, 1959).

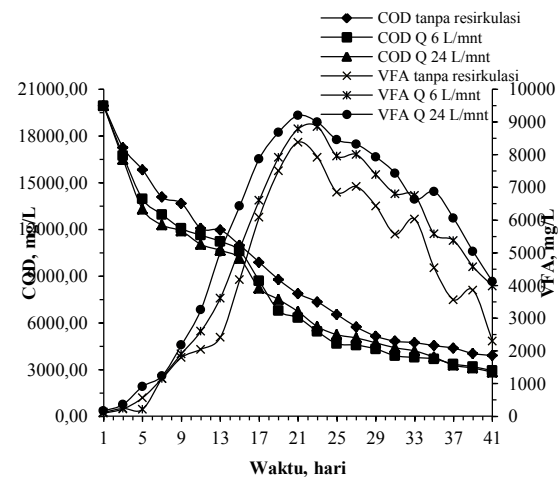


Gambar 4. Perubahan kadar VFA pada limbah POME

Dari hasil pengamatan tersebut dapat dilihat bahwa penambahan laju alir mempengaruhi konsentrasi VFA menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi *ambient* atau tanpa adanya resirkulasi hal ini dikarenakan makin tinggi laju alir resirkulasi makin tinggi konsentrasi VFA yang diperoleh. Sehingga makin intensif pula tumbukan yang terjadi antara mikroorganisme dengan substrat terlarut dalam limbah cair kelapa sawit *Palm Oil Mill Effluent* (POME).



Gambar 5. Perbandingan kadar BOD dan VFA pada limbah POME



Gambar 6. Perbandingan kadar COD dan VFA pada limbah POME

Pada awal pengolahan, kenaikan VFA diiringi dengan penurunan konsentrasi substrat (COD dan BOD). Seiring dengan waktu, semakin besar penurunan COD removal makin menurun pula konsentrasi VFA yang diperoleh. Terlihat pada Gambar 5 dan 6, kenaikan eksponensial VFA kemudian menurun kembali, hal ini menunjukkan bahwa ketergantungan VFA terhadap konsentrasi substrat (COD dan BOD) tersebut (Kahar dkk, 2018).

Pada penelitian ini diperoleh makin tinggi COD yang terbiodegradasi makin tinggi pula konsentrasi VFA. Makin berkurang konsentrasi substrat makin menurun pula konsentrasi VFA. Hal ini sesuai dengan pernyataan, bahwa semakin besar konsentrasi

substrat yang tereduksi, berarti bahan organik terlarut yang terbiodegradasi menjadi asam-asam organik semakin besar. Asam organik inilah yang kemudian dikonversi menjadi gas metan (Kahar dkk, 2018).

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan laju alir dapat mempengaruhi kadar kandungan *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD), dan *volatile fatty acid* (VFA) yang terdapat dalam limbah cair pabrik kelapa sawit atau *palm oil mill effluent* (POME) dalam proses dengan menggunakan reaktor anaerobik. Dimana, semakin besar laju alir yang diberikan maka kadar penurunan *chemical oxygen demand* (COD) dan *biological oxygen demand* (BOD) yang terkandung dalam limbah cair kelapa sawit akan semakin besar pula, hal tersebut juga berlaku pada pembentukan *volatile fatty acid* (VFA) pada limbah cair tersebut, hal ini disebabkan karena penambahan variasi laju alir dapat mempengaruhi proses degradasi bahan-bahan organik yang ada dalam limbah cair kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., & Atikalidia, M., 2011, Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit.
- Appels, L., Baeyens, J., Degève, J., & Dewil, R., 2008, Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. *Progress in Energy and Combustion Science* 34(6) pp. 755–781. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.00>
- Gunawan, R., & Kahar, A., 2019, *Pengaruh Laju Alir Resirkulasi Pada Seeding Dan Aklimatisasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS)* pp.122–129.
- Hasanudin, U., & Haryanto, A., 2017, Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu Characteristic of Palm Oil Mill Waste Water Treatment Using Semicontinue Anaerobic Cigar Bioreactor, *Teknik Pertanian Lampung* 6(2) pp. 81–88.
- Kahar, A., Warmadewanthi, I., & Hermana, J., 2018, Effects Of Temperature-Ph On Liquid Phase Mass Transfer And Diffusion Coefficients At Leachate Treatment In Anaerobic Bioreactor 7(2) pp. 41–48.
- Nur, M., 2009, Analisis Pemanfaatan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Untuk Land Application pp. 1–10.
- Reid, R. C., Sherwood, T. K., & Street, R. E., 1959, The Properties of Gases and Liquids. In *Physics Today* (Vol. 12).
- Schink, B., 2002, Synergistic interactions in the microbial world. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology* 81(1–4) pp. 257–261.
- Syafila, M., H. Djajadiningrat, A., & Handajani, M., 2003, Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob dengan Media Batu untuk Pengolahan Air Buangan yang Mengandung Molase, *ITB Journal of Sciences*.
- Warnida, H., & Yullia Sukawati, 2016, Formulasi Ekstrak Daun Kokang (*Lepisanthes amoena* (Hassk.) Leenh.) dalam Bentuk Gel Anti Acne, *Indonesian Journal on Medical Science* 3(2) pp. 75–79.
- Yuliasari R, 2001, Pengelolaan Limbah Cair Kelapa Sawit dengan Reaktor Anaerobik Unggun Tetap Tipe Aliran ke bawah, *Warta PPKS, Bogor*.