

# PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP COD, BOD DAN VFA PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DALAM BIOREAKTOR ANAEROBIK

## *THE EFFECT OF TEMPERATURE ON COD, BOD AND VFA ON PALM OIL MILL EFFLUENT TREATMENT IN ANAEROBIC BIOREACTOR*

Yulius Sitama Lewar<sup>1</sup>, Herawati<sup>1</sup>, Abdul Kahar<sup>1\*</sup>

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

\*email : a.kahar@ft.unmul.ac.id

(Submitted: 24 Oktober 2020; Reviewed: 8 November 2020; Accepted: 30 November 2020)

### Abstrak

Limbah cair industri kelapa sawit yang paling utama adalah *palm oil mill effluent* (POME). POME dapat merusak ekosistem perairan dan mengkontaminasi rantai makanan jika dibuang langsung ke saluran pembuangan tanpa diolah terlebih dahulu. Dalam limbah cair kelapa sawit terdapat beberapa komponen penyusun diantaranya adalah *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Volatile Fatty Acid* (VFA) yang dapat digunakan untuk memproduksi biogas dalam suatu reaktor anaerobik. Perubahan terhadap kandungan yang terkandung dalam limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) tersebut akan dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah temperatur. Pada penelitian ini Temperatur yang digunakan adalah temperatur ambient yaitu mengikuti temperatur lingkungan, temperatur 35°C dan temperatur 45°C, peningkatan temperatur bertujuan untuk mempercepat laju perombakan, sehingga menghasilkan gas lebih optimal dan proses perombakan yang lebih efisien. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh Temperatur terhadap perubahan kadar COD, BOD, dan VFA yang terkandung dalam limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS). Adapun persentase *removal* BOD, COD yaitu sebesar 83,96 %, 84,02% dan untuk VFA tertinggi terdapat pada temperatur 35°C yaitu sebesar 9.912,45.

**Kata Kunci** : POME, temperatur, bioreaktor anaerobik, biogas

### Abstract

*The main liquid waste from the palm oil industry is palm oil mill effluent (POME). POME can damage aquatic ecosystems and contaminate food chains if discharged into sewers without being treated first. In oil palm liquid waste, there are several constituent components including Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and Volatile Fatty Acid (VFA) which can be used to produce biogas in an anaerobic reactor. Changes to the content contained in palm oil mill effluent (LCPKS) will be built up by several factors, one of which is temperature. In this study, the temperature used is ambient temperature, which is following the ambient temperature, temperature 35°C, and temperature 45°C, the temperature increase aims to accelerate the rate of refurbishment, so as to produce more optimal gas and a more efficient remodeling process. The research objective was to see the effect of temperature on changes in the levels of COD, BOD, and VFA contained in palm oil mill effluent (LCPKS). As for BOD removal, COD is 83.96%, 84.02% and for VFA is at a temperature of 35°C, which is 9,912.45.*

**Keywords**: POME, temperature, anaerobic bioreactor, biogas

## 1. PENDAHULUAN

Proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit menjadi minyak sawit kasar atau crude palm oil (CPO) memerlukan banyak air, mencapai 1-2 m<sup>3</sup>/ton TBS. Oleh karena itu pabrik pengolahan kelapa sawit juga menghasilkan limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (LCPKS) yang besar. Pabrik yang efisien menghasilkan LCPKS antara 0,6-0,7 m<sup>3</sup>/ton TBS. Pabrik yang tidak efisien bisa menghasilkan LCPKS antara 1,0 m<sup>3</sup>/ton TBS. Rendemen CPO sebagai produk utama biasanya kurang dari 25% dari TBS. Karena itu, setiap ton CPO yang diproduksi akan menghasilkan LCPKS antara 2,5-3,0 m<sup>3</sup> (Shintawati dkk, 2017).

LCPKS atau *palm oil mill effluent* (POME) merupakan salah satu jenis limbah organik agroindustri berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan TBS kelapa sawit untuk menghasilkan CPO (Nursanti, 2013). Limbah cair yang dihasilkan dari Pabrik pengolahan minyak Kelapa Sawit (PKS) dapat memberikan dampak negatif bagi lingkungan karena memiliki kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang sangat tinggi, untuk itu sebelum dialirkan ke lahan perkebunan, BOD dan COD dari limbah cair tersebut harus diturunkan (Widarti dkk, 2015).

LCPKS masih mengandung banyak padatan terlarut. Sebagian besar padatan terlarut ini berasal dari material lignoselulosa mengandung minyak yang berasal dari buah sawit. Lignoselulosa dalam LCPKS adalah penyusun terbanyak dari tanaman berkayu. Lignoselulosa terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan material berselulosa. Kebanyakan dari limbah lignoselulosa ini dibuang langsung dengan cara pembakaran, dimana hal ini tidak dilarang di negara berkembang. Namun, akan muncul masalah ketika biomassa ini tidak diperlakukan dengan baik dan dibiarkan membusuk di areal pertanian, dimana kedepannya akan terjadi penumpukan kandungan organik yang terlalu tinggi. Oleh sebab itu, manajemen lingkungan memberikan tekanan yang besar di pengurangan limbah dari sumbernya ataupun proses daur ulang (Irvan dkk, 2012).

Adapun karakteristik dari LCPKS terlihat pada Tabel 1

Tabel 1. Karakteristik LCPKS

Parameter	Satuan	Kisaran
BOD	mg/l	20.000 – 30.0000
COD	mg/l	40.0000 – 60.0000
TSS	mg/l	15.000 – 40.000
TS	mg/l	30.000 – 70.000
<i>Oil and Fat</i>	mg/l	5.000 – 7.000
NH <sub>3</sub> – N	mg/l	30 – 40
Total N	mg/l	500 – 800
Suhu	°C	90 – 140
pH	-	4 – 5

(Sumber: Irvan dkk, 2012)

Proses anaerob adalah proses biologis yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dengan kondisi tidak dapat atau sangat sedikit oksigen terlarut (Silalahi dkk, 2018). Digestasi anaerob dapat didefinisikan sebagai dekomposisi bahan organik tanpa oksigen sambil secara bersamaan menghasilkan biogas yang bermanfaat yang terdiri terutama 60% metana (CH<sub>4</sub>), 35% karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan 5% amoniak (NH<sub>3</sub>) dan gas lainnya (Uddin dkk, 2019).

Digestasi anaerob adalah teknologi yang paling banyak dipelajari untuk perawatan organik untuk mengubah limbah menjadi energi terbarukan. Empat tahapan reaksi berbeda yang terlibat selama proses pencernaan anaerob yaitu hidrolisis, asetonogenesis, asetonogenesis, dan metanogen. Melalui proses digestasi anaerob, kita dapat mencapai pemulihan energi dan pengendalian polusi. Banyak limbah pertanian dan industri digunakan untuk pencernaan anaerobik karena mengandung tingkat tinggi bahan yang mudah terurai secara hayati (Uddin dkk, 2019).

Secara umum berdasarkan aliran bahan baku dalam pengolahan anaerobik dibagi menjadi tiga yaitu *batch* (curah), semi kontinyu, dan kontinyu. Pada sistem *batch*, reaktor harus berada dalam keadaan tertutup dan diberikan waktu retensi dengan periode tertentu, bila telah melewati waktu retensi maka reaktor dibuka, air limbah dibuang, dan diisi kembali dengan bahan baku (Silalahi dkk, 2018).

Dalam bioreaktor anaerobik terdapat dua kelompok besar mikroorganisme yang

berperan yaitu bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk metana. Bakteri pembentuk asam dan pembentuk metana memiliki kemampuan berkembang biak yang sangat berbeda berturut-turut adalah 0,5-3 jam dan 3-30 hari. Biodegradasi anaerobik substrat organik adalah proses yang melibatkan banyak kelompok bakteri dan enzim yang spesifik. Tahap akhir reaksi biokimia spesifik substrat organik ini menghasilkan CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>, yang merupakan produk utama dari proses anaerobik (Kahar, 2017).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

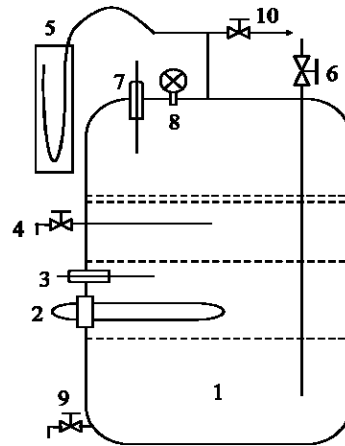
### 2.1. Bahan

Bahan utama yang diperlukan adalah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yaitu limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) yang masih mengandung banyak padatan terlarut. POME digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Sawit Unggul Agro Niaga di Muara Badak Kalimantan Timur

### 2.2. Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dalam Bioreaktor Anaerobik

Pengolahan LCPKS dalam bioreaktor anaerobik dilakukan pada skala pilot dengan volume 160 L. Sistem yang digunakan untuk proses pengolahan LCPKS adalah sistem batch. Dengan perbandingan yang sama untuk LCPKS dan ruangan kosong untuk biogas adalah 70 : 30, sehingga diperoleh volume untuk LCPKS : ruang kosong = 112 L : 48 L (Kahar, 2017).

Pengolahan LCPKS dilakukan pada temperatur ambient, temperatur 35°C dan temperatur 45°C. *Thermocouple* digunakan untuk mempertahankan temperatur pada kondisi operasi masing-masing. Selanjutnya, LCPKS dipanaskan pada temperatur masing-masing kondisi operasi dalam bioreaktor. Umpan LCPKS yang sudah siap kemudian dimasukkan ke dalam bioreaktor melalui bagian atas. Kemampuan pengolahan anaerobik dalam menurunkan substrat (COD) berkisar 60-80% dalam waktu 14 hari. Jika pada proses pengolahan LCPKS belum mencapai 60-80% dalam 14 hari, maka waktu pengolahan akan ditambah 7 hari (Kahar, 2017). Perlengkapan pada bioreaktor anaerobik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian reaktor anaerobik

Adapun ketentuan proses pengolahan LCPKS yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengukuran temperatur dan tekanan bioreaktor dilakukan setiap hari.
- Sampling dan analisis COD, BOD dan VFA dilakukan setiap 2 hari sekali.
- Pengaruh berkurangnya volume LCPKS dalam bioreaktor akibat sampling diabaikan.
- Setiap kali running bioreaktor anaerobik menggunakan LCPKS yang baru, sehingga konsentrasi awal parameter tidak sama.
- Proses pengolahan LCPKS dihentikan jika persentase penurunan COD ( $COD_{\text{removal}}$ ) telah mencapai 60-80 % ( $COD_{\text{removal}}$  optimum rata-rata dari proses anaerobik) atau telah menunjukkan penurunan yang stasioner (tetap) (Kahar, 2017).

Untuk menentukan persentase COD removal digunakan persamaan berikut

$$COD_{\text{removal}} = \frac{COD_0 - COD_n}{COD_0} \quad (1)$$

Dengan:

$COD_{\text{removal}}$  = persentase COD yang diturunkan  
 $COD_0$  = COD sebelum pengolahan  
 $COD_n$  = COD setelah pengolahan (hari ke-n)

Sedangkan untuk persentase BOD removal digunakan persamaan berikut

$$BOD_{\text{removal}} = \frac{BOD_0 - BOD_n}{BOD_0} \quad (2)$$

Dengan:

$BOD_{\text{removal}}$  = persentase BOD yang diturunkan  
 $BOD_0$  = BOD sebelum pengolahan  
 $BOD_n$  = BOD setelah pengolahan (hari ke-n)

## 2.4. Analisis Hasil Pengolahan Palm Oil Mill Effluent (POME)

Selama proses pengolahan POME berlangsung, analisis sampel dilakukan pada effluent, meliputi parameter: BOD, COD, VFA. Karakterisasi dan analisis kualitas POME dilakukan dengan *standart method for the examination of water and waste water* APHA (1989). Analisis COD menggunakan metode kalium dikromat dengan refluks tertutup secara titrimetri, BOD menggunakan metode winkler berdasarkan prinsip titrasi iodometri, dan analisis VFA menggunakan metode *Steam Distillation*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

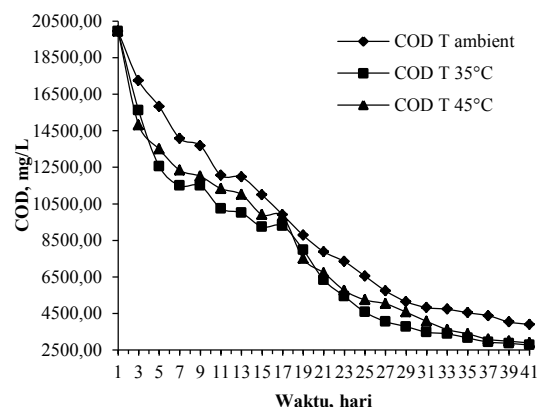
Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa temperatur memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap pengurangan kadar COD, BOD, dan VFA dalam limbah cair pabrik kelapa sawit. Berikut adalah hasil karektirisasi POME sebelum dilakukan pengolahan

**Tabel 2. Karakteristik LCPKS yang digunakan**

Parameter	Kisaran
BOD	10.191,44 mg/L
COD	19.940,00 mg/L
VFA	94,5 mg/L
Densitas	1,0082 g/mL
Viskositas	1,7660 cP
pH	6,3

### 3.1. Pengaruh Temperatur Terhadap COD

Dalam penelitian yang dilakukan kadar penurunan COD pada hari ke 1 hingga ke 41 membuktikan adanya penurunan yang sangat drastis. Dari data yang ada penurunan COD dari hari ke hari semakin melambat yaitu pada hari ke 25 hingga ke 41. Hal ini dapat terjadi karena berkurangnya konsentrasi substrat yang merupakan makanan bagi mikroorganisme, sehingga menyebabkan nilai COD mengalami penurunan disetiap selang waktu tersebut.



**Gambar 2. Perubahan kadar COD pada limbah POME**

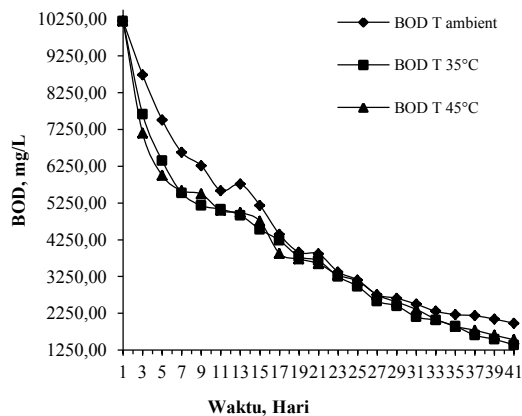
Pada temperatur ambient COD dapat dilihat mengalami penurunan yang lebih lambat dibandingkan dengan temperatur 35°C dan 45°C yaitu dari 19940,00 hingga 3897,87. Hal ini dapat disebabkan karena produsen metana yang tumbuh lebih lambat pada suhu yang lebih rendah. Pada penelitian yang dilakukan, didapatkan persentase removal pada temperatur ambient, temperatur 35°C dan temperatur 45°C yaitu sebesar 80,45%, 86,11% dan 85,51%. Adapun rata-rata persentase removal yang didapatkan yaitu sebesar 84,02%.

Hal ini menunjukkan bahwa mikroorganisme yang ada di dalam LCPKS yang digunakan telah mampu mendegradasi bahan organik yang terdapat didalam limbah tersebut (Syafila dkk, 2003). Berdasarkan data yang didapat bahwa penurunan kadar COD pada temperatur 35°C lebih banyak dan lebih cepat dibandingkan pada temperatur ambient dan temperatur 45°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar COD pada perlakuan dengan temperatur 35°C lebih baik dibandingkan dengan temperatur ambient dan temperatur 45°C. Hal tersebut dikarenakan temperatur yang lebih tinggi mengakibatkan substrat akan terdegradasi lebih cepat dan memudahkan bahan difusi mudah terlarut, sehingga pembentukan gas akan lebih cepat (Irawan dkk, 2015).

### 3.2. Pengaruh Temperatur Terhadap BOD

Kandungan BOD dalam LCPKS dari hari ke hari mengalami penurunan dimana pada hari ke-1 hingga ke-9 terjadi penurunan yang signifikan dan seiring berjalannya waktu,

penurunan BOD semakin lambat. Hal ini disebabkan karena konsentrasi substrat yang merupakan nutrisi bagi mikroorganisme semakin lama semakin berkurang. Hal serupa juga sesuai dengan yang disampaikan oleh (Kahar dkk, 2018) yang menyatakan bahwa penurunan COD dan BOD disebabkan oleh penurunan konsentrasi substrat terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme untuk tumbuh, bereproduksi, dan beradaptasi.

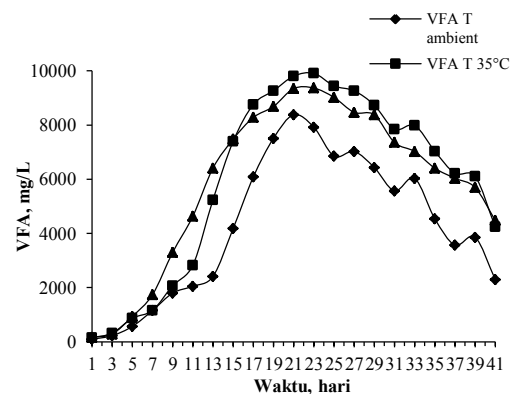


Gambar 3. Perubahan kadar BOD pada limbah POME

Pada perlakuan temperatur ambient BOD mengalami penurunan dari 10191,44 hingga 1981,45, pada perlakuan temperatur 35°C penurunan dimulai dari 10191,44 hingga 1391,40 dan pada perlakuan temperatur 45°C penurunan dimulai dari 10191,44 hingga 1532,43. Adapun persentase BOD removal pada temperatur ambient sebesar 80,56%, pada temperatur 35°C sebesar 86,35% dan pada temperatur 45°C sebesar 84,96%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan BOD pada temperatur 35°C lebih baik dibandingkan dengan pada temperatur ambient dan temperatur 45°C. Hal tersebut dikarenakan temperatur yang lebih tinggi dapat memicu perombakan kimiawi menjadi lebih baik, perombakan yang lebih cepat akan dimanfaatkan oleh bakteri metanogenik untuk menghasilkan gas metana (Pertiwi dkk, 2014). Namun temperatur yang tinggi juga dapat memberikan dampak negatif. Dengan meningkatnya temperatur, toksisitas amoniak juga ikut meningkat sedangkan pada temperatur rendah laju pertumbuhan bakteri termofilik juga rendah (Wellinger dkk, 1999).

### 3.3. Pengaruh Temperatur Terhadap VFA

VFA adalah produk antara yang akan dikonversi pada tahap asetogenesis menjadi asam asetat (Gerardi, 2003). Pada Gambar 4.3. dapat dilihat terjadi kecenderungan kenaikan kandungan VFA dimana pada temperatur ambient mencapai nilai tertinggi pada hari ke-21 yaitu sebesar 8380,60 mg/L sedangkan pada temperatur 35°C mencapai nilai tertinggi pada hari ke-23 yaitu sebesar 9912,45 mg/L dan pada temperatur 45°C mencapai nilai tertinggi pada hari ke-23 yaitu sebesar 9367,4 mg/L. Hal ini disebabkan karena tingginya konsentrasi substrat yang terkandung dalam LCPKS sehingga semakin banyak juga substrat yang mampu dikonversi oleh mikroorganisme menjadi VFA. Setelah mencapai titik tertinggi, kandungan VFA kemudian cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan konsentrasi substrat (COD dan BOD) yang semakin menurun sehingga semakin sedikit pula yang dapat dikonversi menjadi VFA. Adapun Kahar dkk, (2018) menyatakan pengurangan COD yang lebih besar menyebabkan, semakin besar bahan organik terdegradasi menjadi asam organik. Semakin banyak konsentrasi substrat maka semakin tinggi COD terdegradasi, sehingga semakin besar konsentrasi VFA.



Gambar 4. Perubahan kadar VFA pada limbah POME

Selain itu, diketahui kandungan VFA pada perlakuan temperatur 45°C cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur ambient dan 35°C. Hal ini disebabkan adanya pengaruh temperatur terhadap penurunan COD dan BOD. Semakin tinggi temperatur maka semakin banyak COD dan BOD yang dapat dikonversi menjadi VFA. Meskipun demikian, perlu diperhatikan

temperatur optimum bagi mikroorganisme yang hidup dalam LCPKS.

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 penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan temperatur dapat mempengaruhi kadar kandungan COD, BOD, dan VFA yang terdapat dalam limbah cair pabrik kelapa sawit atau POME dalam proses dengan menggunakan reaktor anaerobik. Kadar penurunan COD dan BOD pada temperatur 35°C lebih baik dikarenakan substrat akan terdegradasi lebih cepat dan memudahkan bahan difusi mudah terlarut, sehingga pembentukan gas akan lebih cepat yang terkandung dalam limbah cair kelapa, dan temperatur 35°C juga merupakan temperatur optimum untuk bakteri mesofilik. pada pembentukan VFA pada limbah cair tersebut, semakin tinggi temperatur yang diberikan maka semakin tinggi pula kandungan VFA pada LCPKS.

#### REFERENSI

- Gerardi, M. H. (2003). *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Irawan, D., & Khudori, A. (2015). Pengaruh Suhu Anaerobik Terhadap Hasil Biogas Menggunakan Bahan Baku Limbah

Kolam Ikan Gurame. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 4(1), 17–22. <https://doi.org/10.24127/trb.v4i1.3>

- Irvan, Bambang Trisakti, Michael Vincent, & Yohannes Tandean. (2012). Pengolahan Lanjut Limbah Cair Kelapa Sawit Secara Aerobik Menggunakan *Effective Microorganism* Guna Mengurangi Nilai TSS. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2), 27–30.

<https://doi.org/10.32734/jtk.v1i2.1414>

- Kahar, A., Warmadewanthi, I., & Hermana, J. (2018a). Effect Of pH On Liquid-Phase Mass Transfer And Diffusivity Coefficient At Leachate Treatment Of Municipal Waste Landfill In Anaerobic Bioreactor. *Eksergi*, 15(2), 24–33.

- Nursanti, I. (2013). Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4), 67–73.

- Pertiwi, F., Saron, Hasanudin, U., & Utomo, T. P. (2014). Efisiensi Energi Produksi Biogas Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit Pada Suhu Termofilik. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 19(1), 42–53.

- Shintawati, Hasanudin, U., & Haryanto, A. (2017). Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Gigas Semi Kontinu. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(2), 81–88.

- Silalahi, F. T. N., Halimatuddahlia, & Husin, A. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob Satu Tahap dan Dua Tahap Secara Batch. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1), 34–40.

- Syafila, M., & Djajadiningrat, A. H. (2003). Kinerja Bioreaktor Hibrid Anaerob Dengan Media Batu Untuk Pengolahan Air Buangan Yang Mengandung Molase. *Jurnal Sains & Teknologi ITB*, 35(1), 19–31.

- Uddin, M. N., Rahman, M. A., Taweekun, J., Techato, K., Mofijur, M., & Rasul, M. (2019). Enhancement of Biogas Generation in Up-Flow Sludge Blanket (UASB) Bioreactor From Palm Oil Mill Effluent (POME). *Energy Procedia*, 160, 670–676. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.220>

- Wellinger, A., & Lindeberg, A. (1999).  
Biogas Upgrading and Utilization. Task  
24. Dublin: IEA Bioenergy.
- Widarti, B. N., Susetyo, S. H., & Sarwono, E.  
(2015). Degradasi COD Limbah Cair  
Dari Pabrik Kelapa Sawit Dalam Proses  
Pembentukan Biogas. *Jurnal Integrasi  
Proses*, 5(3), 138–141.