

## POTENSI GAS RUMAH KACA (GRK) KOLAM ANAEROBIK PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT (LCPKS)

### *Potential of Greenhouse Gasses from Anaerobic Pond of Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment*

Hisyam Musthafa Al Hakim<sup>1)</sup>, Lya Agustina<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian ULM  
Email: [hisyam.alhakim@ulm.ac.id](mailto:hisyam.alhakim@ulm.ac.id)

<sup>2)</sup> Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian ULM  
Email: [lya.agustina@ulm.ac.id](mailto:lya.agustina@ulm.ac.id)

#### Abstract

World vegetable oil needs to be increased every year along with population growth. Vegetable oil which potential to supply is palm oil because it has the highest productivity compared to other vegetable oil sources. Behind the rapid development of palm oil, came negative issue about environmental damage especially the increase of greenhouse gas emissions caused by the palm oil industry. This research aimed to calculate the potential of greenhouse gas caused by palm oil mill effluent (POME) treatment in the anaerobic pond. The method used is by capture methane and carbon dioxide at the float chamber then gas chromatography analyzed. The results showed that the highest methane and carbon dioxide released at night (10.00 – 11.00 pm). The average potential released methane is  $9441.28 \text{ mg C-CH}_4 \text{ m}^{-2}\text{h}^{-1}$  and Carbon dioxide is  $5920.74 \text{ mg C-CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{h}^{-1}$ .

*Keywords: POME; Greenhouse gasses; Methane; Carbon dioxide*

#### PENDAHULUAN

Indonesia menjadi negara terbesar produsen *Crude Palm Oil (CPO)* di dunia. Jumlah produksi industri kelapa sawit Indonesia pada tahun 2017 dari total produksi 41,98 juta ton minyak sawit, sebesar 38,17 juta ton dari produksi CPO dan 3,05 juta ton *palm kernel oil (PKO)* (GAPKI, 2018). Industri kelapa sawit mengalami peningkatan setiap tahunnya sebanding dengan peningkatan populasi penduduk dunia. Populasi dunia diprediksi akan meningkat dari 7 miliar tahun 2011 menjadi 9 miliar pada tahun 2043. Peningkatan konsumsi CPO dunia dikarenakan meningkatnya konsumsi minyak nabati dunia sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dunia yang digunakan sebagai bahan makanan, kosmetik, dan detergen (Wicke et al, 2008). Seiring peningkatan

populasi tersebut permintaan minyak dan lemak akan meningkat. Komoditas kelapa sawit menjadi sumber yang bisa memenuhi kebutuhan minyak nabati dunia, karena produktivitas kelapa sawit masih paling tinggi jika dibandingkan dengan tanaman sumber minyak nabati lainnya.

Tabel 1. Rata-Rata Produktivitas Tanaman Penghasil Minyak Nabati

Tanaman	Rata-Rata Produksi (ton/ha pertahun)
Kedelai	0,36
Bunga Matahari	0,42
Rapeseed	0,59
Kelapa Sawit	3,68

Sumber : Basiron, 2007

Tantangan dibalik perkembangan pesat tersebut adalah bermunculan masalah dan isu negatif pada perkebunan kelapa

sawit antara lain konflik lahan yang terjadi antara perusahaan kelapa sawit dengan masyarakat, kerusakan *biodiversity* dan isu kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan yang disebabkan perkebunan kelapa sawit menjadi obyek serangan negara maju dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), dengan dalih sebagai penyebab peningkatan Gas Rumah Kaca (GRK) yang menyebabkan pemanasan global (Hakim et al, 2014).

Dalam konferensi paris pada akhir 2015 lalu Indonesia berkomitmen menetapkan target akan mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 29 % pada tahun 2030. Berbagai sumber potensi yang melepaskan emisi GRK harus diinventarisasi supaya bisa menjadi baseline atau acuan, sehingga pada waktu pengukuran penurunan emisi GRK bisa valid. Hal ini menjadi tantangan besar bagi pelaku industri di Indonesia, tidak terkecuali adalah perusahaan kelapa sawit. Dalam industri kelapa sawit salah satu aspek yang memiliki potensi emisi GRK adalah gas methane yang dilepaskan oleh limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS).

Pada tahun 2017 dengan jumlah produksi CPO sebesar 38,17 juta ton, sehingga jumlah tandan buah segar (TBS) kelapa sawit sebesar antara 165,95 – 177,53 juta ton dengan rendemen CPO antara 21,5 – 23%. (Saron, 2013). Pada setiap proses produksi CPO setiap ton TBS menghasilkan LCPKS sebesar 0,65 m<sup>3</sup> (Nasution et al, 2018), sehingga jumlah LCPKS pada tahun 2017 sebesar antara 107,87 – 115,39 juta m<sup>3</sup>. Jumlah cukup besar yang memungkinkan menyumbang emisi GRK bagi Indonesia. Meskipun sudah ada beberapa perusahaan yang menerapkan *methane trapping* untuk menghasilkan biogas, tetapi saat ini jumlahnya masih sangat sedikit.

Proses pengelolaan LCPKS pada industri kelapa sawit melalui beberapa tahap, yang umum dilakukan adalah dengan dekomposisi anaerobik. Pada proses ini menguraikan bahan organik menjadi asam organik dengan bantuan bakteri, tahap berikutnya proses penguraian asam organik

menjadi gas. Pada proses pengelolaan POME ini melepaskan gas metana (CH<sub>4</sub>) dan Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang termasuk dalam kategori emisi GRK.

Tabel 2. Karakteristik limbah cair kelapa sawit

Parameter	Nilai (mg/l)
BOD	25.000
COD	50.000
TSS	18.000
Minyak dan Lemak	4.000

Sumer: Alhajie, et al. 2016

Sampai saat ini pengukuran potensi emisi GRK dari POME di Indonesia melaporkan potensi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> yang dilepaskan dalam proses pengelolaan LCPKS masih menggunakan standar emisi faktor. Mengingat besarnya jumlah LCPKS yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit di Indonesia, maka diperlukan penelitian untuk menghitung laju emisi GRK yang dihasilkan dari pengelolaan LCPKS. Ruang lingkup penelitian ini fokus pada emisi GRK yang dilepaskan pada LCPKS. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi acuan perhitungan emisi gas rumah kaca pada pengelolaan LCPKS di industri kelapa sawit Indonesia.

## METODE PENELITIAN

### *Pengambilan Sampel Gas dan Pengukuran*

Pengambilan sampel dilakukan dengan alat sungkup tertutup berbentuk tabung dengan diameter 24 cm, tinggi 27 cm dengan ketebalan gabus (*styrofoam*) 7 cm (sebagai pelampung) seperti pada Gambar 1. Sungkup dilengkapi thermometer untuk mengukur perubahan suhu dalam sungkup. Data suhu tersebut akan digunakan dalam perhitungan besarnya fluks dan emisi GRK. Bagian-bagiannya adalah :

- Pelampung dari bahan gabus (steoroform) yang terletak pada bagian bawah sungkup, berfungsi untuk menjaga agar sungkup tetap terapung.

- b. Penampang, berfungsi sebagai tempat air agar gas tidak bocor
- c. Tutup sungkup dilengkapi dengan lubang yang ditutup dengan septum untuk mengambil contoh gas.

Pengambilan contoh gas dari sungkup menggunakan Syringe ukuran 10 ml. Syringe dilengkapi dengan kertas perak untuk pembungkus. Fungsi kertas perak adalah untuk mengurangi adanya pengaruh sinar matahari terhadap konsentrasi contoh dalam syringe. Setelah contoh gas diambil dengan Syringe, kemudian dipindahkan pada vacumblood / vacumtainer volume 10 ml (16 x 100 mm)



Gambar 1. Peralatan dan metode pengambilan sampel

Pada penelitian ini lokasi pengambilan contoh gas di kolam anaerobik pengolahan LCPKS di salah satu perusahaan pabrik minyak sawit di Kalimantan Selatan. Waktu pengambilan gas pada (jam 08.00 –09.00), (12.00 – 13.00), (16.00 – 17.00), (22.00-23.00) dengan tujuan untuk mengukur perbedaan kondisi lingkungan terhadap potensi emisi GRK yang dihasilkan. Setiap pengambilan sampel sebanyak 3 kali pengambilan contoh gas pada menit ke 0, menit ke 10, dan menit ke 20 sebanyak 3 kali pengulangan.

### Analisis Gas dan Pengukuran Laju GRK

Sampel gas yang sudah diambil kemudian dianalisis konsentrasi gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> dengan menggunakan gas kromatografi. Pada Penelitian ini sampel dikirim ke Balai Penelitian Lingkungan Pertanian (Balingtan) di Pati, Jawa Tengah.

Setelah semua data konsentrasi gas dikumpulkan, fluks (mg C m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> dan mg C m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>) dihitung sesuai dengan persamaan berikut (Hadi et al, 2012.):

$$F = k \cdot h \cdot dc / dt (273 / T)$$

Keterangan:

- k = konstanta untuk konversi dari volume untuk berat
- h = tinggi ruang (meter)
- dc / dt = perubahan konsentrasi (ppm) per satuan waktu (jam)
- T = udara suhu di dalam ruang (K)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) ada beberapa metode antara lain metode kolam anaerobik, *Continuous stirred tank reactor (CSTR)*, *Anaerobic baffled reactor (ABR)*, *Anaerobic sequencing batch reactor (ASBR)*, *Upflow anaerobic sludge fixed film (UASFF)*, *Upflow anaerobic sludge blanket (UASB)*, *Expanded granular sludge bed reactor (EGSB)*, *Anaerobic fluidized bed reactor*, *Upflow anaerobic sludge fixed film (UASFF)* (Ahmed et al, 2015). Sampai saat ini sebagian besar yang dilakukan oleh pabrik kelapa sawit adalah dengan metode kolam anaerobik, hal tersebut dikarenakan biaya, teknologi, dan perawatan yang diperlukan lebih mudah.

Proses penguraian kandungan organik pada LCPKS dengan metode kolam anaerobik ada beberapa tahapan yaitu hidrolisis, acidogenesis, acetogenesis, dan methanogenesis (Akshaya et al, 2016). Pada proses anaerobik ini melepaskan gas metana (CH<sub>4</sub>), karbon dioksidan (CO<sub>2</sub>) dan beberapa

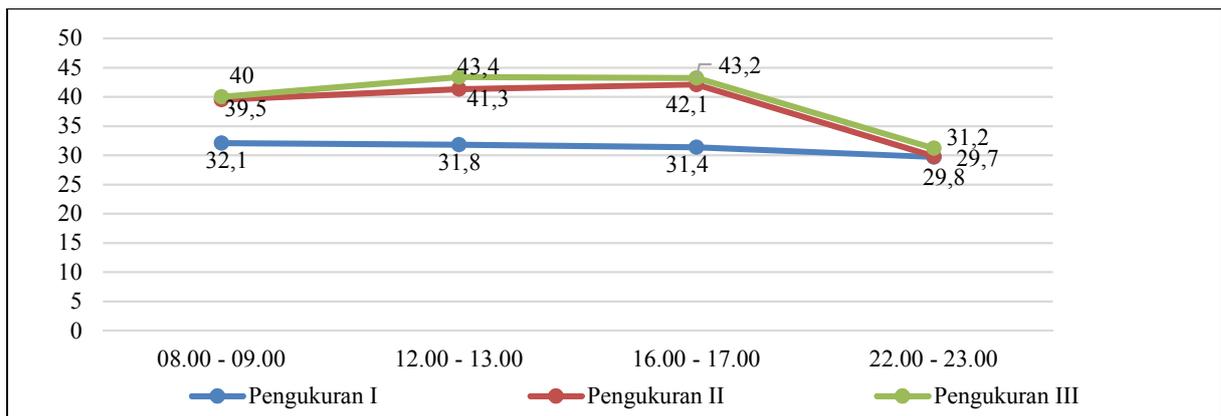
gas lainnya, yang paling besar adalah melepaskan gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> yang masuk dalam kategori gas rumah kaca (GRK). Beberapa faktor yang mempengaruhi penguraian kandungan organik pada LCPKS pada proses pengolahan anaerobik antara lain adalah faktor lingkungan yaitu suhu dan pH pada kolam anaerobik.

### Kondisi Lingkungan

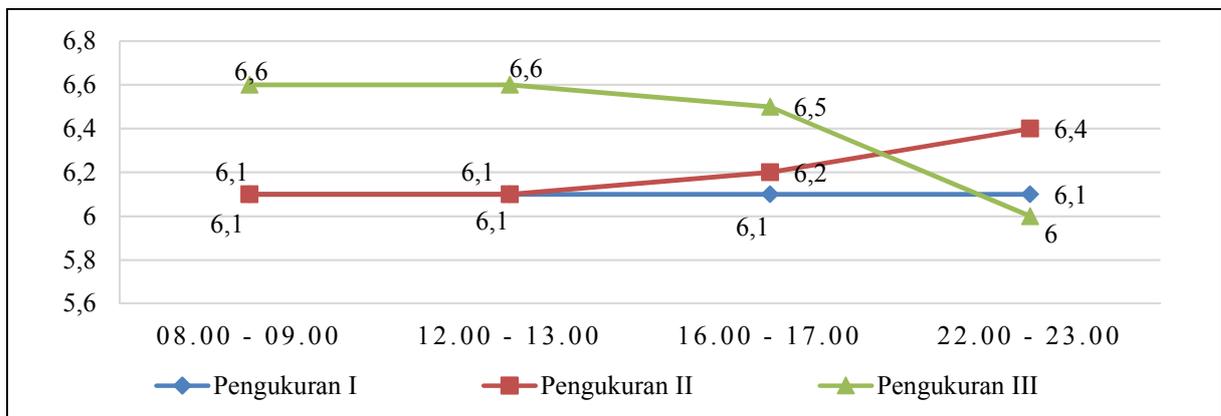
Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) ketika dialirkan ke pengolahan limbah memiliki karakteristik suhu yang cukup tinggi yaitu sekitar 80°C, oleh karena itu perlu diturunkan terlebih dahulu suhunya pada kolam limbah pertama sebelum masuk ke dalam kolam limbah anaerobik. Proses penguraian pada kolam anaerobik dapat

terjadi pada 3 rentang suhu yaitu psichofilik (di bawah 25° C), meshofilik ( 25 – 45°C) dan thermofilik (45 – 70°C) (Seadi et al.,2008).

Pada penelitian ini perlu dilakukan pengukuran suhu kolam anaerobik LCPKS untuk mengetahui tingkat suhu yang ada di kolam dan mengetahui apakah suhu yang ada tersebut masuk kedalam suhu optimum untuk bakteri matenogen. Hasil pengukuran suhu pada kolam anerobik LCPKS dapat dilihat pada gambar 2. Hasil pengukuran suhu pada pengukuran I, pengukuran II, dan pengukuran III menunjukkan pada pengukuran I lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran II dan III, hal ini terjadi karena pada waktu pengukuran I kondisi cuaca cukup mendung sehingga mempengaruhi suhu kolam.



Gambar 2. Hasil Pengukuran Suhu



Gambar 3. Hasil Pengukuran pH

Hasil pengukuran suhu pada kolam anaerobik LCPKS menunjukkan antara 29,7 – 43,4°C. Kondisi ini masuk dalam rentang suhu meshofilik (25 – 45°C), cukup ideal

bagi bakteri methanogen untuk hidup dan berkembang untuk mengurai bahan organik yang ada pada LCPKS.

Kondisi lingkungan yang ideal untuk bakteri methanogen selain suhu adalah pH, kondisi pH yang berada dalam kolam anaerobik LCPKS sangat mempengaruhi aktifitas bakteri methanogen dalam mengurai bahan organik. Proses terbentuknya gas metana dapat terjadi pada range pH antara 5,5 – 8,5. Pada bakteri meshofilik kondisi yang optimal adalah pada pH 6,5 – 8 dan akan mengalami penurunan aktivitas apabila pH dibawah 6 atau diatas 8,3 (Seadi et al.,2008).

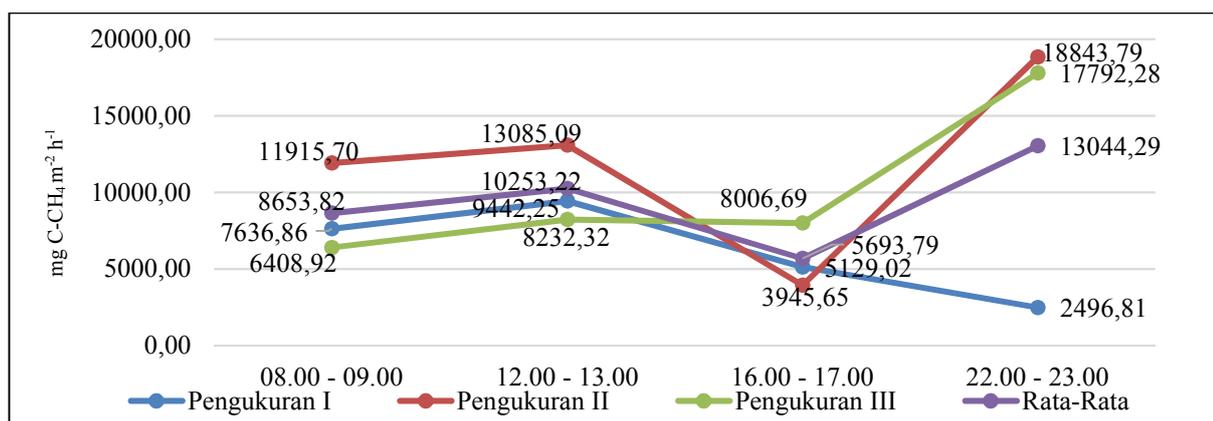
Hasil pengukuran pH pada kolam anaerobik LCPKS pada penelitian ini menunjukkan antara 6 – 6,6 ,hal ini memberikan informasi bahwa kondisi kolam masih dalam kategori yang cukup ideal untuk bakteri metanogen tumbuh dan

beraktifitas dalam mengurai bahan organik LCPKS.

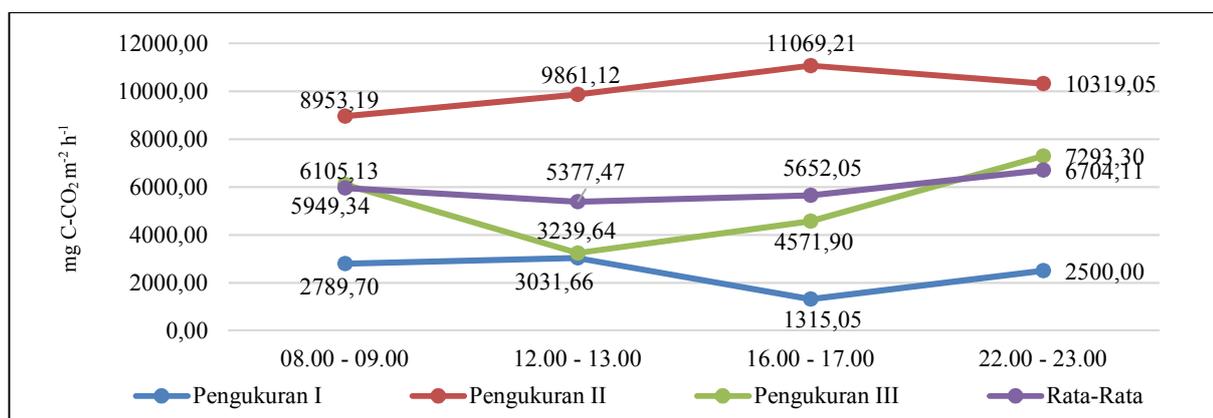
Hasil pengukuran kondisi lingkungan ini, baik dari aspek suhu dan pH sudah memberikan gambaran bahwa kondisi kolam anaerobik LCPKS yang sudah cukup ideal untuk tumbuh dan beraktifitas bakteri metanogen.

*Hasil Pengukuran Gas Metana (CH<sub>4</sub>) dan Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)*

Emisi gas rumah kaca (GRK) yang berpotensi dilepaskan pada proses penguraian bahan organik di kolam anaerobik LCPKS adalah gas metana dan gas karbon dioksida.



Gambar 4. Hasil Pengukuran CH<sub>4</sub>



Gambar 5. Hasil Pengukuran CO<sub>2</sub>

Hasil pengukuran gas metana dapat tertangkap pada sungkup apung di kolam anaerobik LCPKS. Dari hasil pengukuran menunjukkan tren yang hampir sama pada 3 hari pengukuran yang berbeda. Hasil

pengukuran metana pada waktu pengukuran jam 12.00 – 13.00 mengalami peningkatan meskipun tidak terlalu signifikan, kemudian mengalami penurunan pada pengukuran jam 16.00 – 17.00 dan kembali mengalami

peningkatan yang signifikan pada waktu pengukuran 22.00 – 23.00. Hanya pada pengukuran I yang berbeda pada pengukuran jam 22.00 – 23.00 hal ini kemungkinan besar disebabkan kondisi faktor suplai bahan organik yang rendah dibandingkan dengan waktu pengukuran lain karena jumlah tandan buah segar yang diolah lebih sedikit dibandingkan dengan waktu pengukuran lainnya. Selain itu waktu pengukuran perbedaan hari juga memiliki perbedaan hasil pengukuran, karena setiap hari mengalami perbedaan kondisi lingkungan yang mempengaruhi proses pembentukan gas metana.

Hasil pengukuran gas metana pada penelitian ini menunjukkan bahwa waktu pelepasan gas metana tertinggi pada waktu pengukuran jam 22.00 – 23.00 atau pada kondisi malam yaitu sebesar 13044,29 mg C-CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Rata-rata pelepasan gas metana pada 3 kali pengukuran dan pada semua waktu adalah sebesar 9441,28 mg C-CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

Dari hasil pengukuran emisi gas rumah kaca karbon dioksida lebih cenderung stabil pada setiap perbedaan waktu pengukuran. Dapat terlihat dari gambar 5 bahwa tidak ada waktu yang cukup ekstrim peningkatan ataupun penurunan apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran gas metana. Sama halnya pada gas metana, hasil pengukuran gas Karbon dioksida nilai tertinggi pada waktu pengukuran jam 22.00 – 23.00 atau malam hari yaitu sebesar 6704,11 mg C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Rata-rata pelepasan gas Karbon dioksida pada 3 kali pengukuran dan pada semua waktu adalah sebesar 5920,74 mg C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

Tabel 3. Perbandingan Komposisi Gas CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> pada LCPKS

CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	Referensi
65%	35%	Ohimain et al, 2014
65%	30%	Sridhar et al, 2009
55-75 %	30-45%	Igoni et al , 2007
<b>61%</b>	<b>39%</b>	<b>Penelitian ini</b>

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu emisi GRK pada LCPKS yang lebih dominan adalah gas metana dibandingkan dengan gas karbon dioksida sama seperti halnya dengan hasil penelitian ini.

## KESIMPULAN

1. Kondisi lingkungan kolam anaerobik limbah cair pabrik kelapa sawit pada kondisi suhu optimal untuk bakteri mesofilik yaitu pada suhu 25 – 45°C.
2. Laju emisi gas rumah kaca pada kolam anaerobik limbah cair pabrik kelapa sawit paling tinggi adalah pada waktu malam hari (22.00 – 23.00) yaitu rata-rata gas metana sebesar 13.044,29 mg C-CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> dan gas Karbon dioksida sebesar 6704,11 mg C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.
3. Rata-rata laju emisi pada kolam anaerobik limbah cair pabrik kelapa sawit adalah gas metana sebesar 9441,28 mg C-CH<sub>4</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> dan gas Karbon dioksida sebesar 5920,74 mg C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, Y., Yaakob, Z., Akhtar, P., & Sopian, K. (2015). Production of biogas and performance evaluation of existing treatment processes in palm oil mill effluent (POME). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 42: 1260–1278. DOI: [10.1016/j.rser.2014.10.073](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.073)
- Akshaya, V.K., Prangya, R. R., Puspendu, B., & Rajesh, D. R. (2016). Anaerobic Treatment of Wastewater. *Green Technologies for Sustainable Water Management* (pp 297-336). Virginia. American Society of Civil Engineers.
- Alhaji, M. H. , Sanaulah, K. , Lim S. F., Khan, A., Hipolito, C. N., Abdullah, M. O., Bhawani S. A., & Jamil T. (2016). Photocatalytic treatment technology for palm oil mill effluent (POME) – A review. *Process Safety and Environmental Protection*. 102: 673–686. DOI: [10.1016/j.psep.2016.05.020](https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.05.020)

- Basiron, Y. (2007). Palm oil production through sustainable plantations. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 109: 289–295. DOI: [10.1002/ejlt.200600223](https://doi.org/10.1002/ejlt.200600223)
- GAPKI, (2018). *2017 Produksi Minyak Sawit Indonesia Capai 41,9 Juta Ton*. Diambil dari: <https://www.infosawit.com/news/7672/2017-produksi-minyak-sawit-indonesia-capai-41-9-juta-ton>
- Hadi, A., Fatah, L., Syaifuddin, Abdullah, Affandi, D.N., Bakar, R. A., & Inubushi, K. (2012). Greenhouse Gas Emissions from Peat Soils Cultivated to Rice Field, Oil Palm and Vegetable. *Journal of Tropical Soils*. 17: 105-114. DOI: [10.5400/jts.2012.17.2.105](https://doi.org/10.5400/jts.2012.17.2.105)
- Hakim, H. M. A., Supartono, W., & Suryandono, A. (2014). *Life Cycle Assessment Pada Pembibitan Kelapa Sawit Untuk Menghitung Emisi Gas Rumah Kaca*. *Ziara'ah*. 39: 72-80.
- Igoni, A. H., Abowei, M. F. N., Ayotamuno, M.J., Eze, C.I. (2007). Effect of total solids concentration of municipal solid waste in anaerobic batch digestion on the biogas produced. *Journal of Food Agriculture Environmental*. 5(2): 333-337.
- Wicke, B., Dornburg V., Junginger M., & Faaij A. (2008). Different palm oil production systems for energy purposes and their green house gas implications. *Biomass and bioenergy*. 32: 1322–1337. DOI: [10.1016/j.biombioe.2008.04.001](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.04.001)
- Nasution, . A., Wibawa D. S., Ahmed, T., & Noguchi, R. (2018). Selection of palm oil mill effluent treatment for biogas generation or compost production using an analytic hierarchy process. *Journal Mater Cycles Waste Management*. 20: 787–799. DOI: [10.1007/s10163-017-0638-9](https://doi.org/10.1007/s10163-017-0638-9)
- Ohimain, E. I. & Izah, S. C. (2014). Potential of biogas production from palm oil mills' effluent in Nigeria. *Sky Journal of Soil Science and Environmental Management*. 3(5): 50–58.
- Sarono. (2013). *Strategi pengurangan gas rumah kaca dari limbah cair pabrik kelapa sawit dan pemanfaatannya sebagai sumber energi listrik (studi kasus di Provinsi Lampung)*. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Seadi T.A., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., & Janssen, R. (2008). *Biogas Handbook*. Denmark. University of Southern Denmark Esbjerg.
- Sridhar, M. K. C., Adeoluwa, O. O., Nigam, P.S., Pandey, A., (2009). Palm oil industry residue. *Biotechnology for agro-industrial residues utilization* (p. 341–55). Germany: Springer Science.