



**PEMANFAATAN LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT SEBAGAI ENERGI  
TERBARUKAN DAN BERKELANJUTAN**

**UTILIZATION OF PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) AS RENEWABLE AND  
SUSTAINABLE ENERGY**

**Suksmanantyo<sup>1)\*</sup>, Rahmad Waris Wahdianto<sup>2</sup>, Hery Setia Wardana<sup>3</sup>, Lukiswara  
Meganesia<sup>4</sup>, Suheriyanto<sup>5</sup>, Brian Fitri Wahyudi<sup>6</sup>**

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Program Studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut  
Teknologi Adhi Tama Surabaya, Indonesia

\*Corresponding Email : [suksmanantyo@gmail.com](mailto:suksmanantyo@gmail.com)

---

**Abstract**

*Palm Oil Mill Effluent (POME) is a major byproduct of the palm oil industry, characterized by high organic content (COD 40,000–100,000 mg/L) and significant environmental risks if untreated. This study aims to optimize POME conversion into biogas through anaerobic digestion, focusing on technical parameters (COD, pH, temperature) at PT. Tunas Baru Lampung. Using a quantitative approach, data were collected over 12 months and analyzed via multiple linear regression. Results indicate COD as the dominant factor ( $\beta=0.866$ ,  $p=0.000$ ), with optimal biogas production at pH 6.8–7.4 and mesophilic temperatures (30–40°C). The estimated electricity potential reached 54.62 MW/month, reducing CO<sub>2</sub> emissions by 21,533 tons/year. Challenges include infrastructure limitations and regulatory gaps. Recommendations include adopting advanced digester technologies, policy incentives, and further industrial-scale research. This study contributes to green manufacturing by aligning waste management with renewable energy goals and circular economy principles.*

**Keywords:** *Palm Oil Mill Effluent (POME), biogas, renewable energy, anaerobic digestion, COD optimization.*

**How to Cite:** Suksmanantyo., Wahdianto, R.W., Wardana, H.S., Meganesia, L., Suheriyanto., & Wahyudi, B.F. (2025). Pemanfaatan Limbah Cair Kelapa Sawit sebagai Energi Terbarukan dan Berkelanjutan. Jurnal Agro Fabrica Vol.7 (1) : 18 – 23.

---

**PENDAHULUAN**

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor unggulan Indonesia yang berkontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional, baik melalui devisa ekspor maupun penyerapan tenaga kerja.

Namun, di balik manfaat ekonominya, industri ini menghasilkan limbah cair dalam volume besar, yaitu Palm Oil Mill Effluent (POME). Limbah ini memiliki kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) yang

sangat tinggi, sehingga berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan tepat (Purwanto et al., 2023; Parinduri, 2018).

POME sebenarnya mengandung potensi besar sebagai sumber energi terbarukan melalui konversi menjadi biogas dengan proses anaerobic digestion. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa biogas dari POME dapat menghasilkan listrik hingga 16 MW (Pangarso & Kusdiyantini, 2022) dan mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifikan (Antoni et al., 2020). Namun, efisiensi konversi POME menjadi energi masih menghadapi tantangan, seperti variasi parameter teknis (COD, pH, suhu), keterbatasan infrastruktur, dan aspek regulasi (Winanti et al., 2019; Chusna et al., 2020).

PT. Tunas Baru Lampung, sebagai salah satu perusahaan kelapa sawit terkemuka, menghasilkan POME dalam jumlah besar setiap harinya. Meskipun telah memiliki sistem pengolahan limbah, optimalisasi pemanfaatan POME sebagai energi masih belum maksimal. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan utama untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan pemanfaatan limbah cair pabrik kelapa sawit (Palm Oil Mill Effluent/POME) sebagai sumber energi terbarukan dalam bentuk biogas. Terdapat tiga fokus utama dalam studi ini. Pertama, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter teknis, yaitu Chemical Oxygen Demand (COD), pH, dan suhu terhadap tingkat produksi biogas.

Parameter-parameter ini dipilih karena merupakan indikator utama dalam proses anaerobik yang menentukan efisiensi konversi bahan organik menjadi gas metana. Dengan pemahaman yang lebih baik mengenai hubungan antara masing-masing parameter terhadap output biogas, diharapkan dapat diperoleh kondisi operasi yang optimal.

Kedua, studi ini berupaya untuk mengestimasi potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari volume biogas yang diperoleh. Estimasi ini dilakukan dengan pendekatan konversi energi berdasarkan nilai kalor biogas dan efisiensi sistem pembangkit. Hasil dari analisis ini akan memberikan gambaran kuantitatif mengenai kontribusi POME terhadap penyediaan energi listrik alternatif bagi industri. Ketiga, penelitian ini juga mengidentifikasi berbagai kendala, baik teknis maupun non-teknis, yang menghambat optimalisasi konversi POME menjadi energi. Kendala teknis dapat berupa fluktuasi parameter operasional, keterbatasan peralatan, atau efisiensi proses yang rendah. Sementara kendala non-teknis dapat meliputi aspek regulasi, pembiayaan, keterbatasan sumber daya manusia, serta penerimaan sosial terhadap teknologi energi terbarukan. Melalui pendekatan holistik ini, diharapkan penelitian dapat memberikan rekomendasi strategis yang aplikatif untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pemanfaatan limbah POME dalam sistem energi terbarukan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri sawit dalam menerapkan teknologi pengolahan limbah berkelanjutan, sekaligus mendukung kebijakan transisi energi bersih di Indonesia.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Tunas Baru Lampung selama periode Januari hingga Desember 2024. Pengambilan sampel limbah cair POME dilakukan secara berkala dari kolam Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) dengan memperhatikan aspek homogenitas dan waktu pengambilan. Parameter utama yang diamati meliputi Chemical Oxygen Demand (COD), tingkat keasaman (pH), dan suhu, yang diukur langsung di lapangan menggunakan spektrofotometer, pH meter, dan termometer digital. Kandungan metana (CH<sub>4</sub>) dianalisis di laboratorium dengan Gas Chromatography (GC).

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan variabel input berupa COD, pH, suhu, dan volume POME (800 m<sup>3</sup>/hari), serta variabel output meliputi produksi biogas, estimasi energi listrik, dan pengurangan emisi CO<sub>2</sub>. Produksi biogas dihitung berdasarkan konversi COD dengan asumsi 1 kg COD menghasilkan 1,42 m<sup>3</sup> biogas, sedangkan estimasi energi listrik diperoleh dari konversi 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 2 kWh listrik.

Analisis data dilakukan menggunakan regresi linear berganda untuk mengukur pengaruh parameter teknis terhadap produksi biogas. Model statistik divalidasi melalui uji signifikansi (p-value) dan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>). Seluruh prosedur penelitian mengacu pada standar pengolahan limbah cair kelapa sawit dan integrasi teknologi anaerobic digestion yang telah dikembangkan dalam studi-studi sebelumnya (Purwanto et al., 2023; Winanti et al., 2019).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

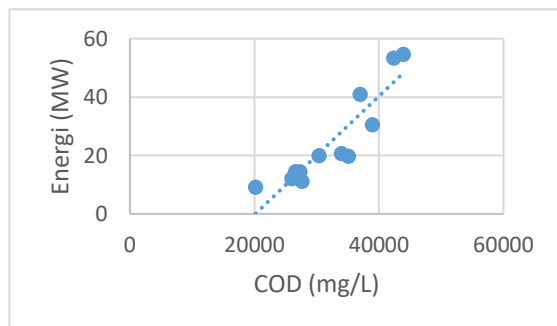
#### Karakteristik POME dan Produksi Biogas

Tabel 1. Data COD, pH, suhu dan perhitungan listrik

| Bulan            | COD (mg/L)       | pH          | suhu (°C)    | Perhit Listrik MW |
|------------------|------------------|-------------|--------------|-------------------|
| 1                | 30338,2          | 4,792       | 40,99        | 19,76             |
| 2                | 26641,7          | 4,739       | 38,29        | 14,41             |
| 3                | 27316,9          | 4,764       | 38,83        | 14,39             |
| 4                | 26032            | 4,775       | 38,64        | 11,92             |
| 5                | 34003,1          | 4,827       | 39,17        | 20,62             |
| 6                | 35110,3          | 4,773       | 39,99        | 19,61             |
| 7                | 27620,3          | 4,813       | 39,72        | 11,11             |
| 8                | 20193,1          | 4,804       | 39,65        | 9,05              |
| 9                | 38916,3          | 4,72        | 38,12        | 30,39             |
| 10               | 37002,6          | 4,692       | 39,12        | 40,93             |
| 11               | 42416,5          | 4,756       | 38,98        | 53,22             |
| 12               | 43897,4          | 4,766       | 38,75        | 54,62             |
| Total            | 389.488,4        | 57,22       | 470,25       | 300,03            |
| <b>Rata-rata</b> | <b>32.457,37</b> | <b>4,77</b> | <b>39,19</b> | <b>25,00</b>      |

Hasil pengukuran selama 12 bulan menunjukkan variasi parameter POME di PT. Tunas Baru Lampung dengan COD berkisar 20.193-43.897 mg/L, pH 4,69-4,83, dan suhu 38-41°C. Produksi biogas tertinggi

mencapai 49,87 m<sup>3</sup>/hari pada bulan Desember ketika COD mencapai 43.897 mg/L, sedangkan terendah sebesar 22,94 m<sup>3</sup>/hari terjadi pada bulan Agustus dengan COD 20.193 mg/L. Hasil ini sesuai dengan penelitian Hafiz et al. (2024) yang menyatakan bahwa COD merupakan faktor dominan dalam produksi biogas.



Grafik 1. Diagram Scatter Pengaruh COD Terhadap Energi.

#### Analisis Pengaruh Parameter Teknis

Tabel 2. Model Summary

| Model Summary |                   |          |                   |                            |
|---------------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| Model         | R                 | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
| 1             | .919 <sup>a</sup> | 0.844    | 0.785             | 7.49154                    |

#### Analisis Model Regresi

Tabel 3. ANOVA

| ANOVA <sup>a</sup> |            |                |    |             |        |
|--------------------|------------|----------------|----|-------------|--------|
| Model              |            | Sum of Squares | df | Mean Square | F      |
| 1                  | Regression | 2426.380       | 3  | 808.793     | 14.411 |
|                    | Residual   | 448.985        | 8  | 56.123      |        |
|                    | Total      | 2875.365       | 11 |             |        |

Analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa COD memiliki pengaruh paling signifikan terhadap produksi

biogas ( $\beta=0,866$ ;  $p=0,000$ ). Sementara itu, pH dan suhu menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan secara statistik ( $p>0,05$ ), meskipun secara teknis pH mendekati netral (6,8-7,4) dan suhu dalam kisaran mesofilik (30-40°C) tetap penting untuk menjaga stabilitas proses anaerobik. Temuan ini memperkuat penelitian Winanti et al. (2019) tentang pentingnya pengendalian parameter proses.

#### Hasil Analisis Regresi Linear Berganda

##### Menggunakan SPSS

Tabel 4. Coefficients

| Coefficients <sup>a</sup> |            |         |         |                                |        |       |
|---------------------------|------------|---------|---------|--------------------------------|--------|-------|
| Model                     |            |         |         | Standardized Coefficients Beta | T      | Sig.  |
| 1                         | (Constant) | 193.684 | 310.147 |                                | 0.624  | 0.550 |
|                           | COD        | 0.002   | 0.000   | 0.866                          | 5.662  | 0.000 |
|                           | PH         | -49.795 | 71.924  | -0.119                         | -0.692 | 0.508 |

#### Potensi Energi dan Dampak Lingkungan

Tabel 5. COD, Produksi Biogas, Energi Listrik, dan Emisi CO<sub>2</sub> Terhindar

| Bulan | Total COD (kg/hari) | Produksi Biogas (m <sup>3</sup> /hari) | Energi Listrik Estimasi (kWh/hari) | Emisi CO <sub>2</sub> Terhindar (kg/hari) |
|-------|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1     | 24,27               | 34,46                                  | 68,93                              | 55,14                                     |
| 2     | 21,31               | 30,26                                  | 60,53                              | 48,42                                     |
| 3     | 21,85               | 31,03                                  | 62,06                              | 49,65                                     |
| 4     | 20,83               | 29,57                                  | 59,14                              | 47,32                                     |
| 5     | 27,20               | 38,63                                  | 77,26                              | 61,80                                     |
| 6     | 28,09               | 39,89                                  | 79,77                              | 63,82                                     |

|                       |              |              |              |              |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 7                     | 22,10        | 31,38        | 62,75        | 50,20        |
| 8                     | 16,15        | 22,94        | 45,88        | 36,70        |
| 9                     | 31,13        | 44,21        | 88,42        | 70,73        |
| 10                    | 29,60        | 42,03        | 84,07        | 67,26        |
| 11                    | 33,93        | 48,19        | 96,37        | 77,10        |
| 12                    | 35,12        | 49,87        | 99,73        | 79,79        |
| Tot<br>al             | 311,59       | 442,46       | 884,92       | 707,93       |
| <b>Rata-<br/>rata</b> | <b>25,97</b> | <b>36,87</b> | <b>73,74</b> | <b>58,99</b> |

Konversi POME di pabrik ini berpotensi menghasilkan listrik hingga 54,62 MW/bulan, dengan rata-rata pengurangan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 58,995 kg/hari atau setara dengan 21,533 ton/tahun. Nilai ini menunjukkan kontribusi signifikan terhadap pencapaian target energi terbarukan dan penurunan emisi gas rumah kaca, sebagaimana diungkapkan dalam studi Antoni et al. (2020). Namun, fluktuasi produksi biogas bulanan mengindikasikan perlunya optimasi proses yang lebih stabil.

Beberapa kendala teknis yang dihadapi meliputi:

1. Variasi kualitas POME yang mempengaruhi konsistensi produksi biogas
2. Kebutuhan investasi untuk meningkatkan infrastruktur pengolahan
3. Pemeliharaan kondisi optimal proses anaerobik

Hasil ini sejalan dengan temuan Chusna et al. (2020) tentang kompleksitas pengolahan POME skala industri. Solusi

yang direkomendasikan termasuk penerapan teknologi fixed bed reactor dan penguatan kolaborasi antara industri dengan lembaga penelitian.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa COD merupakan parameter dominan yang secara signifikan memengaruhi produksi biogas dari limbah POME, sementara pH dan suhu tetap relevan secara teknis meski tidak signifikan secara statistik. Hasil konversi biogas di PT. Tunas Baru Lampung menunjukkan potensi besar, yakni mencapai 54,62 MW energi listrik per bulan dan pengurangan emisi CO<sub>2</sub> hingga 21.533 ton per tahun, memperlihatkan kontribusi nyata terhadap energi terbarukan dan keberlanjutan lingkungan.

Namun, tantangan teknis seperti fluktuasi kualitas POME dan kebutuhan investasi infrastruktur masih menjadi hambatan utama, yang dapat diatasi melalui penerapan teknologi reaktor canggih dan sistem pemantauan otomatis. Oleh karena itu, dukungan regulasi dan insentif pemerintah, serta kolaborasi lintas sektor sangat diperlukan untuk mendorong pengembangan pengolahan POME yang berkelanjutan.

Studi ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk pengembangan industri energi berbasis limbah di sektor kelapa sawit, serta mendukung transisi menuju circular economy. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengkaji kelayakan teknis dan ekonomi secara lebih

mendalam pada skala industri yang lebih besar.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alpandari, H., & Prakoso, T. (2021). Tindakan Pengembalian Limbah Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Upaya Memaksimalkan Zero Waste. *Agrisintech*, 2(2). <https://doi.org/10.31938/agrisintech.v2i2.349>
- Antoni, S., Nugroho, Y., & Suryani, A. (2020). Pemanfaatan Biogas Limbah Cair Kelapa Sawit untuk Pembangkit Listrik di PT. Meridan Sejati. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(2), 45-56.
- Awoh, E.T., et al. (2023). Current Trends in Palm Oil Waste Management: A Comparative Review of Cameroon and Malaysia. *Heliyon*, 9(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21410>
- Chusna, F.M.A., et al. (2020). Peningkatan Produksi Biogas dari POME dengan Fluidisasi Media Zeolit Termodifikasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(1). <https://doi.org/10.22146/jrekpros.56133>
- Debbie, D., & Baidurah, S. (2025). A Review of Biological Processing Technologies for Palm Oil Mill Waste Treatment. *Energy Conversion and Management*: X, 18. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.100914>
- Hafiz, M., et al. (2024). Analisa Hubungan Nilai Perubahan COD dan pH pada POME dalam Proses Pembuatan Biogas. *Journal of Applied Science*, 6(1). <https://doi.org/10.47199/jaf.v6i1.240>
- Parinduri, L. (2018). Analisa Pemanfaatan POME untuk Sumber Pembangkit Listrik Tenaga Biogas. *Journal of Energy Technology*, 3(3). <https://doi.org/10.30743/JET.V3I3.964>
- Pangarso, S.S., & Kusdiyantini, E. (2022). Potensi Pemanfaatan Biogas dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit PTPN 5. *JMEME*, 6(1). <https://doi.org/10.31289/jmemme.v6i1.6298>
- Purwanto, C.V., et al. (2023). Pengaruh Penambahan Abu TKKS pada Produksi Biogas dari POME. *Agroindustrial Technology Journal*, 7(2). <https://doi.org/10.2.1111/atj.v7i2.9173>
- Winanti, W.S., et al. (2019). Pengolahan POME menjadi Biogas dengan Sistem Anaerobik Tipe Fixed Bed tanpa Netralisasi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 20(1). <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.3248>