



Pengaruh Jenis Palm Oil Mill Effluent terhadap Kadar Air dan pH Pasca Proses Anaerobik pada Reaktor PLTBg

Purwo Subekti^{a*}, Heri Suripto^a, Ahmad Fathoni^a, Eddy Elfiano^b, Romi Arjuna Putra^c, Mohd. Sabri Safii Hasibuan^c

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Pasir Pengaraian, Kab. Rokan Hulu, Riau

^bProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Riau

^cMahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pasir Pengaraian, Kab. Rokan Hulu, Riau

INFO ARTIKEL

Histori artikel:

Diajukan : Desember 2021

Diterima dalam bentuk revisi : 17

Januari 2022

Diterima : 18 Januari 2022

Tersedia Online : 19 Januari 2022

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis Palm Oil Mill Effluent (POME) terhadap kadar air dan pH setelah melalui proses anaerobik pada reaktor Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg). Tiga jenis POME, yaitu POME liquid, POME sluge, dan POME solid dianalisis dengan tiga kali ulangan untuk setiap jenis sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis POME berpengaruh signifikan terhadap kadar air dan pH dengan nilai F-hitung kadar air sebesar 1456,23 dan pH sebesar 38,57 ($p < 0,05$). Analisis korelasi Pearson menghasilkan nilai $r = 0,9998$ ($p = 0,012$), nilai tersebut sebagai indikasi hubungan positif yang kuat antara kadar air dan pH. Semakin tinggi kadar air, maka nilai pH cenderung meningkat. POME liquid menunjukkan karakteristik paling stabil dengan kadar air 97,92% dan pH 7,64. Hasil tersebut memberikan informasi dasar bahwa nilai kelembaban yang tinggi mendukung kestabilan proses biologis dalam sistem biogas, serta penting untuk optimalisasi pengelolaan limbah cair industri kelapa sawit

Kata kunci: : kadar air, pH, PLTBg, POME, proses anaerobic

E – MAIL

purwos@upp.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of Palm Oil Mill Effluent (POME) types on water content and pH after undergoing an anaerobic process in a Biogas Power Plant (PLTBg) reactor. Three types of POME, namely POME liquid, POME sluge, and POME solid were analyzed with three replications for each type of sample. The results showed that the type of POME significantly affected water content and pH with an F-value of 1456.23 for water content and 38.57 for pH ($p < 0.05$). Pearson correlation analysis produced a value of $r = 0.9998$ ($p = 0.012$), this value indicates a strong positive relationship between water content and pH. The higher the water content, the pH value tends to increase. Liquid POME showed the most stable characteristics with a water content of 97.92% and a pH of 7.64. These results provide basic information that high moisture values support the stability of biological processes in the biogas system, and are important for optimizing the management of liquid waste from the palm oil industry.

Keywords: *Water content, pH, PLTBg, POME, Anaerobic process*

I. PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor unggulan dalam perekonomian nasional yang berperan besar terhadap ekspor dan penyerapan tenaga kerja di Indonesia. Namun demikian, kegiatan pengolahan tandan buah segar (TBS) menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar yang dikenal dengan

Palm Oil Mill Effluent (POME). Setiap ton TBS yang diolah dapat menghasilkan sekitar 0,5–0,7 m³ POME, sehingga volume limbah yang dihasilkan dari seluruh industri kelapa sawit nasional dapat mencapai jutaan meter kubik per tahun [1]. Jika tidak dikelola secara tepat, POME berpotensi mencemari lingkungan karena mengandung bahan organik, minyak, lemak,

dan padatan tersuspensi dalam konsentrasi tinggi. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan limbah cair yang tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga mampu memberikan nilai tambah ekonomi [2], [3].

Salah satu pendekatan yang dikembangkan adalah pemanfaatan POME dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) berbasis proses anaerobik. Dalam sistem tersebut, bahan organik pada POME diuraikan oleh mikroorganisme menjadi gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) di dalam Reaktor methane capture yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan [4], [5]. Efisiensi proses tersebut dipengaruhi oleh karakteristik fisik dan kimia POME, terutama kadar air dan pH, yang berperan dalam menjaga keseimbangan mikroba metanogenik dan kestabilan lingkungan reaktor. Kadar air menentukan ketersediaan kelembaban yang dibutuhkan mikroorganisme, sedangkan pH berhubungan langsung dengan aktivitas enzimatis dalam proses degradasi bahan organik [6]. Fluktuasi kadar air dan pH yang terlalu ekstrem dapat menurunkan efisiensi pembentukan biogas dan menyebabkan gangguan pada proses fermentasi [7].

Selain itu, POME yang dihasilkan dari berbagai tahap pengolahan minyak sawit memiliki karakteristik yang berbeda. POME liquid biasanya mengandung air bebas dalam jumlah tinggi, sedangkan POME sluge dan solid mengandung fraksi padatan yang lebih besar akibat proses pemisahan mekanik [8]. Perbedaan komposisi tersebut memengaruhi kadar air, pH, serta potensi biodegradasinya. Dengan demikian, penting untuk memahami hubungan antara jenis POME, kadar air, dan pH agar dapat dioptimalkan dalam sistem reaktor biogas. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis POME terhadap kadar air dan pH pasca proses anaerobik serta menilai implikasinya terhadap potensi biogas, efisiensi metanogenesis, dan strategi pengelolaan limbah cair kelapa sawit yang berkelanjutan.

II. MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan untuk menganalisis pengaruh jenis POME terhadap kadar air dan pH setelah proses anaerobik dalam reaktor sistem PLTBg. Lokasi pengambilan sampel POME adalah PLTBg di salah satu daerah di Provinsi Riau. Bahan utama yang digunakan adalah tiga jenis POME hasil dari unit pengolahan tandan buah segar menjadi minyak sawit mentah, yaitu POME liquid, POME sluge, dan POME solid, seperti disajikan pada Gambar 1. Setiap jenis

sampel diambil secara representatif dari saluran buang POME sisa proses di Reaktor Methane Capture dan dilakukan tiga kali ulangan untuk memastikan reproduibilitas data.



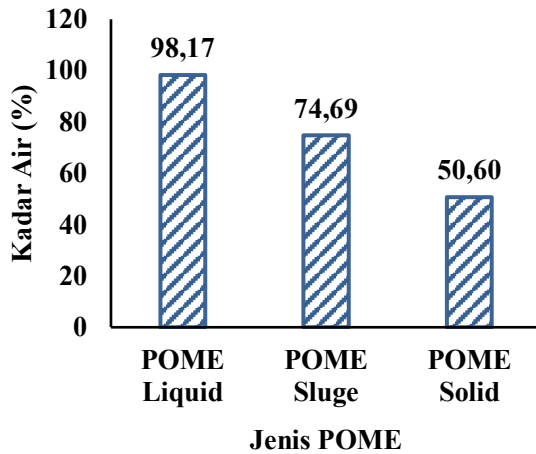
Gambar 1. Jenis Sampel POME: 1. POME-Liquid; 2. POME-Sluge; 3. POME Solid

Sampel POME kemudian dilakukan pengukuran kadar air menggunakan metode pengeringan oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Nilai pH diukur menggunakan pH meter digital terkalibrasi setelah proses fermentasi selesai. Data hasil pengukuran dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA satu arah untuk mengetahui pengaruh jenis POME terhadap kadar air dan pH, dengan tingkat signifikansi 95% ($p < 0,05$). Hubungan antara kadar air dan pH dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson untuk menentukan tingkat keeratan hubungan antarparameter. Hasil penelitian yang diharapkan adalah mendapatkan informasi kadar air dan nilai pH sebagai upaya untuk kestabilan proses biologis dalam reaktor PLTBg dan diharapkan menjadi alternatif strategi pengelolaan limbah cair kelapa sawit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian seperti disajikan pada Gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa jenis POME memberikan perbedaan signifikan terhadap kadar air dan pH pasca proses anaerobik. POME liquid memiliki kadar air tertinggi (97,92%) dan pH tertinggi (7,64), diikuti POME sluge (74,57%; 7,21) dan POME solid (50,75%; 6,80). Uji ANOVA satu arah menunjukkan nilai Fhitung kadar air sebesar 1456,23 dan pH sebesar 38,57 ($p < 0,05$), yang berarti terdapat pengaruh nyata jenis POME terhadap kedua parameter tersebut. POME liquid yang masih didominasi fase cair memiliki kemampuan mempertahankan kelembaban

tinggi dan kestabilan reaksi biologis, sedangkan POME solid memiliki kadar air rendah yang menyebabkan penurunan pH akibat akumulasi asam volatile [9].



Gambar 2. Nilai Kadar Air POME

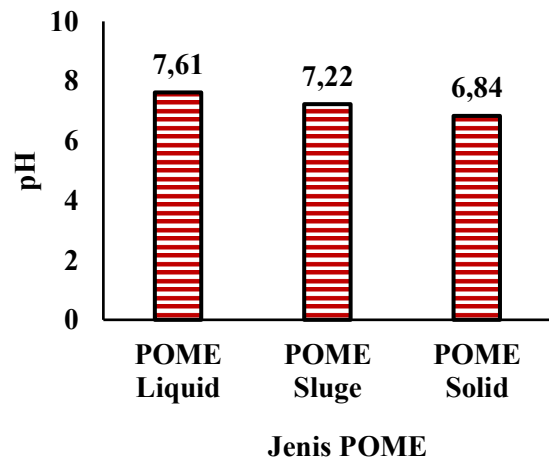
Secara biokimia, kestabilan pH diperlukan dalam menjaga aktivitas mikroba metanogenik yang bekerja pada kisaran pH netral (6,8–7,8). Kadar air yang tinggi membantu mempertahankan kondisi anaerobik optimal dengan menekan difusi oksigen dan menyediakan media homogen bagi mikroorganisme [4]. Kondisi tersebut menjelaskan korelasi positif yang kuat antara kadar air dan pH ($r = 0,9998$; $p = 0,012$). Semakin tinggi kadar air, semakin stabil pH yang terbentuk karena terbatasnya pembentukan asam volatil dari proses fermentasi asam [5]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kelembaban tinggi dapat meningkatkan efisiensi metanogenesis hingga 20% dibandingkan kondisi semi-kering [6].

POME liquid dengan kelembaban tinggi memiliki aktivitas mikroba yang lebih intensif karena difusi nutrisi dan bahan organik lebih merata, menghasilkan kondisi biologis yang stabil untuk pembentukan metana [10]. Sebaliknya, pada POME solid, degradasi organik berjalan lambat karena keterbatasan transfer massa dan difusi substrat, menyebabkan akumulasi asam organik [11]. Hal tersebut memperlihatkan pentingnya pengaturan kadar air dan pH sebagai parameter kendali utama dalam sistem PLTBg untuk menjaga kinerja mikroba pengurai.

Hubungan antara kadar air dan pH juga berimplikasi pada hasil biogas. Hasil penelitian pendahulu [12] dan [13] menunjukkan bahwa reaktor dengan kadar air di atas 70% menghasilkan volume metana lebih tinggi dengan rasio efisiensi konversi

organik yang lebih baik. Kadar air rendah pada POME solid menyebabkan proses metanogenesis terganggu karena kondisi menjadi terlalu asam. Selain itu, jenis POME juga menentukan beban organik (COD dan BOD) yang akan mempengaruhi laju produksi gas [14].

Secara praktis, hasil penelitian ini memperkuat pentingnya pengelolaan POME secara terintegrasi. POME liquid dengan pH netral dan kadar air tinggi dapat dimanfaatkan langsung sebagai umpan reaktor biogas, sedangkan POME sludge dan solid berpotensi sebagai bahan baku kompos atau bahan bakar biomassa setelah proses stabilisasi. Pendekatan tersebut tidak hanya meningkatkan efisiensi energi tetapi juga mengurangi dampak lingkungan melalui prinsip circular economy [15], [16], [17]. Dalam konteks industri kelapa sawit berkelanjutan, integrasi antara pengolahan limbah cair dan padat dapat menjadi strategi optimal untuk mencapai target emisi nol bersih di sektor agroindustri



Gambar 3. Nilai pH POME

IV. KESIMPULAN

Jenis POME berpengaruh signifikan terhadap kadar air dan pH pasca proses anaerobik. POME liquid memiliki karakteristik paling stabil dengan kadar air dan pH tertinggi (97,92% dan 7,64), sedangkan POME solid menunjukkan kadar air dan pH terendah (50,75% dan 6,80). Hasil korelasi Pearson ($r = 0,9998$; $p = 0,012$) menunjukkan hubungan positif yang kuat antara kadar air dan pH, yang berimplikasi terhadap kestabilan proses metanogenesis dan efisiensi pembentukan biogas. Hasil tersebut memperkuat bahwa kelembaban tinggi dan pH netral merupakan faktor kunci dalam pengelolaan POME secara anaerobik yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada seluruh pengelola PLTBg lokasi pengambilan sampel, kolega Fakultas Teknik dan mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Universitas Pasir Pengaraian, dan mitra dari Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dalam kegiatan penelitian dan pembuatan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, M., Zaini, M. A. A., & Zakaria, Z. (2020). Characterization and treatment of palm oil mill effluent (POME): A review. *Environmental Technology & Innovation*, 19, 100917.
- [2] Mufrizon, M & Subekti, P, (2013). Kebijakan Energi Baru-terbarukan Serta Peluang Pemanfaatan Biogas dan Biomasa Limbah Pengolahan Kelapa Sawit untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Propinsi Riau, *J. APTEK*, 5 (1) 42-48.
- [3] Subekti, P., Hambali, E., A Suryani, A., & P Suryadarma, P, (2017). Potential production of palm oil-based foaming agent as fire extinguisher of peatlands in Indonesia: Literature Review, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, (65) 012038.
- [4] Yacob, S., Hassan, M. A., Shirai, Y., Wakisaka, M., & Subash, S. (2006). Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of POME. *Science of the Total Environment*, 366(1), 187–196.
- [5] Yusoff, S., Abdullah, N., & Abas, F. (2019). Relationship between POME characteristics and biogas production potential. *Renewable Energy*, 140, 751–759.
- [6] Amin, M. Z. M., Yusoff, S., & Abdullah, N. (2021). Effects of pH and moisture content on anaerobic digestion of POME. *Renewable Energy*, 164, 457–467.
- [7] Iew, W. H., Hassim, M. H., & Yusup, S. (2020). Evaluating the environmental performance of palm oil-based biogas. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104062.
- [8] Nwuche, C. O., Aoyagi, H., & Ogbonna, J. C. (2014). Biogas production from palm oil mill effluent using anaerobic bacteria. *African Journal of Biotechnology*, 13(42), 4041–4050.
- [9] Ahmad, A., Sumathi, S., & Hameed, B. H. (2013). Adsorption of residue oil from palm oil mill effluent using chitosan. *Water Research*, 38(12), 2967–2974.
- [10] Chin, M. J., Poh, P. E., & Chan, Y. J. (2022). Optimization of anaerobic co-digestion using POME. *Journal of Cleaner Production*, 356, 131897.
- [11] Nasution, M. A., Husaini, T., & Ginting, M. (2021). Kinetika degradasi bahan organik pada proses anaerobik limbah POME. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 115–124.
- [12] Lam, M. K., Lee, K. T., & Mohamed, A. R. (2017). Homogeneous and heterogeneous catalytic conversion of waste POME. *Bioresource Technology*, 102(8), 3941–3951.
- [13] Khalid, A., Arshad, M., Anjum, M., Mahmood, T., & Dawson, L. (2019). The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management*, 29(4), 1095–1105.
- [14] Rahman, N. A., Hassan, M. A., & Shirai, Y. (2020). Integrated management of palm oil mill effluent for sustainable energy. *Biomass and Bioenergy*, 138, 105613.
- [15] Ong, H. C., Chen, W. H., & Lam, M. K. (2021). Recent advances on the use of POME for renewable energy generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110255.
- [16] Zhang, Y., & Loh, S. K. (2023). Towards circular economy in palm oil industry: POME valorization and sustainability. *Journal of Environmental Management*, 325, 116547.
- [17] Zainal, S., Ibrahim, M. F., & Zaini, M. A. (2022). Comparative study of POME characteristics and biogas yield. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(7), 10352–10363.