

## TEKNOLOGI BIODIGESTER ANAEROBIK SEBAGAI SOLUSI PENGOLAHAN LIMBAH TERPADU DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Oleh :

Putri Ramadhani<sup>1)</sup>, Riska Adelina Putri<sup>2)</sup>, Sopyan<sup>3)</sup>, Yudi Pranata Tarigan<sup>4)</sup>, Wardatul Husna Irham<sup>5)</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Institut Teknologi Sawit Indonesia

<sup>1</sup>email: pr02oktober@gmail.com

<sup>2</sup>email: riskaputri6625@gmail.com

<sup>3</sup>email: sopyannyann@gmail.com

<sup>4</sup>email: yudipranantatrg@gmail.com

<sup>5</sup>email: wardatulhusnairham@itsi.ac.id

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel :

Submit, 9 Maret 2026

Revisi, 14 April 2026

Diterima, 23 April 2026

Publish, 15 Mei 2026

#### Kata Kunci :

Biodigester Anaerobic,  
POME,

Penurunan pH,

Asam Lemak Volatil (VFA),

Stabilitas pH.

### ABSTRAK

Teknologi biodigester anaerobik merupakan salah satu inovasi dalam pengelolaan limbah terpadu di perkebunan kelapa sawit, khususnya untuk mengatasi limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) yang berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas penerapan biodigester anaerobik dalam mengolah limbah sekaligus menghasilkan energi terbarukan berupa biogas. Metode yang digunakan berupa studi literatur dengan menelaah berbagai sumber ilmiah yang berkaitan dengan proses dekomposisi anaerob, efisiensi pengolahan limbah, serta potensi produksi metana. Hasil kajian menunjukkan bahwa biodigester anaerobik mampu menurunkan kandungan bahan organik secara signifikan, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif di area perkebunan. Selain itu, teknologi ini juga mendukung penerapan konsep pengelolaan limbah berkelanjutan serta ekonomi sirkular. Dengan demikian, penggunaan biodigester anaerobik tidak hanya berfungsi dalam mengendalikan pencemaran lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah secara ekonomi melalui pemanfaatan limbah menjadi energi yang bermanfaat.

*This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license*



#### Corresponding Author:

Nama: Putri Ramadhani

Afiliasi: Institut Teknologi Sawit Indonesia

Email: pr02oktober@gmail.com

### 1. PENDAHULUAN

Industri perkebunan kelapa sawit menghasilkan limbah cair utama yang dikenal sebagai Palm Oil Mill Effluent (POME), yang mengandung bahan organik dalam jumlah tinggi dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan jika tidak ditangani dengan baik (Ahmad et al., 2003; Rupani et al., 2010; Agustina et al., 2015). Pengolahan limbah yang tidak optimal dapat menurunkan kualitas badan air serta mengganggu keseimbangan ekosistem di sekitar area perkebunan. Oleh sebab itu, dibutuhkan teknologi yang tidak hanya efektif dalam mengurangi beban pencemar, tetapi juga mampu mendukung pengelolaan limbah

secara berkelanjutan. Salah satu teknologi yang berkembang adalah biodigester anaerobik, yang dapat mengolah limbah organik sekaligus menghasilkan biogas sebagai sumber energi terbarukan (Poh & Chong, 2009; Lam & Lee, 2011; Siregar & Harahap, 2016; Haryanto et al., 2017). Meskipun demikian, keberhasilan penerapan teknologi ini tidak hanya ditentukan oleh penurunan kandungan organik, tetapi juga oleh kestabilan parameter kimia limbah, khususnya pH. Parameter pH memiliki peran penting dalam menjaga aktivitas mikroorganisme selama proses anaerobik serta menentukan kualitas efluen yang dihasilkan (Chen et al., 2008; Wu et al., 2010; Nasution et al., 2018).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan teknologi biodigester anaerobik sebagai solusi pengolahan limbah terpadu pada perkebunan kelapa sawit, dengan penekanan pada perubahan serta pengendalian pH. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas biodigester dalam menstabilkan pH limbah, baik selama proses di dalam reaktor maupun pada efluen yang dihasilkan sebelum dilepas ke lingkungan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan deskriptif kualitatif dengan teknik pengumpulan data melalui wawancara dan studi literatur. Wawancara dilakukan secara langsung kepada pihak yang terlibat dalam pengelolaan limbah di perkebunan kelapa sawit, seperti tenaga teknis pabrik dan pengelola lingkungan, untuk memperoleh informasi terkait penerapan biodigester anaerobik, proses pengolahan limbah, serta berbagai kendala yang dihadapi di lapangan. Data hasil wawancara tersebut kemudian dicatat dan dianalisis secara sistematis.

Selain itu, penelitian ini juga diperkuat melalui studi literatur yang mencakup jurnal ilmiah, buku, serta laporan penelitian yang relevan dengan topik biodigester anaerobik, pengolahan limbah cair kelapa sawit (POME), dan produksi biogas. Kajian literatur ini dilakukan untuk mendukung hasil wawancara sekaligus memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai teknologi yang diteliti. Seluruh data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil wawancara dan informasi dari berbagai sumber literatur, sehingga dapat dihasilkan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Wawancara dilaksanakan di PT NPK Kebun Bahilang, Kota Tebing Tinggi, Sumatera Utara, dengan narasumber yang memiliki tanggung jawab dalam pengelolaan limbah.



Gambar Biodigester Anaerobik

Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh gambaran langsung mengenai penerapan biodigester anaerobik dalam pengolahan limbah cair kelapa

sawit. Informasi yang diperoleh dari wawancara selanjutnya digunakan untuk mendukung analisis hasil penelitian terkait efektivitas pengolahan limbah dan pemanfaatan biogas yang dihasilkan. Berdasarkan hasil wawancara dan kajian literatur, penggunaan biodigester anaerobik dalam pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan pH. Limbah yang awalnya bersifat asam mengalami peningkatan pH secara bertahap selama proses berlangsung di dalam biodigester. Hal ini menunjukkan bahwa biodigester anaerobik memiliki peran penting dalam mengatur dan menstabilkan pH limbah. Secara umum, POME memiliki sifat awal yang asam akibat tingginya kandungan asam organik. Selama proses anaerobik, terjadi serangkaian tahapan biologis yang mempengaruhi dinamika pH, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis (Gerardi, 2003). Pada tahap awal proses, terbentuknya asam lemak volatil (VFA) menyebabkan pH menurun. Namun, pada tahap metanogenesis, senyawa asam tersebut diubah menjadi metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), sehingga pH perlahan meningkat hingga mendekati kondisi netral (Appels et al., 2008). Hasil wawancara dan literatur menunjukkan bahwa kestabilan pH merupakan faktor kunci dalam keberhasilan proses biodigester. Ketidakseimbangan antara produksi dan konsumsi asam dapat menyebabkan akumulasi VFA yang berujung pada penurunan pH secara drastis, sehingga menghambat aktivitas mikroorganisme metanogen (Chen et al., 2008). Kondisi ini sering terjadi pada limbah kelapa sawit yang memiliki kandungan organik tinggi dan mudah terdegradasi, sehingga berpotensi menurunkan efisiensi proses jika tidak dikendalikan dengan baik (Yacob et al., 2006). Dalam kondisi operasi yang optimal, biodigester mampu menghasilkan efluen dengan pH yang relatif stabil, yaitu pada kisaran netral hingga sedikit basa ( $\pm 6,5-8$ ), yang mendukung aktivitas mikroba dan meningkatkan kualitas limbah hasil olahan (Rittmann & McCarty, 2001). Namun, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa pengoperasian pada pH rendah dapat mengubah jalur metabolisme mikroba, meningkatkan produksi VFA, serta menurunkan produksi metana (Demirel & Scherer, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian pH tidak hanya berpengaruh terhadap kualitas efluen, tetapi juga terhadap efisiensi produksi biogas. Dari aspek lingkungan, pH efluen yang tidak stabil berpotensi memberikan dampak negatif apabila langsung dibuang ke badan air. Efluen dengan pH rendah dapat menurunkan kualitas perairan dan mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik (Wu et al., 2010). Dengan demikian, pengendalian pH menjadi faktor krusial dalam sistem pengolahan limbah terpadu. Beberapa upaya yang dapat dilakukan antara lain penambahan bahan bersifat alkali, pemanfaatan abu biomassa, serta resirkulasi efluen guna meningkatkan alkalinitas dan menjaga kestabilan proses (Appels et

al., 2008; Lam & Lee, 2011). Secara keseluruhan, biodigester anaerobik tidak hanya berfungsi dalam menurunkan beban pencemar, tetapi juga berperan dalam menstabilkan pH limbah cair kelapa sawit. Pengendalian pH yang optimal akan meningkatkan efisiensi proses, menjaga keberlangsungan aktivitas mikroorganisme, serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan demikian, aspek pH menjadi parameter penting yang harus diperhatikan dalam penerapan teknologi biodigester sebagai sistem pengolahan limbah terpadu di perkebunan kelapa sawit.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan teknologi biodigester anaerobik dalam pengolahan limbah kelapa sawit terbukti efektif dalam mengubah sekaligus mengendalikan pH limbah. pH limbah yang awalnya cenderung asam mengalami peningkatan dan menjadi lebih stabil mendekati kondisi netral selama proses pengolahan berlangsung. Selain itu, sistem biodigester yang terkontrol mendukung kestabilan pH baik di dalam reaktor maupun pada efluen yang dihasilkan, sehingga kualitas limbah menjadi lebih aman untuk pengolahan lanjutan atau pelepasan ke lingkungan. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk mengkaji peran biodigester anaerobik dalam perubahan dan pengendalian pH telah tercapai, di mana teknologi ini terbukti efektif dalam menstabilkan pH limbah sebagai bagian dari sistem pengolahan limbah terpadu di perkebunan kelapa sawit.

##### Saran

Penerapan biodigester anaerobik di perkebunan kelapa sawit sebaiknya disertai dengan pemantauan dan pengendalian pH secara rutin agar proses pengolahan limbah berjalan optimal dan stabil. Jika pH efluen belum memenuhi baku mutu, perlu dilakukan pengolahan lanjutan sebelum dibuang ke lingkungan untuk mencegah pencemaran. Selain itu, peningkatan pengelolaan operasional dan pemahaman teknis oleh pihak terkait sangat diperlukan, serta penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengukuran pH secara lebih rinci dan berkelanjutan agar diperoleh hasil yang lebih akurat dan komprehensif.

#### 5. REFERENSI

- Agustina, T. E., Saputra, E., Rinaldi. 2015. "Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) menggunakan sistem anaerobik." *Jurnal Teknik Lingkungan*. 21(2). Universitas Andalas, Padang.
- Ahmad, A. L., Ismail, S., Bhatia, S. 2003. "Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology." *Desalination*. 157(1-3). Elsevier, Amsterdam.
- Appels, L., Baeyens, J., Degrève, J., Dewil, R. 2008. "Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge." *Progress in Energy and Combustion Science*. 34(6). Elsevier, London.
- Chen, Y., Cheng, J. J., Creamer, K. S. 2008. "Inhibition of anaerobic digestion process: A review." *Bioresour. Technol.* 99(10). Elsevier, Amsterdam.
- Demirel, B., Scherer, P. 2008. "The roles of acetotrophic and hydrogenotrophic methanogens during anaerobic conversion of biomass to methane: A review." *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 7(2). Springer, Dordrecht.
- Gerardi, M. H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. John Wiley & Sons, New Jersey.
- Haryanto, A., Hasanudin, U., Hidayat, S. 2017. "Potensi biogas dari limbah cair kelapa sawit sebagai energi terbarukan." *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 12(1). Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Lam, M. K., Lee, K. T. 2011. "Renewable and sustainable bioenergies production from palm oil mill effluent (POME): Win-win strategies toward better environmental protection." *Biotechnology Advances*. 29(1). Elsevier, Amsterdam.
- Nasution, M. A., Siregar, H. P., Harahap, F. S. 2018. "Pengaruh pH terhadap produksi biogas dari limbah cair kelapa sawit." *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 10(2). Medan.
- Poh, P. E., Chong, M. F. 2009. "Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment." *Bioresour. Technol.* 100(1). Elsevier, Amsterdam.
- Rittmann, B. E., McCarty, P. L. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. McGraw-Hill, New York.
- Rupani, P. F., Singh, R. P., Ibrahim, M. H., Esa, N. 2010. "Review of current palm oil mill effluent (POME) treatment methods: Vermicomposting as a sustainable practice." *World Applied Sciences Journal*. 10(10). IDOSI Publications, Dubai.
- Siregar, H. P., Harahap, F. S. 2016. "Kajian pengolahan limbah cair kelapa sawit menggunakan biodigester anaerobik." *Jurnal Agroindustri*. 6(1). Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wu, T. Y., Mohammad, A. W., Jahim, J. M., Anuar, N. 2010. "Pollution control technologies for the treatment of palm oil mill effluent (POME) through end-of-pipe processes." *Journal of Environmental Management*. 91(7). Elsevier, London.
- Yacob, S., Hassan, M. A., Shirai, Y., Wakisaka, M., Subash, S. 2006. "Baseline study of methane

emission from open digesting tanks of palm oil mill effluent treatment.” *Chemosphere*. 59(11). Elsevier, Oxford.