



ANALISA HUBUNGAN NILAI PERUBAHAN *CHEMICAL OXYGEN DEMAND* (COD) DAN pH PADA *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME) DALAM PROSES PEMBUATAN BIOGAS

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) AND pH CHANGES IN PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) DURING BIOGAS PRODUCTION

Muhammad Hafiz¹, Heri Purwanto², Rahimah^{3)*}, Giyanto⁴

¹ Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Indonesia

^{2,3,4} Teknik Kimia, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Indonesia

*Corresponding Email : rahimhsst29@gmail.com

Abstract

Palm Oil Mill Effluent (POME) is abundantly available in the palm oil industry and has significant potential for generating renewable energy, specifically biogas, through the biogasification process. This study investigates the relationship between the reduction of Chemical Oxygen Demand (COD) values and pH changes in POME during the biogas production process. The study employs a Completely Randomized Design (CRD) with a single factor and four levels. Data were analyzed over five observation periods spanning 24 days. The results show a significant decrease in COD concentration from 96,300 mg/L on day 0 to 22,720 mg/L on day 24. This reduction is attributed to microbial activity, with Effective Microorganisms (EM4) being used in this research. Additionally, an inverse relationship between pH and COD was observed, where an increase in pH correlated with a decrease in COD. Biogas production also increased over time, with the cumulative biogas volume reaching 5.2 liters on day 24. The study concludes that more alkaline environmental conditions support the activity of microorganisms responsible for COD reduction and higher biogas production. Recommendations for future research include adding parameters such as temperature and Volatile Fatty Acids (VFA), and further investigation into more effective and efficient microorganism seeding. Thus, this research provides insights into the biogasification process and the development of more efficient and sustainable biogas technology.

Keywords: *Biogas, Oxygen, Chemical, pH*

How to Cite: Hafiz, M., Purwanto, H., Rahimah, dan Giyanto. (2024). Analisa Hubungan Nilai Perubahan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Dan pH Pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Dalam Proses Pembuatan Biogas. Jurnal Agro Fabrica Vol.6 (1) : 23-36.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri perkebunan kelapa sawit sering kali diiringi dengan perkembangan pabrik-pabrik pengolahan

minyak kelapa sawit (CPO) yang memproses buah kelapa sawit menjadi produk minyak siap jual (Rahardjo, 2009). Sebelum limbah cair dari pabrik pengolahan minyak kelapa sawit (PKS)

dialirkan ke lahan perkebunan, penting untuk menurunkan kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi (Febijanto, 2010).

Pemanfaatan limbah cair kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan semakin mendapatkan perhatian karena potensi besar yang dimilikinya. Salah satu cara yang umum digunakan untuk mengubah limbah cair kelapa sawit menjadi energi terbarukan adalah melalui proses biogasifikasi. Proses ini melibatkan penguraian bahan organik dalam limbah menjadi biogas melalui aktivitas mikroorganisme anaerobik. Dalam proses biogasifikasi, pemahaman terhadap parameter kunci seperti nilai degradasi COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan pH limbah cair kelapa sawit menjadi penting (Nining Widarti et al., 2015a). Nilai perubahan COD adalah indikator yang mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik dalam limbah. Sedangkan pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan lingkungan biogasifikasi, yang berpengaruh pada keseimbangan mikroorganisme dan aktivitasnya.

Namun, penelitian yang mengkaji hubungan antara nilai pengurangan COD dan pH limbah cair kelapa sawit dalam konteks pembentukan biogas masih

terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara nilai perubahan COD dan pH limbah cair kelapa sawit dalam proses pembentukan biogas.

Dalam penelitian ini, diharapkan bahwa analisis hubungan antara nilai degradasi COD dan pH limbah cair kelapa sawit dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi optimal untuk proses biogasifikasi. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam mengoptimalkan produksi biogas dari limbah cair kelapa sawit, serta memberikan wawasan yang bermanfaat dalam pengelolaan limbah kelapa sawit dan upaya pemanfaatan energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di PMKS Buatan Satu - Asian Agri, Pangkalan Kerinci, Riau selama 2 bulan, menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial dengan 4 taraf dan menerapkan 5 pengulangan pada masing-masing taraf. Data yang diperoleh dianalisis secara statistic menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan juga dianalisis menggunakan uji korelasi untuk melihat hubungan antar variabel.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu 6, 12, 18, dan 24 hari. Dimana akan diamati variabel-variabel berikut:

- a. Volume Gas yang Dihasilkan:
Variabel ini merupakan respons atau hasil yang diamati dalam penelitian. Pada setiap periode waktu yang ditentukan (6, 12, 18, dan 24 hari), akan diukur volume gas yang dihasilkan oleh limbah cair kelapa sawit dalam proses fermentasi anaerobik di dalam digester.
- b. Nilai COD: Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang diukur pada waktu 6, 12, 18, dan 24 hari.
- c. Tingkat keasaman (pH) limbah cair kelapa sawit yang diukur pada waktu 6, 12, 18, dan 24 hari.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah galon 19 liter, termometer, pH meter, lem, balon, sarung tangan, solder, corong, selang, manometer, erlenmeyer 1000 ml, aluminium foil, box 5 liter, tabung reaksi, colorimeter DR-900, dan reagen COD Hr.

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah EM4 37,5 ml, aquades 750 ml, limbah cair kelapa sawit 14 liter.

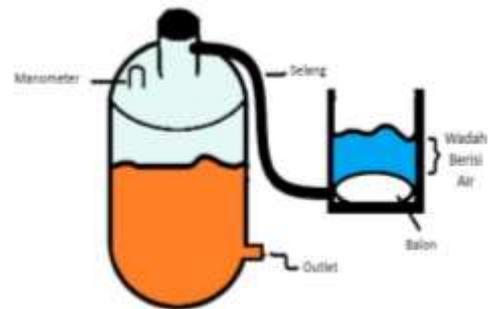
Tahapan Penelitian

1. Pengambilan Sampel Limbah Cair Kelapa Sawit

Melakukan pengambilan sampel limbah cair pabrik kelapa sawit pada kolam *cooling pond* sebanyak 14 liter.

2. Membuat Digester Biogas

Membuat Reaktor Biogas sebagai wadah dalam proses biogasifikasi.



Gambar 1. Digester Biogas

3. Melakukan Proses *Seeding*

Limbah sebelum dimasukkan kedalam digester terlebih dahulu dilakukan pembenihan (*seeding*) dengan EM4. *Seeding* dilakukan dengan melarutkan EM4 37,5 ml dengan aquades 750 ml kedalam erlenmeyer dan didiamkan selama 5 hari.

4. Melakukan Proses Pencampuran *Seed* Mikroorganisme Dengan Limbah Cair Kelapa Sawit di Dalam Digester

Melakukan pencampuran *seed* mikroorganisme yang sudah

didiamkan selama 5 hari kedalam digester yang berisi Limbah Cair Kelapa Sawit untuk memulai proses biogasifikasi.

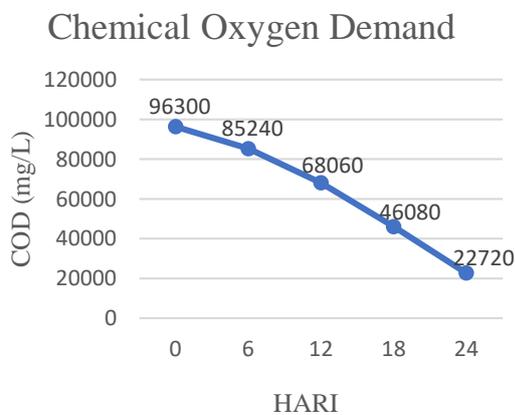
5. Analisis Laboratorium

Melakukan analisis laboratorium terhadap sampel limbah cair kelapa sawit sebelum pencampuran dengan *seeding* mikroorganisme dan juga sesudah. Ini termasuk analisis nilai COD awal dan akhir, pengukuran pH awal dan akhir, serta pengukuran hasil biogas dalam proses biogasifikasi awal dan akhir.

Pengujian Kadar COD pada Limbah Cair Kelapa Sawit pada penelitian kali ini sesuai SNI 6989.2:2019 dengan refluks tertutup menggunakan alat Colorimeter DR-900.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD)



Gambar 2. Grafik Perubahan Rerata Nilai COD

Dari data yang telah disajikan secara rata-rata berdasarkan lima pengulangan terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi atau kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME) selama periode pengamatan dari hari 0 hingga hari ke 24. Penurunan ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME), yang melakukan proses degradasi bahan organik yang terkandung di dalamnya. Aktivitas biologis seperti ini umumnya memainkan peran penting dalam pengolahan limbah, di mana mikroorganisme, termasuk bakteri dan jamur, secara alami mengurai bahan organik menjadi bentuk yang lebih sederhana. Sehingga penguraian bentuk bahan organik tersebut menjadikan fenomena pengurangan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menjadi berkurang diakibatkan oleh aktivitas mikroorganisme, dalam penelitian ini digunakan *Effective Microorganism* (EM4). Menurut Dewi S & Kusnoputranto, (2022) Mikroorganisme yang terkandung didalam larutan *Effective Microorganism* (EM4) sebagian besar merupakan bakteri mesofilik jenis bakteri mesofilik memiliki suhu tumbuh antara 25°C hingga 50°C.

Tabel 1. Selisih Rerata Nilai Perubahan COD

Hari	Rerata COD (mg/L)	Selisih (mg/L)
0	96300	-
6	85240	11060
12	68060	17180
18	46080	21980
24	22720	23360

Dilihat dari data yang tersaji sudah dirata-ratakan hasil kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dari lima pengulangan. Didapatkan hasil bahwa *Chemical Oxygen Demand* (COD) awal pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang diambil dari kolam limbah *Cooling Pond* adalah sebesar 96.300 mg/L. Pada hari ke-6 kadar atau nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang terkandung didalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME) mengalami penurunan sebesar 85.240 mg/L. Mengalami pengurangan kadar COD sebesar 11.060 mg/L.

Pada hari ke-12 kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah sebesar 68.060 mg/L. Pengurangan kadar COD dari hari ke-6 sampai hari ke-12 adalah sebesar 17.180 mg/L.

Hari ke-18 menunjukkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah sebesar 46.080 mg/L. Pengurangan kadar

COD dari hari ke-12 sampai hari ke-18 adalah sebesar 21.980 mg/L.

Pada hari terakhir penelitian, yaitu hari ke-24 menunjukkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) adalah sebesar 22.720 mg/L.

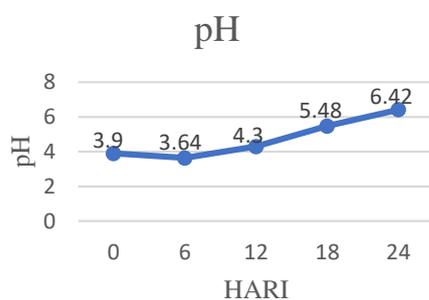
Interpretasi data ini mengindikasikan bahwa selama periode pengamatan, terjadi penurunan signifikan dalam konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Penurunan ini menunjukkan efektivitas proses pengolahan atau perlakuan yang diterapkan pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) untuk mengurangi kadar bahan organik yang teroksidasi dalam limbah tersebut. Informasi ini menjadi krusial dalam konteks produksi biogas dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME), karena penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat menunjukkan kemungkinan sukses dalam mengubah bahan organik dalam limbah menjadi gas sebagai bagian dari proses pembuatan biogas.

Hal ini sejalan dengan Kusuma et al., (2012) yang menyatakan semakin lama waktu tinggal akan memungkinkan interaksi yang lebih lama antara bahan organik dalam limbah cair dengan mikroorganisme. Seiring dengan itu, penurunan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang menunjukkan

degradasi senyawa organik akan menjadi lebih mencolok.

Makin lama waktu tinggal akan memberikan waktu kontak antara bahan organik yang terdapat dalam limbah cair dengan mikroorganisme juga semakin lama sehingga degradasi senyawa organik (penurunan COD) menjadi paling besar (Ahmad & Atikalidia, 2019)

Perubahan Nilai pH



Gambar 3. Grafik Rerata Perubahan Nilai pH

Dari data yang telah tersaji secara rata-rata diatas dengan berdasarkan pada lima pengulangan menunjukkan data perkembangan pH yang terjadi pada proses pembuatan biogas. Pada data pH awal didapat dari kolam limbah *cooling pond* pada Pabrik Kelapa Sawit adalah 3,9. Kadar pH 3,9 dapat diinterpretasikan bahwa *Palm Oil Mill Effluent* (POME) bersifat asam.

Pada hari ke-6 penelitian ini, kadar pH pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME) mengalami penurunan sampai pada pH 3,64. Hal ini dapat terjadi karena asam yang diproduksi oleh mikroorganisme meningkat dan terakumulasi, peristiwa ini disebut dengan proses asidifikasi. Pada

tahap asidifikasi, senyawa-senyawa yang terbentuk selama tahap hidrolisis digunakan sebagai sumber energi oleh mikroorganisme untuk langkah selanjutnya, yang disebut pengasaman atau asidifikasi. Selama tahap ini, mikroorganisme menghasilkan berbagai senyawa asam organik, seperti asam asetat, asam propionat, asam butirat, dan asam laktat, bersama dengan produk sampingan seperti alkohol, CO₂, hydrogen, dan ammonia (Tengker et al., 2022).

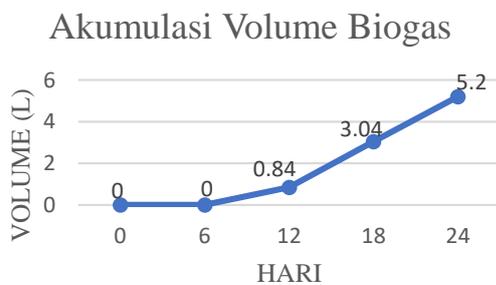
Hal ini juga sejalan dengan (Mujdalipah et al., 2014), yang menyatakan asidifikasi dapat dikenali dari peningkatan konsentrasi asam dalam lingkungan yang disebabkan oleh perubahan produk hasil hidrolisis menjadi asam-asam lemak yang mudah menguap, seperti asetat, propionat, dan butirat. Setelah terjadi penurunan pH pada hari keenam, dari 3,9 menjadi 3,64, fenomena yang terjadi dari hari keenam hingga hari ke-24 adalah peningkatan secara bertahap pH dari 3,64 menjadi 6,42. Penurunan pH pada awalnya disebabkan oleh peningkatan produksi asam selama tahap asidogenesis, di mana bakteri anaerobik menguraikan bahan organik kompleks dalam POME menjadi asam-asam organik.

Peningkatan pH ini menunjukkan bahwa proses pencernaan anaerobik telah berlangsung dengan efisien dan stabil seiring berjalannya waktu.

Mikroorganisme dalam bioreaktor mampu menyeimbangkan produksi asam dengan konsumsi asam, menghasilkan produk yang kurang asam atau netral. Hal ini mengindikasikan bahwa lingkungan dalam bioreaktor menjadi lebih kondusif bagi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme yang bertanggung jawab atas produksi biogas.

Dengan demikian, fenomena ini mencerminkan keseimbangan yang tercapai dalam sistem pencernaan anaerobik, di mana mikroorganisme berhasil menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang berubah dan menjaga stabilitas proses untuk menghasilkan biogas dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME).

Perubahan Nilai Akumulasi Volume Biogas



Gambar 4. Grafik Rerata Volume Biogas

Data yang disajikan diatas adalah hasil rata-rata dari lima perlakuan penelitian yang menunjukkan perkembangan produksi biogas dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dengan bantuan mikroorganisme EM4 selama periode

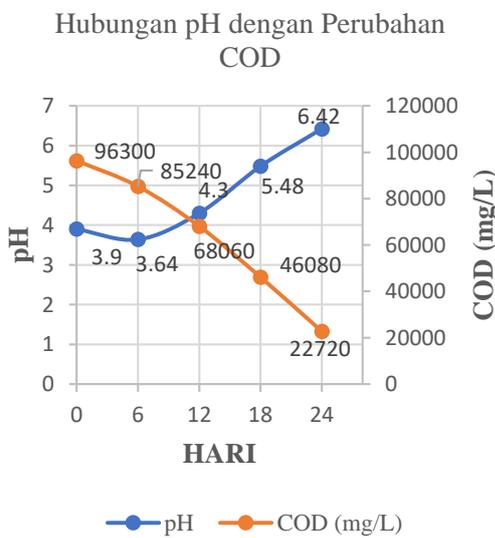
pengamatan. Pada awalnya, tidak terlihat adanya akumulasi volume biogas yang terukur pada hari 0 dan 6, yang dapat dijelaskan oleh waktu yang dibutuhkan oleh mikroorganisme EM4 untuk mengolah bahan organik dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dan memulai produksi biogas yang signifikan.

Namun, pada hari ke-12, terjadi peningkatan yang mencolok dalam akumulasi volume biogas yaitu peningkatan volumenya sebesar 0,84 liter, menandakan bahwa mikroorganisme EM4 telah aktif dan proses pembentukan biogas telah dimulai dengan hasil yang dapat terukur. Ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme EM4 telah sukses menguraikan bahan organik dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menjadi komponen-komponen yang dapat diubah menjadi biogas.

Peningkatan produksi biogas yang lebih besar terjadi antara hari ke-12 dan ke-18 yaitu sebesar 3,04 liter, yang mencerminkan peningkatan efisiensi dalam proses pembentukan biogas dengan keterlibatan mikroorganisme EM4. Akumulasi volume biogas yang signifikan pada hari ke-18 menunjukkan bahwa mikroorganisme EM4 mampu meningkatkan tingkat konversi bahan organik menjadi biogas dengan cara yang lebih efektif.

Pada hari ke-24, terjadi peningkatan lebih lanjut dalam akumulasi volume biogas dengan volume akhir adalah 5,2 liter, menunjukkan kelanjutan dan peningkatan produksi biogas dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dengan bantuan mikroorganisme EM4.

Hubungan pH dengan Nilai Perubahan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME)



Gambar 5. Grafik Hubungan pH dengan Perubahan COD

Dari data yang tersaji diatas, terdapat lima titik pengamatan yang mencatat nilai pH dan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada interval waktu tertentu dalam hari. Perlu dicatat bahwa kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) diukur dalam satuan mg/L (miligram per liter), sedangkan pH diukur dalam skala 0 hingga 14, di mana nilai 7 menandakan netral, nilai di bawah 7

menandakan keasaman, dan nilai di atas 7 menandakan kebasaan.

Berdasarkan data, terlihat bahwa nilai pH bervariasi dari 3,9 hingga 6,42, sementara kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) menunjukkan penurunan dari 96.300 mg/L hingga 22.720 mg/L selama periode pengamatan. Dapat diperhatikan bahwa nilai pH dan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) memiliki hubungan invers, yang berarti ketika nilai pH meningkat, kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) cenderung menurun, dan sebaliknya.

Pada awal pengamatan (hari ke-0), pH mencapai nilai 3,9 dengan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 96.300 mg/L. Selama periode 6 hari pertama, terjadi penurunan sedikit pada nilai pH menjadi 3,64, yang beriringan dengan penurunan yang tidak terlalu besar pada kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) menjadi 85.240 mg/L. Kemudian, antara hari ke-6 hingga hari ke-12, terjadi peningkatan drastis pada nilai pH menjadi 4,3, yang disertai dengan penurunan yang cukup besar pada kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) menjadi 68.060 mg/L. Ini menunjukkan adanya perubahan kondisi lingkungan yang mungkin mempengaruhi proses dekomposisi dan pengurangan kandungan organik dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME).

Selanjutnya, dari hari ke-12 hingga hari ke-18, terjadi peningkatan yang lebih signifikan pada nilai pH menjadi 5,48, yang diikuti dengan penurunan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) menjadi 46.080 mg/L. Perubahan ini menunjukkan peningkatan aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi materi organik dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Terakhir, antara hari ke-18 hingga hari ke-24, nilai pH mencapai puncaknya pada 6,42, sementara kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) menurun drastis menjadi 22.720 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa proses penguraian materi organik menjadi lebih efisien dengan peningkatan nilai pH.

Tabel 2. Persentase Hubungan Nilai pH Terhadap Nilai COD

Har i	Kadar Awal COD (mg/L)	Ph	COD (mg/L)	% Pengurang an
6	96300	3,6 4	85240	-11,4849
12	96300	4,3	68060	-29,325
18	96300	5,4 8	46080	-52,1495
24	96300	6,4 2	22720	-76,4071

Keterangan : Tanda (-) menunjukkan adanya pengurangan nilai

Pada hari keenam, terjadi penurunan pH dari 3,9 pada pH awal *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menjadi 3,64, sementara kandungan COD turun dari rata-rata 96.300 mg/L menjadi 85.240 mg/L. Penurunan ini menunjukkan peningkatan stabilitas kondisi aktivitas mikroorganisme, yang

diindikasikan oleh penurunan kandungan bahan organik dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Persentase perubahan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dari kadar awalnya adalah -11,48%, menunjukkan pengurangan sebesar 11.

Selama hari ke-12, terjadi peningkatan signifikan dalam nilai rata-rata pH menjadi 4,3, diikuti dengan penurunan kandungan COD dari rata-rata 96.300 mg/L menjadi 68.060 mg/L. Perubahan ini menunjukkan aktivitas biokimia yang meningkat dalam mengurangi bahan organik. Persentase perubahan kandungan COD dari awalnya adalah -29,33%, menunjukkan pengurangan sebesar 29,33%.

Pada hari ke-18, nilai rata-rata pH terus meningkat menjadi 5,48, sementara kandungan COD terus menurun hingga mencapai 46.080 mg/L. Ini menunjukkan peningkatan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik dalam limbah. Persentase perubahan kandungan COD dari awalnya mencapai -52,15%, menunjukkan pengurangan sebesar 52,15%.

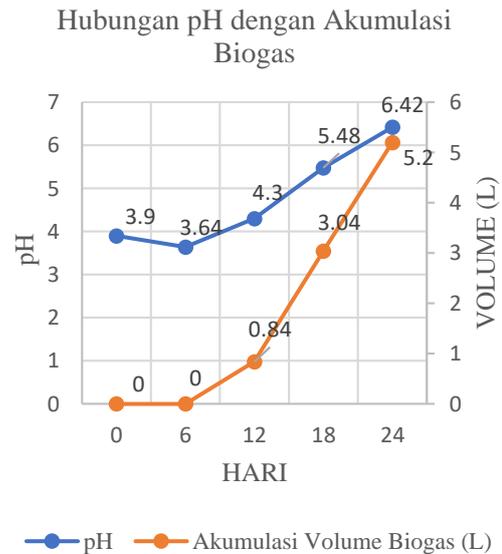
Terakhir, pada hari ke-24, nilai rata-rata pH mencapai puncaknya pada 6,42, sementara kandungan COD turun drastis menjadi 22.720 mg/L. Ini menandakan bahwa proses penguraian bahan organik menjadi lebih efisien, yang disertai dengan

peningkatan pH. Persentase perubahan kandungan COD dari kadar awal mencapai -76,41%, menunjukkan pengurangan sebesar 76,41%.

Secara keseluruhan, data menunjukkan tren peningkatan pH dan penurunan kandungan COD selama periode pengamatan enam hari. Hal ini menandakan bahwa proses penguraian bahan organik dalam *Palm Oil Mill Effluent* (POME) semakin efisien seiring berjalannya waktu, yang dapat diinterpretasikan sebagai hasil dari aktivitas mikroorganisme dalam proses biologi yang terjadi dalam pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Penurunan yang signifikan dalam kandungan COD juga mengindikasikan pengurangan bahan organik yang penting dalam mengelola limbah secara efektif.

Hal ini sejalan dengan (Rohim et al., 2019) yang menyatakan adanya peningkatan pH pada COD influent dapat meningkatkan biodegradabilitas anaerob limbah. Hal ini dapat disebabkan proses peningkatan pH akan memperbesar laju hidrolisis senyawa organik kompleks sehingga kemampuan proses biodegradasi pada senyawa organik mengalami peningkatan pula.

Hubungan pH dengan Akumulasi Biogas yang Dihasilkan dalam Proses Pembuatan Biogas



Gambar 6. Grafik Hubungan pH dengan Akumulasi Biogas

Data yang disajikan menunjukkan hubungan antara nilai pH dan akumulasi volume biogas selama proses pembuatan biogas dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dalam beberapa periode waktu. Pada awal pengamatan, pH mencapai 3,9, namun akumulasi volume biogas masih nol, menandakan bahwa proses produksi biogas belum dimulai. Penurunan pH menjadi 3,64 pada hari keenam tidak diikuti oleh adanya produksi biogas, menunjukkan kemungkinan adanya kondisi lingkungan yang belum mendukung atau proses biologis yang belum aktif pada titik ini.

Pada hari ke-12, terjadi perubahan yang signifikan saat nilai pH naik menjadi 4,3, disertai dengan mulainya akumulasi volume biogas sebesar 0,84 liter. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan dan keberadaan mikroorganisme pendegradasi bahan

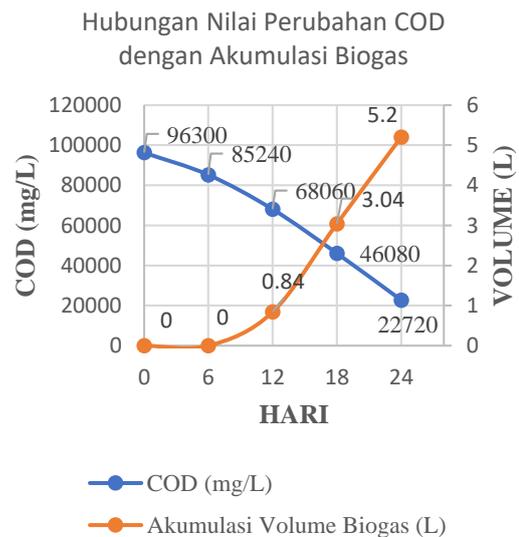
organik telah mencapai tingkat yang memungkinkan untuk memulai produksi biogas. Ini didukung oleh fakta bahwa proses biologis membutuhkan kondisi lingkungan yang tepat, termasuk pH yang sesuai, untuk dapat berjalan dengan efisien.

Selama hari ke-18, peningkatan pH menjadi 5,48 dan akumulasi volume biogas mencapai 3,04 liter, menunjukkan adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme dan efisiensi dalam produksi biogas. pH yang lebih tinggi cenderung mendukung aktivitas mikroorganisme yang lebih optimal dalam mengurai bahan organik menjadi biogas. Hal ini sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa pH yang sesuai dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tertentu yang terlibat dalam proses penguraian bahan organik.

Terakhir, pada hari ke-24, dengan nilai pH mencapai puncaknya pada 6,42 dan akumulasi volume biogas mencapai 5,2 liter, produksi biogas mencapai tingkat maksimum. Ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang mendukung, terutama pH yang optimal, sangat penting dalam meningkatkan efisiensi produksi biogas dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Pengaturan pH dalam rentang yang sesuai dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan menghasilkan lebih banyak biogas sebagai produk sampingan dari pengolahan limbah.

Ketika pH tetap dalam kondisi asam, proses produksi biogas dan CH₄ akan terus berlanjut. pH dalam semua sampel akhirnya mencapai tingkat normal dari kondisi awal yang asam. Pada saat pH ini berada pada tingkat yang optimal, aktivitas mikroorganisme metanogen meningkat secara bertahap hingga mencapai pH optimal untuk produksi biogas (Violla Dwivannie et al., 2019).

Hubungan Nilai Perubahan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan Akumulasi Biogas yang dihasilkan dalam Proses Pembuatan Biogas



Gambar 7. Grafik Hubungan Nilai Perubahan COD dengan Akumulasi Biogas

Data yang disajikan menunjukkan hubungan antara nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam mg/L dengan akumulasi volume biogas dalam periode waktu 0, 6, 12, 18, dan 24 hari. COD adalah

parameter yang mengukur jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air, sedangkan volume biogas merupakan indikator aktivitas biologis dalam proses pengolahan limbah.

Pada hari ke-0, nilai COD adalah 96.300 mg/L dan akumulasi volume biogas masih belum terjadi (0 L). Ini menunjukkan kondisi awal limbah dengan tingkat pencemaran yang tinggi dan belum terjadi aktivitas biologis yang signifikan.

Setelah 6 hari, terjadi penurunan signifikan dalam nilai COD menjadi 85.240 mg/L, tetapi akumulasi volume biogas masih tetap pada 0 L. Ini menandakan bahwa proses biodegradasi telah dimulai, tetapi belum menghasilkan gas secara signifikan.

Pada hari ke-12, terjadi penurunan yang lebih lanjut dalam nilai COD menjadi 68.060 mg/L, sementara akumulasi volume biogas mulai meningkat menjadi 0,84 L. Ini menunjukkan bahwa aktivitas biologis semakin meningkat dan menghasilkan biogas sebagai produk sampingan dari proses biodegradasi.

Selanjutnya, pada hari ke-18, nilai COD menurun drastis menjadi 46.080 mg/L, dan akumulasi volume biogas terus meningkat menjadi 3,04 L. Hal ini menandakan bahwa proses biodegradasi semakin efisien dan menghasilkan biogas dengan tingkat produksi yang lebih tinggi.

Pada hari ke-24, nilai COD turun menjadi 22.720 mg/L, dan akumulasi

volume biogas mencapai 5,2 L. Ini menunjukkan bahwa proses biodegradasi telah mencapai tingkat efisiensi yang tinggi, dengan volume biogas yang terus meningkat sebagai hasil dari aktivitas biologis yang berkelanjutan.

Secara keseluruhan, data ini menggambarkan bahwa penurunan nilai COD secara signifikan berkorelasi dengan peningkatan akumulasi volume biogas, menunjukkan bahwa proses pengolahan limbah secara biologis telah berlangsung efektif selama periode pengamatan 24 hari.

Dengan demikian, hubungan antara kedua variabel tersebut menunjukkan bahwa peningkatan akumulasi volume biogas merupakan hasil dari proses biodegradasi yang efisien dari bahan organik dalam limbah, yang tercermin dalam penurunan nilai COD limbah.

KESIMPULAN

Dari Penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan:

1. Terdapat korelasi invers antara nilai pH dan nilai perubahan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dalam limbah cair kelapa sawit. Saat pH meningkat, nilai COD cenderung menurun, menandakan bahwa kondisi lingkungan yang lebih basa mendukung proses dekomposisi bahan organik yang lebih efisien.
2. Adanya hubungan positif antara nilai perubahan COD dan produksi biogas

dari limbah cair kelapa sawit. Semakin rendah nilai COD, semakin tinggi produksi biogas, mengindikasikan bahwa pengurangan bahan organik dalam limbah berkontribusi langsung terhadap produksi biogas yang lebih besar.

3. Terdapat korelasi positif antara nilai pH dan produksi biogas dari limbah cair kelapa sawit. Saat pH meningkat, produksi biogas cenderung meningkat, menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang lebih basa mendukung aktivitas mikroorganisme yang bertanggung jawab atas produksi biogas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., & Atikalidia, M. (2019). Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Dewi S, F. M., & Kusnopranto, H. (2022). Analisis Kualitas Kompos dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Molase dengan Metode Takakura. *Poltekita: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 16(1), 67–73. <https://doi.org/10.33860/jik.v16i1.1039>
- Febijanto, I. (2010). Potensi Penangkapan Gas Metana dan Pemanfaatannya sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik di PTPN VI Jambi. *Tek.Energi*, 1(10), 30–47.
- Kusuma, Y., Ahmad, A., & Yelmida. (2012). Efisiensi Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi Tunak Dengan Variabel Laju Pembebanan Organik.
- Mujdalipah, S., Dohong, S., Suryani, A., Fitria, A., Studi Pendidikan Teknologi Agroindustri, P., Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, F., Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, P., Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, L., Pertanian Bogor, I., IPB Baranangsiang, K., & Raya Pajajaran No, J. (2014). Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Digester Dua Tahap Pada Berbagai Konsentrasi Palm Oil-Mill Effluent dan Lumpur Aktif. *AGRITECH*, 34(1).
- Nining Widarti, B., Hadi Susetyo, S., & Sarwono, E. (2015). Degradasi COD Limbah Cair dari Pabrik Kelapa Sawit dalam Proses Pembentukan Biogas. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(3), 138–141. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- Nugro Rahardjo. (2009). Studi Banding Teknologi Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. 10(1), 9–18.
- Rohim, M. F., Samudro, G., Sumiyati, S., Prof, J., Sh, S., & Semarang, T. (n.d.). Pengaruh Konsentrasi Chemical Oxygen Demand (COD) dan pH Terhadap Kinerja Dual Chamber Microbial Fuel Cells (DCMCs).
- Tengker, Y., Mangindaan, G. M. C., & Meita, R. (2022). Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) Di Universitas Sam Ratulangi. In *Teknik Elektro*.

Violla Dwivannie, Sasmita, A., & Pratiwi, E.
(2019). Karakteristik pH dan Suhu
dalam Proses Pembuatan Biogas dari
Substrat Limbah Rumah Makan,
Limbah Cair Tahu dan Kotoran Sapi.
JOM FTEKNIK, 6, 1–6.