

Peningkatan Kecepatan Start up dan Kemurnian Metana Dalam Pengolahan Limbah Organik Cair Menggunakan Rraktor Fixed Terimobilisasi Karbon Aktif

Elli Prastyo¹, Ninin Asminah¹, Yully Mulyani¹

¹ Institut Teknologi Petroleum Balongan, Indonesia;

Email : Elli.prastyo@gmail.com(E.P), nininasminah@yahoo.com(N.A),
yullymulyani@gmail.com(Y.M);

Abstrak : Biofuel generasi kedua masih menjadi pilihan dalam mengembangkan energi baru terbarukan dan mampu mengatasi permasalahan lingkungan dari kegiatan industri. Biofuel yang diproduksi oleh reactor anaerobic termodifikasi media immobilisasi mampu menghasilkan biogas dengan tingkat produksi dan kemurnian metana yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan media immobilisasi berupa karbon aktif dalam menghasilkan biogas dari limbah cair industry tahu. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah penggunaan media immobilisasi karbon aktif 20 gr, 30 gr, dan 50 gr. Analisis berupa COD, VFA, volume biogas, dan kandungan metana diujikan untuk mengetahui kualitas dan kuantitas dari produk yang dihasilkan. Penelitian menggunakan reactor fixed dengan volume kerja 2 liter dengan perbandingan inoculum dan feed adalah 1:1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penguraian COD tertinggi sebesar 65,40% dengan penggunaan media immobilisasi 20 gr. Penggunaan karbon aktif 20 gr menghasilkan biogas tertinggi dengan puncak di hari ke-5 sebesar 65,449 mL dengan kemurnian metana sebesar 55,18% dengan waktu start up 10 hari. Kemurnian metana tertinggi dihasilkan oleh penggunaan media immobilisasi karobn aktif 50 gr sebesar 63,04% dengan laju produksi gas tertinggi terjadi hari ke-5 sebesar 36,1017 mL dengan waktu start up 8 hari.

Kata Kunci : biogas, imobilisasi, karbon aktif, reaktor, start up

Abstract : Biofuels from the second generation are still an option in developing new renewable energy and are able to overcome environmental problems from industrial activities. Biofuels produced by modified anaerobic reactors immobilization media are able to produce biogas with high levels of methane production and purity. The purpose of this study is to determine the effect of using immobilization media in the form of activated carbon in producing biogas from tofu industry liquid waste. The fixed variable in this study was the use of activated carbon immobilization media of 20 gr,

Jurnal Energi Baru & Terbarukan, 2024, Vol. 5, No. 2, pp 90 – 101

Received : 4 Juni 2024

Accepted : 10 Juni 2024

Published : 31 Juli 2024



Copyright: © 2022 by the authors. [Jurnal Energi Baru dan Terbarukan](#) (p-ISSN: [2809-5456](#) and e-ISSN: [2722-6719](#)) published by Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies. This article is an open access article distributed under the terms and condition of the [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](#) (CC BY-SA 4.0).

30 gr, and 50 gr. Analysis in the form of COD, VFA, biogas volume, and methane content was tested to determine the quality and quantity of the products produced. The results showed that the highest COD decomposition was 65.40% with the use of 20 gr immobilization media. The use of 20 gr activated carbon produces the highest biogas with a peak on day 5 of 65.449 mL with methane purity of 55.18% with a start-up time of 10 days. The highest methane purity was produced by the use of 50 gr active karobn immobilization media of 63.04% with the highest gas production rate occurring on the 5th day of 36.1017 mL with a start-up time of 8 days.

Keywords : biogas, immobilization, activated carbon, reactor, start up

1. Pendahuluan

Industri tahu merupakan salah satu industri olahan kedelai yang terletak didesa bungkul timur kecamatan Indramayu Kabupaten Indramayu. Industri tahu mempunyai kapasitas produksi sebesar 64000 ton/tahun. Industri tahu mempunyai potensi besar apabila dilihat dari kapasitas produksinya, hanya saja air limbah hasil dari proses produksi belum dimanfaatkan secara optimal. Air limbah tersebut berasal dari proses pencucian kedelai, perendaman dan pemasakan.

Limbah cair tahu mengandung bahan organik tinggi dengan kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebanyak 8.852 mg/L serta *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebanyak 29.700 mg/L yang cukup tinggi pula, jika langsung dibuang ke air akan menurunkan daya dukung lingkungan. Sehingga industri tahu memerlukan suatu pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada (Nisrina & Andarani, 2018). Selain itu, limbah cair tahu mempunyai komposisi air sebesar 99,9% dan sisanya partikel padat terlarut (*dissolved oxygen*) dan tidak terlarut (*suspended solid*) sebesar 0,1%. Zat organik yang berasal dari partikel padat yang terkandung sekitar ($\pm 70\%$) dan sisanya zat anorganik ($\pm 30\%$). Zat-zat organik lainnya terdiri dari 1% karbohidrat (terutama stachyose dan sukrosa), 0,4% mineral, 0,1-0,8% protein serta 0,4-1,0% lemak (Chua & Liu, 2019).

Kandungan senyawa organik yang bernilai tinggi pada limbah cair tahu berpotensi untuk menghasilkan biogas dengan menggunakan proses anaerob (Faizal et al, 2016, n.d.). Kendala umum pada peruraian anaerobik adalah pertumbuhan mikroorganisme yang lambat, sehingga jika menggunakan reaktor anaerobik konvensional dengan volume besar membuat pengolahan tidak ekonomis. Lebih lanjut, untuk aliran limbah cair dengan pada kecepatan tinggi, reaktor anaerobik belum mampu mencegah fenomena *wash out*, yaitu populasi bakteri terbawa keluar bersama *outlet* reaktor.

Proses penguraian Anaerob membutuhkan mikroorganisme untuk mempercepat optimalisasi produksi biogas dan mengurangi potensi terjadi *wash out* mikroorganisme. Immobilisasi mikroorganisme salah satu upaya perlindungan terhadap mikroorganisme serta memberikan tempat yang kondusif untuk tumbuh dan berkembang dengan menempel pada media immobilisasi (Chusna et al., 2020). Penambahan media imobilisasi tempat lekat tumbuh mikroorganisme membentuk biofilm dapat menghindari *wash-out*, meningkatkan densitas sel mikroorganisme dan konsentrasi sel yang secara langsung memberikan efek yang baik terhadap aktivitasnya (Montalvo et al., 2012; Mshandete et al., 2008). Media lekat tumbuh yang dapat digunakan salah satunya ialah karbon aktif. Karbon aktif mempunyai kemampuan untuk mengadsorbsi logam berat dan zat toksik yang terkandung pada substrat salah satunya amonia. Karbon aktif juga mampu menjaga C/N rasio pada

reactor karena dapat menyerap Total ammonia nitron (TAN) yang terkandung pada substrat, sehingga diharapkan mampu meningkatkan kinerja mikroorganismenya. Keberadaan kation Na^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam struktur kristalnya dan sifat adsorpsi logam dapat meningkatkan kinerja proses anaerob dengan meningkatkan stabilitas mikroba (Montalvo et al., 2012).

Penggunaan media immobilisasi lumpur PDAM pada proses penguraian anaerobik sampah organik pasar mampu memberikan peningkatan produksi metana pada biogas sebesar 50%, mampu menurunkan total volatile solid, dan menjaga kestabilan pH reactor (Rakasiswi et al., 2020). Penggunaan media immobilisasi menggunakan limbah cangkang kelapa sawit dalam mengolah limbah organik mampu mempercepat proses start up, persen removal COD dan meningkatkan produksi biogas (Lingkungan et al., 2019).

Penelitian yang dilakukan bertujuan secara kolektif menyajikan data kuantitatif mengenai penguraian anaerobik limbah cair industri tahu melalui variable penggunaan media immobilisasi karbon aktif. Penelitian mengenai penggunaan media immobilisasi jarang membahas mengenai variable optimal berat media terhadap kecepatan start up reactor, kecepatan produksi biogas, dan pengaruhnya terhadap konsentrasi metana pada biogas. Reaktor tipe fixed menggunakan media immobilisasi berupa karbon aktif dalam melakukan pengolahan limbah cair industri tahu merupakan sesuatu yang terbaru dalam penelitian ini untuk dapat dilakukan pengembangan kedepan mengenai proses produksi biogas.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium mikrobiologi Program Studi Teknik Kimia Institut Teknologi Petroleum Balongan pada bulan Januari 2023 sampai Juni 2023. Observasi lapangan dilakukan untuk menentukan lokasi pengambilan bahan penelitian berupa limbah cair industri tahu dan *effluent digester* aktif serta mengetahui keadaan lapangan. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental berdasarkan data percobaan skala laboratorium. Studi komparatif secara kualitatif dan kuantitatif dilakukan untuk menentukan tahapan percobaan dan hasil penelitian yang diperoleh.

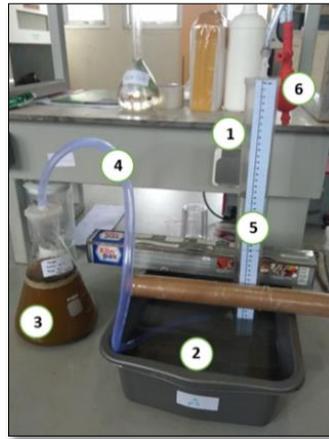
Bahan dan Alat

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan baku utama dan bahan baku pendukung, serta bahan untuk analisis parameter penelitian. Bahan utama dalam penelitian ini adalah limbah cair industri tahu diperoleh dari Desa Bojong, Kecamatan Pekandangan, Kabupaten Indramayu. Limbah cair tahu digunakan sebagai substrat dalam reaktor anaerobik dan karbon aktif sebagai media immobilisasi mikroorganismenya. Limbah cair industri tahu yang digunakan sebagai substrat memiliki nilai sCOD pada kisaran 220 - 250 mg/L dan pH 6,0 – 6,5. Media immobilisasi memiliki struktur serbuk dengan ukuran 150 mesh yang sudah teraktivasi. *Effluent digester* aktif diperoleh dari peternak sapi yang memproduksi biogas secara mandiri di Desa Sudimampir Lor, Kecamatan Balongan, Kabupaten Indramayu.

Alat

Alat penelitian dikategorikan menjadi 2 yaitu alat proses berupa serangkaian reactor fixed bed dan alat glass wear untuk kegiatan analisis. Skema alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 6 komponen dirangkai menjadi satu kesatuan yang ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat Penelitian

Reaktor fixed (3) dengan volume 2000 mL digunakan untuk proses penguraian anaerobic. Gasmeter (5) dari akrilik dengan tinggi 50 cm dan diameter 10 cm digunakan untuk mengukur produksi biogas. Larutan barrier digunakan yang ditaruh pada nampah (2) yang berfungsi untuk mencegah biogas terdifusi ke dalam air. Rubber bulb (6) digunakan untuk menaikkan level larutan barrier pada gasmeter dan selang polymer yang saling menyambung antara reactor dan gasmeter.

Set *glasswear* digunakan dalam penelitian untuk melakukan proses analisis yang berupa 150 mL, Gelas Beaker 2000 mL, Gelas Ukur 250 mL, Neraca Digital, Penggaris, pH Meter Digital, Pipet Tetes, syringe 5 μ L Hamilton, botol sampel gas.

Tahapan Penelitian

Persiapan bahan

Inokulum diambil dari effluent digester aktif yang berasal dari Desa Sudimampir Lor, Blok Kayen, Kecamatan Balongan, Kabupaten Indramayu. Inokulum dari Effluent digester aktif yang diperoleh diperas untuk mendapatkan larutan inoculum yang bebas dari padatan. Inokulum kemudian dilakukan pengujian fisik dan kimia yang ditampilkan pada tabel 1. Larutan inoculum kemudian dicampur dengan limbah cair industry tahu dengan perbandingan 1:1 v/v. Campuran kemudian dilakukan pengukuran pH dan ditambahkan larutan NaOH 0,1 N untuk mendapatkan pH 7.

Tabel 1.

Karakteristik Inokulum Desa Sudimampir Lor

Keterangan	Nilai
pH	6,8
TS (mg/L)	26.125,118
VS (mg/L)	15.611,380
VFA (mg/L)	392,520
sCOD (mg/L)	1610

Pembuatan Larutan Barrier

Larutan barrier atau larutan yang berisi air garam 75% jenuh dengan nilai pH 2, yang memiliki kemampuan menjaga kestabilan biogas pada gasmeter. Larutan barrier dibuat dengan mencampurkan aquadest dengan garam sampai jenuh. Larutan garam yang telah jenuh kemudian ditambahkan asam asetat glacial sampai pH larutan menjadi 2.

Persiapan Reaktor

Reaktor dengan volume 2000 mL dirangkai sesuai dengan gambar 1 yang disambungkan dengan gasmeter. Reaktor dilakukan flushing menggunakan gas N₂ untuk menghilangkan udara sebelum dilakukan proses penguraian anaerobik. Reaktor yang telah terangkai kemudian dilakukan pengujian kebocoran untuk menghindari udara masuk ke reaktor selama proses berlangsung.

Variabel Penelitian

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah rasio antara influent digester aktif dan limbah cair ampas tahu 1:1 v/v. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jumlah penggunaan media immobilisasi karbon aktif 20 gr, 30 gr, dan 50 gr dengan reaktor kontrol sebagai pembanding.

Metoda Analisa

Analisa volume gas

Analisis volume biogas yang dihasilkan menggunakan high gasmeter yaitu merupakan silinder dari akrilik dengan tinggi 50 cm dan diameter 10 cm yang sebagian terendam pada larutan barrier. Melakukan pengecekan secara rutin penurunan gasmeter dan pengecekan rutin penurunan larutan barrier. Gas dialirkan ke kolom melalui katup atas yang terhubung langsung ke *digester*. Gas yang masuk ke dalam kolom *high gasometer* ini akan menggantikan *barrier solution* ke dalam wadah. Untuk menghitung volume biogas yang dihasilkan digunakan Persamaan berikut (Walker et al., 2009).

$$V_{gas} = \frac{T_{stp} A}{T_{atm} P_{stp}} \left((P_{atm} - P_{H_2O}(T_{atm}) - \rho_b g (h_{t2} - h_{c2})) h_{c2} - (P_{atm} - P_{H_2O}(T_{atm}) - \rho_b g (h_{t1} - h_{c1})) h_{c1} \right) \quad (1)$$

Keterangan :

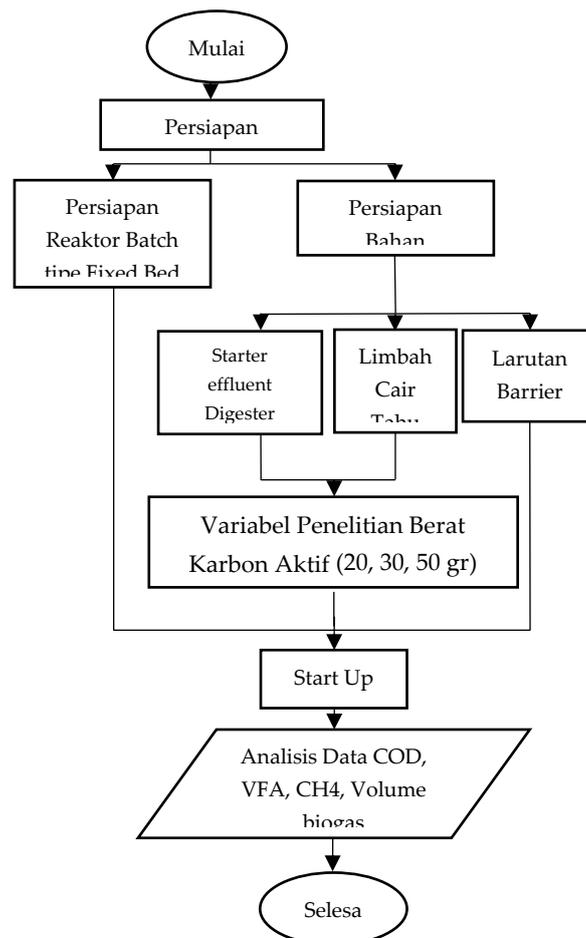
- V_{gas} = Volume gas (m³)
- A = Kolom area penampang gasmeter (m²)
- T_{stp} = Suhu pada keadaan standar (K)
- T_{atm} = Suhu atmosfer (K)
- P_{stp} = Tekanan pada keadaan standar (Pa)
- P_{atm} = Tekanan atmosfer (Pa)
- P_{H₂O} = Tekanan air (mmHg)
- ρ_b = Massa jenis air (kg/m³)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- h_{c1} = Tinggi kolom 1 (m)
- h_{c2} = Tinggi kolom 2 (m)
- h_{t1} = Tinggi tangki bak 1 (m)
- h_{t2} = Tinggi tangki bak 2 (m)

Analisis VFA dan COD

Analisis VFA dilakukan di laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Gadjah Mada dengan 3 parameter uji yaitu asam asetat, asam propinoat, dan asam butirat. Analisis COD dilakukan di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Kota Cirebon.

Analisis Kandungan Metana

Sampel gas diambil menggunakan syringe volume 5 μ L merek Hamilton yang diinjeksikan ke tabung sampel khusus gas. Sampel dilakukan analisis GC-MS di laboratorium terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.



Gambar 2. Skema Alur Penelitian

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan media immobilisasi berupa karbon aktif dalam pengolahan limbah cair industri tahu di Desa Bojong, Kabupaten Indramayu. Reaktor fixed bed digunakan dengan pengoperasian secara batch. Analisis COD influent – effluent, VFA, dan volume biogas digunakan untuk mengetahui kinerja dari reaktor fixed bed dalam mengolah limbah cair industri tahu.

3.1. Pengaruh Berat Media Imobilisasi Terhadap Produksi Biogas

Ampas tahu mengandung protein, karbohidrat, dan lemak yang dapat dikonversi menjadi biogas oleh bakteri metanogenesis. Bakteri metanogenik berfungsi untuk mengkonversi *Volatile Fatty Acid* (VFA) menjadi biogas. Bakteri metanogen mengonsumsi VFA yang dihasilkan oleh bakteri asidogen untuk menghasilkan biogas. Pertumbuhan yang baik untuk bakteri metanogenik adalah

pada suhu 30°C dan pH 7-8 (Solera et al., n.d.). Berikut ditampilkan tabel produksi biogas berdasarkan variable penggunaan media immobilisasi.

Tabel 2.

Profil Produksi Biogas Media Karbon Aktif

Hari ke-	Kontrol (mL)	20 gr (mL)	30 gr (mL)	50 gr (mL)
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	23,1110	0,0000	1,6490
3	0,0000	6,6170	0,0000	18,6490
4	0,8700	51,657	0,0000	22,9122
5	25,2278	65,449	0,0000	36,1017
6	39,4290	47,357	0,0000	11,7813
7	16,5150	47,644	0,0000	3,7715
8	3,8410	7,4120	0,0000	3,0520
9	6,2022	6,8910	0,0000	0,0000
10	2,4410	8,5450	0,0000	0,0000
11	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan media immobilisasi berupa karbon aktif berpengaruh signifikan untuk variable 20 gr jika dibandingkan dengan reactor control tanpa media. Berat media 20 gr menghasilkan volume gas tertinggi pada hari ke-5 yaitu 65,449 mL dan produksi gas menurun pada hari ke-8 dengan akumulasi volume gas sebesar 260,683 mL. Berat media 30 gr menunjukkan tidak menghasilkan produksi gas selama 11 hari kerja. Sementara itu, untuk berat media 50 gr memproduksi gas pada hari ke-2 yaitu 1,64918 mL dan produksi gas menurun di hari ke-4, dengan akumulasi volume gas sebesar 3,2987 mL.

Waktu *start up* terbaik hingga reactor mencapai keadaan *steady state* ketika penggunaan media immobilisasi 50 gr dimana reactor sudah mencapai keadaan steady ketika hari ke-8, sedangkan penggunaan media immobilisasi 20 gr mencapai kondisi steady di hari ke-10. Hal ini sesuai dengan penelitian (Halim et al., 2017) dimana media immobilisasi berupa zeolite alam yang ditambahkan ke reactor fixed dapat meningkatkan kecepatan start up reactor di hari ke-10 dibanding dengan reactor kontrol yang mencapai kondisi steady di hari ke-14.

Penggunaan media immobilisasi pada reactor fixed bed menunjukkan lebih baik untuk kecepatan produksi gas dimana reactor control menghasilkan biogas pada hari ke 4, sementara penggunaan media immobilisasi 20 dan 50 gr telah menghasilkan biogas pada hari ke-2. Penggunaan media immobilisasi mampu meningkatkan laju pertumbuhan mikroorganisme, selain ini juga terjadi peningkatan laju pembentukan senyawa metana hingga lebih dari 50% (Budianto & Sudjarwo, 2017).

Penggunaan media imobilisasi 20 gr dan 50 gr menunjukkan terdapat produksi gas pada hari kedua yang menandakan adanya aktivitas bakteri dalam menguraikan dan mengubah substrat organik yang ada di bahan baku menjadi gas. Proses anaerobik berlangsung melalui tahap proses hidrolisis dan tahap pembentukan gas metan. sehingga menghasilkan biogas dan terus bertambah setiap hari selama bakteri pengurai terus bertumbuh dan beraktivitas (Sanjaya & Haryanto, n.d.). Titik tertinggi produksi gas pada terjadi hari kelima, setelah itu mengalami penurunan produksi gas sampai akhirnya di hari kesebelas tidak ada gas yang dihasilkan dikarenakan aktivitas bakteri yang menurun akibat nutrisi yang tersedia sudah berkurang sehingga gas yang dihasilkan menurun dan

cenderung steady. Bakteri metanogenik membutuhkan waktu setidaknya 5 hari untuk bekerja optimal. Jika produksi biogas terhenti, hal ini dapat disimpulkan bahwa sudah tidak ada substrat lagi untuk bakteri metanogenik, sehingga perlu segera dilakukan perubahan kondisi operasi dari fase *batch* menuju kontinu untuk menghindari fenomena lisis (pecahnya sel dan keluarnya cairan sel) akibat kematian mikroorganisme (D. & Grilc, 2012).

Penggunaan media immobilisasi 30 gr menunjukkan tidak adanya produksi biogas. Hal ini kemungkinan terjadinya fenomena *shock loading* karena beban organik yang tinggi ketika dilakukan start up pada variable 30 gr. Fenomena shock loading ini diperkuat dengan data yang ditunjukkan oleh tabel 3 dimana nilai COD *influent* penggunaan media 30 gr lebih tinggi dibanding variable lain. Lebih lanjut, penggunaan jumlah media yang lebih banyak mampu mengadsorpsi senyawa organik dan gas yang dihasilkan dari metabolisme bakteri metanogen. Sebagaimana dinyatakan pada penelitian (Handika, 2017, n.d.) karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Produksi biogas total meningkat dengan bertambahnya dosis karbon aktif sampai 3,0 gr/L bahan isian, sementara pada dosis 4,5 dan 6 gr/L bahan isian produksi gas menurun. Penambahan karbon aktif ini berpengaruh terhadap pembentukan asam diantaranya asam asetat yang akan membentuk gas CO₂, metan dan gas lainnya (Srihartini, 2016, n.d.).

3.2. Pengaruh Berat Media Terhadap Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD)

Kinerja peruraian substrat oleh bakteri dapat dilihat dari seberapa besar penurunan sCOD oleh bakteri anaerobic. Tabel berikut menunjukkan kinerja reactor fixed bed dalam menguraikan limbah cair industry tahu berdasarkan variable penggunaan berat media immobilisasi.

Tabel 3.

Profil COD Removal Terhadap Penggunaan Media Imobilisasi

Variabel	COD <i>input</i> (mg/L)	COD <i>output</i> (mg/L)	Persen Removal (%)
Kontrol	218	106	51,38%
Karbon Aktif 20 gr	211	73	65,40%
Karbon Aktif 30 gr	234	510	-117,95%
Karbon Aktif 50 gr	222	94	57,66%

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai COD mengalami penurunan dari 211 mg/L menjadi 73 mg/L dengan persen removal 65,40% pada penggunaan media immobilisasi 20 gr. Hal berbeda terjadi ketika reactor menggunakan media immobilisasi 30 gr karbon aktif dimana nilai COD mengalami kenaikan dari 234 mg/L menjadi 510 mg/L dengan persen removal -117,95%. Sementara itu, pada berat media 50 gr mengalami penurunan, dari 222 mg/L menjadi 94 mg/L dengan persen removal 57,66%.

Adanya penurunan nilai COD effluent pada penggunaan media immobilisasi 20 gr dan 50 gr mengindikasikan bahwa mikroorganisme mampu beradaptasi dan berkembang biak secara baik pada reactor. Hal ini sejalan dengan data yang ditampilkan pada tabel 1 dimana untuk penggunaan media

immobilisasi 20 gr dan 50 gr menunjukkan adanya produksi biogas. Lebih lanjut, nilai persen removal mengindikasikan adanya aktivitas bakteri di dalam pengolahan yang berfungsi mempercepat perombakan bahan organik (Chan, 2016). Semakin besar removal COD, mengindikasikan bahan organik yang terdegradasi menjadi asam-asam organik rantai pendek (VFA) juga semakin besar. Asam-asam organik rantai pendek inilah yang kemudian terkonversi menjadi gas metana, artinya jika reduksi.

Penggunaan media immobilisasi 30 gr menunjukkan adanya kenaikan COD effluent yang mana hal ini diduga mikroorganisme di dalam reaktor mengalami fase kematian karena adanya fenomena *shock loading*. Fenomena *shock loading* dapat disebabkan karena beban organik yang dirasa terlalu tinggi. Hal ini sesuai dengan data analisis COD dimana pada penggunaan media immobilisasi 30 gr nilai COD influent memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan variable lain. *Shock loading* memiliki pengaruh terhadap kematian mikroorganisme dan kenaikan COD. Hal ini dapat terjadi karena peningkatan beban organik menimbulkan peningkatan kandungan atau senyawa-senyawa organik yang terukur sebagai COD (Ahmad & Atikalidia, n.d.). Beban kejut atau *shock loading* secara hidrolis diakibatkan oleh kenaikan laju alir air limbah secara tiba-tiba. Kondisi tersebut akan mengakibatkan penurunan efisiensi pengolahan, produksi metana dan *recovery* dari mikroorganisme yang mana jika mikroorganisme tersebut tidak dapat beradaptasi maka akan mengalami kematian dan menyebabkan peningkatan COD effluent (Budiastuti et al., n.d.).

3.3. Pengaruh Media Immobilisasi Terhadap Produksi VFA

VFA merupakan hasil biokonversi senyawa organik polimer menjadi senyawa monomer yang lebih sederhana yang dilakukan oleh bakteri asidogenesis (Soetopo, 2011). VFA menjadi salah satu parameter yang menunjukkan keberhasilan proses penguraian secara anaerobic. Nilai VFA menjadi indikator penting untuk melihat aktivitas mikroorganisme khususnya bakteri metanogen dalam menguraikan VFA menjadi biogas. Tabel 4 menyajikan hasil uji VFA pada penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 4.
Profil Produksi VFA

Keterangan	Jenis VFA (mmol)		
	Asam asetat	Asam propinoat	Asam butirat
Sampel 50 gr karbon aktif influent	1.36	1.32	1.18
Sampel 50 gr carbon aktif effluent	1.08	1.49	1.21
Sampel 30 gr karbon aktif influent	1.06	1.22	0.76
Sampel 30 gr karbon aktif effluent	1.78	1.96	0.84
Sampel 20 gr karbon aktif influent	2.55	1.82	1.12
Sampel 20 gr karbon aktif effluent	0.22	0.03	0.06
Sampel kontrol influent	1.88	1.60	1.12
Sampel kontrol effluent	0.62	0.14	0.10

Asam asetat, asam propinoat, dan asam butirat merupakan asam lemak rantai pendek hasil dari penguraian bakteri asidogenesis. Asam lemak rantai pendek in yang kemudian dimanfaatkan oleh bakteri metanogen untuk bermetabolisme dan menghasilkan biogas. Tabel 4 menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai VFA effluent terhadap influent pada penggunaan media immobilisasi 50 gr dan 20 gr. Hal yang berbeda ditunjukkan oleh penggunaan media immobilisasi 30 gr dimana nilai

VFA effluent untuk semua jenis senyawa mengalami kenaikan. Kenaikan nilai VFA sesuai dengan data yang ditampilkan pada tabel 2 dan tabel 4 dimana penggunaan media immobilisasi 30 gr tidak menghasilkan biogas dan memiliki %removal COD yang negatif. Tidak terdapatnya produksi biogas mengindikasikan tidak adanya proses metabolisme bakteri metanogen. Hal ini diduga bakteri metanogen membutuhkan jumlah VFA minimal yang dihasilkan dari proses asidogenesis untuk bertahan hidup. Pendapat ini sesuai dengan (Prasetyo et al., 2017) yang menyatakan bahwa bakteri metanogen memerlukan batas minimal untuk mampu bertahan hidup yaitu sekitar 400 mg/L.

Mikroorganisme dan VFA merupakan senyawa organik yang dapat terbaca sebagai COD (Rakasiswi et al., 2020). Nilai VFA effluent yang mengalami kenaikan dibandingkan VFA influent ini juga terbaca sebagai COD effluent, sehingga berdampak terhadap meningkatnya nilai COD effluent pada penggunaan media immobilisasi 30 gr. Kenaikan VFA effluent hasil eksperimen khususnya penggunaan media immobilisasi 30 gr menunjukkan bahwa bakteri metanogenik masih belum dapat beradaptasi dan tumbuh pada pengoperasian reactor secara batch.

Tabel 5.
Komposisi Produksi Biogas

Keterangan	Komposisi		
	Biogas		gas lain
	CH ₄	CO ₂	
Sampel 50 gr	63.04	31.08	5.88
Sampel 30 gr	0	0	0
Sampel 20 gr	55.18	38.04	6.78
Kontrol	47.22	44.76	8.02

Tabel 5 merupakan hasil analisis GC-MS produksi biogas pada setiap variable yang dilakukan pada penelitian ini. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan media immobilisasi mampu meningkatkan konsentrasi metana dan menurunkan konsentrasi CO₂ pada biogas yang dihasilkan. Peningkatan konsentrasi CH₄ tertinggi terjadi pada penggunaan media immobilisasi 50 gr diikuti penggunaan media immobilisasi 20gr. Peningkatan penggunaan media immobilisasi mampu membentuk konsentrasi metana yang lebih tinggi pada biogas (Widhyasih et al., n.d.).

4. Kesimpulan

Penggunaan media immobilisasi pada reactor fixed yang dioperasikan secara batch mampu meningkatkan produksi gas dan konsentrasi metana dimana produksi biogas tertinggi terjadi pada penggunaan media immobilisasi 20 gr sebesar 65,449 L dengan removal COD 65,40% dan konsentrasi CH₄ tertinggi pada penggunaan media immobilisasi 50 gr sebesar 63,04%. Waktu start up reactor terbaik terjadi ketika penggunaan media immobilisasi 50 gr selama 8 hari.

Setiap persamaan selalu gunakan insert TAB sebelum dan setelah persamaan dan diberi nomor urut dengan font Palatino Linotype 10 pt. Persamaan menggunakan 10 pt untuk full size. Gunakan software MathType karena dapat digunakan untuk mengubah format untuk semua persamaan dan mengubah full size dan style yang digunakan. Tidak diperbolehkan mengetik persamaan sebagai teks (khususnya subscript dan superscript seperti x_1 , x_2 , ..., x_n).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada LPPM Institut Teknologi Petroleum Balongan (ITPB) yang telah melakukan dukungan berupa bantuan dana penelitian melalui skema hibah penelitian internal. Tidak lupa disampaikan kepada segenap dosen dan laboran yang terlibat dalam penelitian ini sehingga dapat diselesaikan sesuai dengan yang telah direncanakan.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A., & Atikalidia, M. (n.d.). *Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit*.
- Budianto, G. P. I., & Sudjarwo, W. A. A. (2017). Pengaruh Penambahan Vermiculite Termodifikasi Cu²⁺ sebagai Media Imobilisasi Bakteri Anaerob pada Produksi Biogas terhadap Parameter Kinetika. *Eksergi*, 14(2), 18. <https://doi.org/10.31315/e.v14i2.2138>
- Budiastuti, H., Adila, K. P., & Wibowo, T. S. (n.d.). *Pembebanan Hidrolis terhadap Produksi Gas Metana dan Bakteri Anaerobik dalam Anaerobic Fixed Bed Reactor*.
- Chan, A. (2016). PRODUKSI BIOGAS DAN PENYISIHAN COD DARI LIMBAH CAIR TAHU. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 4. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v4i1.13574>
- Chua, J. Y., & Liu, S.-Q. (2019). Soy whey: More than just wastewater from tofu and soy protein isolate industry. *Trends in Food Science & Technology*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.06.016>
- Chusna, F. M. A., Mellyanawaty, M., & Nofiyanti, E. (2020). Peningkatan Produksi Biogas dari Palm Oil Mill Effluent (POME) dengan Fluidisasi Media Zeolit Termodifikasi pada Sistem Batch. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(1). <https://doi.org/10.22146/jrekpros.56133>
- D., G., & Grilc, V. (2012). Anaerobic Treatment and Biogas Production from Organic Waste. In *Management of Organic Waste*. InTech. <https://doi.org/10.5772/32756>
- Faizal et al, 2016. (n.d.).
- Halim, L., Mellyanawaty, M., Cahyono, R. B., Sudiby, H., & Budhijanto, W. (2017). Anaerobic digestion of palm oil mill effluent with lampung natural zeolite as microbe immobilization medium and digested cow manure as starter. *AIP Conference Proceedings*, 1840. <https://doi.org/10.1063/1.4982333>
- Handika, 2017. (n.d.).
- Lingkungan, P. T., Pengkajian, B., & Teknologi, P. (2019). Pengolahan Palm Oil Mill Effluent (POME) menjadi Biogas dengan Sistem Anaerobik Tipe Fixed Bed tanpa Proses Netralisasi Palm Oil Mill Effluent (POME) Treatment into Biogas with Anaerobic System Type Fixed Bed without Neutralization Process WIDIATMINI SIH WINANTI, PRASETIYADI, WIHARJA. In *Jurnal Teknologi Lingkungan* (Vol. 20, Issue 1).
- Montalvo, S., Guerrero, L., Borja, R., Sánchez, E., Milán, Z., Cortés, I., & Angeles de la la Rubia, M. (2012). Application of natural zeolites in anaerobic digestion processes: A review. *Applied Clay Science*, 58, 125–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clay.2012.01.013>
- Mshandete, A. M., Björnsson, L., Kivaisi, A. K., Rubindamayugi, M. S. T., & Mattiasson, B. (2008). Performance of biofilm carriers in anaerobic digestion of sisal leaf waste leachate. *Electronic Journal of Biotechnology*, 11(1). <https://doi.org/10.2225/vol11-issue1-fulltext-7>

- Nisrina, H., & Andarani, D. P. (2018). *PEMANFAATAN LIMBAH TAHU SKALA RUMAH TANGGA MENJADI BIOGAS SEBAGAI UPAYA TEKNOLOGI BERSIH DI LABORATORIUM PUSAT TEKNOLOGI LINGKUNGAN-BPPT*. 15(2).
- Prasetyo, E., Sudibyo, H., & Budhijanto, W. (2017). Determination of the optimum hydraulic retention time in two-stage anaerobic fluidized bed bioreactor for landfill leachate treatment. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 49(3), 388–399. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2017.49.3.7>
- Rakasiswi, R. R., Diah Ivontianti, W., & Sitanggang, E. P. (2020). MINI DIGESTER UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH ORGANIK MENJADI BIOGAS DAN DAMPAK TERHADAP PENGURANGAN EMISI MINI DIGESTION TO PRODUCE BIOGAS FROM ORGANIC WASTE AND IMPACT ON REDUCING EMISSIONS. In *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah* (Vol. 08, Issue 1).
- Sanjaya, D., & Haryanto, A. (n.d.). PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN KOTORAN SAPI DENGAN KOTORAN AYAM BIOGAS PRODUCTION FROM A MIXTURE OF COW MANURE WITH CHICKEN MANURE. In *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol. 4No (Vol. 2).
- Solera, R., Romero, L. I., & Sales, D. (n.d.). *The Evolution of Biomass in a Two-phase Anaerobic Treatment Process During Start-up*.
- Srihartini, 2016. (n.d.).
- Walker, M., Zhang, Y., Heaven, S., & Banks, C. (2009). Potential errors in the quantitative evaluation of biogas production in anaerobic digestion processes. *Bioresource Technology*, 100(24), 6339–6346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.07.018>
- Widhyasih, K., Budhijanto, W., & Purnomo, C. W. (n.d.). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Evaluasi Waktu Start Up pada Proses Peruraian Limbah Stillage secara Anaerobik Menggunakan Reaktor Fluidized Bed Kontinyu dengan Zeolit sebagai Media Imobilisasi*.