

PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DAN KOTORAN SAPI MENGUNAKAN BIOREAKTOR CSTR

by Saron Saron

Submission date: 26-Dec-2022 09:07AM (UTC+0700)

Submission ID: 1986602021

File name: uctionfromsubstratemixtureofPOMEandmanureusingCSTRbioreactor.pdf (585.81K)

Word count: 4705

Character count: 27955

15 See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/317001487>

The biogas production from substrate mixture of POME and manure using CSTR bioreactor

11 Article in *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience* · March 2017
DOI: 10.1166/asl.2017.8724

CITATIONS
0

READS
513

5 authors, including:

 Yana Sukaryana
politeknik negeri lampung
9 PUBLICATIONS 35 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)

 Yatim Widodo
politeknik negeri lampung
4 PUBLICATIONS 0 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)

 Udin Hasanudin
Lampung University
65 PUBLICATIONS 325 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)

 Supriyanto Polinela
politeknik negeri lampung
2 PUBLICATIONS 5 CITATIONS
[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

 Utilization of EFB for biogas production [View project](#) 8

 Renewable energy policy study [View project](#)

1
**PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN LIMBAH CAIR PABRIK
KELAPA SAWIT DAN KOTORAN SAPI MENGGUNAKAN
BIOREAKTOR CSTR**

**BIOGAS PRODUCTION FROM PALM OIL MILL EFFLUEN
AND CATTLE MANURE WITH CSTR BIOREACTOR**

Sarono, Udin Hasanudin, Yatim R. Widodo, Yana Sukaryana dan Supriyanto

19
Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian
Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brojonegoro No.1 Rajabasa, Bandar Lampung, Indonesia

ABSTRACT

Biogas is a renewable energy, one of them is derived from POME. POME have a high concentration of COD, its ³⁴potential to produce biogas as an energy source, but ²⁸the results of research that has been done is not optimal, so perform the addition of cow cattle manure. Cow cattle manure contains a lot of methanogenic bacteria that can be able ³⁵to increase the production of methane in an anaerobic fermentation process. The cow cattle manure are abundant around the plantation and palm oil mill. This study was conducted to use cow cattle manure especially for industries that have implemented Energy from Palm and Cow Integration program. ⁹The purpose of this study was to obtain of loading rate substrates POME and cow cattle manure are optimal with an investigate of the biogas production process and efficiency of COD removal. The result showed that biogas from POME and cattle manure reaching biogas production from 11.65 L at OLR 0.687 kg/m³/day to 28.17L at OLR 2.188 kg/m³/day, while the best loading rate is on the treatment of 1.0 L/day or OLR 0.996 kg/m³/day with a value of COD conversion into methane 0,320 LCH₄/COD removal and which decomposes into biogas COD reaching to 75.28%, although the value is lower than the loading rate of 0.5 L/day but the loading rate of 1.0 L/day has a high methane concentration is 60.49%

Key words : Biogas, POME, Cattle Manure, OLR, methane

Biogas merupakan energi terbarukan, salah satunya berasal dari LCPKS. LCPKS memiliki konsentrasi COD yang tinggi, LCPKS tersebut berpotensi untuk menghasilkan biogas sebagai sumber energi, tapi pada hasil penelitian yang telah dilakukan produksinya belum optimal, sehingga dilakukan penambahan kotoran sapi. Kotoran sapi mengandung banyak bakteri metanogen yang mampu meningkatkan produksi metana pada proses fermentasi anaerob. Kotoran sapi melimpah di sekitar perkebunan dan pabrik kelapa kelapa sawit. Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan kotoran sapi terutama bagi industri yang telah menerapkan program Integrasi Sapi sawit Energi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan laju pembebanan substrat LCPKS dan kotoran sapi yang optimal dengan melakukan kajian terhadap proses produksi biogas dan efisiensi penyisihan COD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biogas dari LCPKS dan kotoran sapi mengalami peningkatan produksi biogas dari 11,65 L pada OLR 0,687 kg/m³/hari menjadi 28.17L pada OLR 2,188 kg/m³/hari, Sedangkan laju pembebanan terbaik terdapat pada perlakuan 1,0 L/hari dengan nilai konversi COD menjadi metana 0,320 LCH₄/COD *removal* dan jumlah COD yang terdekomposisi menjadi biogas mencapai 75,28%, meskipun nilainya lebih rendah dari laju pembebanan 0,5 L/hari namun pada laju pembebanan 1,0 L/hari mempunyai konsentrasi metana yang tinggi yaitu 60,49%

Kata Kunci : Biogas, LCPKS, Kotoran sapi, OLR metana

PENDAHULUAN

Semakin bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi semakin bertambah. Selama ini kebutuhan energi tercukupi dari hasil energi yang berasal dari fosil, sehingga kebutuhan energi yang dapat diperbarui dan sustainable sangat diperlukan. Salah satu yang dapat digunakan adalah biogas. Biogas dapat dihasilkan dari dekomposisi bahan organik yang difermentasi secara anaerob. Salah satu sumber bahan

organik yang berpotensi adalah ¹⁷ Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS). Semakin tinggi permintaan dunia akan minyak sawit membuat penambahan industri kelapa sawit semakin meningkat. Perkembangan produksi minyak sawit dari tahun 2009 sampai dengan 2014 berkisar antara 5,17 sampai 10,25 % (Ulum, 2014). ¹⁶ Pabrik minyak kelapa sawit dalam mengolah setiap satu ton tandan buah segar akan menghasilkan 0,75 – 0.9 m³ atau setiap ton CPO menghasilkan 3,33 ton LCPKS (Sarono, 2013). Hasil penelitian Sarono (2013), dengan menggunakan reaktor anaerobik menyatakan bahwa pembuatan biogas dari LCPKS ¹ sangat tidak menguntungkan, hal ini disebabkan gas metana yang dihasilkan sangat kecil (0,28 L/g COD) dan membutuhkan waktu yang lama. LCPKS memiliki COD 40.000-50.000 mg/l, kandungan Nitrogen 750 mg/l dan kandungan Fosfor 120mg/l, sumber utama bakteri penghasil gas metana berasal dari mikroorganisme yang terdapat pada LCPKS.

Pabrik pengolahan dan perkebunan ²² kelapa sawit tidak hanya menghasilkan minyak sawit (CPO) sebagai produk utama tetapi juga hasil samping (*by product*) seperti ²⁹ tandan kosong kelapa sawit, serabut sawit, limbah cair kelapa sawit dan bungkil sawit. Semua bahan tersebut dapat dimanfaatkan sebagai makanan untuk sumber energi dan protein bagi peternakan sapi. Banyaknya tanaman ³⁰ gulma yang ada di sekitar perkebunan kelapa sawit merupakan sumber makanan hijauan yang berpotensi besar bagi peternakan sapi. Dengan adanya sumber makanan untuk peternakan sapi, saat ini pemerintah sedang mengembangkan program ²³ Sistem Integrasi Sapi dan Kelapa Sawit (SISKA) (Bambang *et al*, 2012) atau ²⁴ Integrasi Sawit Sapi Energi (ISSE) (Sulaiman *et al*, 2013), program ini dilakukan karena Indonesia merupakan salah satu produsen industri kelapa sawit terbesar di dunia dan semakin meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap protein dari daging. Sehingga dengan adanya program tersebut, mampu mendukung ketersediaan kotoran sapi sebagai sumber bakteri metanogen.

Selain sebagai sumber nutrisi penghasil gas metana, kotoran sapi merupakan sebagai sumber inokulum yang baik bagi mikroorganisme metanogenik pada pembentukan biogas, sehingga mikroorganisme tersebut dapat bekerja secara optimal untuk meningkatkan produksi biogas dari LCPKS. Menurut Sakinah (2012), menyatakan bahwa produksi biogas dengan biostater kotoran sapi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan menggunakan biostater kotoran ayam dengan produksi tertinggi 23,67 gram pada konsentrasi 15 %. Selain itu juga penambahan ko-substrat organik untuk meningkatkan konsentrasi nitrogen pada LCPKS berupa sampah sayuran sawi hijau dapat dilakukan dengan tujuan menjaga keseimbangan C/N rasio untuk meningkatkan produksi biogas (Sastika *et al*, 2013).

Penggunaan kotoran sapi pada fermentasi anaerob untuk menghasilkan biogas yang berasal dari LCPKS mampu ¹⁴ meningkatkan produksi biogas karena pada kotoran sapi banyak mengandung bakteri metanogen yang mampu meningkatkan gas metana. Penggunaan substrat campuran lebih baik dibandingkan menggunakan satu jenis substrat, kondisi campuran yang menghasilkan produksi biogas dan penyisihan COD yang tinggi adalah 30% manur terhadap LCPKS yaitu 75% (Sidik *et al*, 2013). Penggunaan kotoran sapi sebagai sumber inokulum dalam produksi biogas pernah dilakukan oleh Nasir *et al*, (2012) menggunakan LCPKS dan manur dengan konsentrasi 500g manur dan 1,5 l LCPKS menghasilkan penyisihan COD yang masih sedikit yaitu 33% dengan sistem semi batch reaktor. Penelitian selanjutnya masih dilakukan Nasir *et al* (2013) dengan meningkatkan volume manur menjadi 5 : 1 dan 5 : 1,5 antara manur dan LCPKS. Dari hasil penelitian tersebut penyisihan COD yang dihasilkan masih sedikit yaitu 30% dan 33%. Dengan penambahan kotoran sapi sebagai inokulum ¹⁴ dapat meningkatkan produksi biogas karena ¹⁸ banyak mengandung bakteri metanogen dan bahan organik yang tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah ²⁷ limbah cair pabrik kelapa sawit dari Industri Pabrik Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nasional VII Bekri, Lampung Tengah, kotoran sapi, Kalium Dikromat, Ferro Amonium Sulfat, Asam Sulfat, Natrium Hidroksida, Aquades, Aquabides, Kertas Saring bahan kimia lain yang digunakan untuk analisis COD, TSS, VSS, VFA dan Gas Metana.

Peralatan yang digunakan adalah *Bench Scale Advance Methane Fermentation* yang dilengkapi dengan pengaduk (bioreaktor CSTR), *Gasflow Meter*, *gas sampler bag*, pH meter, termometer, neraca analitik, *Furnace*, Spektrofotometer, Gas Kromatografi dan beberapa alat gelas lainnya.

Aklimatisasi

Pada proses aklimatisasi masing masing bioreaktor dimasukan sludge yang banyak mengandung bakteri metanogen yang berasal dari pengolahan IPAL kolam anaerob pabrik kelapa sawit PTPN VII sebanyak 50L. Sebelumnya sludge dikarakterisasi terlebih dahulu dengan mengukur parameter pH, COD, TSS dan VSS. Pemberian umpan limbah cair pabrik kelapa sawit dilakukan dengan penambahan sebanyak 0,5 liter dan dikeluarkan sebanyak volume yang dimasukan. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan pH dan volume biogas yang dihasilkan. Pengamatan dilakukan sampai produksi gas yang dihasilkan dan pH sudah stabil .

Proses Produksi Biogas

Setelah proses aklimatisasi selesai pemberian umpan dilakukan pada masing-masing bioreaktor. Pemberian perlakuan dibedakan pada laju pembebanan ¹ campuran limbah cair pabrik kelapa sawit dan kotoran sapi yang ditambahkan dalam bioreaktor. Pada masing-masing tank akan ditambahkan substrat ¹ limbah cair pabrik kelapa sawit dan kotoran sapi dengan perbandingan konsentrasi 50% ¹ limbah cair pabrik kelapa sawit dan 50% larutan kotoran sapi, dengan pengulangan sebanyak 3 kali pengulangan. Jumlah laju pembebanan diberikan berbeda dengan variasi pemberian 0,5L/hari, 1L/hari, 1,5L/hari, 2L/hari dan 2,5L/hari. Pemberian ¹ campuran limbah cair pabrik kelapa sawit dan larutan kotoran sapi dilakukan dengan mengurangi substrat sebanyak volume yang akan dimasukkan. Persiapan ¹ limbah cair pabrik kelapa sawit dan kotoran sapi ²¹ dilakukan setiap satu minggu sekali. Parameter yang diamati adalah volume gas, suhu, pH, COD, TSS, VSS, dan konsentrasi gas metana. Pengamatan volume biogas, pH dan suhu dilakukan setiap hari. Pengamatan COD, TSS, VSS dilakukan setiap minggu. Pengamatan konsentrasi gas metana dilakukan setiap kali perlakuan laju pembebanan.

Pengukuran Volume Gas

Pengukuran produksi biogas menggunakan gas meter. Hasil yang ditunjukkan oleh gas meter dicatat kedalam lembar data setiap hari. Volume biogas didapat dengan cara mengurangi pencatatan hari pada saat pengukuran dengan pencatatan hari sebelumnya dengan menggunakan *gasflow meter* Shinagawa.

³³ Pengukuran pH

Pengukuran pH limbah dilakukan dengan menggunakan alat pH meter secara langsung setelah sampel dikeluarkan dari dalam bioreaktor. Caranya dengan memasukan pH meter ke dalam sampel limbah sambil diaduk kemudian catat nilai pH.

Pengukuran VSS dan TSS

Pengukuran produksi ²⁵ *Total Suspended Solids (TSS)* dan *Volatile Suspended Solids (VSS)* dilakukan dengan metode gravimetri. Sebanyak 50 mL sampel limbah keluaran dari bioreaktor dimasukan ke dalam tabung sentrifius kemudian disentrifius dengan kondisi pengoperasian sentrifius pada putaran 3000 rpm selama 15-20 menit. ⁴ Endapan yang terbentuk dari hasil sentrifius dimasukan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui berat keringnya kemudian cawan dan sampel dimasukan ke dalam elektrik oven pada 105°C selama 2 jam. Setelah 2 jam cawan dan sampel dimasukan ⁵ ke dalam desikator sekitar 30 menit atau sampai suhu ruang kemudian ditimbang. Selisih berat cawan dan sampel setelah ⁵ dioven pada 105°C selama 2 jam ⁴ dengan berat kering cawan kosong dibagi volume sampel yang disentrifius dalam Liter adalah TSS. Kemudian cawan dan sampel yang telah dioven 105°C dan ditimbang pada analisis TSS dimasukan kedalam *electrical furnace* pada temperatur 600°C selama 40 menit, setelah 40 menit biarkan cawan dan sampel dalam furnace hingga suhu dalam furnace turun sampai 60°C cawan dimasukan ⁵ ke dalam desikator selama 30 menit atau sampai suhu ruang dan setelah itu ditimbang. Selisih berat cawan dan sampel setelah ⁵ dioven pada 105°C selama 2 jam dengan cawan + sampel setelah ditanur pada 600°C ⁴ dan dibagi dengan volume sampel yang disentrifius dalam Liter merupakan nilai VSS.

Pengukuran COD

Chemical Oxygen Demand (COD) terdiri dari ² senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik dan anorganik dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/L) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 420 nm dan Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 620 nm.

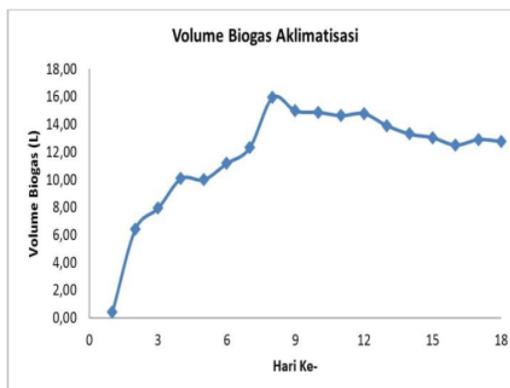
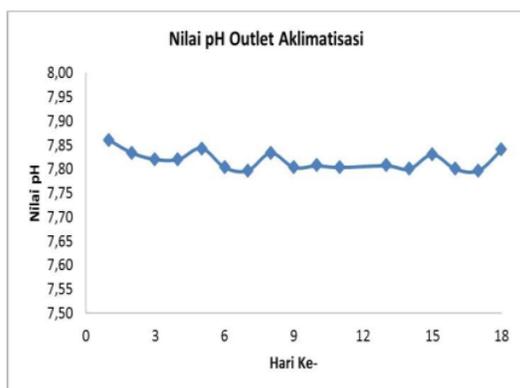
Pengukuran Konsentrasi Biogas⁵

Pengukuran konsentrasi biogas dilakukan dengan cara menampung gas yang terbentuk pada bioreaktor ke dalam gas sampler kemudian sampel gas dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatography* (GC) untuk mengetahui jenis gas yang ada berikut dengan konsentrasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses produksi biogas dengan menggunakan substrat LCPKS dan kotoran sapi diawali dengan tahap aklimatisasi. Tahap aklimatisasi inokulum pada penelitian ini berlangsung selama 18 hari, proses ini tidak memerlukan waktu yang lama karena inokulum yang digunakan berasal dari kolam anaerob yang ada pada pabrik kelapa sawit dan substrat yang digunakan berasal dari pabrik kelapa sawit itu sendiri, sehingga bakteri telah terbiasa mendegradasi bahan organik yang berasal dari industri kelapa sawit. Selama proses aklimatisasi berlangsung, penambahan substrat diberikan dengan menggunakan LCPKS sebanyak 0,5 L/hari, tapi sebelum penambahan diberikan, substrat pada bioreaktor dikurangi terlebih dahulu sebanyak 0,5 L/hari. LCPKS ⁹ yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan LCPKS yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit menjadi CPO yang diambil dari PKS PT. Perkebunan Nasional VII pabrik Bekri Lampung Tengah. Pada proses aklimatisasi menunjukkan tidak ada perubahan yang fluktuatif pada pH yang berasal dari

dalam bioreaktor yaitu sebesar 7,80 sampai 7,91. Meskipun pembebanan pada proses aklimatisasi menggunakan substrat dengan nilai pH yang asam yaitu 5,41, kondisi pH pada bioreaktor tidak mengalami penurunan seperti yang terlihat pada gambar 1. pH pada bioreaktor tersebut relatif stabil antara 7,80 sampai 7,87. Menurut Hasanudin (1993), aklimatisasi dianggap cukup bila pH relatif konstan sekitar 7 (netral). Mikroba anaerobik yang telah teraklimatisasi pada kondisi yang tepat akan berkembang dan merombak bahan organik yang tersedia secara efisien dan menghasilkan biogas yang tinggi, dari hasil penelitian ini didapatkan volume biogas yang mengalami kenaikan yang cukup signifikan dengan volume gas tertinggi yaitu 16,5 liter seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 1. Nilai pH rata-rata pada tahap aklimatisasi

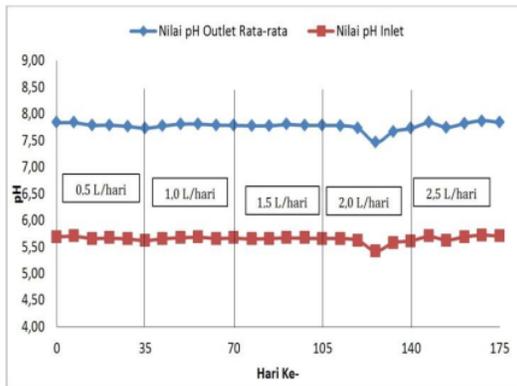
Gambar 2. Rata-rata volume biogas yang dihasilkan dari proses aklimatisasi.

Produksi biogas yang dihasilkan relatif lebih stabil pada bioreaktor tersebut. Kondisi produksi biogas yang stabil dapat terlihat setelah hari ke-13 sampai ke-18. Dengan penambahan substrat yang dimasukkan ke dalam bioreaktor sebanyak 0,5 liter mampu menghasilkan biogas rata-rata sebanyak 13,07 liter/hari.

Setelah tahap aklimatisasi sudah stabil, maka dilanjutkan dengan mengaplikasikan substrat LCPKS dan kotoran sapi. Hasil pengamatan pH selama proses produksi biogas dengan fermentasi anaerob tidak mengalami perubahan yang signifikan, meskipun volume laju

pembebanan telah ditingkatkan dari 0,5 L/hari sampai 2,5 L/hari. Nilai pH dari hasil penelitian ini berkisar dari 7,47 sampai 7,86. Sehingga proses degradasi bahan organik dalam bioreaktor mampu berlangsung dengan baik. Penurunan pH di dalam Bioreaktor anaerobik akibat pembebanan substrat dapat diimbangi dengan penambahan kotoran sapi pada substrat yang banyak mengandung amoniak yang dapat meningkatkan pH pada larutan tersebut. Menurut Cahyono *et al*, (2014), kotoran sapi mengandung amoniak (NH_4) sebanyak 2.73%. Pembentukan amoniak terjadi karena adanya konversi nitrogen organik menjadi nitrogen amoniak atau amonifikasi. Kebutuhan jumlah amoniak dalam suatu proses degradasi bahan organik, jumlahnya tidak boleh melebihi dari kebutuhan bakteri untuk berkembang biak karena akan bersifat racun. Sedangkan bila jumlahnya kurang maka akan menurunkan aktivitas bakteri untuk mensintesis protein. Konversi asam-asam organik volatile yang terurai menjadi gas metana dan karbondioksida oleh bakteri pembentuk gas metana juga membantu kondisi pH tidak turun, sehingga pH sistem di dalam bioreaktor tetap stabil dikisaran pH optimum seperti yang terlihat pada gambar 3

Dari setiap perlakuan yang digunakan hanya penambahan laju pembebanan pada 2,0 L/hari saja yang mengalami penurunan pH sampai 7,47 walaupun demikian pH tersebut masih normal untuk bakteri dapat beraktifitas. Rata-rata nilai pH berkisar antara 7,47 sampai 7,86. Penurunan pH tersebut terjadi karena pH substrat umpan sangat rendah yaitu mencapai rata-rata 5.42. Penurunan pH yang terdapat pada substrat umpan terjadi diduga karena pada LCPKS terdapat bakteri dan jamur yang mampu menghasilkan asam-asam lemak volatil, sehingga dengan meningkatnya asam pada LCPKS dapat menurunkan pH dari substrat tersebut.



Gambar 3. Nilai pH rata-rata selama proses produksi biogas

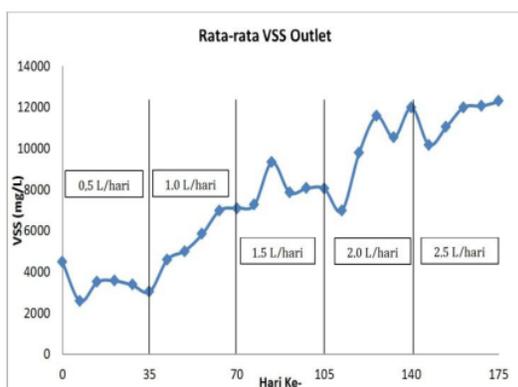


Gambar 4. Rata-rata TSS selama proses produksi biogas.

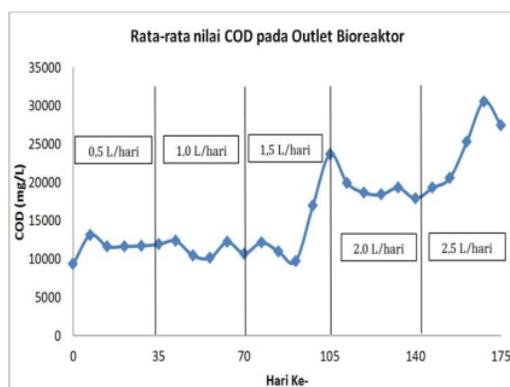
TSS terdiri dari padatan organik dan padatan anorganik. Kandungan rata-rata TSS tertinggi terdapat pada perlakuan dengan laju pembebanan 2,5 L/hari yaitu dengan rata-rata sebesar 15.429 mg/L sedangkan TSS terendah terdapat pada perlakuan dengan laju pembebanan 0,5 L/hari yaitu rata-rata sebesar 6.325 mg/L seperti yang terlihat pada gambar 4. Data tersebut menunjukkan bahwa dengan semakin bertambahnya laju pembebanan pada bioreaktor anaerobik maka kandungan TSS akan semakin bertambah. Kandungan dalam TSS terdiri atas biomassa aktif, material lumpur anorganik dan sebagian bahan organik. Peningkatan kandungan TSS pada substrat outlet mengakibatkan dekomposisi bahan lumpur aktif dalam bentuk TSS menjadi turun.

Kandungan VSS merupakan biomassa aktif yang terbentuk dari sintesis material bahan organik, dalam biomassa aktif tersebut banyak mengandung spesies bakteri, fungi dan protozoa, namun selain biomassa aktif kemungkinan juga akan terukur biomassa tidak aktif seperti metabolit padat dan bahan organik, sehingga hasil pengukuran tidak dapat digunakan secara langsung untuk menentukan tingkat aktifitas mikroorganisme di dalam air limbah tersebut. Kandungan rata-rata konsentrasi VSS tertinggi untuk ketiga bioreaktor terdapat pada perlakuan dengan laju pembebanan 2,5 L/hari yaitu dengan rata-rata sebesar 12.106 mg/L sedangkan VSS terendah terdapat pada perlakuan dengan laju pembebanan 0,5 L/hari

yaitu rata-rata sebesar 4.435 mg/L seperti yang terlihat pada gambar 5. Kandungan VSS akan semakin bertambah karena banyaknya biomasa aktif yang tidak dapat terdegradasi. Selama proses perombakan biomasa aktif, bagian dari massa mikroba teroksidasi dalam proses yang disebut endogen respirasi. Selain itu ada sebagian dari massa selular yang mudah terdegradasi, setelah perombakan sebagian kecil dari biomasa aktif akan membusuk dalam substrat sebagai fraksi partikel yang tidak dapat terdegradasi (Haandel *et al*, 2012).



Gambar 5. Rata-rata VSS selama proses produksi biogas



Gambar 6. Rata-rata COD selama proses produksi biogas.

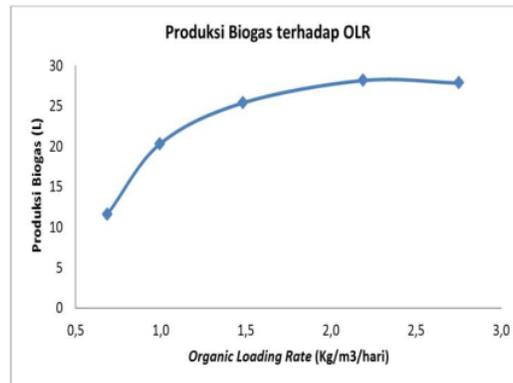
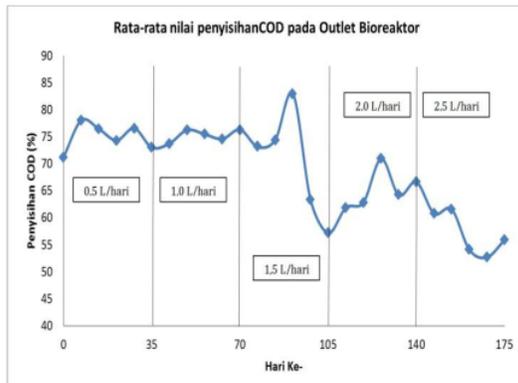
⁷ COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam sampel air atau banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Kandungan COD tertinggi terdapat pada perlakuan dengan laju pembebanan 2,5 L/hari yaitu dengan rata-rata kandungan sebesar 24.646 mg/L sedangkan rata-rata konsentrasi COD terendah terdapat pada perlakuan dengan laju pembebanan 1,0 L/hari yaitu dengan rata-rata kandungan sebesar 11.198 mg/L seperti yang ³⁶ terlihat pada gambar 6. Berdasarkan ¹² pada data tersebut dapat dilihat bahwa, perlakuan dengan laju pembebanan 0,5 L/hari dan 1,0 L/hari hampir mempunyai kandungan COD yang sama, namun setelah ditambahkan laju pembebanan yang berlebih kandungan COD meningkat seiring dengan bertambahnya volume pembebanan. Khaerunnisa *et al.* (2013), menyatakan bahwa pemberian kandungan COD berlebih pada bioreaktor anaerob akan menyebabkan

sedikitnya penyisihan COD. Hal ini dapat terjadi karena ³ bahan organik pada saat asidifikasi dirombak menjadi asam yang selanjutnya dirombak menjadi metana pada tahap metanogenesis, semakin banyak besar bahan organik yang dirombak menjadi asam lemak volatil dan melebihi bakteri metanogen untuk merombak bahan organik, mengakibatkan akumulasi asam sehingga proses metanogenesis terhambat dan penyisihan COD kurang maksimal (Tyas dan Wardhani, 2010).

Penyisihan COD pada suatu bioreaktor dapat menggambarkan efektivitas mikroorganisme dalam merombak bahan organik untuk dirubah menjadi biogas, semakin tinggi nilai penyisihan COD, maka semakin banyak bahan organik yang terurai menjadi biogas. Dalam penelitian ini dengan bertambahnya laju pembebanan, maka nilai penyisihan COD menjadi turun seperti yang terlihat pada gambar 7. Penyisihan pada perlakuan dengan laju pembebanan 0,5 L/hari sampai 1,0 L/hari mempunyai nilai penyisihan COD yang hampir sama yaitu rata-rata sebesar 75,68 % dan 75,28 %. Sedangkan pada penambahan laju pembebanan menjadi 1,5 L/hari, 2,0 L/hari dan 2,5 L/hari nilai penyisihan COD menjadi turun. Penurunan nilai penyisihan COD ini diakibatkan keterbatasan kemampuan mikroorganisme untuk merombak bahan organik yang terdapat pada bioreaktor anaerobik.

Berdasarkan pada hasil nilai penyisihan COD tersebut dapat dilihat bahwa pemberian laju pembebanan substrat LCPKS dan larutan kotoran sapi pada bioreaktor anaerobik dengan volume 0,5 L/hari dan 1,0 L/hari mempunyai efisiensi yang paling tinggi bila dibandingkan dengan laju pembebanan 1,5 L/hari, 2,0 L/hari dan 2,5 L/hari. Waktu tinggal yang lebih lama mengakibatkan sebagian besar mikroorganisme mempunyai kemampuan merombak bahan organik lebih banyak. Pada laju pembebanan 1,5 L/hari, 2,0 L/hari dan 2,5 L/hari jumlah ³⁷ bahan organik yang terdapat dalam bentuk selulosa dan hemiselulosa yang berasal dari kotoran sapi menjadi lebih meningkat. Meskipun pada kotoran sapi banyak mengandung

mikroorganisme yang mampu meningkatkan kemampuan untuk merombak bahan organik, namun karena banyaknya bahan organik dalam bentuk selulosa dan hemiselulosa yang harus dihidrolisis dan dirubah menjadi asam organik, mengakibatkan sebagian besar bahan organik tersebut tidak mampu dirombak oleh mikroorganisme. Sehingga nilai COD pada efluen semakin tinggi dan efisiensi penyisihan COD menjadi turun.



Gambar 7. Penyisihan COD selama proses produksi biogas

Gambar 8. Produksi biogas terhadap OLR proses produksi biogas.

Dengan adanya penambahan kotoran sapi sebagai campuran substrat LCPKS mampu meningkatkan produksi biogas pada bioreaktor anaerobik, karena banyaknya bahan organik yang terdapat pada substrat. Meskipun perombakan bahan organik menjadi asam organik menjadi turun seiring bertambahnya laju pembebanan pada bioreaktor anaerobik namun peningkatan volume biogas masih terus meningkat sampai laju pembebanan 2,0L/hari atau *organic loading rate* (OLR) 2,1884 kg/m³/hari dengan volume 28,17 L. Dari awal OLR sebesar 0,6871 kg/m³/hari sampai OLR 2,1884 kg/m³/hari volume biogas mengalami peningkatan yang signifikan dari rata-rata volume biogas 11,65 L menjadi 28,17 L, namun pada OLR sampai 2,7498 kg/m³/hari untuk pada ketiga bioreaktor mengalami penurunan menjadi 27,86 L, penurunan produksi biogas tersebut diduga bakteri metana sebagian ikut terbawa keluar dari dalam bioreaktor anaerob bersama aliran effluent (*washed out*), sehingga tidak terjadi akumulasi bakteri metana di dalam bioreaktor biogas. Hal ini menyebabkan

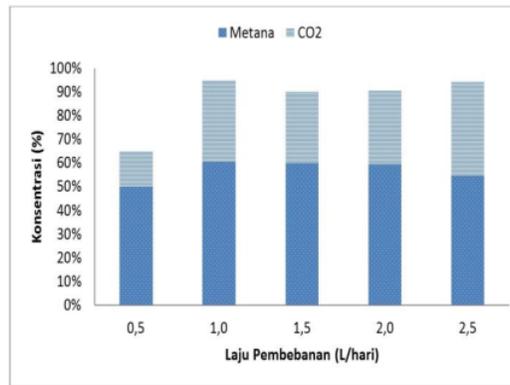
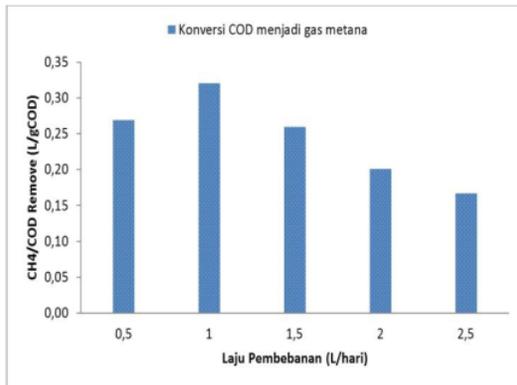
10

bahan organik yang ada di dalam air limbah tidak cepat terurai karena jumlah bakteri metanogen tidak cukup, sehingga COD air limbah relatif masih tinggi. Pada gambar tersebut terlihat bahwa produksi biogas masih mampu meningkat sampai OLR 2,1884 kg/m³/hari namun setelah diberi laju pembebanan berlebih produksi biogas menurun.

Penyisihan COD dapat dijadikan salah satu indikator keberhasilan proses pengolahan anaerobik. Semakin besar penurunan nilai COD menunjukkan semakin baik kemampuan bakteri-bakteri yang bekerja dalam menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah tersebut (Hasanudin *et al*, 2007). Kandungan COD pada suatu substrat merupakan potensi jumlah bahan organik yang akan terkonversi menjadi biogas dalam suatu proses fermentasi anaerob seperti yang terlihat pada gambar 8.

Nilai konversi COD menjadi gas metana tertinggi pada ketiga bioreaktor terdapat pada laju pembebanan 1,0 L/hari atau waktu tinggal hidrolis 50 hari yaitu sebesar 0,320 LCH₄/gCOD pada kondisi STP (*Standard, Temperature and Pressure*). Sedangkan nilai konversi COD menjadi metana terendah terdapat pada laju pembebanan 2,5 L/hari yaitu sebesar 0,168 LCH₄/gCOD_{removal} seperti yang terlihat pada gambar 9. Secara stoikiometri nilai konversi COD menjadi gas metana pada kondisi STP adalah 0,35 LCH₄/gCOD_{removal} dengan temperatur 273°K atau 0°C dan tekanan 1 atm, sedangkan pada kondisi tekanan 1 atm dan temperatur 35°C, maka nilai konversi dari COD menjadi gas metana adalah 0,40LCH₄/gCOD_{removal}. Berdasarkan hasil penelitian ini nilai konversi terbaik didapati dengan nilai konversi 0,320 LCH₄/gCOD_{removal} pada kondisi STP atau pada temperatur 35°C konversi COD menjadi metana adalah 0,362 LCH₄/gCOD (0,233 gCH₄/gCOD_{removal}). Hasil konversi ini mengalami peningkatan berdasarkan pada penelitian yang pernah dilakukan Saron (2013) dengan menggunakan substrat LCPKS yaitu sebesar 0,28 LCH₄/gCOD_{removal} pada temperatur 55°C dan waktu tinggal hidrolis 42 hari. Meskipun

pada penelitian ini volume biogas paling tinggi dihasilkan pada perlakuan dengan laju pembebanan 2,0 L/hari, namun jumlah ³¹ bahan organik yang dapat dikonversi menjadi gas metana paling tinggi terdapat pada perlakuan dengan laju pembebanan 1,0 L/hari.



Gambar 9. Konversi COD menjadi metana selama proses produksi biogas

Gambar 10. Konsentrasi metana dan karbondioksida selama proses produksi biogas.

Pengukuran konsentrasi metana dilakukan untuk setiap kali perlakuan laju pembebanan.

¹³ Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH₄.

Metana murni tidak berbau, tapi pada proses pembentukan secara alami, biasanya metana sedikit berbau belerang dalam bentuk H₂S selain itu juga bau belerang tersebut dapat dijadikan indikator ³⁸ untuk mendeteksi kebocoran yang terjadi. Konsentrasi metana tertinggi terdapat pada laju pembebanan 1,0 L/hari (OLR 2,1884 Kg/m³/hari) yaitu rata-rata sebesar 60,49 %, sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada laju pembebanan 0,5 L/hari (OLR 0,6871 Kg/m³/hari) yaitu rata-rata sebesar 49,85% seperti yang terlihat pada gambar 10.

Secara keseluruhan perbedaan konsentrasi metana pada biogas dari tiap-tiap bioreaktor tidak memiliki perbedaan yang signifikan untuk setiap peningkatan laju pembebanan COD. Pada gambar tersebut menunjukkan nilai konsentrasi metana pada laju pembebanan 0,5 l/hari masih kecil, tapi setelah peningkatan laju pembebanan konsentrasi metana mulai stabil. Sedangkan untuk konsentrasi karbondioksida nilai konsentrasi karbondioksida tertinggi terdapat pada

laju pembebanan 2,5 L/hari (OLR 2,7494 kg/m³/hari) yaitu rata-rata sebesar 39,52 %, sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada laju pembebanan 0,5 L/hari (OLR 0,6871 kg/m³/hari) yaitu rata-rata sebesar 15,23%. Tapi kandungan dari nitrogen, hidrogen dan hidrogen sulfida relatif lebih sedikit yaitu 0-5 %.

Berdasarkan pada hasil evaluasi dari keseluruhan parameter yang didapatkan pada proses pembentukan biogas, maka dapat dibandingkan pengaruh laju pembebanan terhadap pembentukan biogas dengan menggunakan substrat campuran LCPKS dan larutan kotoran sapi. Menunjukkan bahwa perlakuan terbaik yang diperoleh dari hasil penelitian ini terdapat pada laju pembebanan dengan volume 1,0 L/hari. Proses tersebut berdasarkan pada banyaknya bahan organik yang mampu dirombak oleh mikroorganisme untuk dikonversi menjadi metana. Pada perlakuan laju pembebanan 1,0 L/hari nilai konversi bahan organik menjadi metana mencapai rata-rata 0,320 LCH₄/g COD pada kondisi STP atau 0.362 L CH₄/g COD pada temperatur 35°C dan tekanan 1 atm.

KESIMPULAN

Produksi biogas dengan menggunakan substrat LCPKS dan penambahan kotoran sapi pada bioreaktor CSTR mampu meningkatkan produksi biogas. Laju pembebanan optimal terdapat pada perlakuan 1,0 L/hari atau OLR 0,9956 Kg/m³/hari. Penetapan tersebut didasari oleh perolehan nilai konversi COD menjadi metana yang paling tinggi yaitu 0,320 LCH₄/gCOD *removal* pada kondisi STP atau 0,362 LCH₄/gCOD*removal* pada temperatur 35°C dan konsentrasi metana tertinggi yaitu 60,49%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri Qayuum. 2015. Kebutuhan Minyak Nabati Dunia Tergantung pada CPO Indonesia. Majalah Sawit Indonesia. Jakarta.
- Bambang S., Kusuma D., Wisri P., Mahendri dan Bess T. 2011. Peta Potensi dan Sebaran Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia : Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISKA). Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Cahyono A., Faridah E., Wulandari D. dan Purwanto B.H. 2014. Peran Mikroba Stater dalam Dekomposisi Kotoran Ternak dan Perbaikan Kualitas Pupuk Kandang. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hasanudin, U. 1993. Pengolahan limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Unggun Fluidisasi Anaerobik Dua Tahap. [Tesis]. Program Studi Teknik Kimia. Program Pasca Sarjana. ITB. Bandung. 197 halaman.
- Hasanudin, U. Suroso, E. Risfaheri dan Misgiyarta. 2007. Optimasi Fermentasi Air Limbah Tapioka Sebagai Sumber Biogas. Laporan Hasil Penelitian. Universitas Lampung.
- Khaerunnisa Gita. dan Rahmawati Ika. 2013. Pengaruh pH dan Rasio COD : N Terhadap Produksi dengan Bahan Baku Limbah Industri Alkohol (Vinsasse). Jurnal Teknologi Kimia dan Industri, Vo. 2, No. 3, Hal. 1-7 Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nasir I.M., Mohd G., Omar R. dan Idris A., 2012. Anaerobic Digestion of Cattle Manure : Influence of Inoculum Concentration. Universiti Putra Malaysia. Serdang, Selangor, Malaysia.
- Nasir I.M., Mohd G., Omar R. dan Idris A., 2013. Palm Oil Mill Effluent as an Additive with Cattle Manure in Biogas Production. International Convergence on Advances Science and Contemporary Engineering 2012. Universiti Putra Malaysia.
- Sakinah., Abu Bakar Tawali., Musrizal Muin. 2012. Pengaruh Konsentrasi Biostater Kotoran Sapi dan Kotoran Ayam pada Produksi Biogas dengan menggunakan Limbah Jerami Padi. Universitas Hasanuddin. Makasar.
- Sarono, 2013. Strategi Pengurangan Gas Rumah Kaca Melalui Konversi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit menjadi Energi Listrik (Studi Kasus di Lampung). [Disertasi]. IPB. Bogor.
- Sastika Yuliana, Dharma Abdi dan Mardiah Elida. 2013. Produksi Biogas dari Kombinasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Sampah Sawi Hijau dalam Sistem Batch. Jurnal Kimia Unand (ISSN No. 2303-3401), Volume 2.

Sidik U.H., Firdausi, Rafidah S. dan Maigari F. 2013. Biogas Production through C0-digestion of Palm Mill Effluent with Cow Manure. Nigerian Journal of Basic and Applied Science. Universiti Teknologi Malaysia.

Sulaiman I, Arifin A N dan Ereskayanto. 2013. Integrasi Sawit-Sapi di PT Perkebunan Nusantara VI (Persero). Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2013.

Tyas, D. R. N. dan Wardhani, G.S. 2010. Pengaruh COD Influent Terhadap Produksi Biogas dari Limbah Cair Pabrik Etanol dengan Bioreaktor 5000L. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Ulum, M. 2014. Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2014. Badan Pusat Statistik Indonesia. Katalog BPS no. 5504003.

PRODUKSI BIOGAS DARI CAMPURAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DAN KOTORAN SAPI MENGGUNAKAN BIOREAKTOR CSTR

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.its.ac.id Internet Source	3%
2	www.nyampling.com Internet Source	1%
3	jurnal.upnyk.ac.id Internet Source	1%
4	repository.ipb.ac.id Internet Source	1%
5	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
6	library.polmed.ac.id Internet Source	1%
7	eprints.undip.ac.id Internet Source	1%
8	repository.elizadeuniversity.edu.ng Internet Source	1%

9	Internet Source	1 %
10	docobook.com Internet Source	<1 %
11	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1 %
12	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1 %
13	edoc.pub Internet Source	<1 %
14	library.universitaspertamina.ac.id Internet Source	<1 %
15	dspace.iiuc.ac.bd:8080 Internet Source	<1 %
16	docplayer.info Internet Source	<1 %
17	Johannes Simbolon, Bilman Wilman Simanihuruk, Bambang Gonggo Murcitra, Herry Gusmara, Eko Suprijono. "PENGARUH SUBTITUSI PUPUK N SINTETIK DENGAN LIMBAH LUMPUR SAWIT TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL JAGUNG MANIS", Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia, 2018 Publication	<1 %

18	journal.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
19	jurnal.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
20	www.ingentaconnect.com Internet Source	<1 %
21	id.scribd.com Internet Source	<1 %
22	istiana93.blogspot.com Internet Source	<1 %
23	Submitted to Universitas Bangka Belitung Student Paper	<1 %
24	harianandalas.com Internet Source	<1 %
25	www.digilib.its.ac.id Internet Source	<1 %
26	digilib.unimed.ac.id Internet Source	<1 %
27	ejournal.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
28	ejurnal.staialfalahbjb.ac.id Internet Source	<1 %
29	www.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1 %

- 30 Wismaroh Sanniwati Saragih, Edison Purba, Koko Tampubolon. "Analisis Hara Cu dan Zn pada Vegetasi Gulma sebagai Penanda Keberadaan Jamur Ganoderma dari Kebun Kelapa Sawit", Jurnal Agrotek Tropika, 2019
Publication <1 %
-
- 31 ejurnal.bppt.go.id
Internet Source <1 %
-
- 32 fr.scribd.com
Internet Source <1 %
-
- 33 www.kelair.bppt.go.id
Internet Source <1 %
-
- 34 www.neliti.com
Internet Source <1 %
-
- 35 www.teses.usp.br
Internet Source <1 %
-
- 36 zombiedoc.com
Internet Source <1 %
-
- 37 qdoc.tips
Internet Source <1 %
-
- 38 Subroto Subroto, Nurhadi Saputro. "PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP KINERJA TUNGKU GASIFIKASI SEKAM PADI TIPE DOWNDRAFT KONTINU", Media Mesin: Majalah Teknik Mesin, 2016
Publication <1 %
-

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On