Produksi Biogas Berbahan Dasar Kotoran Sapi Digesi dan Co-Digesi Dengan Tepung Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Metode Anaerobik Digesi

(Production of Biogas from Cattle Manure Digestion and Co-Digestion with Oil Palm Empty Fruit Bunch under Digestive Anaerobic Method)

Atmadian Pratama¹, Ramayanty Bulan¹, Darwin^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: Darwin_ac@unsyiah.ac.id

Abstrak. Pemanfaatan limbah peternakan sapi (kotoran sapi) sebagai sumber bahan bakar dalam bentuk biogas merupakan salah satu alternatif yang sangat tepat untuk meningkatkan nilai tambah bagi masyarakat petani. Pemanfaatan kotoran ternak sebagai sumber energi, tidak mengurangi jumlah pupuk organik yang bersumber dari kotoran ternak. Hal ini karena pada pembuatan biogas kotoran ternak yang sudah diproses dikembalikan ke kondisi semula yang diambil hanya gas metana (CH_4) yang digunakan sebagai bahan bakar. Kotoran ternak yang sudah diproses pada pembuatan biogas dipindahkan ke tempat lebih kering, dan bila sudah kering dapat disimpan dalam karung untuk penggunaan selanjutnya sebagai pupuk organik. Tandan kosong sawit (TKS) merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit yang pemanfaatannya masih terbatas sebagai pupuk organik yang memiliki nilai tambah yang rendah. Setiap produksi kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong sawit sebesar 23%, sehingga berdasarkan produksi kelapa sawit tahun 2010 dan 2011 berpotensi dihasilkan limbah tandan kosong sawit sebesar 5 juta ton. Akumulasi limbah TKS dari tahun ke tahun jika tidak dimanfaatkan secara optimal maka dapat berakibat buruk bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi produksi biogas melalui teknologi anaerobik digesi (*anaerobic digestion*) kotoran sapi dan anaerobik co-digesi kotoran sapi dengan limbah TKS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada proses fermentasi dengan *hydraulic retention time* (HRT) 25 hari dan pemberian suhu panas yang sama terdapat hasil yang berbeda terhadap produksi biogas kotoran sapi *digesi* dan juga *kotoran sapi co-digesi* dengan tepung TKS dengan hasil produksi biogas total lebih tinggi pada fermentasi co-digesi, dimana produksi gas yang dihasilkan adalah 1.015 mL pada kotoran sapi *digesi* dan 13.830 mL pada kotoran sapi co-digesi. Penambahan tepung TKS meningkatkan nutrisi substrat yang dimanfaatkan mikroba untuk menghasilkan gas metan, namun tetap memperhatikan tingkat ke optimuman derajat keasaman (pH) pada angka 6,8-7,5.

Kata Kunci : Anaerobik, Digesi, Co-digesi, Kotoran Sapi, Tandan Kosong Sawit

Abstract. Utilization of livestock waste (manure) as biogas is one of the most appropriate alternatives to overcome the rising prices of fertilizers and fuel oil scarcity. The use of livestock manure as an energy source, does not reduce the amount of organic fertilizer that comes from livestock manure. This is because in the production of biogas manure that has been processed is returned to its original condition, only methane (CH_4) is used as fuel. Livestock manure that has been processed in the making of biogas is moved to a drier place, and when it is dry it can be stored in a sack for further use as fertilizer. Oil palm empty fruit bunches (TKS) are waste from palm oil mills is still limited use as organic fertilizer and has low added value. Each palm oil production produces waste in the form of 23% oil palm empty fruit bunches, so that according to the palm production on 2010 and 2011, the potential production of this waste could reach 5 million tons. The accumulation of this waste from year to year will harm our environment. This study aims to look at the potential for biogas production from cow manure digestion and co-digestion with palm oil fruit bunch waste under the anaerobic process. Results showed that for 25 days *hydraulic retention time* (HRT) and the use of mesophilic temperature, the biogas production by using anaerobic co-digestion of cow manure with TKS (13,830 mL) was higher than the biogas production by using the anaerobic digestion of cow manure (1,015 mL). The addition of TKS flour had increased the nutrient of substrate used by microbes to produce methane gas, but the acidity (pH) of substrate should be controlled at 6.8-7.5.

Keywords : Anaerobic, Digestion, Co-digestion, Cow Manure, Palm empty fruit bunches

PENDAHULUAN

Eksternalitas negatif yang timbul dari pengembangan peternakan sapi bersumber dari kotoran sapi yang dapat mengeluarkan gas methana bahan pencemar udara, sumber mikroorganisme yang mengganggu kesehatan lingkungan dan sumber bau khas yang dapat mengganggu kenyamanan manusia. Limbah ternak sebagai faktor negatif dari usaha peternakan adalah fenomena yang tidak dapat dihilangkan dengan mudah. Dengan demikian, selain memperoleh keuntungan dalam hal bisnis, usaha peternakan juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Limbah yang langsung dibuang ke lingkungan tanpa diolah akan mengkontaminasi udara, air dan tanah sehingga menyebabkan polusi. Beberapa gas yang dihasilkan dari limbah ternak antara lain ammonium, hydrogen sulfida, CO₂ dan CH₄. Gas-gas tersebut selain merupakan gas efek rumah kaca (*Green House Gas*) juga menimbulkan bau tak sedap dan mengganggu kesehatan manusia.

Tandan kosong sawit (TKS) merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit yang pemanfaatannya masih terbatas sebagai pupuk organik sehingga masih memiliki nilai tambah yang rendah. Setiap produksi kelapa sawit menghasilkan limbah berupa TKS 23%, cangkang 8%, serat 12%, dan limbah cair 66%. Berdasarkan produksi sawit pada tahun 2010 produksi buah sawit mencapai 21.958.120 ton dan pada tahun 2011 produksi tersebut mencapai 22.508.011 ton (BPS 2012) maka potensi limbah TKS pada tahun 2010 mencapai 5.050.367,6 ton dan pada tahun 2011 mencapai 5.176.842,53 ton. Akumulasi limbah TKS dari tahun ke tahun jika tidak dimanfaatkan secara optimal maka dapat berakibat buruk bagi lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat potensi produksi biogas melalui teknologi anaerobik digesi (*anaerobic digestion*) kotoran sapi dan anaerobic co-digesi kotoran sapi dengan limbah TKS.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pasca Panen Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. Sebelumnya dilakukan penelitian pendahuluan yang meliputi pengeringan TKS yang telah diperoleh, untuk mengetahui kandungan nutrisi yang dibutuhkan pada proses anaerobik digesi. Parameter penelitian yaitu total solid, volatile solid, pH, dan *alkalinity*. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2019.

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan adalah kotoran sapi yang diperoleh dari peternakan warga di Gampong Limpok, Kecamatan Darussalam, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh, NaOH dengan merek produk bernama *Merck*, akuades, limbah TKS yang diperoleh dari PPKS Bukit Sentang Kecamatan Babalan, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, dan *inoculums* yang digunakan sebagai starter untuk mempercepat proses anaerobik digesi dalam memproduksi biogas yang diperoleh dari digester semi kontinu yang dioperasikan pada kondisi *steady state*. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: pH meter, oven untuk mengukur *total solids* bahan, *furnace* untuk mengukur *volatile solids*, gas meter untuk mengukur biogas yang dihasilkan, *thermostatic waterbath* untuk tempat reaktor *anaerobic* beroperasi, *heater* untuk menjaga suhu di sekitar reaktor tetap dalam keadaan *mesophilic*, *anaerobic digester* berukuran 4,5 liter berbahan dasar akrilik, gelas ukur plastik untuk persiapan bahan, serta alat penunjang penelitian lainnya.

Prosedur Penelitian

Tahapan ini dilakukan desain dan pembuatan sistem anaerobik digesi. Penelitian ini menggunakan reaktor/digester yang berukuran 4,5 liter dengan volume kerja yang diaplikasikan yaitu 4 liter. Gas meter yang gunakan berdasarkan sistem *water displacement method* dimana untuk satu gas meter memerlukan 1 gelas ukur plastik yang berukuran 500 mL dan setiap gas meter dihubungkan dengan botol *scrubing* gas, dimana *scrubing* terdiri atas campuran antara air dan NaOH 4 molar. Pipa penghubung sistem menggunakan pipa selang plastik lunak dengan diameter $\pm 0,5$ inchi. Reaktor/digester diletakkan di dalam *thermostatic waterbath* dengan temperaturnya dipertahankan konstan pada level *mesophilic*. Penelitian dilakukan dengan membandingkan produksi biogas pada proses fermentasi digesi dan co-digesi.

Anaerobik Digesi Kotoran Sapi

Proses fermentasi ini dilakukan dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 25 hari dan dengan kondisi *mesophilic* ($T=35^{\circ}\text{C}$). Selama 25 hari fermentasi dilakukan pengambilan sampel hasil fermentasi sebanyak 160 ml untuk dilakukan analisis dan kemudian dimasukkan kotoran sapi yang baru kedalam reaktor juga sebanyak 160 ml. Setiap sampel yang diambil dilakukan analisis kadar kandungan yang terdapat pada sampel tersebut. Setelah analisis dilakukan sampel tersebut disimpan ke dalam kulkas. Persamaan dari HRT mengikuti persamaan (Tchobanoglous, 1991).

$$\text{HRT} = V / Q$$

Dimana :

HRT = Hydraulic Retention Time (Hari)

V = Volume Reaktor (L)

Q = Laju Aliran Influent (L/Hari)

Anaerobik Co-Digesi Kotoran Sapi dengan Tepung TKS

Tandan kosong kelapa sawit (TKS) dicacah sehingga berukuran seperti tepung, kemudian dicampur dengan kotoran sapi *influent* hasil perhitungan HRT yaitu sebesar 160 ml. Komposisi antara kotoran sapi 160 mL dan tepung TKS dengan 5 level konsentrasi yaitu 0,5%, 1%, 2%, 4% dan 8%. Proses fermentasi dilakukan selama 5 hari. Bagian pertama komposisi antara kotoran sapi dan cacahan tandan kosong kelapa sawit adalah 160 ml kotoran sapi dan 0,5% x 160 g cacahan tandan kelapa sawit, bagian kedua komposisi antara kotoran sapi dan cacahan tandan kosong kelapa sawit adalah 160 ml kotoran sapi dan 1% x 160 g cacahan tandan kelapa sawit, bagian ketiga komposisi antara kotoran sapi dan cacahan tandan kosong kelapa sawit adalah 160 ml kotoran sapi dan 2% x 160 g cacahan tandan kelapa sawit, bagian keempat komposisi antara kotoran sapi dan cacahan tandan kosong kelapa sawit adalah 160 ml kotoran sapi dan 4% x 160 g cacahan tandan kelapa sawit, dan bagian kelima komposisi antara kotoran sapi dan cacahan tandan kosong kelapa sawit adalah 160 ml kotoran sapi dan 8% x 160 g cacahan tandan kelapa sawit. Lama total proses perlakuan penambahan cacahan tandan kosong kelapa sawit kedalam reaktor ini berlangsung selama 25 hari, sesuai dengan HRT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Penelitian

Penelitian ini dalam prosesnya juga dilakukan dengan sistem fermentasi kontinu, dimana larutan kotoran sapi dalam volume tertentu ditambahkan kedalam reaktor secara kontinu (*influent*), dan pada saat yang sama dilakukan juga pengeluaran kotoran dari dalam reaktor dengan volume yang sama dengan yang telah dimasukkan (*effluent*).

Beberapa jenis mikroba dapat hidup pada daerah suhu yang luas, sedangkan jenis mikroba yang lainnya pada daerah suhu yang terbatas. Umumnya batas daerah suhu bagi kehidupan mikroba terletak antara 0°C sampai 90°C. Daya tahan mikroba terhadap suhu tidak sama untuk tiap-tiap spesies. Masing-masing mempunyai suhu optimum, minimum, dan maksimum untuk pertumbuhannya. Hal ini disebabkan karena dibawah suhu minimum dan diatas suhu maksimum, aktivitas enzim akan berhenti. Berdasarkan daerah suhu, mikroba dapat dibagi menjadi 3 golongan, yaitu mikroba *psikrofil* (mikroba yang dapat tumbuh pada suhu berkisar 0°C sampai dengan 30°C), mikroba *mesofil* (mikroba yang tumbuh pada suhu berkisar 30°C sampai dengan 40°C), dan *termofil* (mikroba yang tumbuh pada suhu berkisar 40°C sampai dengan 80°C). Mikroba yang diharapkan aktif pada penelitian ini adalah mikroba asidogenik, asetogenik, dan metanogenik. Mikroba tersebut merupakan jenis mikroba yang hidup pada suhu *mesofil*, karena dapat beraktivitas optimum pada suhu berkisar 30°C sampai dengan 40°C.

Produksi Gas Harian

Produksi biogas harian pada 2 tabung reaktor selama penelitian yang dilakukan dengan HRT 25 hari dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Produksi gas harian reaktor biogas digesi dan co-digesi

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa produksi biogas setiap harinya menunjukkan dominasi kenaikan terus-menerus pada fermentasi dengan HRT 25. Produksi biogas dari kotoran digesi sangat sedikit dibandingkan dengan produksi biogas dari *kotoran* yang co-digesi. Penelitian yang sudah dilaksanakan dapat dilihat bahwa produksi rata-rata biogas *kotoran* digesi setiap hari selama 25 hari mengalami peningkatan yang tidak cukup baik, dimana pada

hari ke-0 sampai hari ke-16 produksi biogasnya adalah 0 mL dan pada hari ke-25 produksi biogasnya adalah 130 mL, dengan produksi tertingginya yaitu 250 mL pada hari ke-21.

Produksi biogas pada *kotoran* yang co-digesi peningkatan produksi biogasnya sangat signifikan apabila dibandingkan dengan produksi biogas kotoran digesi, dimana pada hari ke-0 sampai hari ke-7 produksi biogasnya masih menunjukkan angka 0 mL. Produksi biogas pada co-digesi lebih cepat dikarenakan pengambilan *inoculums* yang sudah aktif di reaktor digesi, sehingga tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mengaktifkan mikroba yang ada di dalam tabung reaktor. Produksi biogas co-digesi pada hari ke-25 yaitu sebesar 1.250 mL, dengan produksi tertingginya pada hari ke-18 dengan produksi biogasnya sebesar 1.300 mL

Produksi Gas Total

Produksi biogas total pada 2 tabung reaktor selama penelitian yang dilakukan dengan HRT 25 hari dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Produksi gas total reaktor biogas *digesi* dan *co-digesi*

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa produksi rata-rata biogas total dari digesi dan co-digesi sangat jauh berbeda, yaitu digesi produksi gas totalnya sebanyak 1.015 mL sedangkan co-digesi total produksinya sebesar 13.830 mL. Berdasarkan 2 perlakuan di atas, produksi biogas tertinggi diperoleh dari co-digesi dengan produksi total sebesar 13.830 mL. Produksi biogas digesi hanya mencapai angka 1.015 mL, hal ini dikarenakan jumlah makanan (substrat) yang dibutuhkan mikroorganisme pada tabung digesi sangat sulit untuk didegradasikan karena memiliki kandungan lignin yang tinggi dan jumlah substrat yang tersedia juga sangat terbatas.

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar 2, substrat dari kotoran sapi reaktor co-digesi mengalami peningkatan jumlah produksi biogas yang signifikan bila dibandingkan reaktor digesi. Hal ini dikarenakan tingginya laju proses hidrolisis yang terjadi pada substrat co-digesi dimana tabung ini memiliki jumlah substrat lebih besar sehingga ketika di konversi menjadi metan oleh mikroba menghasilkan produksi yang besar juga. Pemberian thermal pada kedua tabung ditujukan untuk menurunkan angka lignin pada substrat, hal ini sesuai dengan pernyataan dari Wang (2009) yang menyatakan bahwa dengan memberikan thermal pada limbah biomassa *lignoselulosa* maka struktur dari biomassa *lignoselulosa* akan mudah dipecahkan sehingga komponen dari biomassa yang mengandung substrat akan mudah diakses oleh mikroorganisme anaerobik.

Derajat Keasaman

Apabila kondisi pH yang tidak sesuai untuk pertumbuhan mikroba penghasil gas metan, maka produksi yang dihasilkan juga sedikit. Pembentukan produksi biogas yang dihasilkan oleh mikroba dengan proses fermentasi terjadi pada fase lambat dan fase *stationer* atau pada saat mikroba berada pada fase pertumbuhan. Selama proses fermentasi, mikroba yang ada didalam reaktor menghasilkan asam yang dikonversi menjadi gas methana. Data perubahan pH yang diperoleh dari pengukuran sampel pada setiap harinya selama proses fermentasi dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3. Derajat keasaman (pH) produksi biogas digesi dan co-digesi

Hasil analisis perubahan pH pada fermentasi yang disajikan pada gambar 3 terlihat bahwa selama fermentasi berlangsung nilai pH pada reaktor biogas digesi cenderung mengalami kesetabilan setelah hari ke-6, dimana angka pH pada reaktor ini mencapai angka kisaran 6,5-7,7 dimana angka ini termasuk kedalam kategori optimum untuk proses produksi biogas. Awal proses fermentasi pH pada reaktor digesi ini mengalami penurunan pH yang diakibatkan sampel masih terkontaminasi dengan lingkungan sebelumnya, maka dilakukan penambahan basa kuat (NaOH) untuk menaikkan derajat keasaman hingga mencapai nilai kisaran antara 6,8-8.

Nilai derajat keasaman pada co-digesi sudah mencapai angka yang baik sejak awal fermentasi, hal ini dikarenakan pengambilan *inoculums* pada tabung reaktor digesi sebanyak 400 mL yang sejatinya sudah mencapai nilai pH yang optimum. Nilai derajat keasaman pada reaktor co-digesi ini mencapai kisaran antara 6,8-7,3 hingga hari ke-25 yang dapat dikategorikan kepada pH optimum.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada proses fermentasi dengan HRT 25 hari dan pemberian suhu panas yang sama terdapat hasil yang berbeda terhadap produksi biogas kotoran sapi *digesi* dan juga *kotoran* sapi co-digesi dengan tepung TKS dengan hasil produksi biogas total lebih tinggi pada fermentasi co-digesi, dimana produksi gas yang dihasilkan adalah 1.015 mL pada kotoran sapi digesi dan 13.830 mL pada kotoran sapi co-digesi.
2. Tingkat keoptimuman derajat keasaman (pH) pada angka 6,8 - 7,5 sehingga mikroba penghasil biogas metan dapat berkembang dengan baik dan hidup pada tingkat pH yang netral atau mendekati netral.
3. Produksi biogas dengan melakukan proses pengambilan mikroba dari tabung yang sudah memiliki tingkat keasaman yang sudah baik akan lebih cepat proses produksinya.

Saran

Pada penelitian selanjutnya peneliti mengharapkan penelitian dilakukan dengan memperhatikan kesegaran kotoran sapi yang akan dimasukkan kedalam reaktor karena mempengaruhi pH awal fermentasi, dan diharapkan adanya sistem otomatis dalam melakukan pemasukan dan pengeluaran kotoran sapi setiap harinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Yelmida, dan Arjunita, 2011. Penyisihan Karbohidrat dari Limbah Cair PKS dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. Prosiding Nasional Teknik Kimia Kejuangan 4 (3): 212-216.
- Callaghan, F.J., D.A.J. Wase., K. Thayanithy., dan C.F. Forster. 2002. Continuous codigestion of cattle slurry with fruit and vegetable wastes and chicken manure. Biomass and Bioenergy 22 (1): 71-77.
- Cuetos, J.M., Fernandes, C., Gomes, X., dan Mora, A. 2011. Anaerobic Co-digestion of Swine Manure with Energy Crop Residues. Biotechnology and Bioprocess Engineering 16 (5): 1044-1052.