

PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH MAKANAN MELALUI PENINGKATAN SUHU BIODIGESTER ANEAROB

Agus Purnomo¹⁾, Edwi Mahajoeno²⁾

¹⁾Alumnus Jurusan Biologi FMIPA UNS 2009

²⁾Dosen Pengajar Jurusan Biologi FMIPA UNS

Email: edmasich@yahoo.com

ABSTRAK

Isu lingkungan seperti pencemaran udara, pemanasan global, dan zero waste telah mendorong peningkatan perhatian pada sumber-sumber energi terbarukan. Harga bahan bakar minyak (fosil) yang semakin mahal menjadi salah satu alasan untuk memenuhi kebutuhan energi, salah satu diantaranya berupa biogas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui produksi biogas dari limbah makanan dengan peningkatan suhu dalam biodigester anaerob.

Penelitian dilaksanakan di Sub Laboratorium Biologi, UPT Lab. Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta, dari bulan Mei sampai dengan September 2009. Biodigester digunakan jerigen plastik bervolume 5 liter dengan volume kerja 4 liter (sumber inokulum : substrat, 20% : 80%). Perlakuan percobaan diberikan dalam bentuk penambahan suhu biodigester dari berbagai sumber inokulum: inokulum kotoran sapi dan kotoran ayam pada suhu tinggi (50°C) dan suhu ruang (31°C) dengan substrat utama limbah makanan. Parameter diamati meliputi pH, suhu, COD, BOD, TS, VS, dan produksi biogas. Data hasil pengamatan di analisis dengan sidik ragam *GLM univariate* dan uji lanjut DMRT.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi biogas dari substrat limbah makanan terbaik diperoleh dengan sumber inokulum kotoran ayam yaitu 0,91 (l/hari) biogas pada suhu tinggi (50°C) dengan efisiensi reduksi organik BOD 80,9% / COD 85,2%, dan efisiensi reduksi organik TS 80% / VS 78,2%.

Kata kunci : biogas, suhu biodigester anaerob, kotoran ayam.

PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan hidup akhir-akhir ini yang sangat menonjol adalah pemanasan bumi (global), krisis energi, dan sampah atau limbah. Permasalahan ini secara umum diakibatkan oleh aktifitas manusia. Lingkungan merupakan segala sesuatu disekitar kita yang terdiri dari faktor biotik dan abiotik serta dipengaruhi budaya manusia. Isu lingkungan terutama pencemaran udara, pemanasan global, paradigma teknologi bersih dan zero waste telah mendorong peningkatan perhatian pada sumber-sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Demikian pula kebutuhan energi masyarakat yang semakin meningkat dan harga bahan bakar minyak (fosil/energi tak terbarukan) yang membumbung tinggi menjadi salah satu upaya pemenuhan kebutuhan energi yang lebih murah dan tersedia melimpah berupa biogas sebagai energi terbarukan (Mahajoeno, 2008). Ariati (2001) menjelaskan krisis energi juga terjadi karena pasokan tidak seiring dengan pemenuhan kebutuhan energi (konsumsi) bahkan penyusutan/kelangkaan produksi atau harga/biaya perolehannya semakin rumit dan mahal.



Sejauh ini telah banyak langkah untuk mengatasi permasalahan lingkungan hidup tersebut, antara lain mengurangi kecenderungan dan ketergantungan teradap BBF (Bahan Bakar Fosil) secara bertahap dan terencana. Pengembangan sumber-sumber energi alternatif yaitu sumber energi baru dan terbarukan. Limbah berpotensi sebagai salah satu energi alternatif untuk menghasilkan biogas dengan alat digester (Mahajoeno, 2008). Menurut Sugiharto (1987) menjelaskan bahwa teknologi pengolahan limbah baik cair maupun padat merupakan kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Dengan demikian untuk mengetahui efektifitas dari pengolahan limbah pangan dalam membentuk energi alternatif (biogas), makalah ini mengungkapkan penelitian tentang pembentukan biogas dari limbah makanan melalui peningkatan suhu biokonversi (*biodigester*) anaerob.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama adalah substrat yang terdiri dari limbah makanan warung makan sekitar kampus UNS, sumber inokulum kotoran sapi, sumber inokulum kotoran ayam, dan sumber inokulum limbah makanan, air, serta larutan NaOH sebagai pemberi suasana basa.

Metode Penelitian

Substrat dan sumber inokulum di fermentasikan dalam bioreaktor modifikasi (jerigen volume 5 L, botol 600 ml dan selang kecil dengan panjang 20 cm). Setelah dilakukan proses biokonversi dalam digester anaerob, Selanjutnya dilakukan pengukuran beberapa parameter diantaranya : suhu, pH, COD, BOD, TS, VS, konsorsia bakteri dan produksi biogas (nyala). Untuk pengukuran parameter seperti suhu, pH, COD, BOD, TS dan VS dilakukan setiap lima belas hari sekali. Pengukuran biogas dilakukan di akhir penelitian. Apabila substrat bersifat asam dan ingin dinetralkan maka dapat dilakukan dengan Peningkatan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau NaOH sebagai pemberi suasana basa. Selama proses fermentasi berjalan, dilakukan agitasi sebanyak 2 kali setiap harinya.

Pada bioreactor ditambahkan sumber inokulum yaitu sumber inokulum kotoran sapi, sumber inokulum kotoran ayam, sumber inokulum limbah makanan volume kerja dari digester anaerob yaitu sebanyak 0,8 liter (20% volume kerja). Data ditampilkan dalam bentuk kurva hubungan antara peningkatan suhu dan perlakuan vareasi sumber inokulum terhadap produksi biogas. Beda nyata antara masing-masing perlakuan dianalisis menggunakan *General Linear Model (GLM) Univariate* dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Hasil pengukuran awal substrat sebelum fermentasi dilaksanakan.

Substrat	Parameter yang diamati						
	Suhu (°C)	pH	BOD (g/l)	COD (g/l)	TS (g/l)	VS (g/l)	Konsorsia Bakteri (sel/ml)
LM 80% + Inokulum LM 20%	31,3	7,07	13,49	60,44	128,0	87,0	8,7x10 ⁵
LM 80% + Inokulum KS 20%	31,7	7,11	7,12	41,76	51,3	23,5	6,4x10 ⁵



Substrat	Parameter yang diamati						
	Suhu (°C)	pH	BOD (g/l)	COD (g/l)	TS (g/l)	VS (g/l)	Konsorsia Bakteri (sel/ml)
LM 80% + Inokulum KA 20%	31,9	7,11	6,53	31,50	50,1	31,2	3,3x10 ⁵

Keterangan:

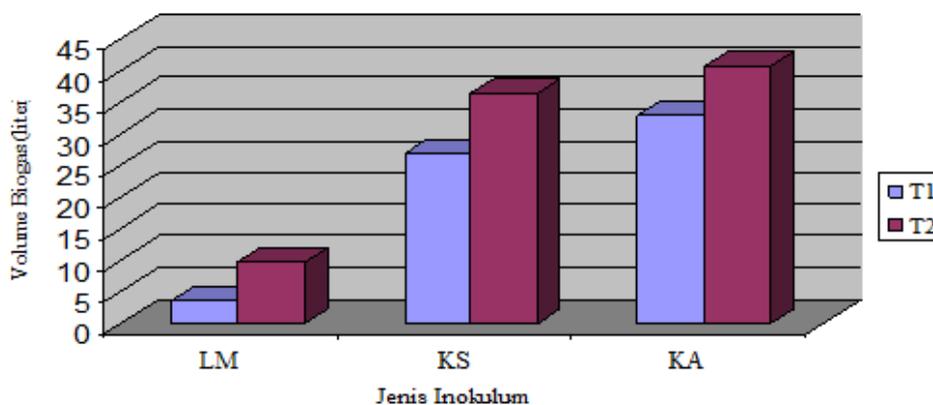
LM: limbah makanan.

KS: kotoran sapi.

KA: kotoran ayam.

Tabel 2. Pengaruh jenis substrat dan suhu lingkungan terhadap rata-rata produksi biogas setelah waktu 6 minggu dalam biodigester anaerob

No	Kelompok Inokulum	Rata-rata produksi biogas total (liter/ hari)		
		T1	T2	Rata-rata
1.	LM	0,0799	0,2146	0,1472 ^a
2.	KS	0,5999	0,8139	0,7069 ^b
3.	KA	0,7310	0,9069	0,8190 ^c
	Rata-rata	0,4702 ^a	0,6451 ^b	



Gambar 1. Jumlah volume biogas yang diperoleh dari masing-masing kelompok substrat setelah 6 minggu fermentasi.

Keterangan :

LM : Substrat dengan inokulum limbah makanan.

KS : Substrat dengan inokulum kotoran sapi.

KA : Substrat dengan inokulum kotoran ayam.

Tabel 3. Perbandingan rata-rata produksi biogas dari limbah organik rumah makan sekitar kampus UNS setelah waktu fermentasi 6 minggu pada suhu ruang dengan suhu tinggi.

Kelompok substrat	Total produksi biogas (L)		Peningkatan Produksi Biogas
	Suhu ruang	Suhu tinggi	
LM 80% + Inokulum LM 20%	3,6	9,7	169%
LM 80% + Inokulum KS 20%	26,9	36,6	34%
LM 80% + Inokulum KA 20%	32,9	40,8	24%



Tabel 4. Nilai efisiensi degradasi perombakan organik (%) pada substrat limbah rumah makan dengan fermentasi anaerob setelah 6 minggu.

	Efisiensi perombakan (%)			
	COD	BOD	TS	VS
1. Suhu Ruang				
LM 80% + Inokulum LM 20%	14,3	5,29	23,9	17,5
LM 80% + Inokulum KS 20%	61,6	47,1	82,7	70,6
LM 80% + Inokulum KA 20%	72,56	53,3	83,2	67,7
2. Suhu Tinggi				
LM 80% + Inokulum LM 20%	36,9	21,9	82,4	73,2
LM 80% + Inokulum KS 20%	83,8	72,8	78,3	79,3
LM 80% + Inokulum KA 20%	85,2	80,9	80,0	78,2

Tabel 5. Test Uji Nyala Produksi Biogasa masing-masing substrat.

Kelompok substrat	Suhu T1	Suhu T2
LM 80% + Inokulum LM 20%	-	++
LM 80% + Inokulum KS 20%	++	++
LM 80% + Inokulum KA 20%	++	++

PEMBAHASAN

Pengukuran Awal Substrat

Penelitian ini melibatkan limbah makanan dengan batasan limbah yang berasal dari warung makan sekitar kampus UNS Surakarta. Limbah makanan dapat berasal dari nasi, sayuran, buah-buahan, ikan, daging, telur, dan aneka sisa lainnya. Pemilihan limbah rumah makan karena bahan organik tersebut terdiri dari karbohidrat, protein, lemak dan selulosa atau ligno selulosa yang dapat didegradasi secara biologi (Nugroho *et al*; 2007. Sebelum proses fermentasi anaerob dilaksanakan perlu diketahui karakter awal dari masing-masing kelompok substrat. Hal ini bertujuan untuk melihat nilai efisiensi perombakan substrat limbah organik terhadap beberapa sifat fisik, kimia, dan biologi dari limbah seperti pH, suhu, BOD, COD, TS, VS, dan populasi bakteri, yang terjadi selama proses fermentasi. Selain itu, karakterisasi di awal juga dapat dijadikan acuan untuk mengetahui sifat limbah yang baik untuk produksi biogas, karena limbah belum mendapat perlakuan. Berdasarkan data pada tabel 1. diketahui bahwa substrat dengan inokulum limbah makanan memiliki nilai BOD, COD, TS dan VS lebih besar dibandingkan dengan substrat dengan inokulum yang lainnya. Ini menjelaskan bahwa inokulum limbah makanan masih memiliki bahan organik yang besar sehingga dapat menambah beban organik lebih banyak pada substrat dibandingkan inokulum kotoran sapi maupun inokulum kotoran ayam.

Produksi Biogas

Biogas terbentuk karena adanya kerja berbagai bakteri yang ikut terlibat dalam aktivitas perombakan substrat kompleks. Jumlah produksi biogas yang dihasilkan dari masing-masing kelompok perlakuan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan (Tabel 2). Berdasarkan analisis sidik ragam produksi biogas memperlihatkan hasil yang berbeda nyata atau signifikan antar perlakuan.



Perlakuan inokulum LM berbeda nyata dengan kelompok perlakuan inokulum KS dan kelompok substrat KA. Dari analisis tersebut juga dapat diketahui bahwa perlakuan substrat dengan variasi inokulum memberikan pengaruh signifikan terhadap produksi biogas. Peningkatan suhu berpengaruh signifikan terhadap produksi biogas. Perlakuan suhu T1 berbeda nyata dengan T2, sedangkan interaksi suhu dengan inokulum tidak berpengaruh terhadap produksi biogas. Produksi biogas total tertinggi adalah inokulum KA didapatkan 0,8190 (liter/hari) sedangkan yang terendah adalah inokulum LM sebesar 0,1472 (liter/hari). Produksi biogas total perlakuan suhu T2 sebesar 0,6451 (liter/hari) lebih tinggi dibandingkan perlakuan suhu T1 sebesar 0,4702 (liter/hari).

Kelompok substrat yang menghasilkan produksi biogas paling banyak adalah dari kelompok inokulum KA (40,81 l/45 hari atau 0,91 l/hari), sedangkan kelompok menghasilkan produksi biogas paling sedikit adalah kelompok inokulum LM/kontrol yaitu 3,59 l/45 hari atau 0,08 l/hari (gambar. 1). Kelompok substrat dengan Peningkatan suhu T2 juga memperlihatkan hasil produksi biogas yang lebih tinggi dari pada kondisi suhu ruang (T1). Hal ini menjelaskan bahwa fermentasi substrat dengan inokulum KA berjalan dengan optimal. Banyak faktor mempengaruhi keberhasilan produksi biogas, yaitu faktor biotik (populasi bakteri), maupun abiotik seperti kondisi anaerob, bahan baku isian, nutrisi (C/N), pH, suhu, dan starter, faktor tersebut dapat mempercepat proses fermentasi jika kondisi lingkungan optimal bagi pertumbuhan bakteri perombak (Simamora, *et al.*, 2006).

Suhu substrat dapat berpengaruh meningkatkan produksi biogas dari limbah makanan (tabel 3). Hal tersebut dapat dijelaskan karena meningkatnya suhu substrat dapat memacu reaksi kimia, yang dapat meningkatkan perombakan dari unsur yang kompleks menjadi yang lebih sederhana. Percobaan yang dilakukan selama 6 minggu pengaruh suhu terhadap produksi biogas tertinggi adalah sebanyak 40,8 L untuk suhu tinggi dan 32,9 L suhu ruang, selain itu diketahui juga terjadi peningkatan produksi biogas berkisar antara 24%-169% pada suhu tinggi dibandingkan suhu ruang. Hal tersebut dapat dipahami karena produksi biogas dengan bahan limbah makanan merupakan proses biofermentasi, yaitu peran pokok dilakukan oleh berbagai macam mikroba. Oleh sebab itu hasil perombakan yang lebih cepat, memudahkan aktifitas bakteri metanogenik membentuk biogas, sehingga peningkatan suhu dapat meningkatkan produksi biogas (Metcalf & Eddy 2003, NAS 1981, Bitton 1999 dan Wellinger 1999). Perbedaan volume biogas yang diperoleh juga dapat disebabkan karena pada kondisi suhu ruang terjadi perubahan suhu lingkungan 2-5°C (suhu lingkungan tidak konstan). Menurut Wellinger and Lindeberg, (1999) menjelaskan bahwa proses fermentasi anaerob sangat peka terhadap perubahan suhu. Hal ini berpengaruh pula terhadap perubahan suhu substrat. Sedangkan pada kelompok substrat suhu tinggi, bagian luar digester sudah diberi termokopel dengan tujuan mempertahankan suhu agar tetap konstan. Berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui bahwa ketika suhu lingkungan diluar digester diatur 50°C maka suhu substrat (dalam digester) adalah $\pm 45^\circ\text{C}$. Perbedaan suhu antara di luar dan di dalam digester mungkin disebabkan karena perbedaan dari masing-masing bahan/media menyerap panas tersebut. Kondisi di luar digester lebih panas karena media yang menerima panas dalam bentuk cair (air) sehingga lebih cepat menyerap panas, sedangkan media yang



menerima panas di dalam digester adalah limbah dalam bentuk mendekati padat (sedikit cair/kental) sehingga proses penyerapan panasnya lebih lama. Suhu lingkungan diluar digester tetap dipertahankan 50°C dengan menggunakan termokopel, agar tidak terjadi perubahan suhu substrat (konstan).

Efisiensi Degradasi Perombakan Organik (%) COD, BOD, TS dan VS.

Proses perombakan anaerob juga dapat menurunkan tingkat pencemaran dari limbah organik sehingga aman bagi lingkungan, selain dihasilkan biogas sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Proses perombakan atau degradasi bahan organik dapat dilihat dari perubahan karakter atau sifat outlet limbah (effluent), baik sifat fisik maupun kimia seperti pH, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), *Volatil Solid* (VS) dan *Total Solids* (TS). Ratnaningsih (2009) menjelaskan bahwa efisiensi perombakan total solid disebabkan perombakan oleh mikroorganisme. Haryati (2006) menambahkan bahwa proses degradasi anerobik dapat menurunkan nilai TS, VS, BOD dan COD.

Efisiensi perombakan pada semua perlakuan mengalami penurunan nilai COD dan BOD, tetapi dengan nilai efisiensi yang berbeda-beda. Menurut Kresnawaty (2008) penurunan nilai COD dan BOD disebabkan karena telah terjadi proses hidrolisis. Pada tahap tersebut, bahan organik dimanfaatkan oleh mikroorganisme sebagai nutrisi dan mengubahnya ke dalam bentuk senyawa yang lebih sederhana. Reduksi COD dan BOD tertinggi sebesar 85,2% dan 80,9% pada substrat dengan inokulum kotoran ayam dengan suhu tinggi. Pada tahapan tersebut bakteri pendegradasi limbah dapat bekerja secara optimal, karena waktu tinggal (HRT) yang cukup lama memberi kesempatan kontak lebih lama antara lumpur anaerobik (inokulum) dengan limbah organik (substrat). Sedangkan reduksi COD dan BOD terendah sebesar 14,3% dan 5,29% yaitu pada kelompok kontrol pada suhu ruang. Rendahnya reduksi ini dimungkinkan karena limbah dominan mengandung senyawa organik yang bersifat kompleks sehingga menjadi beban influen. Munazah dan Prayatni (2008), semakin tinggi beban influen maka efisiensi penyisihan akan menurun. Selain itu, dapat disebabkan juga oleh tidak sempurnanya proses fermentasi substrat akibat terlalu rendahnya derajat keasaman substrat, sehingga proses dekomposisi anaerob pada biodigester tidak mencapai tahapan *methanogenic* sempurna.

Perubahan sifat kimia yang lain adalah perubahan nilai total solid dan volatil solid. Proses perombakan anaerob selama 45 hari, memperlihatkan bahwa terjadi penurunan TS dan VS. Reduksi TS tertinggi sebesar 83,2% pada substrat dengan inokulum kotoran ayam bersuhu ruang, sedangkan yang terendah adalah 23,9% pada substrat dengan inokulum limbah makanan bersuhu ruang. Efisiensi perombakan organik VS tertinggi sebesar 79,3% pada substrat dengan inokulum kotoran sapi bersuhu tinggi, sedangkan yang terendah adalah 17,5% pada substrat dengan inokulum limbah makanan bersuhu ruang. Reduksi total solids dan volatil solids ini disebabkan perombakan bahan organik oleh aktivitas mikroorganisme (Ratnaningsih, 2009). Nilai efisiensi perombakan organik TS dan VS yang cukup tinggi dikarenakan aktivitas perombakan oleh mikroorganisme berjalan dengan baik. Hal ini mungkin juga kondisi rasio C/N seimbang pada substrat. Wellinger (1999) menjelaskan bahwa bahan baku (substrat) dengan rasio C/N tinggi dicampur dengan rasio C/N rendah akan memberikan rerata rasio



komposisi input sesuai kadar optimal produksi biogas yang diinginkan. Rasio karbon terhadap nitrogen limbah yang ditambahkan ke perombak sebaiknya berbanding 20 bagian C dan satu bagian N (20:1) untuk memperoleh produksi optimum metana. Residu panen pertanian dan sayuran, biasanya berkadar N rendah tapi tinggi kadar C, dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kinerja perombak dengan mencampur kadar N tinggi limbah peternakan, dan dapat memberi lebih baik rasio C:N untuk produksi biogas. Pencampuran kotoran ternak (ayam dan sapi) menyebabkan terjadinya keseimbangan rasio C/N sehingga perombakan berjalan lebih baik.

KESIMPULAN

Perlakuan suhu tinggi (45,2-45,6°C) dapat meningkatkan produksi biogas mencapai sekitar 169%. Peningkatan suhu termofilil pada biodigester anaerob dengan sumber inokulum kotoran ayam selama 45 hari diproduksi biogas 0,91 l/hari

DAFTAR PUSTAKA

- Ariati R, 2001. Indonesian Energy Policy: Towards Greater Local Manufacturing for Renewable Energy. *Asean Energy Bulletin*, 3rd Quarter. 5(3): 4-6.
- Bitton, G. 1999. *Wastewater Microbiology*. 2nd ed. Wiley Liss Inc. New York.
- Haryati, T. 2006. Biogas : Limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Jurnal Wartazoa*. Vol 6 (3):160-169 .
- Kresnawaty, Irma., I. Susanti., Siswanto., dan Tri Panji. 2008. Optimasi produksi biogas dari limbah lateks cair pekat dengan Peningkatan logam. *Jurnal Menara Perkebunan*. Vol 76 (1): 23-35.
- Mahajoeno, E., Lay W.B, Sutjahjo, H.S., Siswanto. 2008. Potensi Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit untuk Produksi Biogas. *Biodiversitas* (9):48 – 52.
- Metcalf & Eddy . 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*, 4th ed., McGraw-Hill, Singapore
- Nugroho, A., R.P Djoko M. dan Danny S. 2007. *Cara Mengatasi Limbah Rumah Makan*. Teknik Kimia Universitas Diponegoro : Semarang.
- Ratnaningsih, Widyatmoko, H dan Yananto, T. 2009. Potensi pembentukan biogas pada proses biodegradasi campuran sampah organik segar dan kotoran sapi dalam batch reaktor anaerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol 5, no.1: 20-26.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : UI-Press.
- Wellinger A, & A. Lindeberg 1999. Biogas upgrading and utilization. *IEA Bioenergy Task 24: energy from biological conversion of organik wastes*. 18 p [http://www. IEA Bioenergy/Task 24.edu/pdf](http://www.IEA Bioenergy/Task 24.edu/pdf). (14 September 2009)

