

KEEKONOMIAN PEMANFAATAN BIOGAS AIR LIMBAH INDUSTRI TAPIOKA

Marhento Wintolo* , Marsudi , dan Budhi Martana****

*) Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta

***) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UPN "Veteran" Jakarta
Jl. Raya Mawar Merah No. 23, Pondok Kopi Klender, Jakarta Timur 13460
Telp. 0816 1877 9971

Abstract

Technology of biogas production has been applied on waste water treatment plant of tapioca industry. Waste water treatment plant with the capacity of 150 m³ generates an amount of biogas of 485.4 m³ per day consisting of methane gas and other gases. Based on biogas analysis, 1 m³ of wastes produces 1.88 m³ of methane gas. So, this methane gas should not be emitted into the atmosphere in order to reduce greenhouse gas effects. Actually, the methane gas has economic values, such as used as fuel to cook in households. This may substitute unsubsidized kerosene benefiting for those using kerosene. In addition, this methane gas can be used as fuel of generators that may produce approximately 578 kWh of electrical energy.

Key Words: *industrial waste, methane gas, economic values*

PENDAHULUAN

Di Indonesia, penggunaan energi dalam hal ini bahan bakar minyak dan gas bumi serta batubara atau biasa disebut bahan bakar fosil, mendominasi bauran konsumsi energi, dan dari tahun ke tahun menunjukkan arah kecenderungan yang terus meningkat. Dengan posisi sebagai sumber penerimaan negara, pendorong pertumbuhan ekonomi, sumber energi dan bahan baku industri, dan sebagai pencipta efek ganda, peran bahan bakar fosil ini menjadi sangat strategis dalam memacu perekonomian Indonesia. Namun demikian, penurunan cadangan minyak yang semakin menipis telah mengharuskan adanya penggunaan energi secara bauran (*mix*) antara energi konvensional dan energi baru terbarukan (EBT).

Bauran konsumsi energi rata-rata tahun 2008 adalah 55,1% berasal dari minyak dan gas bumi, 17,3% dari batubara, dan 27,6% dari biomassa. Total konsumsi energi Indonesia pada tahun 2008 adalah 902,4 juta Setara Barel Minyak (SBM) tanpa biomassa, dengan rincian konsumsi batubara sebesar 306,541 juta SBM kurang lebih 33,9% , gas bumi sebesar 110,140 juta SBM, bahan bakar minyak

sebesar 392,995 juta SBM atau 33,3%, LPG sebesar 13,634 juta SBM atau 1,2%, dan listrik sebesar 79,089 juta SBM.

Hingga saat ini total kebutuhan energi nasional Indonesia masih sangat tergantung pada pasokan energi fosil (minyak bumi, gas bumi dan batubara) sebagai sumber energi utama, sedangkan peran energi baru terbarukan (EBT) masih sangat kecil kontribusinya yakni kurang dari 6%. Kebutuhan energi nasional dari tahun ke tahun terus meningkat, sementara pada sisi lain kondisi cadangan minyak bumi cenderung kian menyusut.

Dari sektor rumah tangga, kebutuhan energi final (tidak termasuk biomassa) pada tahun 2006 di dominasi oleh minyak tanah, kemudian disusul oleh listrik, LPG, dan gas bumi. Sejalan dengan program konversi minyak tanah ke LPG untuk memasak sebagaimana tertuang dalam *Blueprint* Pengalihan Minyak Tanah ke LPG (dalam rangka pengurangan subsidi BBM) tahun 2007-2012, maka penggunaan minyak tanah untuk memasak seluruhnya disubstitusi dengan LPG pada tahun 2012. Dengan demikian penggunaan minyak tanah pada sektor rumah tangga terbatas hanya untuk penerangan dan kebutuhan bukan memasak lainnya.

Sejalan dengan meningkatnya tuntutan kebutuhan energi, Kebijakan Energi Nasional serta

1 Kontak Person : **Marhento Wintolo**
Prodi Teknik Sipil ITBU Jakarta
Telp. 081618779971

Instruksi Presiden No. 1 tahun 2006 diarahkan untuk meningkatkan peran energi baru terbarukan secara bertahap sehingga pada tahun 2025 dapat memberikan kontribusi sekitar 17%. Pengembangan potensi energi pedesaan merupakan upaya strategis untuk mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian minyak tanah dan kayu bakar mengingat persebaran penduduk Indonesia sekitar 60% berdomisili di daerah pedesaan. Kondisi kelangkaan minyak tanah ini sering terjadi, hal ini dapat menyebabkan pergeseran pola konsumsi energi di masyarakat, yaitu terjadi peningkatan pemakaian kayu bakar secara berlebihan sehingga dapat mengganggu kestabilan dan kelestarian alam.

Metana (CH_4) adalah bahan bakar yang memiliki potensi untuk dikembangkan. Selain dari *sanitary landfill*, biogas kotoran hewan, gas metana dapat dihasilkan pula dari limbah industri makanan seperti, industri tahu, kelapa sawit, tapioka dan sebagainya. Terdapat dua manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan metana sebagai bahan bakar. Pertama, metana sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah akibat semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil (minyak) dan ke dua adalah bahwa pemanfaatan metana dapat membantu mengurangi laju konsentrasi gas metana di atmosfer. Penggunaan metana sebagai bahan bakar sangat membantu komitmen Pemerintah RI yang ingin memiliki kontribusi menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26%. Karena nilai kontribusi gas metana terhadap efek rumah kaca jauh lebih tinggi, 21 kali nilai CO_2 (Rodhe, A. L., 1990). Jadi pengurangan emisi CH_4 ke atmosphere memiliki peran yang sangat signifikan sebagai penghambat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca.

Dalam industri tapioka tradisional, air limbah yang dihasilkan industri tapioka dengan rata-rata kapasitas 30 ton per hari, dapat mencapai sekitar 4-5 m^3/ton ubi kayu yang di olah dengan konsentrasi bahan organik sangat tinggi. Pada umumnya sistem pengolahan air limbah industri tapioka yang saat ini diterapkan adalah pengolahan limbah biologis secara anaerobik yang menghasilkan gas CO_2 (karbon dioksida) dan CH_4 (metana). Kedua gas tersebut merupakan gas rumah kaca yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Dari hasil pengukuran emisi gas di kolam anaerobik yang dipasang pada rakyat PD Semangat Jaya desa Bangun Sari Kecamatan Negeri Katon Kabupaten Pesawaran Lampung, diketahui bahwa setiap ton ubi kayu menghasilkan sekitar 24,4 m^3 biogas atau 14,6-15,8 m^3 (59,8%-64,75%) gas metana/ton ubi

kayu dan gas metana murni (100%) mempunyai nilai kalor 8.900 kkal/ m^3 (Hasanudin, U. 2007).

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, emisi metana dari limbah industri tapioka masih di bawah baku mutu yang disyaratkan pada Kep. MENLH No. 51/1995. Namun demikian pemanfaatan gas CH_4 sebagai bahan bakar tetap memiliki nilai ekonomis tinggi, baik lokal sebagai pengganti minyak tanah maupun dari sudut pandang mekanisme pembangunan bersih, *Clean Development Mechanism* (CDM). Harga karbon dioksida di pasaran internasional saat ini cukup tinggi, \$US 10-13 per ton, sedangkan sifat kimiawi metana diketahui 21 kali lebih stabil dari pada CO_2 . Jadi harga untuk gas metana kurang lebih antara \$US 210-273 per ton (Jumina, 2010). Dengan demikian pemanfaatan CH_4 memiliki dua fungsi, selain sebagai bahan bakar juga sebagai upaya pemeliharaan kelestarian lingkungan.

Untuk mendapatkan hasil pengolahan air limbah secara anaerobik yang optimal, beberapa faktor lingkungan proses juga harus direkayasa dan dikendalikan. Faktor-faktor lingkungan utama yang mempengaruhi proses *metanogenesis* adalah: komposisi air limbah, suhu, pH, waktu tinggal hidrolis dan konsentrasi asam-asam volatil. Produksi gas metana selama proses degradasi bahan organik dipengaruhi oleh jumlah dan komposisi air limbah yang digunakan sebagai substrat. Kondisi optimum proses pembentukan biogas dapat dicapai pada suhu 30–35°C, pH 6,8-7,5, sedangkan kadar padatan 7-9% dan waktu tinggal hidraulik 20-40 hari. Proses produksi gas metana yang optimal akan terjadi pada waktu tinggal hidraulik 20-30 hari, derajat keasaman substrat berada pada pH 6,5-8,0 dengan suhu optimal 35°C (Omer, A. M., and Y. Fadalla. 2003).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian biogas secara *pilot plant* telah dilakukan pada instalasi pengolahan air limbah industri tepung tapioka rakyat PD Semangat Jaya desa Bangun Sari Kecamatan Negeri Katon Kabupaten Pesawaran Lampung; dengan beberapa data dan informasi sebagai berikut: (1) Kemampuan produksi tapioka industri PD Semangat Jaya rata-rata 30 ton singkong per hari, (2) Penggunaan air untuk produksi tapioka antara lain untuk pencucian, pamarutan, serta ekstraksi dan pengendapan/pemisahan kemudian selanjutnya menjadi limbah cair, (3) Limbah cair yang dihasilkan adalah sebesar 4 - 5 m^3 per ton ubi kayu per hari. Diperkirakan

total limbah cair yang diproduksi dari hasil olahan sebesar 150 m³ per hari. Limbah cair ini kemudian dialirkan ke sistem instalasi pengolahan air limbah yang sudah dimodifikasi menjadi sistem *Cover Lagoon Anaerobic Reactor (CoLAR)*, yaitu sistem pengolahan air limbah untuk memproduksi biogas, dan (4) Kapasitas bioreaktor CoLAR dirancang berukuran 3600 m³ yang mampu menampung air limbah dengan laju alir 150 m³ per hari; sedangkan untuk proses dekomposisi bahan organik diberikan waktu tinggal hidrolis selama 20 hari.

Selanjutnya dilakukan beberapa kajian terhadap produksi biogas baik secara teknis maupun ekonomis.

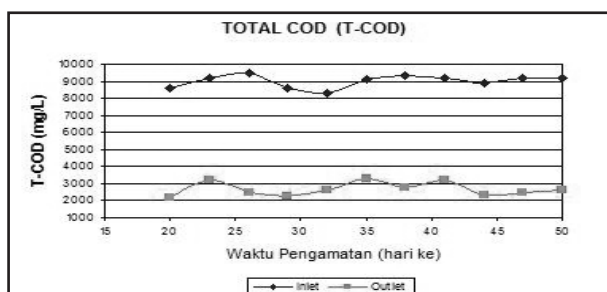
HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Teknis

Penelitian pembuatan biogas dari limbah cair industri tapioka dapat berjalan dengan baik. Hal ini ditandai dengan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap proses produksi biogas misalnya suhu dan pH yang tercatat dalam kondisi normal. Kondisi suhu tercatat pada 26-28°C dan merupakan rentang suhu mesofilik untuk suatu proses dekomposisi bahan organik. Sedangkan pH air limbah terproses menunjukkan 6,8-7,2 yang merupakan kondisi normal bagi mikro organisme untuk mensintesa biogas.

Disamping faktor kondisi suhu dan pH, proses dekomposisi bahan organik juga berjalan dengan baik ditunjukkan oleh adanya laju penyisihan *Chemical Oxygen Demand (COD-remove)*.

Hasil penerapan bioreaktor *Cover Lagoon Anaerobic Reactor (CoLAR)* pada penelitian limbah tapioka ini menunjukkan bahwa sistem bioreaktor mampu mendegradasi bahan organik secara signifikan. Hasil pengukuran terhadap nilai *Total Chemical Oxygen Demand (T-COD)* menunjukkan telah terjadi proses penyisihan COD sebesar 9.011 mg/liter menjadi 2.680 mg/liter dan hal ini diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rata-rata Penurunan Nilai T-COD

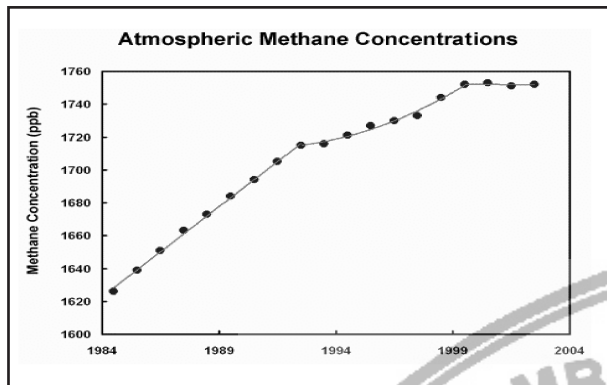
Rata-rata laju penyisihan T-COD diperoleh sebesar 0,317 gr COD/liter/hari atau 949,6 kg COD/150 m³/hari atau dengan persentase laju penyisihan sebesar 70,3%. Hasil laju penyisihan T-COD yang diperoleh dalam penelitian tersebut lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya dalam skala laboratorium dengan waktu tinggal hidrolis yang sama (20 hari), yaitu sebesar 0,430 gr COD/Liter/hari dengan persentase sebesar 82,4% (Hasanudin, U. dkk. 2007). Perbedaan hasil T-COD yang diperoleh tersebut diduga karena pada penelitian skala laboratorium beberapa faktor yang berpengaruh seperti suhu, pH, pengadukan (resirkulasi) dan kondisi reaktor lebih mudah dikendalikan dibandingkan dengan skala pilot plant di lapangan.

Hasil pengukuran terhadap produksi biogas menunjukkan bahwa bioreaktor mampu menghasilkan biogas rata-rata 485,4 m³ per hari dari 150 m³ limbah yang diproduksi. Dengan kata lain dapat diartikan bahwa setiap m³ limbah tapioka dapat menghasilkan setara 3,2 m³ biogas, sedangkan berdasarkan hasil uji laboratorium terhadap komposisi biogas diketahui komponen utama biogas adalah metana sebesar 58,8 %. Berdasarkan hasil analisis biogas tersebut diperkirakan bahwa setiap m³ limbah dapat menghasilkan setara dengan 1,88 m³ gas metana. Hasil konsentrasi metana yang diperoleh tersebut sudah layak digunakan sebagai bahan bakar, karena kelayakan biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar apabila konsentrasi metana sudah lebih dari 50% (Hammad, M., D. Badarneh, and K. Tahboub. 1999).

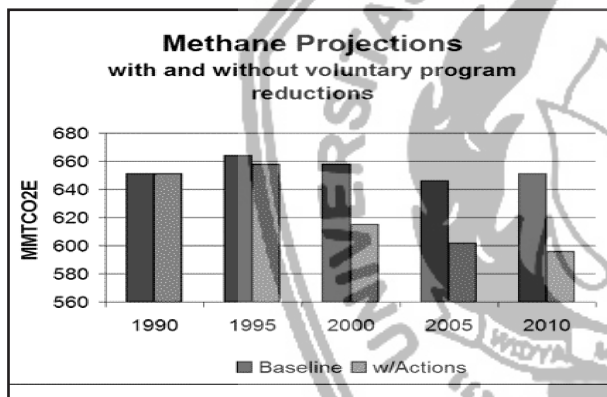
Aspek Lingkungan

Pengolahan limbah industri tapioka sebagai sarana produksi biogas dengan sistem CoLAR dapat mencegah emisi gas metana dan karbon dioksida ke udara. Diketahui ke dua gas yang dihasilkan tersebut merupakan gas rumah kaca yang memberikan kontribusi mempercepat terjadinya kenaikan suhu atmosfer yang di kenal dengan istilah pemanasan global. Sekali gas metana menghasilkan emisi ke atmosfer maka gas tersebut akan berada disana selama 12 tahun dan gas metana memiliki kekuatan 21 kali lebih stabil dibandingkan terhadap karbon dioksida. Meskipun pada pembakaran metana juga akan dihasilkan CO₂, namun keberadaan CO₂ di alam bebas adalah 21 kali lebih mudah terurai dari pada metana, dan hal ini membuktikan bahwa mencegah emisi gas metana ke udara bebas lebih bermanfaat untuk

mengurangi dampak pemanasan global. Konsentrasi gas metana di atmosfer dari tahun ke tahun terus meningkat. Pada Gambar 2 ditunjukkan bahwa sejak tahun 1984 konsentrasi metana terus mengalami kenaikan sampai tahun 1999. Kenaikan konsentrasi metana baru dapat dicegah dan dipertahankan stabil mulai dari tahun 1999 sampai 2004.



Gambar 2. Konsentrasi gas metana di atmosphere.



Gambar 3. Proyeksi Gas Metana dengan dan tanpa upaya pencegahan

Pada Gambar 3 ditunjukkan proyeksi gas metana sebagai hasil dari kegiatan manusia di muka bumi. Pada gambar tersebut terlihat bahwa jika tanpa upaya pencegahan manusia untuk menghambat emisi gas metana, konsentrasi metana menjadi cukup tinggi, yakni sebesar 650 MMTCO₂E (*Million Metric Tons Carbon Dioxide Equivalent*), namun jika dengan upaya pencegahan, jumlah tersebut dapat diturunkan menjadi di bawah 600 MMTCO₂E. Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa pemanfaatan gas metana sebagai bahan bakar alternatif memiliki arti sebagai upaya pencegahan terhadap peningkatan pemanasan global sehingga pemanfaatan gas metana sebagai bahan

bakar alternatif juga merupakan bentuk kontribusi lokal terhadap pengurangan dampak pemanasan global. Oleh karena itu proyek-proyek pengembangan biogas nampaknya sudah selayaknya mendapat respon yang lebih intens baik dari kalangan Pemerintah, Industri swasta maupun masyarakat lainnya. Kampanye pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif perlu digalakkan secara nasional.

Hasil pengukuran terhadap produksi gas menunjukkan bahwa bioreaktor mampu menghasilkan biogas rata-rata 485,4 m³ per hari dari 150 m³ limbah yang diproduksi. Atau setiap m³ limbah menghasilkan biogas sebesar 3,2 m³. Dari hasil penelitian tersebut 58.8% diantaranya terdiri dari gas metana. Berarti setiap m³ limbah dapat menghasilkan sekitar 1,88 m³ gas metana atau gas metana yang dihasilkan adalah sebesar 150 x 1,88 m³ = 282 m³. Kerapatan massa/densitas CH₄ = 0,717 kg/m³, jadi gas metana yang bisa diperoleh adalah sebesar 282 x 0,717 kg = 202,2 kg per hari. Dalam 1 tahun diperoleh 202,2 x 360 = 72,8 ton CH₄ dan jumlah ini ekuivalen dengan 72,8 x 21 CO_{2e} = 1.528,6 ton CO_{2e}. Berdasarkan perhitungan ini dapat disimpulkan bahwa pengurangan emisi gas metana ke atmosfer adalah 72,8 ton.

Aspek Keekonomian Sektor Rumah Tangga

Aspek keekonomian dapat ditinjau berdasarkan 2 hal, yaitu (1) berdasarkan konsumsi energi yaitu dengan pemanfaatan untuk memasak. Tidak lagi dapat disangkal bahwa cadangan minyak bumi semakin menipis, sedangkan jumlah konsumsi minyak untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari semakin tinggi seiring dengan pertumbuhan penduduk. Di daerah pedesaan penggunaan minyak tanah pada umumnya adalah sebagai bahan bakar untuk penerangan dan memasak, terutama di daerah yang belum dijangkau oleh listrik dari PT PLN. Kondisi akhir-akhir ini menunjukkan bahwa minyak tanah di pedesaan mulai sulit ditemukan karena program konversi minyak tanah beralih ke LPG. Sebagian masyarakat desa kadang masih menggunakan kayu bakar untuk memasak, namun sumber kayu bakar pun kini semakin langka. Perbandingan kebutuhan energi untuk memasak didapat dari konsumsi energi di pedesaan Indonesia/kapita/tahun menurut Hadi (1979) sebagaimana terlihat pada Tabel 1 (Raliby, O. dkk, 2010).

Tabel 1.

Konsumsi Energi untuk Memasak di pedesaan Indonesia/kapita/tahun.

Bahan Bakar	Jumlah (Kg)	Jumlah (m ³ /lt)	Nilai Kalor (103kkal)	Eff (%)	Kebutuhan Energi Memasak
Kayu Bakar	879,3	1758 m ²	3077,5	22,4	689,36
Semak dan Nabati	162,4	0,325	568,5	22,4	127,34
Jumlah	1041,7	3645,9		816,70	
Minyak Tanah		19,074	186,9	35	65,43
		Jumlah	3832,92		882,13

Jika diasumsikan bahwa konsumsi energi per kapita adalah sebesar $882,13 \times 10^3$ kkal/tahun (Tabel 1), maka energi yang diperlukan setiap hari adalah $882130 \text{ kkal}/360 = 2.450,36$ kkal/kapita/hari. Biogas yang diproduksi dari limbah tapioka adalah sebesar $485,4 \text{ m}^3/\text{hari}$. Jika 1 m^3 gas bio mengandung 4.785 kkal, maka potensi biogas setara dengan $485,4 \times 4.785 \text{ kkal} = 2.322.639$ kkal. Dengan demikian biogas dari limbah tapioka dapat dimanfaatkan sekitar $2.322.639/2450,36 = 947$ kapita per hari. (2) Berdasarkan konsumsi penghematan penggunaan minyak tanah. Harga minyak tanah bersubsidi di daerah pedesaan adalah sekitar $2500\text{--}3000$ Rupiah per liter; dan nilai kalori minyak tanah bersubsidi adalah 7000 kkal per liter. (Isdiyanto, R. dan Marhento Wintolo, 2007). Produksi biogas yang dihasilkan adalah $485,4 \text{ m}^3$ per hari dari 150 m^3 limbah yang diproduksi. Nilai kalor biogas 4785 kkal/ m^3 atau $4,785$ kkal/liter; sehingga dari 150 m^3 limbah dapat dihasilkan sebanyak $485,4 \times 4.785 \text{ kkal} = 2.322.639$ kkal. Nilai ini setara dengan $2.322.639/7.000$ liter = $331,8$ liter minyak tanah.

Konversi harga gas bio dengan minyak tanah dapat dilihat sebagai berikut: Nilai kalor biogas adalah $4785 \text{ kkal}/\text{m}^3 = 4,785 \text{ kkal}/\text{l}$ dan nilai kalor minyak tanah bersubsidi adalah $7000 \text{ kkal}/\text{l}$, dengan asumsi bahwa harga minyak tanah Rp.2500,-/liter, maka harga biogas = $4,785 \text{ kkal}/\text{l} \times \text{Rp.}2500/7000 \text{ kkal}/\text{l} = \text{Rp.}1,7/\text{liter}$. Dengan demikian penghematan yang bisa diperoleh dari minyak tanah adalah sebesar Rp. $(2500 - 1,7) = \text{Rp.} 2.498,3$ setiap liter. Penghematan yang bisa diperoleh adalah $331,8 \times \text{Rp.} 2.498,3 = \text{Rp.} 828.935,94$ per hari, atau dalam 1 tahun adalah Rp. $2.070.930.659,-$

Sektor Industri

Nilai kalor rendah (LHV) $\text{CH}_4 = 50,1 \text{ MJ}/\text{kg}$ artinya bahwa gas CH_4 mengandung energi sebesar $50,1 \times 0,717 \text{ MJ} = 35,9 \text{ MJ}$ per m^3 dan jumlah

panas yang dihasilkan setiap hari dari gas metana murni $1,88 \text{ m}^3$ adalah $67,5 \text{ MJ}/\text{m}^3$.

Konversi gas metana ke LPG dilakukan sebagai berikut: Nilai kalor gas metana murni adalah $8.900 \text{ kkal}/\text{m}^3$, sedangkan LPG memiliki $10.882 \text{ kkal}/\text{m}^3$. 1 m^3 gas metana setara dengan $0,82 \text{ m}^3$ LPG.

Jika produksi gas metana dari limbah tapioka adalah 282 m^3 per hari, maka hal ini setara dengan $231,24 \text{ m}^3 \times 0,8 \text{ kg}/\text{m}^3 = 185 \text{ kg}$ LPG (berat jenis LPG berkisar antara $0,7\text{--}0,9 \text{ kg}/\text{m}^3$). Jika pemanfaatan metana sebagai bahan bakar genset dengan spesifikasi teknis konsumsi bahan bakarnya $0,32 \text{ kg}/\text{kWh}$, maka gas metana dari limbah tapioka mampu memproduksi listrik sebesar $185/0,32 \text{ kWh} = 578 \text{ kWh}$ energi listrik.

Prospek Pemanfaatan Gas Metana

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah diuraikan di atas, pengembangan pemanfaatan gas metana dari proses fermentasi limbah cair produksi tapioka menjanjikan prospek yang sangat menguntungkan terhadap berbagai pihak, yaitu: Bagi Pengusaha, (1) memperoleh keuntungan ekonomis dari penjualan gas metana, (2) mendapatkan penghargaan sebagai pengusaha yang peduli terhadap pemanasan global, (3) produksi gas metana dari limbah menghasilkan energi listrik 578 kWh , dan (4) dengan asumsi harga CO_2 \$US $10/\text{ton}$, dari produksi gas metana perusahaan bisa meraup dana sebesar \$US $169.674,6$ per tahun. Bagi Pemerintah, (1) penggunaan gas metana sebagai bahan bakar sejalan dengan yang komitmen untuk mengurangi laju kenaikan konsentrasi gas rumah kaca dengan berkurangnya emisi CO_2 dari pembakaran minyak tanah dan kayu bakar untuk memasak penduduk pedesaan, (2) mengurangi subsidi terhadap bahan bakar minyak tanah bagi desa Bangun Sari Kecamatan Negeri Katon Kabupaten Pesawaran Lampung sebesar Rp. $2.070.930.659,-$ per tahun, dan (3) mengurangi pencemaran udara dengan mencegah emisi gas metan ke atmosphere. Ini sejalan dengan komitmen Pemerintah ke dunia internasional yang akan membantu pengurangan emisi gas rumah kaca.

Dengan menggunakan biogas, masyarakat dapat menghemat pembelian minyak tanah dengan harga sebesar Rp $2.498,3$ setiap liter. Jika pada setiap rumah tangga mengkonsumsi rata-rata 2 liter minyak tanah per hari, maka setiap rumah tangga bisa menghemat Rp. $4996,6,-$ per hari. Atau Rp. $1.798.776,-$ per tahun.

SIMPULAN

Teknologi produksi biogas telah dapat diterapkan pada sistem pengolahan air limbah industri tapioka. Pengolahan air limbah dengan kapasitas 150 m³ mampu dihasilkan biogas sebanyak 485,4 m³ per hari.

Berdasarkan hasil kajian secara teknis maupun keekonomian terhadap kapasitas produksi biogas, diketahui bahwa biogas yang dihasilkan tersebut memiliki kesetaraan nilai produksi dengan 331,8 liter minyak tanah. Hasil analisis dan perhitungan terhadap harga keekonomian diperoleh harga biogas sekitar Rp 1,7/liter.

Nilai produksi biogas tersebut jika digunakan sebagai substitusi minyak tanah, maka diperoleh nilai penghematan sekitar Rp. 2.070.930.659,- per tahun.

Nilai produksi metana (CH₄) yang diperoleh 282 m³/hari tersebut juga setara dengan 185 kg LPG, sehingga jika dipergunakan sebagai bahan bakar generator akan diproduksi setara 578 kWh energi listrik.

Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif secara tidak langsung membantu Pemerintah dalam memenuhi komitmen internasionalnya mengenai pengurangan konsentrasi gas rumah kaca yang terindikasi terus mengalami peningkatan. Kampanye pemanfaatan biogas sebagai energi alternatif perlu digalakkan secara nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008. Indonesia Energy Outlook, Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral, Dept ESDM.
- Anonim, 2010. Methane, US EPA. <http://epa.gov/methane> [accessed 10 April 2010]
- Converti, A., A. D. Borghi., and M. Zilli, S. 1999. *Anaerobic Digestion of The Vegetable Fraction of Municipal Refuses: Mesophilic Versus Thermophilic Conditions*. Journal of Bioprocess Engineering. 21:371–376.
- Garcelon, J., and Clark, J. 2005. *Waste Digester Design*. Civil Engineering Laboratory Agenda. University of Florida. <http://www.ce.ufl.edu/activities/waste/wddins.html>.
- Hammad, M., D. Badarneh, and K. Tahboub. 1999. *Evaluating Variable Organic Waste to Produce Methane*. Energy Conversion and Managements. 40:1463–1475.
- Hasanudin, U. 2007. *Methane Production from Agroindustry Wastewater*. Workshops on Commercialization of Renewable Energy Recovery from Agroindustrial Wastewater University of Lampung, Bandar Lampung.
- Hasanudin, U. dkk. 2007. *Optimization of Tapioca Wastewater Fermentation as Biogas Sourc*. Workshops on Commercialization of Renewable Energy Recovery from Agroindustry Wastewater University of Lampung, Bandar Lampung.
- Isdiyanto, R. dan Marhento Wintolo, 2007. *Pengembangan Potensi Biogas sebagai Energi Alternatif Pengganti Minyak Tanah di Kabupaten Garut*, Majalah Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan Vol 6, No.2 Desember 2007.
- Isdiyanto, R. dan Udin Hasanudin, 2009. *Pengaruh Waktu Tinggal Hidrolik terhadap Produksi Biogas*, Majalah Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan Vol.8, No.2 Desember 2009
- Jumina, 2010. *Karbondiodoksida, Area Bisnis yang menjanjikan*, Universitas Gadjah Mada. [accessed 10 April 2010]
- Omer, A. M., and Y. Fadalla. 2003. *Biogas Energy Technology in Sudan*. Journal of Renewable Energy, 28: 499–507.
- Raliby, O. et al, 2010. *Pengolahan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif pada Industri Pengolahan Tahu*. <http://energybiomasa.blogspot.com> [accessed 10 April 2010]
- Rodhe, A. L., 1990. *A comparison of the contribution of various gasses to the greenhouse effect*. Science, 248, 1217-1219.
- Sulaiman, S., 2008. *Konversi Minyak tanah ke biomass*, <http://energybiomasa.blogspot.com> [accessed 10 April 2010]