

PROSES PRODUKSI BIOGAS DARI SAMPAH ORGANIK RUMAH TANGGA DI WILAYAH DUREN MEKAR

Sutanto¹, Toto Supriyanto²

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
Kampus Baru UI, Depok16425, Indonesia

Tel: (62-21) 7863531, Fax: (62-21) 7863531, stanto09@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Sampah organik dari rumah tangga yang dibuang ke lingkungan di wilayah Duren Mekar sangat beragam dan berlimpah. Contoh sampah tersebut antara lain kulit pisang, kangkung, kubis, bayam, sawi, kacang panjang dan brokoli. Sampah organik dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk membuat biogas. Pada proses pembuatan biogas dibatasi pada penggunaan sampah dari kulit pisang, kangkung, kubis dan bayam. Proses pembuatan biogas diawali dengan pemisahan sampah kulit pisang, kangkung, kubis dan bayam dari sampah lainnya. Pada proses awal digunakan sampah kulit pisang sebanyak 4 kg yang diblender sampai halus. Kulit pisang yang telah diblender dicampur dengan air sebanyak 4 liter dan dimasukkan kedalam digester berukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 75 cm yang dilengkapi pipa saluran gas berdiameter ½ in, pipa umpan masuk berdiameter 4 cm, pipa keluaran sisa sampah 4 cm, pipa saluran buangan cairan ½ in serta kran ½ in untuk pengatur aliran biogas. Proses fermentasi anaerob dijalankan selama 7 hari dengan pengamatan tekanan gas setiap 10 jam. Untuk proses selanjutnya dilakukan dengan prosedur yang sama akan tetapi sampah kulit pisang berturut-turut diganti dengan sampah kangkung, kubis dan bayam. Tekanan biogas maksimum dari bahan baku sampah kulit pisang adalah 1,03325 bar, diperoleh dalam waktu 110 jam. Tekanan biogas maksimum dari bahan baku sampah bayam adalah 1,03066 bar diperoleh dalam waktu 150 jam. Tekanan biogas maksimum dari bahan baku sampah kangkung adalah 1,02575 bar diperoleh dalam waktu 150 jam. Tekanan biogas maksimum dari bahan baku sampah kubis adalah 1,02850 bar diperoleh dalam waktu 140 jam. Kesimpulan dari penelitian adalah sampah kulit pisang, bayam, kubis dan kangkung dapat dibuat menjadi biogas. Penghasil biogas terbaik adalah dari sampah kulit pisang

Kata Kunci: sampah organik, digester, fermentasi, anaerob, biogas

Abstract

Organic garbage from households that discharged into the environment in Duren Mekar area is very diverse and plentifully. Some examples of such as banana peel, kale, cabbage, spinach, mustard, long bean and broccoli. Organic garbage can be used as raw material for biogas. To produce biogas is only limited to the use of garbage from banana peel, kale, cabbage and spinach. The biogas is made from banana peel, kale, cabbage and spinach that has been separated from anorganic garbage. At the beginning of the process used banana peel waste as much as 4 kg in a blender until homogeneous. The banana peel that has been blended then mixed with 4 liters of water and put into the digester with size of 20 cm long, 20 cm wide and 30 cm long. The digester was equipped with gas pipe line, feeding tube, liquid outlet pipe and residual solid outlet pipe that each size is ½ inch of diameter of gas pipe line, 2 inch of diameter of feeding tube, ½ inch of diameter of liquid outlet pipe and 2 inch of diameter of residual solid outlet pipe. The anaerobic fermentation process is run for 7 days with a gas pressure observation every 10 hours. Subsequently, process was conducted with the same procedure but the banana peel replaced with kale, cabbage and spinach garbage. The maximum biogas pressure that made from banana peel garbage is 1.03325 bar, obtained within 110 hours. The maximum biogas pressure that made from spinach garbage is 1.0366 bar, obtained within 150 hours. The maximum biogas pressure made from kale garbage is 1.02575 bar, obtained within 150 hours. The maximum biogas pressure that made from cabbage garbage is 1.02850 bar obtained within 140 hours. In conclusion, the banana peel garbage, spinach garbage, cabbage garbage and kale garbage can be made biogas. The best production of biogas is using the banana peel garbage.

Keywords: organic garbage, digester, fermentation, anaerobic, biogas

1. PENDAHULUAN

Bank sampah pada saat ini sudah banyak berdiri di daerah Depok dengan tujuan untuk membantu mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke Tempat Pembuangan Sampah Akhir (TPA) di Cipayang. Salah satu bank sampah tersebut adalah Bank Sampah Melati Bersih (BSMB) yang beralamat di RW 05, Desa Duren Mekar, Bojongsari, Depok. Bank Sampah ini berdiri pada tahun 2013 dan merupakan bank sampah pertama yang berdiri di Desa Duren Mekar. Kegiatan utama adalah membantu nasabah dalam penimbangan sampah anorganik dan menjual ke pengepul barang bekas, sedangkan sampah organik sebagian ke Unit Pengolah Sampah (UPS) dan yang lainnya dibakar. Bank sampah lain yang berdiri setelah dibina oleh bank Sampah Melati Bersih antara lain Bank Sampah Cempaka beralamat di RW 01, Bank Sampah Teratai Putih beralamat di RW 03, Bank Sampah Mawar 3 beralamat di RW 06 dan Bank Sampah Sawangan Elok beralamat di RW 07. Sampai saat ini jumlah nasabah Bank Sampah Melati Bersih 98 KK dari 1075 KK, Bank Sampah Cempaka 54 nasabah dari 369 KK, Bank Sampah Teratai Putih adalah 24 nasabah dari 483 KK, Bank Sampah Mawar 3 adalah 25 nasabah dari 539 KK serta Bank Sampah Sawangan Elok sebanyak 85 nasabah dari 342 KK. Dari tahun 2013 sampai dengan 2016 Bank Sampah Melati Bersih mampu mengurangi jumlah sampah anorganik yang dibuang ke TPSA di Cipayang sebanyak 20,316 ton. Sampah organik sekitar 8,3 ton atau 60 % per minggu dikirim ke UPS untuk diolah menjadi pupuk dan sisanya 5,6 ton atau 40 % dibuang ke dalam lubang tanah atau dibakar, sehingga dapat mengundang berbagai macam penyakit atau polusi lingkungan. Jenis sampah organik tersebut antara lain kulit buah-buahan, sisa sayuran, buah busuk, nasi basi, sayuran basi dan sebagainya. Sebagai contoh sampah rata-rata per hari untuk kulit pisang adalah 150 kg, sisa sayur kangkung 125 kg, sisa sayur kubis 75 kg dan sisa sayur bayam 100 kg. Untuk mengatasi sampah organik yang belum tertangani tersebut, maka salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah mengolah sampah menjadi biogas secara fermentasi anaerob dalam suatu reaktor digester. Biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh warga sebagai bahan bakar untuk rumah tangga. Target luaran dari penelitian ini antara lain model reaktor digester yang sederhana, mudah dioperasikan serta mampu mengubah sampah organik menjadi biogas yang berkualitas tinggi dengan kapasitas 50 kg sampah per hari.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dimulai dari penyiapan bahan baku, alat yang dibutuhkan, penentuan tempat penelitian, merangkai peralatan penelitian, pelaksanaan penelitian dan pengolahan data.

2.1 Bahan

Bahan yang dibutuhkan adalah sampah organik dan air. Sampah organik yang digunakan antara lain: kulit pisang, sisa sayur kangkung, sisa sayur kubis dan sisa sayur bayam. Sedangkan air yang digunakan adalah air sungai. Komposisi dari sampah kulit pisang, sisa sayur kangkung, sisa sayur kubis dan sisa sayur bayam dapat dilihat pada Tabel. 1,2 ,3 dan 4.

Tabel. 1 Komposisi sampah kulit pisang

Senyawa/Unsur	Komposisi (%)
Air	68,90
Karbohidrat	18,50
Lemak	2,11
Protein	0,32
Kalsium (Ca)	0,715
Phosfor (P)	0,117
Besi (Fe)	0,00160
Vitamin B	0,00012
Vitamin C	0,01750

Tabel. 2 Komposisi sampah sisa sayur kangkung

Senyawa/Unsur	Komposisi (%)
Protein	3
Lemak	0,3
Karbohidrat	5,4
Kalsium (Ca)	0,073
Phosfor (P)	0,050
Besi (Fe)	0,003
Air	91,1740

Tabel. 3 Komposisi sampah sisa sayur kubis

Senyawa/Unsur	Komposisi (%)
Protein	1,3
Lemak	0,1
Karbohidrat	6,0
Kalium (K)	0,17
Natrium (Na)	0,018
Vitamin A	1,0
Kalsium (Ca)	4,0120
Air	87,4

Tabel. 4 Komposisi sampah sisa sayur bayam

Senyawa/Unsur	Komposisi (%)
Protein	3,5
Lemak	0,5
Karbohidrat	6,5
Vitamin B1	0,908
Vitamin C	0,080
Kalsium (Ca)	0,267
Fosfor (P)	0,067
Besi (Fe)	0,0039
Air	88,1741

2.2 Alat-alat pendukung

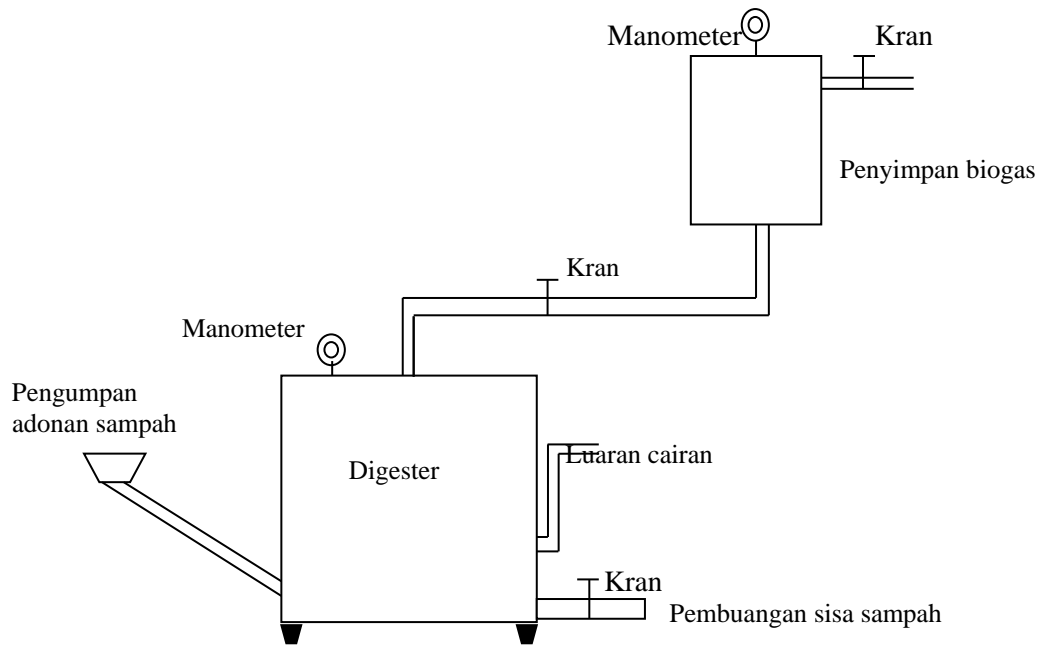
Alat yang digunakan antara lain: manometer logam, reaktor digester, tabung penampung biogas

2.3 Tempat pelaksanaan

Tempat pelaksanaan adalah Laboratorium Listrik, Teknik Elektro PNJ dan Laboratorium Afiliasi Kimia FMIPA UI.

2.4 Rangkaian model alat penelitian

Rangkaian sket model alat penelitian dapat dilihat pada Gambar. 1.



Gambar.1 Rangkaian alat penelitian

Model alat pembangkit biogas terdiri atas reaktor digester, manometer logam dan tabung penyimpanan biogas. Sedangkan model hasil rancangan pembangkit biogas dapat dilihat pada Gambar. 2 atau Gambar.3. Digester terbuat dari bahan baja anti karat dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 30 cm dan tinggi 75 cm. Tabung penyimpanan biogas terbuat dari baja tahan karat dengan panjang 20 cm, lebar 20cm dan tinggi 35 cm. Pipa pengumpan dan luaran cairan terbuat dari baja tahan karat dengan diameter 4 cm. Pipa pembuangan sisa sampah terbuat dari baja tahan karat dengan diameter 4 cm. Pipa saluran gas terbuat dari baja tahan karat dengan diameter 2,5 cm.



Gambar.2 Hasil perancangan pembangkit biogas



Gambar.3 Model alternatif pembangkit biogas

2.4 Pelaksanaan penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan menghilangkan sampah lain yang terikut pada sampah kulit pisang. Menimbang 4 kg sampah kulit pisang dan memasukkan sedikit demi sedikit ke dalam mesin pencacah (blender). Menambahkan 200 cc air sungai untuk setiap berat sampah 500 gram kedalam blender, kemudian mesin blender dijalankan sampai didapat adonan sampah yang halus dan homogin. Mengeluarkan adonan sampah dari blender dan memasukkan adonan tersebut ke dalam bejana penyimpan. Proses dihentikan setelah 4 kg sampah diproses menjadi adonan. Selanjutnya ditambahkan 4 liter air sungai kedalam 4 kg adonan sampah kulit pisang, kemudian dimasukkan ke dalam digester dan ditutup rapat sampai tidak ada udara yang dapat masuk kedalam digester. Proses fermentasi anaerob dilakukan selama 7 hari atau sekitar 168 jam dengan pengamatan tekanan gas dilakukan setiap 10 jam. Penelitian berikutnya dilakukan dengan cara yang sama dengan mengganti sampah kulit pisang berturut - turut dengan sisa sayur kangkung, sisa sayur kubis dan sisa sayur bayam.

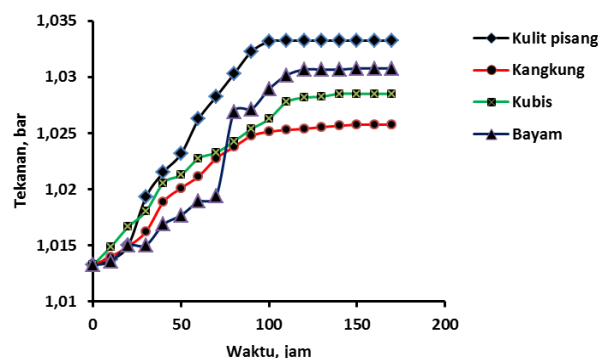
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pembuatan biogas dari sampah kulit pisang, sisa sayur kangkung, sisa sayur kubis dan sisa sayur bayam ditunjukkan pada Tabel.5 dan Gambar. 4.

Tabel.5. Hasil pengukuran tekanan biogas

Waktu (Jam)	Tekanan biogas (bar)			
	Kulit pisang	Kangkung	Kubis	Bayam
0	1,01325	1,01325	1,01325	1,01325
10	1,01370	1,01398	1,01486	1,01354
20	1,01501	1,01492	1,01665	1,01498
30	1,01928	1,01621	1,01802	1,01501
40	1,02152	1,01887	1,02056	1,01686
50	1,02315	1,02010	1,02127	1,01767
60	1,02625	1,02115	1,02275	1,01891
70	1,02825	1,02275	1,02325	1,01938
80	1,03025	1,02375	1,02425	1,02689
90	1,03225	1,02475	1,02536	1,02712
100	1,03315	1,02512	1,02625	1,02891
110	1,03325	1,02528	1,02776	1,03015
120	1,03325	1,02538	1,02815	1,03066
130	1,03325	1,02554	1,02825	1,03066
140	1,03325	1,02565	1,02850	1,03066
150	1,03325	1,02575	1,02850	1,03076
160	1,03325	1,02575	1,02850	1,03076
170	1,03325	1,02575	1,02850	1,03076

Berdasarkan Tabel. 5, dapat dilihat bahwa tekanan biogas maksimum dari sampah kulit pisang adalah 1,03325 bar dengan lama waktu proses 110 jam. Tekanan 1,03325 bar nampak stabil sampai proses bejalan 170 jam. Artinya jika proses fermentasi dijalankan lebih dari 110 jam, maka tidak akan menghasilkan tambahan biogas dan hanya akan membuang-buang waktu. Tekanan biogas maksimum dari fermentasi dari sampah kangkung adalah 1,02575 bar dengan lama waktu proses 150 jam. Tekanan 1,02575 bar juga selalu nampak stabil sampai proses bejalan 170 jam. Artinya jika proses fermentasi dijalankan lebih dari 150 jam, maka tidak akan menghasilkan tambahan biogas dan hanya akan membuang-buang waktu. Tekanan biogas maksimum yang dihasilkan dari fermentasi sampah kubis adalah 1,02850 bar dengan lama waktu proses 140 jam. Tekanan 1,02850 bar akan selalu stabil sampai proses bejalan 170 jam. Artinya proses fermentasi yang dijalankan lebih dari 140 jam tidak akan menghasilkan tambahan biogas dan hanya akan membuang-buang waktu. Sedangkan tekanan biogas maksimum yang dihasilkan dari fermentasi sampah bayam adalah 1,03076 bar dengan lama waktu proses 150 jam. Tekanan 1,02850 bar akan selalu stabil sampai proses bejalan 170 jam. Artinya proses fermentasi yang dijalankan lebih dari 170 jam tidak akan menghasilkan tambahan biogas dan hanya akan membuang-buang waktu.



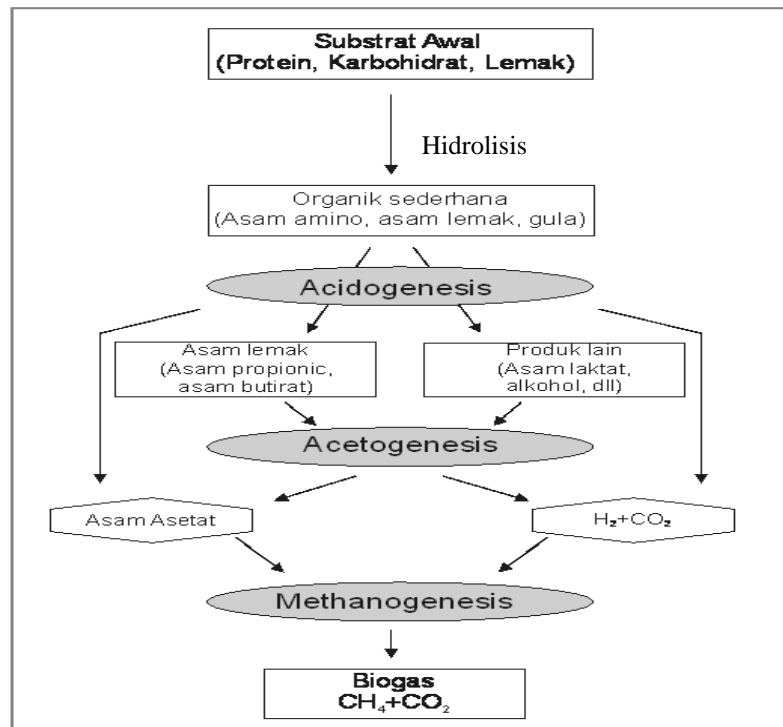
Gambar. 4 Kurva hasil pengukuran tekanan biogas dari berbagai jenis sampah organik

Dari Gambar. 4 dapat dijelaskan bahwa setiap jenis sampah dapat menghasilkan tekanan maksimum biogas yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dinyatakan bahwa setiap jenis sampah organik memiliki kemampuan maksimum yang berbeda-beda dalam menghasilkan biogas [1,2,3]. Tekanan gas paling tinggi adalah tekanan biogas yang dibuat dari sampah kulit pisang diikuti berturut-turut tekanan biogas yang terbuat dari sampah bayam, kubis dan kangkung. Tekanan gas tersebut masing-masing adalah 1,03325, 1,03076, 1,02850 dan 1,02575 bar. Semakin besar tekanan gas yang dihasilkan dari fermentasi suatu sampah, menunjukkan bahwa sampah tersebut mampu menghasilkan biogas yang semakin banyak dibandingkan dengan sampah lainnya. Dalam hal ini tekanan gas paling tinggi dihasilkan dari fermentasi sampah kulit pisang yaitu 1,03325 bar. Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa sampah kulit pisang adalah sampah organik yang paling baik sebagai penghasil biogas diikuti sampah bayam, kubis dan kangkung.

Menurut teori pada pembentukan biogas dinyatakan bahwa biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi sampah organik sangat ditentukan oleh banyaknya kandungan protein, karbohidrat dan lemak dalam sampah organik tersebut. Semakin tinggi kandungan protein, karbohidrat dan lemak, maka biogas yang dihasilkan juga semakin banyak [4,5]. Berdasarkan Tabel. 1, 2, 3 dan 4 terlihat bahwa kandungan protein, karbohidrat dan lemak tertinggi ditemukan pada sampah kulit pisang. Pada kulit pisang kandungan protein 0,32 %, karbohidrat 18,50 % dan lemak 2,11 %. Urutan selanjutnya ditemukan pada sampah bayam, kubis dan kangkung. Kandungan protein, karbohidrat dan lemak pada sampah bayam masing-masing adalah 3,5 %, 6,5% dan 0,5%. Sedangkan pada sampah kubis masing-masing adalah 1,3 %, 6,0% dan 0,1% dan pada sampah kangkung masing-masing adalah 3 %, 5,4 % dan 0,3 %. Berdasarkan kandungan protein, karohidrat dan lemak tersebut dapat dijelaskan bahwa sampah kulit pisang merupakan bahan organik yang mampu menghasilkan biogas yang paling banyak dibandingkan dengan

sampah bayam, kubis dan kangkung. Karena kandungan protein, karbohidrat dan lemak dalam sampah kulit pisang adalah yang paling tinggi dibandingkan dengan sampah bayam, kubis dan kangkung. Sedangkan secara umum komposisi sampah organik terdiri atas serat kasar 4,1% - 6,0 %, lemak 3,0% - 9,0%, protein 0,5% - 0,8% [6].

Mekanisme pembentukan biogas dari fermentasi anaerob sampah organik yang melibatkan protein, karbohidrat dan lemak dapat dijelaskan sebagai berikut [7]:



Tahap penguraian (fermentasi) bahan organik secara anaerob menjadi biogas dapat dijelaskan sebagai berikut [8]: hidrolisis, pada tahap ini molekul organik kompleks (karbohidrat, protein dan lemak) diuraikan menjadi bentuk yang lebih sederhana berupa gula sederhana, asam amino dan asam lemak. Asidogenesis, pada tahap ini terjadi proses penguraian yang menghasilkan amonia, karbon dioksida dan hidrogen sulfida. Asetogenesis, pada tahap ini terjadi penguraian produk asidogenesis yang menghasilkan hidrogen, karbon dioksida dan asetat. Metanogenesis, pada tahap ini terjadi penguraian dan sintesis produk tahap sebelumnya menghasilkan gas metana (CH₄). Hasil lain dari proses ini adalah karbon dioksida, air, dan sejumlah kecil senyawa gas lainnya

Reaksi fermentasi secara anaerob dari bahan organik dapat dijelaskan sebagai berikut [9] :

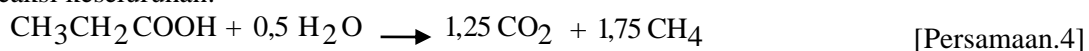
Asam Asetat :



Asam Propionat :



Reaksi keseluruhan:



Dari Persamaan. 4 terlihat bahwa hasil akhir fermentasi anaerob adalah biogas yang mengandung metan (CH₄) dan karbon dioksida (CO₂). Berdasarkan Tabel. 1, 2, 3 dan 4 terlihat bahwa sampah kulit pisang, bayam, kubis dan kangkung semuanya mengandung protein, karbohidrat dan lemak. Dengan demikian

dapat diperkirakan bahwa ke empat jenis sampah tersebut ketika mengalami proses fermentasi secara anaerob akan menghasilkan biogas yang terdiri atas campuran metan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Hal ini juga diperkuat dari hasil uji bakar pada biogas yang menunjukkan bahwa gas tersebut cukup mudah terbakar dengan api berwarna kebiruan. Api yang berwarna kebiruan menunjukkan bahwa sebagian besar biogas mengandung gas metan (CH_4). Berdasarkan penelitian sebelumnya disebutkan bahwa komposisi biogas dari proses fermentasi anaerob dari sampah organik terdiri atas metana CH_4 (55% - 75%), CO_2 (25% - 45%), N_2 (0% - 0,3 %), H_2 (1% - 5 %), H_2S (0% - 3 %) dan O_2 (0,1% - 0,5 %) [10].

Dari Tabel 5 terlihat bahwa waktu tercepat pada pembentukan biogas dengan tekanan maksimum ditemukan pada biogas yang dibuat dari sampah kulit pisang yaitu 110 menit. Tekanan maksimum pada kondisi tersebut adalah 1,03325 bar. Sedangkan waktu pembentukan biogas yang dibuat dari sampah sisa sayur kangkung, sisa sayur kubis dan sisa sayur bayam lebih dari 110 menit dengan tekanan maksimum kurang dari 1,03325 bar. Bila dianggap biogas merupakan gas ideal, maka biogas yang dibuat dari sampah kulit pisang adalah yang memiliki bobot paling tinggi dibandingkan dengan biogas yang dibuat dari sampah sisa sayur kangkung, sisa sayur kubis dan sisa sayur bayam. Karena semakin tinggi tekanan gas yang terbentuk akan menghasilkan berat gas yang lebih besar dibandingkan dengan tekanan gas yang lebih rendah. Mengingat potensi sampah kulit pisang sekitar 150 kg per hari dan waktu proses pembentukan biogas paling cepat dan tekanan atau berat biogas yang dihasilkan adalah yang paling tinggi, maka dapat direkomendasikan bahwa sampah kulit pisang adalah sampah organik yang paling baik dan potensial sebagai bahan baku untuk pembuatan biogas dibandingkan sampah sisa sayur kangkung, sisa sayur kubis dan sisa sayur bayam.

4. KESIMPULAN

Sampah organik dari kulit pisang, bayam, kubis dan kangkung dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat biogas. Berat sampah yang digunakan untuk membuat biogas dari setiap jenis sampah tersebut adalah 4 kg yang dicampur dengan air 4 liter. Tekanan maksimum biogas yang dihasilkan dari sampah kulit pisang, bayam, kubis dan kangkung masing-masing adalah 1,03325, 1,03076, 1,02850 dan 1,02575 bar dengan lama proses fermentasi secara anaerob adalah 110, 150, 140 dan 150 jam. Sampah kulit pisang adalah sampah yang paling tinggi menghasilkan biogas dengan waktu pembentukan gas paling cepat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada DRPM, Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi yang telah memberikan dana pengabdian kepada masyarakat untuk Skim Program Kemitraan Masyarakat (PKM) tahun 2018.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D Anggraini, M. B. Pertiwi, dan D. Bahrin, " Pengaruh Jenis Sampah, Komposisi Masukan dan Waktu Tinggal terhadap Komposisi Biogas dari Sampah Organik", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 1, no.18, 17-23, 2012
- [2] J. Sutrisno, " Pembuatan Biogas dari Bahan Sampah Sayuran (Kubis, Kangkung dan Bayam) ", *Jurnal Teknik WAKTU* , vol. 08, no. 01, 1412 – 1867, 2010
- [3] A. Yonathan, A.R. Prasetya dan B. Pramudono, " Produksi Biogas dari Enceng Gondok: Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Dihasilkan", *Jurnal Teknologi dan Industri*, vol. 2, no.2, 211-215, 2013
- [4] D.A. Herawati dan A.A. Wibawa, " Pengaruh Pretreatment Jerami Padi pada Produksi Biogas dari Jerami Padi dan Sampah Sayur Sawi Hijau Secara Batch", *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 4, no.1, 25-29, 2010
- [5] C.W Yuwono dan T. Soehartanto, " Perancangan Sistem Pengaduk pada Bioreaktor Batch untuk Meningkatkan Produksi Biogas", *Jurnal Teknik Pomits*, vol.2, no.1, 141-146, 2013
- [6] A.Ihsan, S. Bahri dan Mudsafira, " Produksi Biogas Menggunakan Cairan Isi Rumen Sapi dengan Limbah Cair Tempe", *Jurnal of Natural Science*, vol.2, no 2, 27-35, 2013

- [7] E.R. Aidha dan Y.Septriani,"Studi Perolehan Biogas dari Sampah Organik dan Alga (Sargasum SP)", *Jurnal Sains da Teknologi*, vol. 17, no. 1, 1-8, 2017
- [8] Budiyono,A.Wicaksono, H.H.A. Rahmawan dan L.G. K.Wardani," The Effect of Pretreatment Using Sodium Hydroxide and Acetic Acid to Biogas Production from Rice Strew Waste", *Matec Web of Conferences* 101,02011,1-6,2017
- [9] A.Saleh, E.Yilistia dan F.R. Rambe," Purifikasi Biogas Berdasarkan Perbedaan Mesh Kain Nilon dan Laju Alir Biogas", *Jurnal Teknik Kimia*, vol.23,no.2,137-145, 2017
- [10] J.H.Mussnugh, V. Klasen, A. Schluter and O. Kruse, "Microalgae as Substrates for Fermantative Biogas Production in Combined Biorefinery Concept", *Journal of Biotechnology*,vol.150, issues 1,151-56, 2010