

Upaya Proses Pemampatan Produksi Biogas Untuk Peningkatan Kapasitas Storage

Teguh Sasono dan Indriyani

Jurusan Teknik Energi, Politeknik Negeri Bandung

Email: teguhssn@gmail.com; indriyani.indriyani@gmail.com

Abstrak

Salah satu upaya untuk mendukung ketahanan energi adalah memanfaatkan sumber daya alam sebagai sumber energi terbarukan. Biogas merupakan salah satu komponen sumber energi terbarukan yang penggunaan dan perkembangan teknologinya di Indonesia masih terus berjalan. Pada bagian hulu, pengembangan bahan baku dan proses produksi biogas masih terus berkembang. Di satu sisi, area hilir terkait tahapan pemurnian dan penampungan biogas hasil produksi masih terus dikaji. Pada pengguna biogas di tingkat rumah tangga, penampungan hasil produksi biogas masih mengalami kendala terkait tempat penampungan/storage gas yang umumnya terbuat dari plastic dan menyita ruang. Penelitian ini berupaya memampatkan biogas ke dalam tabung LPG kapasitas 3 kg dengan menggunakan kompresor mobil, sehingga dapat memberikan kemudahan ketika pengguna akan memanfaatkannya dan dapat menghemat biaya transportasi dan penyimpanannya. Menimbang keamanan sistem, hasil kompresi ditetapkan sebesar 6,2 bar dengan hasil rata-rata sebesar 33,5 gram per tabung LPG. Kompresor bekerja pada keadaan dinamik dengan besarnya daya listrik yang digunakan sebanding dengan peningkatan tekanan dalam sistem kompresi, sebaliknya kecepatan motor berbanding terbalik terhadap daya listrik. Dari percobaan berbagai variasi kecepatan didapatkan besarnya rata-rata konsumsi energi listrik kompresor dan rata-rata konsumsi energi listrik total adalah 11,49 kJ dan 17,05 kJ per tabung LPG, sehingga indeks konsumsi energi listrik kompresor dan energi listrik total sebesar 0,3431 dan 0,5090 kJ/gram biogas. Dengan nilai HHV biogas sebesar 25.919,8 kJ/kg, maka besarnya total overhead energi untuk proses kompresi ini sebesar 0,5090 kJ energi listrik tiap 25,92 kJ biogas yang tersimpan dalam tabung atau rasionya sebesar 1,96%.

Kata Kunci: Kompresor, Biogas, Tabung gas, Tekanan.

1. PENDAHULUAN

Pada prinsipnya, biogas merupakan gas hasil degradasi senyawa organik yang dihasilkan melalui fermentasi anaerobic oleh bakteri penghasil senyawa metan. Limbah peternakan, perkebunan atau pertanian, seperti limbah kelapa sawit, tongkol jagung, ampas tebu, dan lain-lain, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan biogas (Mahajoeno, 2010). Komposisi senyawa yang berada di dalam biogas terdiri dari 50-75% gas metan, 25-50% CO₂, 0-10% Nitrogen, 0,3% H₂S, 0-1% Hidrogen dan tracegases lainnya (Qiang et al. 2012). Gas metan tersebut yang dimanfaatkan untuk proses pembakaran atau konversi energi.

Tempat penampungan biogas yang berbahan plastik tentunya memiliki kelemahan, salah satunya yaitu rawan akan terjadinya kebocoran. Selain itu ukuran plastik tempat penampungan gas yang besar membutuhkan tempat yang luas sehingga tidak bisa diterapkan di perkotaan yang minim akan lahan kosong (Agustian dan Friyanto, 2015).

Beberapa penggunaan teknik pemampatan biogas telah dilakukan dan masih dalam pengembangan. Pemampatan biogas kedalam tabung yang dilakukan secara komersial dengan nama dagang BizGas 55 L mampu memampatkan biogas ke dalam tabung, dengan menggunakan kompresor DMC-5 bertekanan tinggi (200 bar) pada temperature 150°C (Katalog Kencana Online, 2013). Tabung BizGas 55 liter dapat menampung sebanyak 11m³ atau setara dengan 11.000

liter biogas metan. Produk ini dapat digunakan sebagai bahan untuk menyalakan burner di industri. Kendala temperature operasi pemampatan yang rendah dan peralatan yang cukup mahal untuk pengomperisan serta safety operasi, menjadi tantangan apabila upaya pengoperasian dilakukan secara mudah dan efektif di tempat produksi biogas skala rumah tangga.

Upaya dalam pengompresian biogas sebelumnya pun telah dilakukan di Nepal (Baracharya, dkk., 2009) dengan menggunakan kompresor kulkas berhasil mengompresi biogas kedalam tabung 33 liter hingga tekanan 11 bar, dan di India (Mohanty, 2016) dengan menggunakan kompresor rakitan yang mereka sebut dengan "foot compressor" berhasil mengompresi biogas kedalam tabung 30 liter hingga tekanan 4 bar. Pada penggunaan gas metan untuk pembakaran motor bakar, dilakukan kompresi biogas yang telah dipurifikasi hingga tekanan 6 bar di tabung pengumpulan biogas (Surata, dkk., 2014).

Dari masalah tersebut, diperlukan penelitian mengenai pengoptimalan proses pemampatan yang dilakukan pada temperature ambien dengan kondisi isothermal adiabatic, untuk mendapatkan volume atau massa gas metan terbesar dengan pengoperasian yang aman. Melalui metode tersebut, hipotesis penelitian mengenai pemampatan secara isothermal dan adiabatic dengan opotimasi tekanan gas yang dihasilkan dapat menampung gas metan dengan kapasitas optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk penerapan penggunaan biogas termampatkan melalui perancangan peralatan untuk proses pemampatan biogas dalam tabung gas LPG melon 3 kg melalui proses pendinginan biogas agar upaya peningkatan kapasitas penyimpanan biogas dapat optimal.

Manfaat dari metode kompresi biogas yang diusulkan adalah untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan bahan bakar biogas dan memberikan kemudahan pada proses pemanfaatan biogas bertekanan yang akan digunakan untuk proses pembakaran di dalam kompor gas. Selain itu pendistribusian biogas menjadi lebih murah sehingga kapasitas penggunaan keseharian di masyarakat dapat ditingkatkan.

2. LANDASAN TEORI

Proses kompresi gas dilakukan dengan tiga cara yaitu proses isothermal, adiabatik, dan politropik. Perilaku masing-masing proses ini diuraikan sebagai berikut:

1. Kompresi Isothermal

Gas yang dikompresikan memerlukan energi mekanik dari luar yang diberikan kepada gas. Sebagian energi ini diubah menjadi energi panas dan energi potensial dengan naiknya tekanan. Namun, jika proses kompresi ini dibarengi dengan proses pendinginan pada temperatur tetap, maka proses kompresi ini disebut kompresi isothermal (temperatur tetap). Hukum Boyle-Charles menjadi dasar hubungan antara P dan v berikut:

$$Pv = GRT \tag{1}$$

Keterangan:

- P : Tekanan mutlak (kgf/m²) atau Pa
- v : Volume (m³)
- G : Berat gas (kgf) atau (N)
- R : Temperatur mutlak (K)
- T : konstanta gas (m/K)

Untuk T = tetap, persamaan tersebut menjadi Pv = tetap, atau

$$P_1v_1 = P_2v_2 = \text{tetap} \tag{2}$$

Pada operasi kompresor nyata, proses pendinginan tidak sepenuhnya dapat dijaga temperatur udara pada kondisi tidak berubah. Keadaan ini disebabkan oleh cepatnya proses kompresi di dalam silinder.

2. Kompresi Adiabatik

Proses kompresi adiabatik ini terjadi jika silinder diisolasi secara sempurna, sehingga panas yang dihasilkan dari hasil kompresi gas tidak merambat ke lingkungan. Secara praktis, proses adiabatik tidak pernah terjadi secara sempurna. Hubungan antara tekanan dan volume dalam proses ini dinyatakan dalam persamaan:

$$P_1.v_1^k = P_2.v_2^k = \text{tetap} \tag{3}$$

Dimana k = Cp/Cv

Perbandingan dengan formula kompresi isothermal dapat dinyatakan bahwa untuk pemampatan volume yang sama, proses kompresi adiabatik menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dari proses isothermal. Sebagai contoh, jika volume diperkecil menjadi 1/2, maka tekanan kompresi isothermal mencapai 2 kali lipat, sedangkan pada kompresi

adiabatik dapat dicapai lebih dari 2 kali lipatnya. Tekanan yang lebih tinggi dari hasil kompresi adiabatik dibandingkan dengan kompresi isothermal pada pengecilan volume yang sama, mengakibatkan kerja yang diperlukan pada kompresi adiabatik menjadi lebih besar.

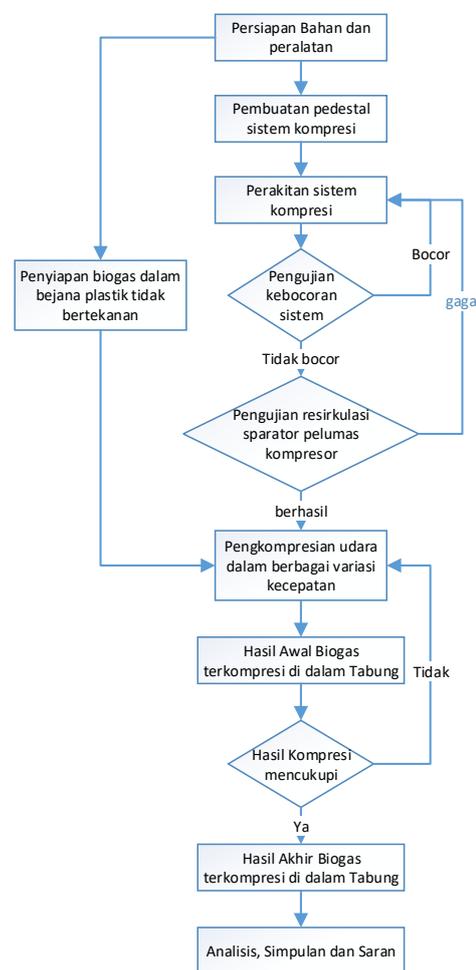
3. Kompresi Politropik

Kompresi pada kompresor yang sesungguhnya adalah kompresi politropik, terjadi kenaikan temperatur dan adanya pancaran panas keluar menuju lingkungan. Hubungan antara P dan v pada proses ini dapat dirumuskan sebagai

$$P_1.v_1^n = P_2.v_2^n = \text{tetap} \tag{4}$$

Indeks n disebut indeks politropik dan nilainya antara 1 (proses isothermal) dan k (proses adiabatik). Jadi 1 < n < k. untuk kompresor biasa, n = 1,25 s.d. 1,35.

3. METODE PENELITIAN



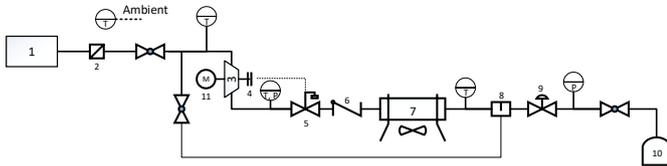
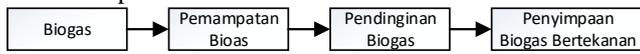
Gambar 1 Diagram alir metode penelitian

3.1. Langkah Pembuatan dan Perakitan Sistem

Secara umum pembuatan dan perakitan sistem kompresi biogas ini ditujukan untuk mengakomodasi perubahan besarnya laju produksi biogas hasil digester untuk disimpan dalam tabung bertekanan yang mudah dimanfaatkan. Atas dasar itu direncanakan penggunaan Variable Frequency Speed Drive (VFSD) untuk penggerak motor listrik 3 fasa sebagai penggerak mula kompresor. Kompresor yang dipilih dapat memberikan proses kompresi yang mencukupi untuk

keperluan penyimpanan biogas. Sedangkan tabung gas yang digunakan adalah tabung gas LPG 3 kg yang dikosongkan isinya.

Adapun diagram alir proses dan diagram instrument dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini. Terdapat empat thermocouple dan dua indikator tekanan



Gambar 3 Diagram alir & instrumen sistem pemampatan

Keterangan:

1. Tabung digester/biogas
2. Filter gas
3. Kompresor
4. Clutch compressor
5. On/Off electric pressure
6. Check Valve
7. Radiator /pendingin udara
8. Separator oli
9. Pressure regulator
10. Tabung penyimpan gas bertekanan
11. Motor listrik 3 fasa dengan VFSD

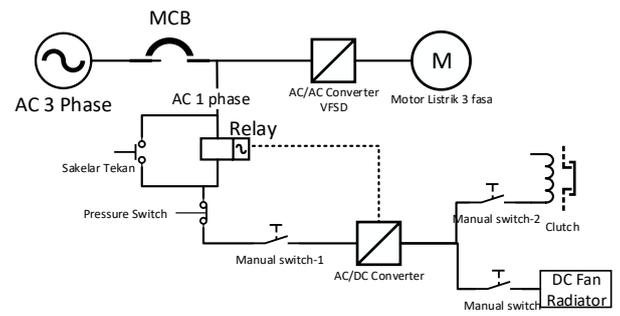
Terdapat tiga bagian proses perakitan, yaitu:

4. Perakitan mekanikal, pembuatan pedestal, puli, gland compressed untuk thermokopel, pembuatan koneksi ke katup gas, dan perakitan motor ke pedestal



Gambar 4 modifikasi koneksi ke katup kendali tabung

5. Perakitan elektrik, daya listrik AC 3 fasa dengan tegangan 380 volt digunakan sebagai sumber penggerak motor motor induksi atau disebut dengan motor asinkron, sedangkan daya listrik AC satu fasa dengan tegangan 220 volt digunakan untuk memasok AC to DC inverter untuk menghidupkan clutch. Apabila switch manual ke clutch dihidupkan, maka kompresor akan bekerja dan akan berhenti secara otomatis apabila tekanan pasokan ke tabung gas melebihi tekanan pengesetan dari pressure switch. Rangkaian keseluruhan sistem kelistrikan tersebut dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 5 Diagram satu garis sistem kelistrikan



Gambar 6 Instalasi sistem kompresi biogas

6. Dan perakitan instrumen, kartu USB, dan perangkat lunak antar muka komputer. Pembacaan temperatur digunakan device DAQ USB-4718 dengan perangkat lunak antar muka data logger DaqNavinya dengan pengaturan selang perekaman tiap siklus dapat diubah sesuai dengan kebutuhan.

3.2. Tahap Pre-operasi dan Pengujian Sistem

Pada tahap pre-operasi dilakukan pengecekan fungsi-fungsi berikut:

1. Pengecekan proses instalasi ke pedestal dan sistem sambungan pemipaan secara visual.
2. Pengecekan kecukupan kekencangan belt yang menghubungkan antar puli agar proses transmisi daya motor listrik tidak mengalami slip.
3. Pengujian fungsi motor listrik dengan sumber daya listrik AC tiga fasa dapat berjalan dengan baik.
4. Pengujian AC/DC converter untuk pencatu daya clutch dan kipas radiator, pada tahap ini juga dilakukan pengujian fungsi clutch.
5. Pengujian thermocouple tipe K dengan DaqNavi USB-4718 untuk mengecek apakah memberikan pengukuran tentang suhu ambient dengan benar, pengukuran ini dikalibrasikan dengan termocouple tipe K lain yang telah terkalibrasi. Pengujian juga dilakukan pada aplikasi data logger DaqNavi apakah memberikan data sesuai dengan selang pembacaan data temperature dari thermocouple yang diinginkan.
6. Pengujian kebocoran ini dapat dilihat pada terjadinya perubahan tekanan pada indikator tekanan kedua. Jika indikator tekanan kedua menunjukkan kesetabilan, maka dapat disimpulkan sistem pemipaan tidak mengalami kebocoran. Apabila terjadi kebocoran dapat dilakukan proses pencarian dengan cairan sabun yang dioleskan pada bagian pipa yang diperkirakan terjadi kebocoran.

7. Pengujian resirkulasi sistem pelumasan kompresor dengan mensirkulasi kembali pelumas dari separatornya dengan menutup katup henti pada masukan biogas dan menghidupkan clutch beberapa waktu untuk meyakinkan agar semua pelumas sudah mengalir kembali ke kompresor.
8. Pengujian *pressured switch* dengan cara memutar ulir bagian dalam untuk menemukan tekan henti yang dikehendaki seraya sistem kompresor dijalankan pada kecepatan rendah. Pengesetan dilakukan pada saat indikator tekanan dua menunjukkan pada besaran 6,2 bar dan *pressured switch* memutus aliran daya listrik ke AC/DC converter. Pengujian ini juga dilakukan pada fungsi relay, karena pressure switch menggerakkan pasokan daya ke converter AC/DC yang juga digunakan untuk menggerakkan relay.
9. Menyesuaikan kembali sistem pemipaan dengan kondisi ambient dengan membuka kembali katup henti di tabung.
10. Penyiapan biogas dalam plastik dengan mengikankan ujung plastic yang terbuka dengan mulut pipa dari filter gas.
11. Penyiapan tabung gas elpiji yang kosong (tidak bertekanan), tabung ini nantinya akan diisi dengan biogas bertekanan dengan sistem ini hingga bertekanan 2-3bar, kemudian dilepas kembali dari sistem dan "dikosongkan" isi gas bertekanan dengan katup kendali gas yang lainnya. Proses ini dilakukan sebanyak dua kali untuk meyakinkan bahwa mayoritas isi tabung adalah biogas. Pada proses pengkompresian biogas perlu dijaga agar kenaikan temperatur biogas tidak melebihi temperatur nyala (*autoignition temperature*) biogas, karena bisa terjadi penyalaan biogas dengan sendirinya (tanpa bantuan bunga api) apabila terdapat oksigen.

3.3. Tahap Operasi dan Pengambilan Data

Adapun langkah-langkah operasi yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan alat ukur listrik pada instalasi listrik setelah MCB dan memastikan bahwa potensiometer pada PLC di VFSD berada pada posisi minimum
2. Pemasangan kabel instrument thermocouple ke USB-4718 dan pastikan terjadi koneksi dan komunikasi yang benar dengan computer dan perangkat lunak data loggernya.
3. Penyiapan sistem kompresi yang telah dilengkapi wadah plastic yang berisi biogas pada pipa masukannya.
4. Pastikan bahwa katup kendali pada separator dibuka maksimum agar proses pengisian gas ke tabung LPG tidak dibatasi tekannya.
5. Pastikan switch listrik clutch dalam posisi mati dan hidupkan MCB
6. Menghidupkan VFSD dengan menekan tombol hijaunya pada panelnya.
7. Buat file data logger untuk selang 10 Hz selama percobaan ini kemudian jalankan proses perekamannya.
8. Kosongkan tabung gas LPG dengan menggunakan katup gasnya beberapa saat. Timbang tabung gas dalam keadaan kosong dan catat massanya.

9. Menaikkan nilai potensiometer VFSD perlahan hingga mencapai nilai 10, motor listrik akan bergerak perlahan dan semakin cepat putarannya sejalan dengan perubahan nilai potensiometernya.
10. Catat suhu kompresor dengan infrared thermometer, nilai daya listrik, dan kecepatan putaran motor sebelum kompresor bekerja.
11. Hidupkan konverte AC/DC dengan menekan sesaat sakelar tekan.
12. Hidupkan manual switch-2 pada clutch kompresor bersama-sama dengan jam henti yang ada di smartphone, lakukan pengamatan perubahan kecepatan motor listrik, perubahan tekanan, dan daya listrik per periode tertentu hingga pressure switch mati dengan sendirinya (tekanan output mencapai 6,2bar).

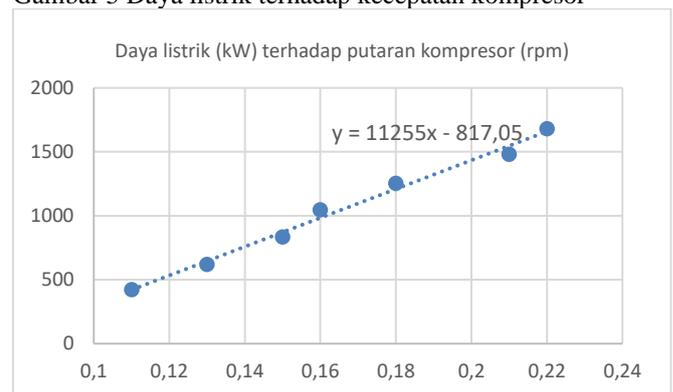
4. ANALISIS DATA DAN HASIL

Hubungan antara kecepatan motor dan daya listrik yang diberikan pada posisi kompresor tidak bekerja dapat dilihat pada tabel 1. Dengan asumsi pada kasus kompresor tidak beroperasi ini dapat dianggap torsi tetap, maka daya motor merupakan fungsi torsi dan kecepatan sudutnya, sehingga daya listrik motor merupakan fungsi linear dari kecepatan sudutnya.

Tabel 1 Data pada saat posisi *switch* clutch mati

No	Potensiometer VFSD	motor Listrik			Putaran (rpm)	
		S (kVA)	P (kW)	Cos Phi	motor	Kompresor
1	10,1	0,26	0,11	0,4231	356	422
2	14,8	0,30	0,13	0,4333	522	619
3	19,9	0,34	0,15	0,4412	703	833
4	25,0	0,36	0,16	0,4444	884	1,048
5	29,9	0,39	0,18	0,4615	1058	1,254
6	35,3	0,46	0,21	0,4565	1249	1,481
7	40,0	0,47	0,22	0,4681	1417	1,680

Gambar 5 Daya listrik terhadap kecepatan kompresor



Proses penyiapan biogas digunakan hasil dari proses purifikasi dengan komposisi rata-rata sebagai berikut: 73,8% CH₄, 22,2% CO₂, 3,6% N₂, dan 0,4% O₂. Apabila nilai kalori bahan bakar (HHV) CH₄ adalah 49.855,3 kJ/kg, maka besarnya nilai kalori biogas berdasarkan perbandingan massa molekulnya adalah kurang lebih 25.920 kJ/kg.

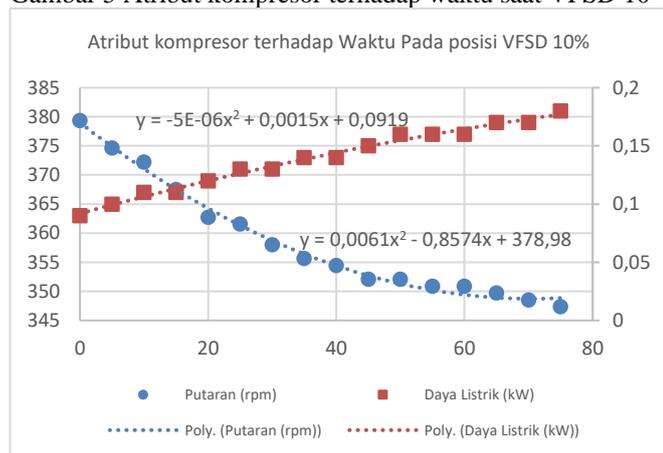
Pada percobaan pertama, dengan posisi potensiometer VFSD pada skala 10,1, didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2 di bawah ini. Putaran motor listrik

menurun dengan drastis sesaat setelah clutch dihidupkan, dari 356 ke 320 rpm. Sejalan dengan perubahan waktu pengisian biogas ke tabung LPG kecepatan motor menurun secara perlahan sebaliknya daya motor listrik meningkat secara perlahan. Kondisi ini terjadi karena kerja kompresor tidak berada pada keadaan tunak, tetapi berada pada keadaan yang dinamis mengikuti semakin besarnya tekanan dalam tabung LPG penyimpan biogas. Hubungan waktu antara keduanya parameter tersebut, daya dan kecepatan putaran motor listrik, dapat dilihat pada gambar 4.2. Daya listrik bersih kompresor merupakan pengurangan daya pada saat itu dikurangi daya pada saat switch clutch mati.

Tabel 2 Proses pemampatan pada posisi potensiometer 10

No.	Waktu (detik)	Putaran (rpm)		Daya Listrik (kW)		Temperatur Keluar	
		Motor	Kompresor	motor	Kompresor	Kompresor	Radiator
1	0	320	379	0,2	0,09	37	28
2	5	316	375	0,21	0,10	37	28
3	10	314	372	0,22	0,11	38	28
4	15	310	367	0,22	0,11	38	28
5	20	306	363	0,23	0,12	38	28
6	25	305	363	0,24	0,13	38	28
7	30	302	358	0,24	0,13	38	28
8	35	300	356	0,25	0,14	38	28
9	40	299	354	0,25	0,14	38	28
10	45	297	352	0,26	0,15	38	28
11	50	297	352	0,27	0,16	39	28
12	55	296	351	0,27	0,16	39	28
13	60	296	353	0,27	0,16	39	28
14	65	295	350	0,28	0,17	39	28
15	70	294	349	0,28	0,17	40	28
16	75	293	347	0,29	0,18	40	28

Gambar 5 Atribut kompresor terhadap waktu saat VFSD 10



Konsumsi energi untuk proses pemampatan biogas ke dalam tabung LPG penyimpan dihitung dengan merataratakan daya yang digunakan untuk proses tersebut (dalam tabel 4.2-4.7) dikalikan dengan waktu yang diperlukan dalam tahap proses pemampatan tersebut. Adapun besarnya energi yang dikonsumsi dapat dilihat pada tabel 4.8 di bawah ini. Rata-rata konsumsi energi kompresor adalah 11,49 kJ untuk massa biogas rata-rata sebesar 33,5 gram pada tekanan 6,2 bar dengan indeks konsumsi energinya sebesar 0,3431 kJ/gram

biogas. Sedangkan energi listrik total adalah 17,05 kJ per 33,5 gram biogas dengan indeks konsumsi energi sebesar 0,5090 kJ/gram biogas.

Tabel 3 Konsumsi energi kerja kompresor bersih dalam proses pemampatan biogas

No	Potensio- meter VFD	Wa ktu (det ik)	Daya Kompresor kW	Daya Listrik Total kW	Energi kompresor kJ	Energi Total kJ	Massa Biogas (gram)
1	10,1	75,4	0,139	0.249	10.41	18.66	34
2	14,8	49,4	0,242	0.372	11.95	18.37	34
3	19,9	34,3	0,330	0.480	11.29	16.42	33
4	25,0	28,6	0,403	0.563	11.52	16.10	33
5	29,9	25,1	0,473	0.653	11.88	16.40	33
6	35,3	21,2	0,562	0.772	11.91	16.37	34
Rata-rata					11,49	17,05	33,5

5. KESIMPULAN

Dari analisis dan pembahasan dapat ditarik simpulan sebagai berikut:

1. Pada keadaan kompresor tak berbeban, besarnya daya listrik bersih kompresor sebanding dengan kecepatan putaran motor listrik karena torsi motor konstan.
2. Apabila sistem kompresor bekerja secara dinamis menuju pada rasio kompresi yang semakin besar (tekanan tabung penyimpan biogas makin besar), besarnya putaran motor listrik relative semakin pelan dan besarnya daya listrik semakin meningkat, karena torsi motor listrik yang diperlukan semakin besar.
3. Dengan hasil kompresi biogas 6,2 bar dengan massa gas rata-rata sebesar 33,5 gram per tabung LPG didapatkan besarnya rata-rata konsumsi energi listrik kompresor adalah 11,49 kJ dengan indeks konsumsi energi listrik kompresor sebesar 0,3431 kJ/gram biogas, sedangkan rata-rata konsumsi energi listrik total adalah 17,05 kJ dengan indeks konsumsi energi total sebesar 0,5090 kJ/gram biogas
4. Besarnya overhead energi proses kompresi berkisar sebesar 0,5090 kJ tiap 25,92 kJ energi biogas yang tersimpan pada tekanan 6,2 bar atau sebesar 1,96% dari energi tersimpannya. Untuk memperkecil overhead energi sebaiknya digunakan biogas yang telah terpurifikasi dengan baik dengan kadar CH₄ yang tinggi.
5. Sistem dapat digunakan untuk mendukung hasil kapasitas produksi biogas yang beragam karena dilengkapi dengan VFSD yang cukup efisien.

Diperlukan penelitian lanjut jika sisi kepraktisan dan kebutuhan energi indeks menjadi pertimbangan lanjut sebagaimana saran berikut ini:

1. Untuk memperbesar kapasitas penyimpanan diperlukan tekanan penyimpanan yang tinggi, semakin tinggi tekanan akan memerlukan energi yang semakin besar tergantung pada faktor kompresinya, Namun karena sifat langkah operasi kompresor, sistem kompresi bertahap dapat diterapkan dengan prakiraan indeks energi yang relative sama per satuan energi yang disimpannya karena masukkan gas yang akan dikompresi sudah bertekanan tinggi, sehingga

diperlukan sistem kompresi dan tabung penyimpan yang mampu bekerja dengan tekanan tinggi dan dioperasikan secara bertingkat.

2. Proses pemampatan dengan menggunakan kompresor ini menyebabkan pelumas kompresor ikut keluar dan terpisahkan dalam tabung separator. Kondisi ini memerlukan sistem sirkulasi tertutup dengan menambahkan pemipaan dari tabung separator menuju ke masukkan kompresor, sehingga secara berkala diawasi jumlah oli dalam separator dan apabila mendekati penuh dilakukan resirkulasi dengan mengoperasikan kompresor dengan menutup katup masukan biogas agar oli dalam separator secara cepat tersedot kembali ke dalam kompresor. Sistem ini kurang handal sehingga disarankan penggunaan kompresor berjenis bebas oli agar tidak memerlukan pengawasan lagi.

REFERENSI

- [1] Agustian Adang dan Supena Friyatno, 2015. Prospek Pengembangan Biogas Dari Kotoran Ternak Mendukung Sistem Pertanian-Bioindustri Di Provinsi Jawa Barat, Prosiding: Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34 Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial. Indonesian Agency For Agricultural Research And Development (laard) Press 2015, Hal 307-316.
- [2] Bajracharya, Tri Ratna; Alok Dhingana; Nirajan Thapaliya, Gogan Hamal. 2009. Purification and Compression of Biogas: A Research Experience. Journal of The Institute of Engineering, Vol. 7, No. 1, pp. 1-9. Nepal
- [3] Darr, J. H., Crawford, R. R., 1992. Modeling of an Automotive Air Conditioning Compressor Based on Experimental Data, Air Conditioning and Refrigeration Center, University of Illinois, Mechanical & Industrial Engineering Dept., 1206 West Green Street, Urbana, IL 61801
- [4] Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), 2012, Program of Bioenergi Development in Indonesia. Energi and Environmental Partnership (EEP) Indonesia Annual Forum.
- [5] Katalog Kencana online, 2013. Tabung BiZgas 55 L (Biogas Holder). Akses :http://kencanaonline.com/index.php?route=product/product&product_id=101 Diakses tgl. 20 Feb 2018
- [6] Kurniawan, Angga. 2016. Pembuatan Dan Pengujian Alat Pemurnian Biogas Menggunakan Metode Adsorpsi Dengan Variasi Ukuran Karbon Aktif Sebagai Adsorben. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Energi
- [7] Mahajoeno, Edwi, 2010, Pengembangan Energi Terbarukan Dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit, Institut Pertanian Bogor.
- [8] Mohanty, M.K., N.H.S. Ray, R.C Mohanty, 2016. Biogas Compression and Storage Sistem for Cooking Application in Rular Household. International Journal of Renewable Energi Research. s. India
- [9] Praxair, 2016. Material Safety Data sheet: Methane. Praxair Canada Inc
- [10] Qiang H, Langa D-L, Li Y-Y, 2012. High-solid mesophilic methane fermentation of food waste with an emphasis on iron, cobalt, and nickel requirements. Bioresour Technol 103:21–27
- [11] Rahman, B. 2005. Biogas, Sumber Energi alternatif. Tersedia online: <http://www.energi.lipi.go.id>. Diakses tgl. 20 Feb 2018
- [12] Sukmana, R. Widya, 2011. Biogas dari Limbah Ternak. Bandung: Penerbit NUANSA
- [13] Surata, I Wayan., Tjokorda Gde Tirta, I Ketut Adi Atmika, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara, Wayan Eka Permana Putra, 2014. Simple Conversion Method from Gasoline to Biogas Fueled Small Engine to Powered Electric Generator. Energi Procedia: 52, 626-632
- [14] Wahyuni, Sri, 2009. Biogas, Penerbit: Penebar Swadaya. Depok. <http://www.fuelinjectedford.com/page41.html> , Diakses tgl. 20 Feb. 2018