

Sistem Kontrol Produk Gas Metana pada *Digester* Tipe *Fixed Dome*

Rizqi Rahmawan

Jurusan Teknik Elektro - Fakultas Teknik - Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

email : rizqirahm@gmail.com

Abstrak – Teknologi biogas di Indonesia telah berkembang sejak lama, namun aplikasi penggunaannya sebagai sumber energi alternatif belum berkembang luas. Beberapa hal yang menjadi kendala dalam perkembangan biogas antara lain adalah karena tabung pengolah biogas (*digester*) yang tidak berfungsi akibat kebocoran maupun kesalahan konstruksi, desain yang rumit untuk dioperasikan dan pengaturan tekanan biogas yang masih membutuhkan penanganan secara manual.

Perlu dirancang *digester* yang efektif dan mudah dioperasikan dengan cara menambahkan kontroler ON-OFF sebagai pengatur tekanan pada pembuatan biogas. Kontroler ON-OFF menghasilkan sinyal kontrol yang berfungsi memperkecil kesalahan (*error*) sebuah sistem dengan membandingkan nilai keluaran *plant* yang sebenarnya dengan nilai yang diinginkan.

Dari perancangan dihasilkan sebuah *digester* yang mudah dioperasikan dan mempunyai performa lebih baik dalam menghasilkan biogas. Dengan adanya pengontrolan tekanan, yang secara tidak langsung mempengaruhi perubahan suhu dalam *digester*, maka proses pembuatan biogas akan menjadi lebih baik. *Digester* dengan pengontrolan menghasilkan volume gas sebanyak 1955 ml, 120 ml lebih banyak dibandingkan dengan *digester* pada umumnya.

Kata Kunci— *Biogas, digester, kontroler ON-OFF.*

I. PENDAHULUAN

SEIRING dengan pertumbuhan penduduk, pengembangan wilayah dan pembangunan dari tahun ke tahun, kebutuhan terhadap bahan bakar minyak secara nasional pun semakin besar. Kelangkaan bahan bakar minyak, yang disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan, telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat mengatasi masalah energi bersama-sama. Salah satu usaha pemerintah dalam mengatasi masalah ini adalah dengan menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia nomor 5 tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak.

Salah satu energi terbarukan yang dapat dihasilkan dengan teknologi tepat guna yang relatif lebih sederhana dan sesuai untuk daerah pedesaan adalah energi biogas. Teknologi biogas di Indonesia sendiri telah berkembang sejak lama, namun aplikasi penggunaannya sebagai sumber energi alternatif belum berkembang secara luas. Kurangnya *technical expertise*, *digester* yang tidak berfungsi akibat kebocoran maupun kesalahan konstruksi, dibutuhkan penanganannya secara manual dan desain yang tidak *user friendly* menjadi beberapa

kendala dalam perkembangan biogas di pedesaan [1]. Oleh karena itu perlu dirancang *digester* yang mudah dioperasikan, efektif dan aman, dengan cara menambahkan kontroler ON-OFF sebagai pengatur tekanan pada pembuatan biogas.

Dalam skripsi ini akan dirancang sebuah *digester* dengan kapasitas 50 l, dengan memanfaatkan kontroler ON-OFF sebagai pengatur tekanan gas metana dalam *digester*. Pengontrolan tekanan gas metana dalam *digester* bertujuan agar proses pengoperasian *digester* bisa lebih mudah, serta untuk menghindari tekanan berlebih yang dapat mengakibatkan kebocoran pada *digester*. Dengan adanya alat ini, diharapkan minat masyarakat terhadap biogas semakin besar dan pada akhirnya ketergantungan terhadap bahan bakar minyak dapat berkurang.

II. DASAR TEORI

A. *Biogas*

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam. Bahan baku sumber energi ini merupakan bahan non-fosil, umumnya adalah limbah atau kotoran ternak [2]. Pada perancangan ini digunakan kotoran sapi sebagai bahan baku pembuatan biogas, mengingat jumlahnya yang cukup melimpah, khususnya di daerah pedesaan.

B. *Digester*

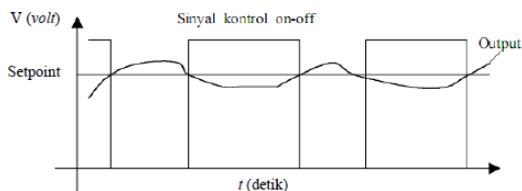
Pada dasarnya, kotoran sapi yang ditumpuk atau dikumpulkan begitu saja dalam beberapa waktu tertentu akan membentuk gas metana dengan sendirinya. Namun, karena tidak ditampung, gas itu akan hilang menguap ke udara. Karena itu, untuk menampung gas yang terbentuk dari kotoran sapi dapat dibuat beberapa model konstruksi alat penghasil biogas atau yang biasa disebut dengan *digester* [3].

Berdasarkan cara pengumpulan gas, terdapat dua jenis *digester* yaitu model kubah tetap (*fixed dome*) dan model tangki terapung (*floating drum*). Pada model *fixed*, penampung gas menjadi satu konstruksi dengan *digester*. Sedangkan pada model *floating drum*, penampung gasnya akan terapung diatas *digester* sehingga kapasitasnya akan naik turun sesuai dengan produksi gas yang dihasilkan [4].

C. *Kontroler ON-OFF*

Dalam sistem kontrol ON-OFF, sinyal kontrolnya hanya mempunyai dua posisi tertentu yaitu *on* dan *off*.

Kontroler dua posisi atau kontroler ON-OFF relatif sederhana dan tidak mahal, sangat banyak digunakan dalam sistem kontrol industri maupun domestik. Ilustrasi dari kontroler ON-OFF seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi sinyal kontrol on-off

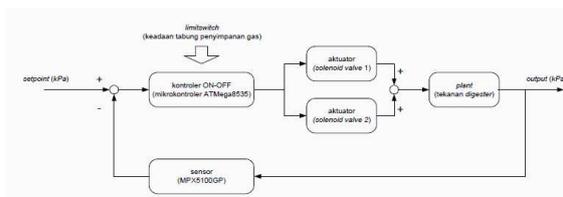
Dari gambar dapat diamati bahwa jika *output* lebih besar dari *setpoint*, aktuator akan *off*. *Output* akan turun dengan sendirinya sehingga menyentuh *setpoint* lagi. Pada saat itu, sinyal kontrol akan kembali *on* (aktuator *on*) dan mengembalikan *output* kepada *setpoint*-nya. Demikian seterusnya sinyal kontrol dan aktuator akan *on-off* terus menerus.

III. PERANCANGAN

Perancangan sistem kontrol produk gas metana pada *digester* tipe *fixed dome* dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a) *Digester* yang digunakan merupakan *digester fixed dome* dengan ukuran 60 l.
- b) Bahan organik yang digunakan sebagai bahan isian *digester* adalah 30l kotoran sapi yang dicampur air dengan perbandingan 1:1.
- c) Menggunakan kontroler ON-OFF yang diterapkan pada mikrokontroler ATmega8535 untuk mengatur tekanan gas metana di dalam *digester*.
- d) Menggunakan sensor MPX5100GP untuk mengukur tekanan gas di dalam *digester*.
- e) Menggunakan sensor LM35 untuk mengukur suhu di dalam *digester*.
- f) Menggunakan *solenoid valve* dengan sumber tegangan AC 220V untuk mengalirkan gas dari dalam *digester*.
- g) Menggunakan *relay* Omron MY2N sebagai saklar untuk mengaktifkan *solenoid valve*.

Perancangan blok diagram sistem seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.

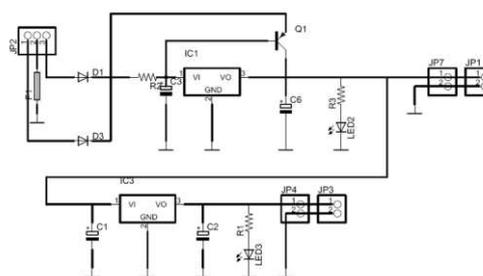


Gambar 2 Blok Diagram Sistem

A. Perancangan Catu Daya Sistem

Sistem kontrol produk gas metana pada *digester* membutuhkan tiga jenis catu daya yang berbeda, yaitu catu daya DC 5V untuk rangkaian mikrokontroler

ATmega8535 dan sensor tekanan MPX5100GP, catu daya DC 12V untuk koil *relay*, dan catu daya AC 220V untuk input *solenoid valve*. Skema rangkaiannya ditunjukkan pada gambar 3.

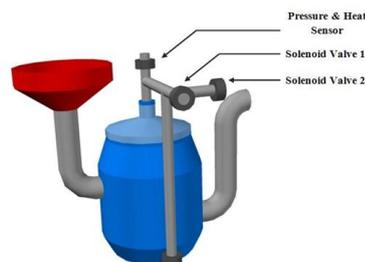


Gambar 3 Rangkaian catu daya

B. Perancangan Digester Biogas

Digester biogas yang digunakan sebagai tempat pengujian sistem pengontrolan tekanan berupa tabung dengan ukuran diameter 40 cm dan tinggi 90 cm, terbuat dari bahan yang tidak mudah terkorosi. *Digester* biogas dilengkapi dengan pipa untuk menyalurkan gas ke tabung penyimpanan gas dan juga pipa saluran pembuangan gas.

Di dalam *digester* terdapat sebuah sensor tekanan MPX5100GP dan sensor suhu LM35DZ yang masing-masing berfungsi untuk mengetahui kondisi tekanan gas dan suhu pada tabung *digester*. Pada pipa saluran penyimpanan dan juga pipa saluran pembuangan gas masing-masing terdapat sebuah *solenoid valve*. Kedua *solenoid valve* tersebut dikontrol secara otomatis menggunakan mikrokontroler untuk menjaga tekanan gas pada tabung *digester*. Penempatan sensor MPX5100GP dan *solenoid valve* tersebut diatas seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4 Penempatan Sensor Dan Aktuator Pada Plant

C. Perancangan Sensor Tekanan MPX510GP

Sensor MPX5100GP berfungsi untuk mengetahui besar tekanan gas dalam sebuah media tekanan gas. Sensor ini bekerja berdasarkan sifat piezoresistif, yaitu perubahan nilai resistansi suatu benda karena perubahan bentuk permukaan dari benda tersebut. Berdasarkan karakteristik kerja sensor pada *datasheet*, MPX5100GP dapat bekerja dengan baik apabila diberi tegangan masukan sebesar $\pm 5V$ DC dan arus sebesar 7-10 mA.

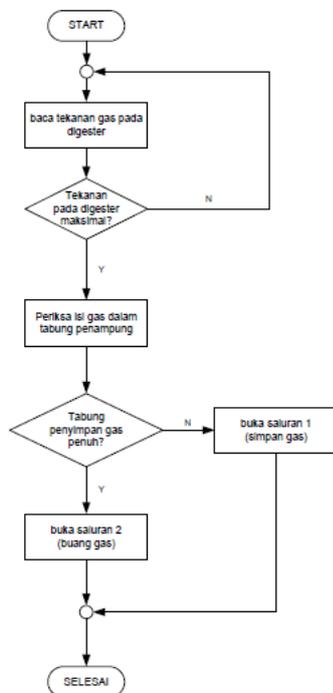
Minimum sistem pada mikrokontroler ATmega8535 terdiri dari sebuah mikrokontroler ATmega8535, 10 buah PIN eksternal untuk memasukkan program ke *flash memory*, dan sebuah modul *RESET* yang terdiri dari sebuah kapasitor, resistor *pull-up*, serta sebuah *pushbutton*. Minimum sistem mikrokontroler yang dirancang menggunakan kristal osilator eksternal sebesar 8 MHz yang dihubungkan dengan kapasitor sebesar 22 pF sesuai dengan datasheet ATmega8535.

Pin-pin mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan Sistem Kontrol Produk Gas Pada *Digester* Tipe *Fixed Dome* adalah sebagai berikut:

- 1). PINA.0 : sensor MPX5100GP.
- 2). PINC.1 : sensor *Limit Switch*.
- 3). PIND.0 : LED indikator.
- 4). PIND.1 : *solenoid valve 1*.
- 5). PIND.2 : *solenoid valve 2*.

G. Perancangan Perangkat Lunak

Tujuan dari perancangan perangkat lunak adalah untuk mengatur urutan kerja sistem sehingga sistem mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Secara umum tugas yang harus dikerjakan oleh program utama meliputi pembacaan dan pengkonversian sinyal keluaran sensor MPX5100GP, penentuan jalur pipa yang akan dibuka dengan memperhatikan keadaan tabung gas penyimpanan dan melakukan pengontrolan tekanan gas pada *digester*. Gambar 9 menunjukkan algoritma program utama sistem.



Gambar 9 Diagram Alir Program Utama

Saat sistem dinyalakan, sensor MPX5100GP akan membaca besar tekanan gas di dalam *digester*. Hasil pembacaan sensor berupa sinyal analog akan dikirim menuju PIN ADC mikrokontroler. Untuk mengolah sinyal tersebut sesuai pemrograman, mikrokontroler

harus mengkonversi tegangan dari sensor MPX5100GP yang merupakan sinyal analog menjadi sinyal digital. Setelah dikonversi, barulah sinyal dari sensor MPX5100GP dapat dibaca oleh mikrokontroler, sehingga dapat diketahui apakah tekanan gas pada tabung *digester* telah sesuai dengan *setpoint* yang telah ditetapkan atau belum.

Setpoint ditentukan dengan memperhatikan kemampuan tabung *digester* dalam menampung biogas. Dari pengamatan, diketahui bahwa kemampuan maksimal *digester* dalam menampung gas adalah pada saat tegangan keluaran sensor sebesar 280 mV. Tegangan sebesar 280 mV setara dengan 6,2 kPa. Nilai tekanan tersebut bisa diketahui berdasarkan nilai sensitivitas sensor sebesar 45 mV / kPa, berdasarkan rumusan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Full scale pressure} &= 100 \text{ kPa} \\ \text{Full scale span} &= 4,5 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sensitivity } S &= \frac{\text{full scale span}}{\text{full scale pressure}} \\ S &= \frac{4500 \text{ mV}}{100 \text{ kPa}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 45 \text{ mV/kPa} \\ p &= \frac{V}{s} \\ p &= \frac{280 \text{ mV}}{45 \text{ mV/kPa}} \\ &= 6,222 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk batas minimal *setpoint* ditentukan berdasarkan volume minimum yang ingin tetap disimpan dalam *digester*. Pada perancangan ini batas minimal ditentukan sebesar 230 mV, atau setara dengan tekanan sebesar 5,111 kPa.

Dalam bentuk digital dengan konversi ADC 10 bit, sesuai dengan persamaan dibawah, besar bit kedua sinyal tersebut adalah sebagai berikut.

- Penentuan batas atas kontroler ON-OFF

$$\begin{aligned} \text{ADC} &= \frac{V_{IN} \times 1024}{V_{REF}} \\ \text{ADC} &= \frac{280 \text{ mV} \times 1024}{5060 \text{ mV}} \\ &= 56,66 \text{ bit} \approx 57 \text{ bit} \end{aligned}$$

- Penentuan batas bawah kontroler ON-OFF

$$\begin{aligned} \text{ADC} &= \frac{V_{IN} \times 1024}{V_{REF}} \\ \text{ADC} &= \frac{230 \text{ mV} \times 1024}{5060 \text{ mV}} \\ &= 46,66 \text{ bit} \approx 47 \text{ bit} \end{aligned}$$

Nilai 57 bit dan 47 bit inilah yang nantinya digunakan sebagai batas atas dan batas bawah *setpoint* kontroler ON-OFF yang diprogram di dalam mikrokontroler.

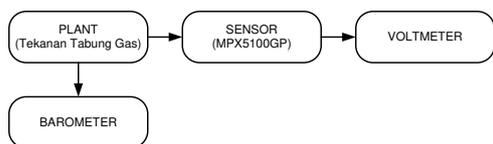
IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini dibagi menjadi lima bagian, yaitu:

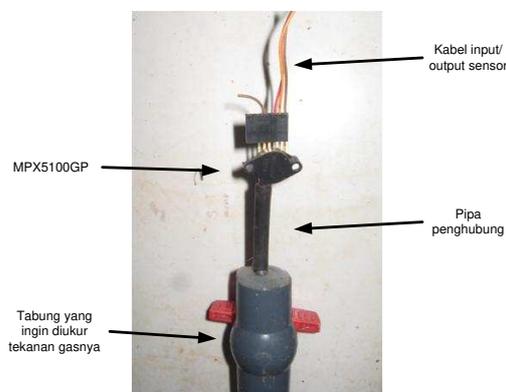
- Pengujian rangkaian sensor tekanan
- Pengujian rangkaian sensor suhu
- Pengujian rangkaian driver solenoid valve
- Pengujian sistem secara keseluruhan

A. Pengujian Rangkaian Sensor Tekanan

Pengujian rangkaian sensor tekanan MPX5100GP bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Dimana nilai tekanan dapat diketahui dengan cara melihat nilai tegangan V_{out} dari sensor tersebut.



Gambar 10 Diagram Blok Pengujian Sensor MPX5100GP



Gambar 11 Pemasangan Sensor pada Plant

Tabel 1 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor MPX5100GP

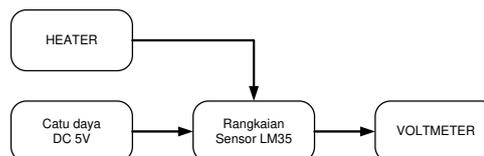
No	Tekanan (psi)	V_{out} sensor (mV)		error (%)
		Perhitungan	Pengukuran	
1	0,3	1,3	1,32	1,81
2	0,4	1,74	1,77	1,43
3	0,5	2,2	2,21	0,29
4	0,6	2,6	2,65	1,81
5	0,7	3	3,09	2,88
6	0,8	3,52	3,53	0,29
7	0,9	3,95	3,97	0,55
8	1	4,39	4,41	0,52
Rata-rata Error (%)				1,198

Adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan:

- toleransi komponen yang digunakan..
- error/kesalahan paralaks pembacaan barometer.

B. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pengujian rangkaian sensor suhu tipe LM35 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Jika tanggapan sensor suhu baik, maka setiap perubahan suhu ruangan sebesar 1°C juga akan menyebabkan perubahan nilai V_{out} pada sensor suhu sebesar 10mV.



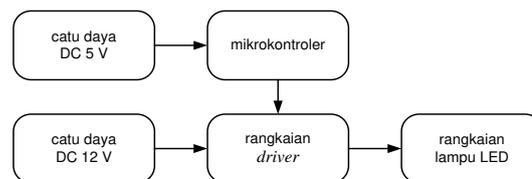
Gambar 12 Diagram Blok Pengujian Sensor LM35

Tabel 2 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

No	Suhu (°C)	V_{out} sensor (mV)		error (%)
		Perhitungan	Pengukuran	
1	31	310	308	0,006
2	32	320	319	0,003
3	33	330	333	0,009
4	34	340	341	0,003
5	35	350	343	0,020
6	36	360	358	0,006
7	37	370	369	0,003
8	38	380	378	0,005
9	39	390	389	0,003
10	40	400	400	0,000
Rata-rata Error (%)				0,003

C. Pengujian Rangkaian Driver Solenoid Valve

Pengujian rangkaian driver solenoid valve bertujuan untuk mengetahui kinerja rangkaian driver solenoid valve dalam mengaktifkan solenoid valve. Gambar 13 menunjukkan diagram blok pengujian rangkaian solenoid valve.



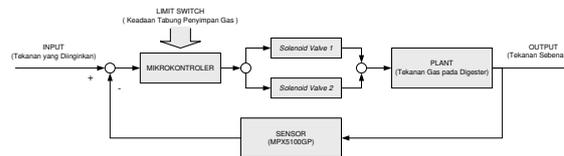
Gambar 13 Diagram Blok Pengujian Driver Relay

Dari pengujian, saat catu daya diaktifkan, PIND.0 mengeluarkan tegangan sebesar ± 4,8 V. Tegangan tersebut sudah dapat mengaktifkan rangkaian driver relay dan menyalakan lampu LED. Dengan demikian

dapat disimpulkan bahwa rangkaian *driver relay* dapat bekerja dengan baik.

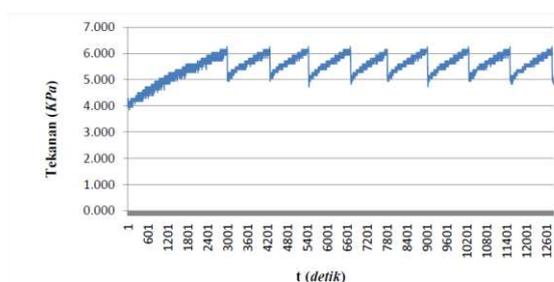
D. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan baik. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah sistem pengendalian berjalan sesuai dengan perencanaan dan sebagai indikasi penelitian ini berhasil.



Gambar 14 Diagram Blok Sistem Kontrol Produk Gas Metana pada *Digester*

Dari pengujian ini, terlihat bahwa semua sistem berjalan dengan baik. Setelah tekanan gas di dalam *digester* mencapai batas maksimal, maka mikrokontroler akan mengaktifkan *relay*. Aktifnya *relay* mengakibatkan *solenoid valve* terhubung dengan sumber tegangan AC 220V, sehingga *solenoid valve* yang tadinya tertutup menjadi terbuka sampai tekanan gas dalam *digester* mencapai batas bawah yang telah diprogram.



Gambar 15 Grafik Sinyal Kontrol Sistem (Pengujian)

Mikrokontroler juga dapat membedakan saluran mana yang harus terbuka ketika tekanan gas di dalam *digester* mencapai batas maksimal. Aksi tersebut dipengaruhi oleh adanya *limitswitch* yang dipasang pada tabung penyimpanan gas. Apabila tabung penyimpanan gas masih kosong, gas metana dalam *digester* akan dialirkan menuju tabung penyimpanan gas. Ketika tabung penyimpanan gas telah penuh, maka *limitswitch* akan berlogika *high* sehingga mikrokontroler membuka saluran pembuangan untuk mengalirkan gas dari dalam *digester* disaat tekanan gas telah mencapai batas maksimal.

Pengujian selanjutnya adalah untuk mengetahui peningkatan volume gas metana dalam *digester* akibat proses fermentasi serta menganalisa pengaruhnya terhadap suhu dan tekanan pada *digester*. Pengujian dilakukan terhadap kedua jenis *digester*, yaitu *digester* terbuka (tanpa pengontrolan) dan *digester* tertutup (dengan pengontrolan tekanan) agar dapat dibandingkan hasilnya dan diketahui mana yang lebih baik.

Pada pengujian ini yang perlu diamati adalah suhu lingkungan, suhu *digester*, tekanan gas dalam *digester* serta volume gas pada kedua *digester*. Volume gas yang ada di dalam *digester* bisa diketahui dengan cara menghitung volume slurry yang keluar dari *digester* selama proses fermentasi biogas berlangsung. Volume gas, suhu lingkungan dan suhu *digester* serta tekanan gas dalam *digester* diukur tiap jam dan dicatat hasilnya pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3 Data pada *Digester* Tanpa Pengontrolan

Jam	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu <i>digester</i> (°C)	Δ tekanan (Pa)	Volume Gas (ml)
7.00	23	47	44	90
8.00	24	48	67	100
9.00	24.2	47.5	356	110
10.00	24.5	42	333	120
11.00	25.8	38.1	289	140
12.00	26	36.4	244	130
13.00	25.5	32.3	511	100
14.00	25.4	28.5	44	90
15.00	24.8	29	689	90
16.00	24.6	30.6	1267	85
17.00	24	33.5	867	80
18.00	23.8	34	933	80
19.00	23.6	35.3	1044	75
20.00	23.5	37.4	1089	70
21.00	23.3	37.5	1089	70
22.00	23.5	38.9	1489	60
23.00	23	39	1533	60
24.00	22.8	42	1644	60
1.00	22.6	42.5	1778	60
2.00	22.4	45.8	1800	50
3.00	22	49	1911	40
4.00	21.8	49.8	2133	40
5.00	21.2	49.8	1889	35
6.00	21.8	47.5	1222	40
Volume total				1875

Dari Tabel 3, dapat diketahui bahwa suhu *digester* cenderung tinggi, walaupun pada saat-saat tertentu suhu *digester* mengalami penurunan menyesuaikan dengan kondisi suhu di luar *digester*.

Tingginya suhu *digester* tersebut sesuai dengan Hukum *Charles Gay-Lussac*, yaitu :

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Dengan *P* : tekanan
V : volume ruang
T : suhu

Dengan meningkatnya tekanan gas dalam *digester* serta bertambahnya volume gas metana yang dihasilkan, maka suhu dalam *digester* juga akan mengalami peningkatan. Suhu yang tinggi akan membuat produksi

biogas menjadi tidak optimal selama proses fermentasi berlangsung. Menurut Fry (1973), proses fermentasi akan optimal pada saat suhu *digester* berada pada kisaran antara 25°C - 35°C.

Tabel 4 Data Pada *Digester* dengan Pengontrolan

Jam	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu <i>digester</i> (°C)	Volume Gas (ml)
7.00	23	48	75
8.00	23.3	39.8	80
9.00	24.1	35.3	90
10.00	24.7	31.2	100
11.00	25.6	28.5	110
12.00	26.2	28.9	120
13.00	26.5	28.2	140
14.00	25.3	28.3	130
15.00	24.6	27.8	115
16.00	24.6	27.2	100
17.00	24.4	26.2	90
18.00	24.2	27	80
19.00	24	29	70
20.00	23.8	32	75
21.00	23.8	33	65
22.00	23.8	36	60
23.00	23.5	38	60
24.00	23	40	50
1.00	22.8	41.3	50
2.00	22.4	42.1	55
3.00	22.4	42.5	60
4.00	21.2	42.8	65
5.00	21.4	41.2	70
6.00	21.8	41	85
Volume total			1995

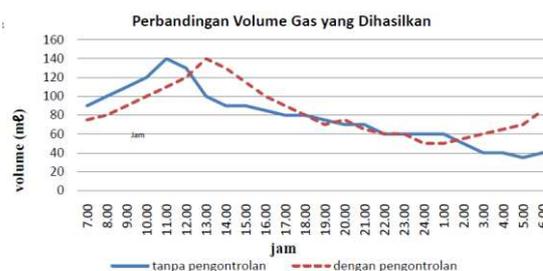
Berbeda dengan suhu pada *digester* terbuka (tanpa pengontrolan), suhu pada *digester* dengan pengontrolan tidak mengalami perubahan secara signifikan. Hal tersebut terjadi karena volume gas dalam *digester* dengan pengontrolan dipertahankan pada kisaran tertentu, dengan begitu *digester* tidak akan mengalami perubahan suhu secara ekstrim. Volume gas dalam *digester* bisa dipertahankan pada kisaran tertentu dengan cara mengontrol tekanan gas dalam *digester*.

Pada *digester* dengan pengontrolan, lubang masukan dan keluaran *slurry* ditutup rapat sehingga dengan meningkatnya volume gas metana dalam *digester* akan meningkatkan tekanan dalam *digester*. Ketika tekanan dalam *digester* meningkat hingga 6,2 kPa, saluran pembuangan gas akan terbuka yang kemudian akan mengalirkan gas dari dalam *digester*. Dengan mengalirnya gas tersebut, tekanan dalam *digester* akan mengalami penurunan hingga 5,1 kPa, kemudian saluran pembuangan akan tertutup.

Begitu seterusnya sehingga volume gas dalam *digester* tidak mengalami peningkatan secara signifikan seperti pada *digester* tanpa pengontrolan. Dengan begitu, sesuai dengan Hukum Charles Gay-Lussac, suhu dalam *digester* dapat dipertahankan agar tetap rendah.



Gambar 16 Grafik Perbandingan Suhu pada Kedua *Digester*



Gambar 17 Grafik Perbandingan Volume Gas yang Dihasilkan Oleh Kedua *Digester*

Dari gambar grafik 17, performa *digester* dengan pengontrolan terlihat lebih baik dibandingkan dengan *digester* tanpa pengontrolan. Hal itu terbukti dari volume total yang dihasilkan seperti terlihat pada tabel 3 dan 4. *Digester* dengan pengontrolan menghasilkan volume gas sebesar 1995 ml, atau 120 ml lebih banyak daripada volume gas yang dihasilkan oleh *digester* tanpa pengontrolan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tiap bagian dan keseluruhan sistem yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) *Digester* yang dirancang dapat menyimpan biogas secara otomatis ke dalam tabung penyimpanan gas. Tabung tersebut memberikan tekanan pada gas yang telah disimpan, sehingga biogas dapat digunakan kapanpun tanpa harus mengisi *digester* terlebih dahulu.
- 2) *Digester* yang dirancang dalam skripsi ini menggunakan kontroler ON-OFF yang diterapkan pada mikrokontroler ATmega8535. Kontroler tersebut bertugas untuk mengontrol tekanan gas dalam *digester* dengan cara membuka dan menutup *solenoid valve* secara otomatis berdasarkan besarnya tekanan yang dirasakan oleh sensor MPX5100GP yang dipasang di dalam *digester*.
- 3) Performa *digester* dengan pengontrolan lebih baik daripada *digester* tanpa pengontrolan. Hal ini dapat dibuktikan dari jumlah gas metana yang dihasilkan. *Digester* dengan pengontrolan tekanan dapat menghasilkan gas sebanyak 1995 ml per hari, 120 ml lebih banyak daripada jumlah gas yang dihasilkan oleh *digester* tanpa pengontrolan tekanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, T.W., Ahmad Asari, Ana N. dan Elita R. 2006. *Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak*. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian: Jurnal Enjiniring Pertanian.
- [2] Haryati, T. 2006. *Biogas: Limbah Peternakan yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*. Jurnal Wartazoa 6(3) : 160-169.
- [3] Simamora, S., Salundik, Sri Wahyuni dan Surajudin. 2006. *Membuat Biogas, Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- [4] Indartono , Y. S., 2005. *Reaktor Biogas Skala Kecil Dan Menengah (Bagian Pertama)*. www.beritaiptek.com/static.php.