

# Perancangan Dan Pembuatan Sistem Kontrol Temperatur Metode Kontrol Dua Posisi Dan Pemantauan Biogas Pada *Anaerob Digester*

Irvani Altha<sup>1</sup>, Andrizar<sup>2</sup>, Tati Erlina<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Jurusan Sistem Komputer FTI Universitas Andalas Jln. Kampus Limau Manis Kota Padang 25163 INDONESIA

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang Jln. Kampus Limau Manis Kota Padang 25163 INDONESIA

E-mail : <sup>1</sup>irvanieltha@gmail.com, <sup>2</sup>andrizar@polinpdg.ac.id, <sup>3</sup>tatierlina@fmipa.unand.ac.id

**Abstrak**— Biogas merupakan energi alternatif pengganti bahan bakar minyak yang diproduksi dari kotoran hewan seperti sapi, kuda dan kambing. Salah satu faktor yang mempengaruhi produksi biogas adalah temperatur. Perubahan temperatur pada digester biogas mengakibatkan perubahan produksi gas metana. Produksi gas metana akan meningkat apabila temperatur semakin meningkat. Penelitian ini menggunakan metode kontrol dua posisi dalam mengatur temperatur dengan set point sebesar 42 °C, 46 °C, 50 °C, 54 °C, 58 °C, dan 62 °C. Set poin akan mengatur pemanas, pompa dan kipas selama 7 hari. Gas metana yang dihasilkan dengan menggunakan pengontrolan temperatur mengakibatkan terjadinya peningkatan kandungan gas metana yang dihasilkan dibandingkan dengan tanpa pengontrolan. Kenaikan kandungan gas metana maksimum terjadi pada kondisi temperatur 62 °C sebesar 1389 ppm, sedangkan pada tanpa pengontrolan sebesar 535 ppm pada kondisi temperatur 29.74 °C. hasil produksi gas metana selama 7 hari terjadi peningkatan dengan perbandingan kandungan gas metana sebesar 8331 ppm sedangkan tanpa pengontrolan menghasilkan kandungan gas metana sebesar 4147 ppm.

**Kata kunci:** *Biogas, digester, temperatur, kontrol dua posisi.*

## I. PENDAHULUAN

Permintaan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) dari tahun ke tahun semakin meningkat baik untuk kebutuhan produksi, transportasi, maupun kebutuhan rumah tangga. Hal ini menyebabkan semakin terbatasnya ketersediaan BBM dari tahun ke tahun dikarenakan BBM adalah sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable resources*). Oleh karena itu diperlukan pencarian energi alternatif yang terbarukan sehingga penggunaan BBM dapat ditekan.

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas *anaerob* atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk di dalamnya kotoran manusia, hewan, dan limbah organik yang terurai dalam kondisi *anaerob*. Gas yang terdapat di dalam biogas terdiri dari metana (CH<sub>4</sub>), karbon dioksida

(CO<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), hidrogen (H<sub>2</sub>), dan oksigen (O<sub>2</sub>)<sup>[1]</sup>. Besarnya kandungan CH<sub>4</sub> dalam biogas dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM yang dapat diperbaharui dan sumber pembuatannya dapat ditemukan secara mudah, sehingga biogas dapat dijadikan salah satu solusi sebagai bahan bakar pengganti BBM.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pembuatan biogas adalah temperatur. Perubahan temperatur akan mempengaruhi kemampuan bakteri dalam memproduksi gas CH<sub>4</sub>. Berdasarkan temperatur yang digunakan, terdapat tiga kondisi yang memungkinkan bakteri untuk hidup yaitu kondisi *psychrophilic* di mana bakteri dapat hidup pada temperatur di bawah 25 °C, kondisi *mesophilic* di mana bakteri dapat hidup pada temperatur di bawah 30 °C - 42 °C dan kondisi *thermophilic* di mana bakteri dapat hidup pada 43 °C - 55 °C<sup>[4]</sup>. Agar temperatur pada reaktor biogas (*digester*) berada pada kondisi optimal, diperlukan pengontrolan temperatur pada *digester* agar bakteri dapat menguraikan limbah organik menjadi gas metana secara optimal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biogas

Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh aktivitas bakteri secara *anaerob* atau fermentasi dari bahan-bahan organik termasuk di antaranya: kotoran manusia dan hewan, limbah domestik (rumah tangga), sampah *biodegradable* atau setiap limbah organik yang *biodegradable* dalam kondisi *anaerob* oleh bakteri metanogen seperti *methanothrix* dan *methanosarcinae*<sup>[2][5]</sup>. Gas yang

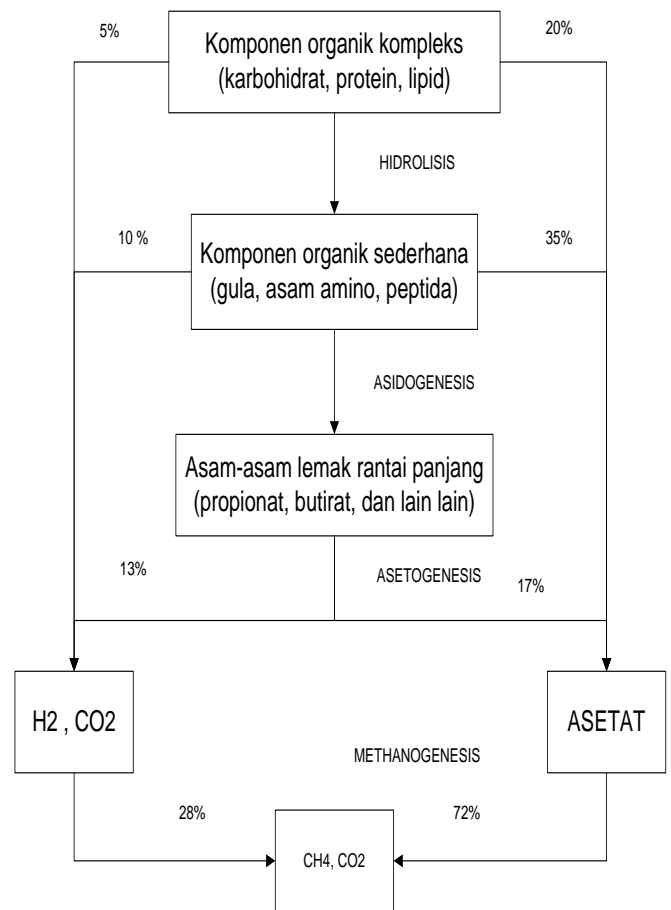
terdapat di dalam biogas terdiri dari metana ( $\text{CH}_4$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen ( $\text{N}_2$ ), hidrogen ( $\text{H}_2$ ), oksigen ( $\text{O}_2$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ )<sup>[5]</sup>.

Tabel 1. Komposisi biogas<sup>[5]</sup>

Penjelasan	Rumus	Persentase
1. Metana	$\text{CH}_4$	55 - 65 %
2. Karbondioksida	$\text{CO}_2$	36 - 45 %
3. Nitrogen	$\text{N}_2$	0 - 3 %
4. Hidrogen	$\text{H}_2$	0 - 1 %
5. Oksigen	$\text{O}_2$	0 - 1 %
6. Hidrogen Sulfida	$\text{H}_2\text{S}$	0 - 1 %

Besarnya kandungan  $\text{CH}_4$  dalam biogas dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM yang dapat diperbaharui dan sumber pembuatannya dapat ditemukan secara mudah, sehingga biogas dapat dijadikan salah satu solusi sebagai bahan bakar pengganti BBM.

Proses pembentukan biogas merupakan penguraian bahan organik secara *anaerob* yang memiliki ikatan molekul kompleks menjadi ikatan molekul yang lebih sederhana. Ikatan molekul yang sederhana akan dipecah oleh mikroorganisme menghasilkan gas  $\text{CH}_4$  dan gas  $\text{CO}_2$  serta gas lain dalam jumlah sedikit<sup>[4]</sup> dengan tahapan yang terdiri dari hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis.

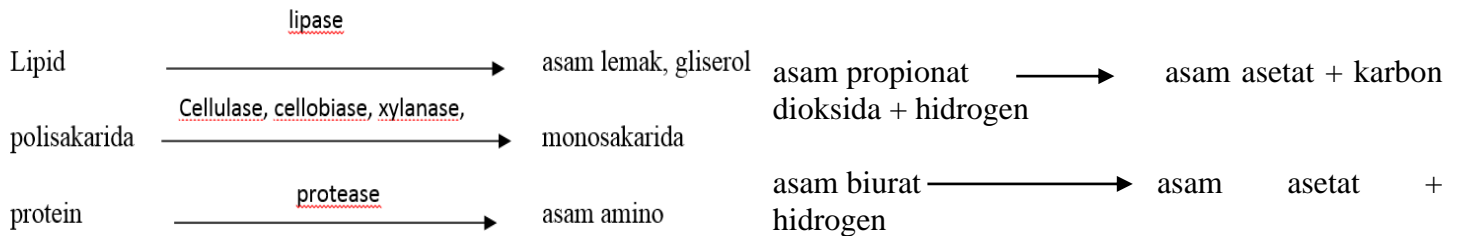


Gambar 2.1. Tahapan Pembentukan Biogas<sup>[2]</sup>

### 1. Tahap Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis bakteri menguraikan molekul yang kompleks dan besar seperti selulosa menjadi molekul lebih kecil dan sederhana dengan cara melakukan pemotongan ikatan pada molekul tersebut. Hal ini diakibatkan oleh enzim khusus yang dihasilkan bakteri untuk melakukan pemotongan ikatan molekul menjadi ikatan monomer atau dimetrik sehingga dapat larut di dalam air.

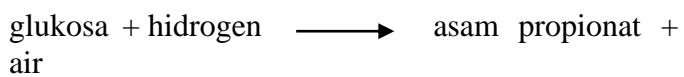
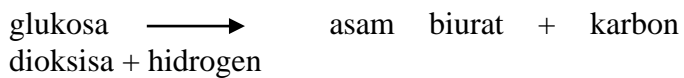
Proses hidrolisis enzim yang dihasilkan bakteri akan memecah senyawa organik kompleks menjadi monomer-monomer. Lemak menjadi asam lemak, protein menjadi asam amino, dan selulosa menjadi monosakarida dan disakarida<sup>[3]</sup>.



## 2. Tahap fermentasi (Asidogenesis)

Pada tahap *asidonegesis*, hasil dari tahap hidrolisis akan difermentasikan terlebih dahulu oleh bakteri asidonegik menjadi substrat methanogenik. Pada proses *asidogenesis* terjadi penurunan pH karena terbentuknya asam asetat dan hidrogen. Penurunan pH berpengaruh terhadap perkembangan mikroorganisme karena tidak tercipta kondisi optimum untuk perkembangan bakteri.

Bakteri yang berperan dalam tahapan asidogenesis adalah bakteri asidogenik seperti *Syntrophoma nas wolfei* yang menghasilkan asam asetat, asam propionat, asam butirat, hidrogen dan karbon dioksida. Selain itu, dihasilkan juga sejumlah kecil asam formiat, asam laktat, asam valerat, metanol, etanol, butanediol dan aseton<sup>[3]</sup>. Reaksi asidogenesis dapat dilihat dibawah ini :



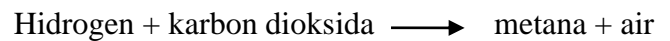
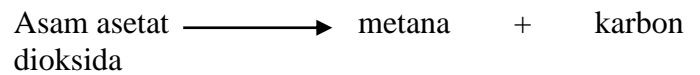
## 3. Tahap Pembentukan Asetat (Asetogenesis)

Pada tahap ini akan terjadi pembentukan asetat yang akan berguna dalam pembentukan gas metana oleh bakteri metanogenik pada tahap methanogenesis. Namun produk dari proses asetogenesis tidak dapat diubah menjadi gas metana secara langsung. Hasil dari proses ini harus diubah menjadi substrat metanogenik dan melewati proses methanogenesis agar menghasilkan gas metana<sup>[4]</sup>.

Bakteri yang berperan dalam tahapan asetogenesis adalah bakteri asetogenik seperti *Acetobacterium woodii* dan *Syntrophobacter wolinii*. Bakteri asetogenik hanya mampu mendegradasi asam lemak dari hasil tahapan asidogenesis menjadi asam asetat dan akan diproses pada tahap selanjutnya. Reaksi asidogenesis dapat dilihat di bawah ini <sup>[3]</sup>:

## 4. Tahap Pembentukan Gas Metan (Metanogenesis)

Pada tahap metanogenesis, pembentukan gas metana dapat diproduksi dengan memanfaatkan bakteri metanogenik seperti *Methanobacterium*, *Methanothermobacter*, *Methanobrevibacter*, *Methanosarcina* dan *Methanosaeta*<sup>[3]</sup>. Bakteri tersebut akan memproduksi gas metana dengan dua cara yaitu dengan cara mengubah asam asetat sekitar 70% dan mereduksi karbon dioksida dan hidrogen sekitar 30% sesuai reaksi berikut <sup>[4]</sup> :



Efisiensi dari pembentukan biogas tergantung dari beberapa faktor yang akan mempengaruhi perkembangan mikroorganisme. Faktor tersebut terdiri dari temperatur, pH substrat, VFA, amonia, Makro dan mikronutrien serta komponen racun<sup>[3]</sup>.

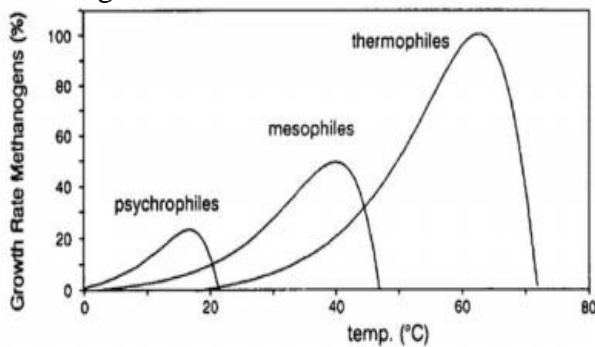
### 1. Temperatur

Temperatur mempunyai peranan penting dalam proses fermentasi bahan organik menjadi biogas. Terdapat tiga kondisi yang memungkinkan bakteri untuk hidup yaitu kondisi *psychropilic* di mana bakteri dapat hidup pada temperatur di bawah  $25^{\circ}\text{C}$ , kondisi *mesophilic* di mana bakteri dapat hidup pada temperatur  $30^{\circ}\text{C} - 42^{\circ}\text{C}$  dan kondisi *thermophilic* di mana bakteri dapat hidup pada  $43^{\circ} - 55^{\circ}\text{C}$  <sup>[3]</sup>. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap waktu yang diperlukan bakteri dalam menguraikan bahan yang disebut dengan retensi waktu. Berikut tabel pembagian kondisi suhu dan retensi waktu yang diperlukan<sup>[3]</sup> :

Tabel 2.1 Pembagian Kondisi Suhu dan Retensi Waktu yang Diperlukan<sup>[3]</sup>

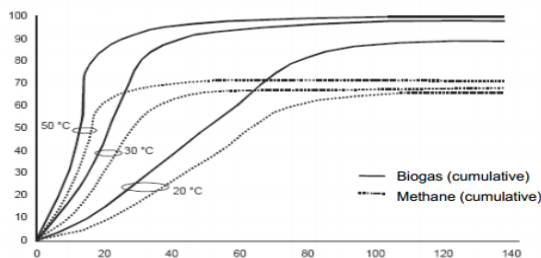
Pembagian Temperatur	Proses Temperatur	Retensi Waktu
Psychrophilic	< 25°C	70 – 80 hari
Mesophilic	30°C - 42°C	30 – 40 hari
thermophilic	43° - 55°C	15 – 20 hari

Temperatur yang ada pada reaktor biogas (*digester*) akan mempengaruhi kemampuan pertumbuhan mikroorganisme yang akan berdampak pada produksi gas metana. pada gambar 2 terlihat grafik yang menunjukkan hubungan temperatur dengan kecepatan pertumbuhan mikroorganisme:



Gambar 2.2 Hubungan Temperatur dengan Kecepatan Pertumbuhan Mikroorganisme<sup>[3]</sup>

Dari Gambar 2 terlihat bahwa pertumbuhan mikroorganisme akan meningkat sesuai dengan temperatur pada *digester* dan akan berhenti apabila temperatur di luar kondisi mikroorganisme untuk hidup. Semakin tinggi kecepatan pertumbuhan mikroorganisme di dalam *digester* akan berpengaruh pada retensi waktu. Pada gambar 3 terlihat hubungan temperatur dengan retensi waktu



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Temperatur dengan Retensi Waktu<sup>[3]</sup>

Dari Gambar 3 terlihat bahwa temperatur yang berada pada kondisi *thermophilic* mempunyai retensi waktu yang singkat dan menghasilkan biogas yang lebih banyak dibandingkan kondisi *mesophilic* dan *psychophilic*, sehingga *thermophilic* merupakan kondisi ideal dalam meningkatkan produksi biogas.

## 2.2 Sistem Kontrol Dua Posisi

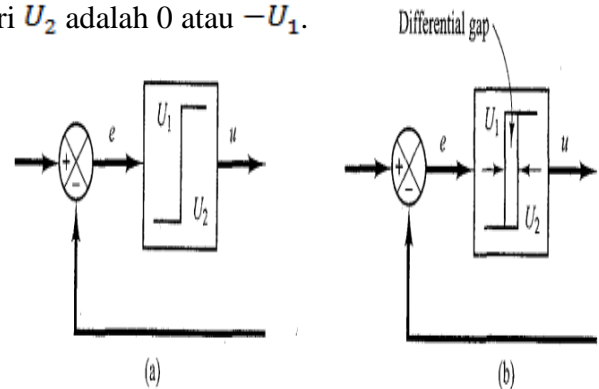
Sistem Kontrol dua posisi adalah sistem kontrol yang outputnya mempunyai dua kondisi, yakni ON dan OFF. Sistem kontrol ini juga disebut *on-off Control Action*<sup>[1]</sup>. Sistem kontrol ini relatif lebih mudah dan murah sehingga industri sering mengaplikasikan sistem kontrol ini.

Pada sistem kontrol dua posisi, output dilambangkan dengan  $\mu(t)$  dan sinyal error aktuator dilambangkan dengan  $e(t)$ . Nilai  $\mu(t)$  merupakan nilai maksimum atau minimum berdasarkan kondisi sinyal error aktuator. Oleh karena itu dirumuskan :

$$u(t) = U_1 \quad \text{untuk } e(t) > 0$$

$$u(t) = U_2 \quad \text{untuk } e(t) < 0$$

Dimana  $U_1$  dan  $U_2$  bernilai konstan. Nilai terendah dari  $U_2$  adalah 0 atau  $-U_1$ .



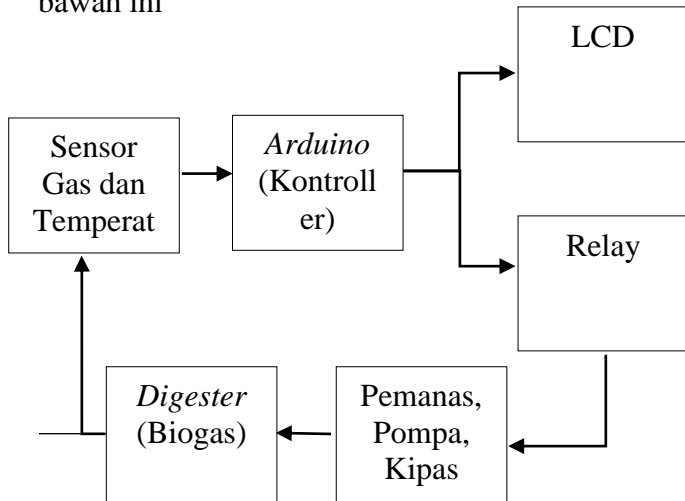
Gambar 2.4 (a) Blok Diagram Sistem Kontrol Dua Posisi (B) Blok Diagram Sistem Kontrol Dua Posisi dengan *Differential Gap*<sup>[1]</sup>.

Berdasarkan Gambar 2 (a) dan (b) merupakan blok diagram sistem kontrol dua posisi. Pada sistem ini dapat terjadi kesalahan ketika sinyal error berubah sebelum *switch* berganti posisi yang

disebut dengan *differential gap*. Hal ini menyebabkan output mempertahankan kondisinya sampai nilai error sedikit di luar nilai nol. Dalam beberapa kasus, *Differential gap* digunakan untuk mencegah sistem sering berada pada kondisi *on-off*.

### III. METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN

Sistem yang dibuat dapat digambarkan dalam bentuk blok diagram seperti yang ditunjukkan di bawah ini

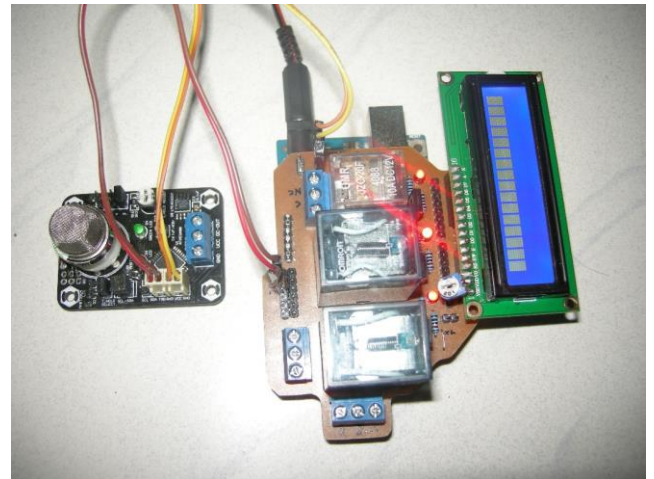


Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Sistem.

Untuk perancangannya sendiri, juga terdiri atas 2 bagian, yaitu :

#### 3.1 Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* akan menghubungkan antara *arduino*, sensor, *relay*, LCD dengan pemanas, pompa dan kipas menggunakan rangkaian yang terhubung langsung pada pin *arduino* (*prototype shield*)



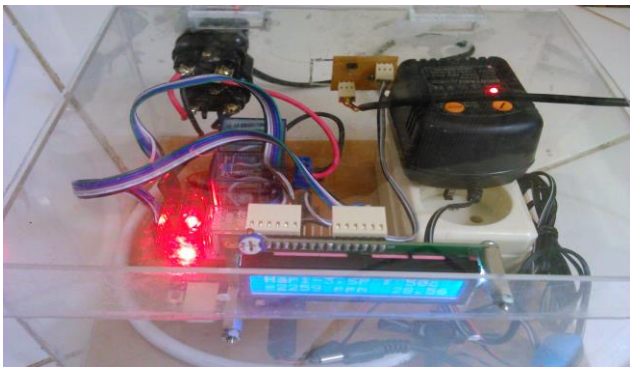
Gambar 3.2 *Prototype Shield* yang Terhubung pada *Arduino* Sensor dan LCD.

Tabel 3.1 Penggunaan Pin *Arduino* pada *Prototype Shield*:

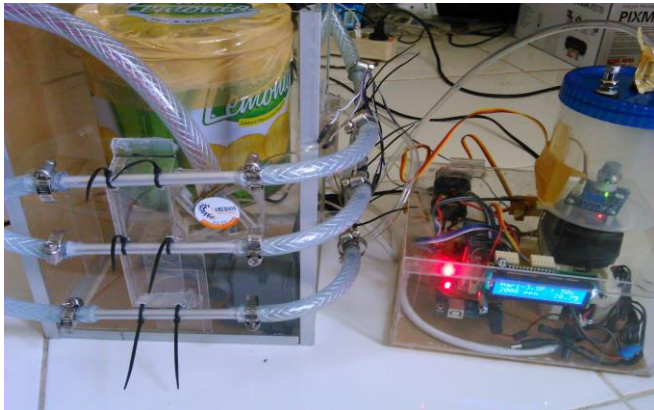
No	Nomor Pin	Fungsi
1	Digital Pin 5	RS Pin pada LCD.
2	Digital Pin 6	<i>Enable</i> Pin pada LCD.
3	Digital Pin 7	Aktifasi Relay pemanas.
4	Digital Pin 8	Aktifasi relay pompa.
5	Digital Pin 9	Aktifasi relay kipas.
6	Digital Pin 10	Pin D4 pada LCD
7	Digital Pin 11	Pin D5 pada LCD
8	Digital Pin 12	Pin D6 pada LCD
9	Digital Pin 13	Pin D6 pada LCD
10	Analog Pin 0	Input sensor DS18B20
11	Analog Pin 1	<i>Transmit</i> sensor MQ-4
12	Analog Pin 2	<i>Receiver</i> sensor MQ-4

*Prototype shield* yang telah terhubung dengan *arduino*, LCD dan sensor akan disatukan ke dalam *control box* agar instalasi reaktor biogas dengan sistem kontrol menjadi lebih mudah. Penggunaan *control box* dengan reaktor biogas digunakan pada pengontrolan temperatur *digester*, sedangkan tanpa pengontrolan temperatur tidak menggunakan reaktor biogas. Gas yang dihasilkan akan disimpan ke dalam wadah tertutup akan dihitung jumlah gas yang dihasilkan dalam satuan *part per million* (ppm). Gas yang dihasilkan tersebut dianalisa dan dibandingkan antara gas yang dihasilkan menggunakan pengontrolan temperatur dengan gas yang dihasilkan tanpa menggunakan pengontrolan temperatur.





Gambar 3.2 Prototype Shield yang Terpasang pada Control Box



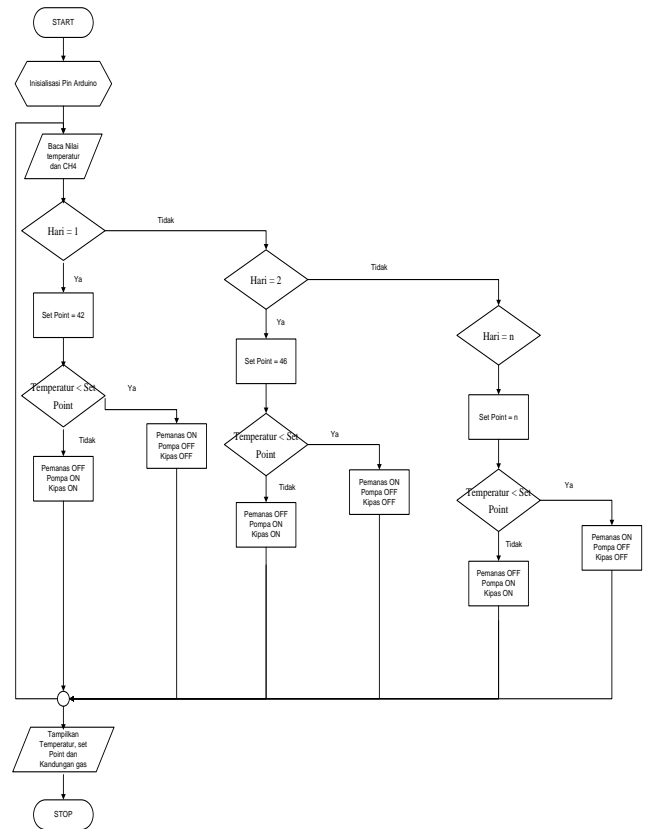
Gambar 3.3 Control Box yang Terhubung dengan Reaktor Biogas dan Digester



Gambar 3.4 Control Box yang Terhubung dengan Digester

### 3.3 Perancangan Software

Perancangan *software* dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3.10 Flowchart Program

## IV. HASIL DAN ANALISA

### 4.1 Pengujian Rangkaian Sistem

Pengujian rangkaian sistem dilakukan untuk mengetahui bahwa alat yang dibuat dapat berjalan dengan baik dan tidak menimbulkan masalah pada saat pengambilan data.

#### 4.1.1 Pengujian Rangkaian Sensor DS18B20

Pengujian sensor temperatur DS18B20 bertujuan untuk mengetahui ketelitian sensor dengan cara membandingkan temperatur yang dibaca sensor dengan termometer air raksa. Perbandingan ini akan menentukan keakuratan sensor dalam membaca temperatur.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Temperatur DS18B20 dengan Termometer Air Raksa.

No	Nomor Uji	Temperatur Sensor DS18B20 (°C)	Termometer Air Raksa (°C)	Selisih Pengukuran Temperatur
1	1	28.81	28.50	0.31
2	2	25.97	25.50	0.47
3	3	22.06	21.50	0.56
4	4	17.78	17.50	0.28
5	5	13.33	13.00	0.33

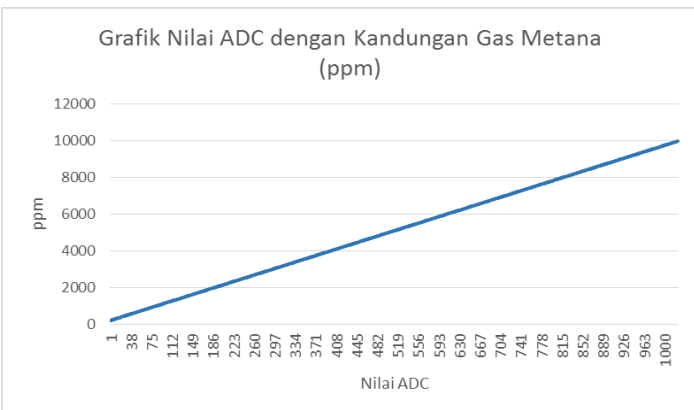
Berdasarkan Tabel 4.1 terlihat bahwa terdapat Selisih perbedaan pengukuran temperatur antara sensor DS18B20 dengan termometer air raksa berkisar antara 0.31°C – 0.56°C. Perbedaan ini terjadi karena tingkat ketelitian dari termometer air raksa hanya 1°C, sehingga mengakibatkan terjadinya perbedaan temperatur yang kecil.

#### 4.1.2 Pengujian Sensor MQ-4

Pengujian sensor MQ-4 dilakukan dengan cara menghitung waktu pemanasan sensor. Waktu pemanasan sensor dihitung pada saat *power supply* sensor aktif yang ditandai dengan berkedipnya LED hijau secara terus menerus sampai LED berhenti berkedip. Sensor mendeteksi kandungan gas ditandai dengan berkedipnya LED hijau dan apabila kandungan gas tinggi maka LED merah akan menyala.

Tabel 4.2 Uji waktu Pemanasan Sensor MQ-4

No	Nomor Uji	Waktu Pemanasan
1	1	1 menit 32 detik
2	2	1 menit 25 detik
3	3	1 menit 30 detik
4	4	1 menit 33 detik
5	5	1 menit 35 detik



Gambar 4.1 Grafik Nilai ADC dengan Kandungan Gas Metana (ppm)

#### 4.2 Analisa Hasil

Berdasarkan hasil penelitian kandungan gas metana yang dihasilkan dengan melakukan pengontrolan temperatur dan tanpa pengontrolan menghasilkan gas metana dalam jumlah yang berbeda. Kandungan gas yang dihasilkan terlihat pada tabel 4.2 dan 4.3.

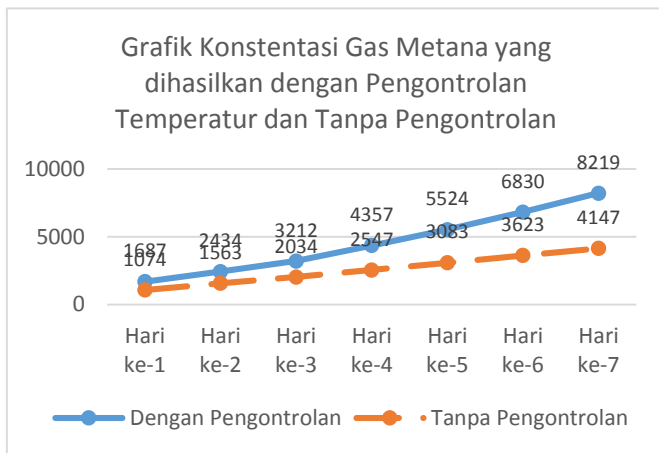
tabel 4.2 Kandungan Gas metana yang dihasilkan dengan pengontrolan temperatur.

No	Hari ke-	Set point (°C)	Kandungan Gas metana (ppm)
1	1	42	1687
2	2	46	2434
3	3	50	3212
4	4	54	4357
5	5	58	5524
6	6	62	6830
7	7	62	8219

Tabel 4.3 Kandungan Gas metana yang dihasilkan tanpa pengontrolan temperatur.

No	Hari ke-	Temperatur digester (°C)	Kandungan Gas Metana (ppm)
1	1	29.08	1074
2	2	28.77	1563
3	3	28.89	2034
4	4	29.54	2547
5	5	29.74	3083
6	6	29.04	3623
7	7	28.88	4147

Berdasarkan tabel 4.2 dan 4.3, kandungan gas metana yang dihasilkan menggunakan pengaturan temperatur dan tanpa pengontrolan temperatur dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



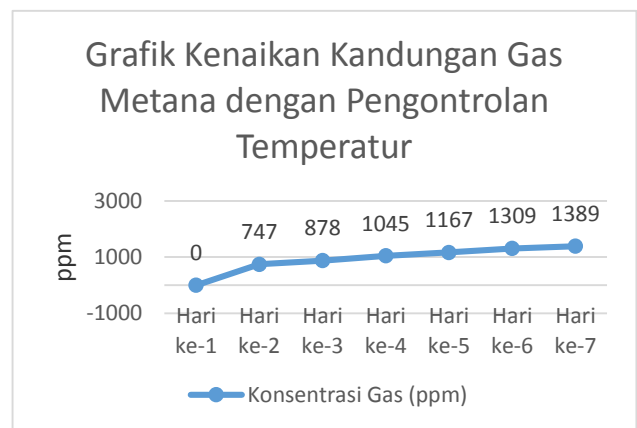
Gambar 4.2 Grafik Kandungan Gas Metana yang dihasilkan dengan Pengontrolan Temperatur dan Tanpa Pengontrolan

Gambar 4.2 menunjukkan perubahan set point berpengaruh pada produksi gas metana yang dihasilkan. Peningkatan set poin mengakibatkan jumlah gas metana yang dihasilkan menjadi lebih banyak dibandingkan tanpa menggunakan pengontrolan. Hal ini terlihat pada grafik kandungan gas metana yang dihasilkan dengan pengontrolan mempunyai grafik yang lebih tajam peningkatannya dibandingkan dengan tanpa pengontrolan temperatur.

Hasil kandungan gas metana dengan menggunakan pengontrolan sebesar 8219 ppm sedangkan pada tanpa pengontrolan sebesar 4147 ppm. Perbedaan jumlah gas dihasilkan dikarenakan terdapat perbedaan pada kenaikan jumlah gas metana yang dihasilkan seperti pada tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4. Kenaikan kandungan Gas metana yang dihasilkan dengan pengontrolan temperatur

No	Hari ke-	Set poin (°C)	Kenaikan Kandungan gas metana (ppm)
1	1	42	0
2	2	46	747
3	3	50	878
4	4	54	1045
5	5	58	1167
6	6	62	1309
7	7	62	1389

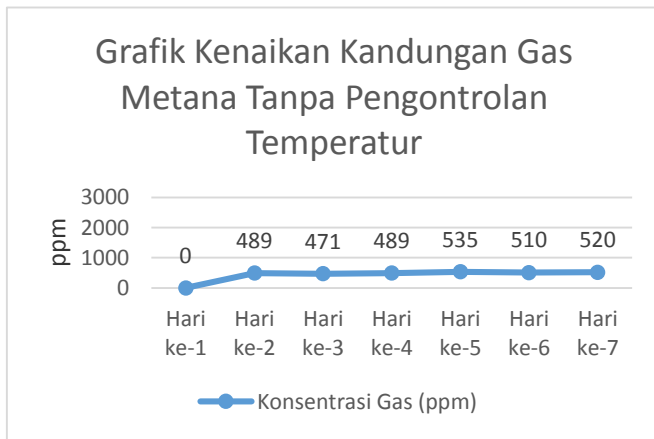


Gambar 4.3 Grafik kenaikan kandungan gas metana dengan pengontrolan

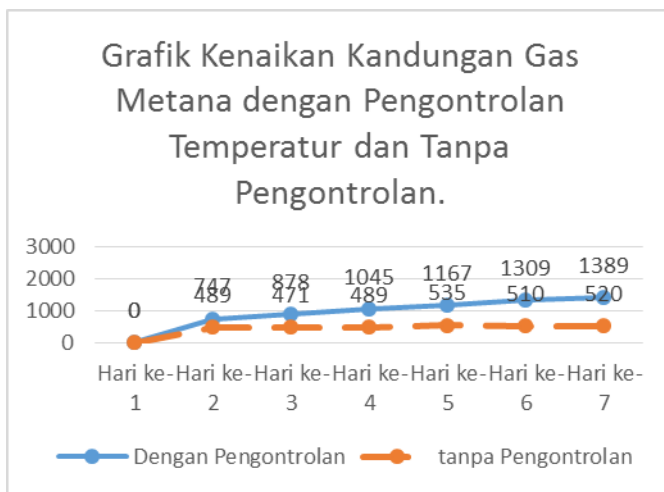
Tabel 4.5. Kenaikan kandungan Gas metana yang dihasilkan tanpa pengontrolan temperatur

No	Hari ke-	Temperatur digester (°C)	Kenaikan Kandungan gas Metana (ppm)
1	1	29.08	0
2	2	28.77	489
3	3	28.89	471
4	4	29.54	489
5	5	29.74	535
6	6	29.04	510
7	7	28.88	520





Gambar 4.4 Grafik kenaikan kandungan gas metana dengan pengontrolan



Gambar 4.5 Grafik Kenaikan Kandungan Gas Metana dengan Pengontrolan Temperatur dan Tanpa Pengontrolan

Pada gambar 4.5 terlihat bahwa dengan menggunakan pengontrolan kandungan gas yang dihasilkan menjadi lebih banyak dibandingkan dengan tanpa menggunakan pengontrolan. Terlihat pada tabel 7 bahwa temperatur digester berkisar antara 28.77 °C sampai 29.74 °C mengakibatkan kenaikan kandungan gas metana berkisar antara 471 ppm sampai 535 ppm yang terlihat pada grafik cenderung datar. Sedangkan pada pengontrolan terjadi peningkatan temperatur berkisar antara 42°C sampai 62°C dengan peningkatan kandungan gas berkisar antara 747 ppm sampai 1389 ppm dengan grafik yang meningkat setiap terjadi kenaikan temperatur pada digester.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa hasil pada penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan metode kontrol dua posisi dapat digunakan sebagai sistem kontrol temperatur pada anaerob digester.
2. Kandungan gas metana yang dihasilkan dengan pengontrolan temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pengontrolan temperatur.
3. Kenaikan kandungan gas metana yang dihasilkan dengan pengontrolan temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pengontrolan temperatur.
4. Kenaikan temperatur akan meningkatkan produksi gas metana yang dihasilkan.

## REFERENSI

- [1] Yulisnawati, Endang. 2008. *Pengaruh Suhu Dan C/N Rasio Terhadap Produksi Biogas Berbahan Baku Sampah Organik Sayuran*. Fakultas Teknologi Pertanian. Insitut Pertanian Bogor.
- [2] Wahyudi, Muhammad Amiin Dkk. Tanpa Tahun. *Pengaruh Kondisi Temperatur Meshophilic Dan Thermophilic Anaerob Digester Terhadap Parameter Karakteristik Biogas*. Teknik Mesin. Universitas Brawijaya.
- [3] Rosdi, Febriansyah A. 2011. *Pembuatan Biogas Dari Hasil Fermentasi Thermofilik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Sistem Recycle Menjadi Energi Listrik Untuk Kapasitas 45 Ton Tbs/Jam*. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- [4] Seadi, Teodorita Al. 2008. *Biogas Handbook*. University Of Southern Denmark Esbjerg.
- [5] Platt, Charles. 2012. *Encyclopedia Of Electronic Components Volume 1*. United State Of America: O'reilly
- [6] Hanwei Electronics. Tanpa Tahun, *MQ-4 Data Sheet*, <http://www.hwsensor.com>. Diakses Tanggal 20 Maret 2013.
- [7] Maxim Integrated. 2008. *DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*. <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/ds18b20.pdf>. Diakses Tanggal 20 Maret 2013.
- [8] Wilson, John S. 2005. *Sensor Technology Handbook*. United State Of America: Elsevier Inc.
- [9] Suyadhi, Taufiq Dwi S. 2010. *Buku Pintar Robotika*. Yogyakarta: Andi Offset.
- [10] Anonymous. Tanpa Tahun. <http://www.digi-ware.com>. Diakses Tanggal 29 Maret 2013
- [11] Atmel. 2011. *8-Bit Air Microcontroller Alt 32kbytes In-System Programmable Flash Atmega32*. <http://www.atmel.com>. Diakses Tanggal 30 Maret 2013
- [12] Developers, Arduino. 2013. *Arduino Uno*. <http://Arduino.Cc/En/Main/Arduinoboarduno>. Diakses Tanggal 30 Maret 2013
- [13] Nugraha, Primayudha Adi Dan Andhy Suyatno. 2012. *Prototype Perangkat Detector Kebocoran Gas Lpg Berbasis Arduino (Atmega 328)*. Sistem Komputer, Universitas Bina Nusantara
- [14] Triwiyatmo, Aris. *buku ajar sistem kontrol analog*. <http://www.aristriwiyatno.blog.undip.ac.id>. diakses tanggal 17 Maret 2013
- [15] Ogata, Katsuhiko. 2002. *Modern Control Engineering Fourth Edition*. United State Of America: Prentice Hall