



UNIVERSITAS NASIONAL

**PEMBUATAN SISTEM PENGENDALI VOLUME *GASBAG* PADA
PLANT BIOGAS**

SKRIPSI

**ADITYO HARRY SUMARDI
173112700520023**

**Fakultas Teknik Dan Sains
Program Studi Teknik Fisika
JAKARTA
FEBRUARI 2020**



UNIVERSITAS NASIONAL

**PEMBUATAN SISTEM PENGENDALI VOLUME *GASBAG* PADA
PLANT BIOGAS**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu

**ADITYO HARRY SUMARDI
173112700520023**

**Fakultas Teknik Dan Sains
Program Studi Teknik Fisika
JAKARTA
FEBRUARI 2020**



UNIVERSITAS NASIONAL

**MANUFACTURE OF GASBAG VOLUME CONTROL SYSTEM
IN BIOGAS PLANT**

THESIS

Submitted as one of the requirements for obtaining a Bachelor Degree

**ADITYO HARRY SUMARDI
173112700520023**

**Faculty of Engineering and Science
Physics Engineering Study Program
JAKARTA
FEBRUARY 2020**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Adityo Harry Sumardi

NPM : 173112700520023

Tanda Tangan



Tanggal

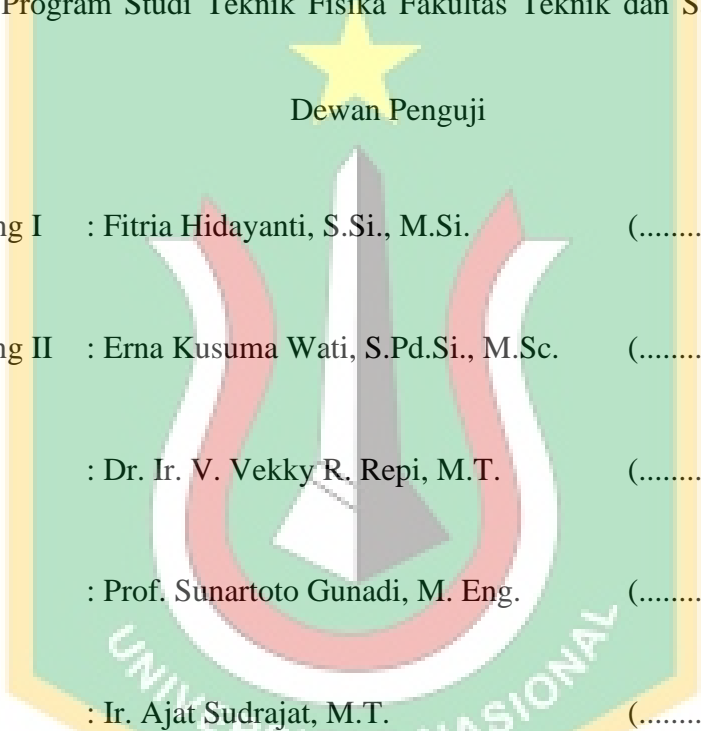
: Februari 2020



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Adityo Harry Sumardi
NPM : 173112700520023
Program Studi : Teknik Fisika
Judul Skripsi : Pembuatan Sistem Pengendali Volume *Gasbag*
Pada *Plant* Biogas

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.



Dewan Penguji

Pembimbing I : Fitria Hidayanti, S.Si., M.Si. (.....)

Pembimbing II : Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc. (.....)

Penguji I : Dr. Ir. V. Vekky R. Repi, M.T. (.....)

Penguji II : Prof. Sunartoto Gunadi, M. Eng. (.....)

Penguji III : Ir. Ajat Sudrajat, M.T. (.....)

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Fisika

(Kiki Rezki Lestari, S.T., M.Sc)
NIDN. 0323039102

Ditetapkan di :
Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Adityo Harry Sumardi
NPM : 173112700520023
Program Studi : Teknik Fisika
Judul Skripsi : Pembuatan Sistem Pengendali Volume *Gasbag*
Pada *Plant Biogas*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian dari persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional.

Dewan Penguji

Pembimbing I	: Fitria Hidayanti, S.Si., M.Si.	(..... )
Pembimbing II	: Erna Kusuma Wati, S.Pd.Si., M.Sc.	(..... )
Penguji I	: Dr. Ir. V. Vekky R. Repi, M.T.	(..... )
Penguji II	: Prof. Sunartoto Gunadi, M. Eng.	(..... )
Penguji III	: Ir. Ajat Sudrajat, M.T.	(..... )

Mengesahkan
Ketua Program Studi Teknik Fisika

(Kiri/Rezki Lestari, S.T., M.Sc)
NIDN. 0323039102

Ditetapkan di :
Tanggal :

KATA PENGANTAR / UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT atas karunia dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk Tugas Akhir yang berjudul “**PEMBUATAN SISTEM PENGENDALI VOLUME GASBAG PADA PLANT BIOGAS**”. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan, dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Sehingga penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan kerja praktek ini

Terima kasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada:

1. ALLAH SWT. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberi rahmat dan hidayahnya.
2. Novi Azman, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Nasional.
3. Kiki Rezki Lestari, S.T., M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Fisika Universitas Nasional.
4. Fitria Hidayanti, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing I dalam penyusunan laporan tugas akhir.
5. Ibu Erna Kusumawati, S.Pd. Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing II dalam penyusunan laporan tugas akhir.
6. Dr.rer.nat Neni Sintawardani, selaku pembimbing LPTB-LIPI dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir.
7. Elan Sutarlan S.T. selaku pembimbing LPTB-LIPI dalam pelaksanaan tugas akhir di *plant* biogas.
8. Bpk. Epen selaku operator *plant* biogas yang telah membantu dalam pelaksanaan tugas akhir.
9. Orang tua yang telah membantu dalam pelaksanaan penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Sahabat – sahabat Kopong, yaitu Wahyu Prabowo, Yohanes, Reggie Ferdian dan Risad Anwar yang telah menemani penulis sejak awal perjuangan meraih gelar sarjana.

11. Teman-teman di jurusan Teknik Fisika, yang telah memberikan kenangan selama perkuliahan di Universitas Nasional.
12. Dan semua pihak yang terlibat serta mendukung tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga ALLAH SWT membalas dengan berkat yang melimpah.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik untuk pengembangan dan perbaikan sehingga dapat memberikan hasil yang memuaskan.

Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi sumbangsih yang mampu membantu memperkaya ilmu pengetahuan.



Jakarta, Februari 2020

Adityo Harry Sumardi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Nasional, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adityo Harry Sumardi
NPM : 173112700520023
Program Studi : Teknik Fisika
Fakultas : Teknik dan Sains

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nasional Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pembuatan Sistem Pengendali Volume Gasbag Pada Plant Biogas

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nasional berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Jakarta
Pada tanggal : Februari 2020

Yang Menyatakan

(Adityo Harry Sumardi)

ABSTRAK

Nama : Adityo Harry Sumardi
Program Studi : Teknik Fisika
Judul : Pembuatan Sistem Pengendali Volume *Gasbag* pada *Plant* Biogas

Telah dilakukan pembuatan sistem pengendali volume *gasbag* pada *plant* biogas limbah tahu Sumedang yang berguna untuk memantau kondisi volume *gasbag* dan mengendalikan volume *gasbag* agar tidak mencapai batas volume maksimum dan minimum *gasbag*. Perancangan sistem pengendali volume *gasbag* menggunakan sensor *ultrasonic* JSN-SR04T untuk mengukur perubahan jarak *gasbag*, kemudian dikonversi menjadi volume oleh sistem yang dirancang. Sensor yang digunakan pada sistem memiliki *error* 0.79% dan standar deviasi 0.65 cm, sistem yang dirancang memiliki *error* 3.99% dan standar deviasi 0.18 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume biogas yang dapat diproduksi *plant* selama sehari adalah 27,59 KL dan volume biogas yang didistribusikan ke rumah warga adalah 27,99 KL. Diketahui bahwa rata-rata *flow* produksi adalah 44.89 L/menit dan rata-rata *flow* distribusi adalah 49.44 L/menit, sedangkan puncak pemakaian biogas terjadi pada pukul 11.00-18.00. Volume tertinggi terjadi pada pukul 11.00 - 11.30 dengan jumlah volume 101.52 KL dan volume terendah terjadi pukul 17.30 – 18.05 dengan jumlah volume 59.65 KL.

Kata Kunci : Biogas, *Gasbag*, Volume

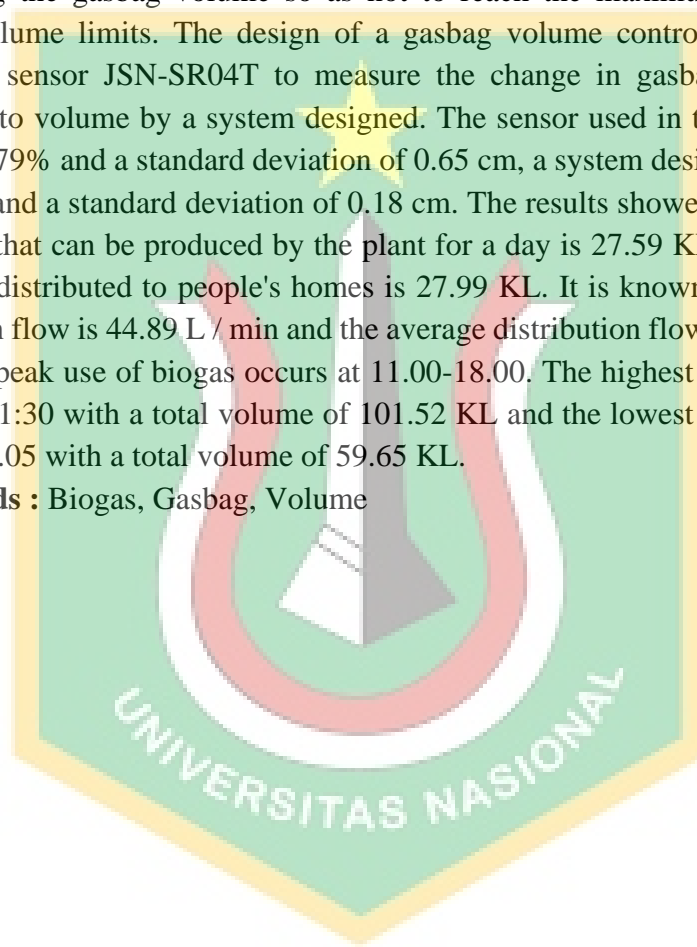


ABSTRACT

Name : Adityo Harry Sumardi
Study Program: Physics Engineering
Title : Manufacturing of Gasbag Volume Control System in Biogas Plant

A gasbag volume control system has been made at the Sumedang tofu waste biogas plant which is useful for monitoring the condition of the gasbag volume and controlling the gasbag volume so as not to reach the maximum and minimum gasbag volume limits. The design of a gasbag volume control system uses an ultrasonic sensor JSN-SR04T to measure the change in gasbag distance, then convert it to volume by a system designed. The sensor used in the system has an error of 0.79% and a standard deviation of 0.65 cm, a system designed has an error of 3.99% and a standard deviation of 0.18 cm. The results showed that the volume of biogas that can be produced by the plant for a day is 27.59 KL and the volume of biogas distributed to people's homes is 27.99 KL. It is known that the average production flow is 44.89 L / min and the average distribution flow is 49.44 L / min, while the peak use of biogas occurs at 11.00-18.00. The highest volume occurs at 11:00 to 11:30 with a total volume of 101.52 KL and the lowest volume occurs at 17:30 - 18.05 with a total volume of 59.65 KL.

Key Words : Biogas, Gasbag, Volume



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Kegunaan Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Biogas	5
2.2. Sifat-sifat Gas	5
2.3. <i>Digester</i>	6
2.3.1. <i>Ballon Plants Digester</i>	7
2.3.1.1. <i>Gasbag</i>	7
2.4. Sensor Ultrasonik	8
2.4.1. Cara Kerja Sensor Ultrasonik	9
2.4.2. JSN-SR04T	9
2.5. Mikrokontroler	10
2.5.1. Mikrokontroler AVR ATmega 328P	11
2.5.2. Konfigurasi Pin ATmega 328P	11
2.5.3. <i>Arduino Uno</i>	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1. Diagram Alir Penelitian	14
3.2. Studi Literatur	14
3.2.1. Sistem Kerja Plant Biogas	15

3.3.	Rancangan Sistem	16
3.4.	Rancang Bangun <i>Hardware</i>	17
3.5.	Rancang Bangun <i>Software</i>	20
	3.5.1. Pengukuran Jarak	20
	3.5.2. Pengukuran Volume	20
	3.5.3. Pembuatan Sistem	21
3.6.	Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.7.	Alat dan Bahan Penelitian	24
3.8.	Pengujian Sensor	25
3.9.	Pengujian Sistem	25
3.10.	Pengambilan Data	26
3.11.	Pengolahan Data Kinerja Sistem	27
3.12.	Analisis	27
3.13.	Kesimpulan dan Saran	27
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1.	Hasil Pengujian Sensor	28
4.2.	Hasil Pengujian Sistem	30
4.3.	Hasil Pemantauan <i>Gasbag</i>	33
4.4.	Respon Sistem Kontrol Volume <i>Gasbag</i>	37
BAB 5	PENUTUP	38
5.1.	Kesimpulan	38
5.2.	Saran	39
DAFTAR REFERENSI		40
LAMPIRAN		xiv

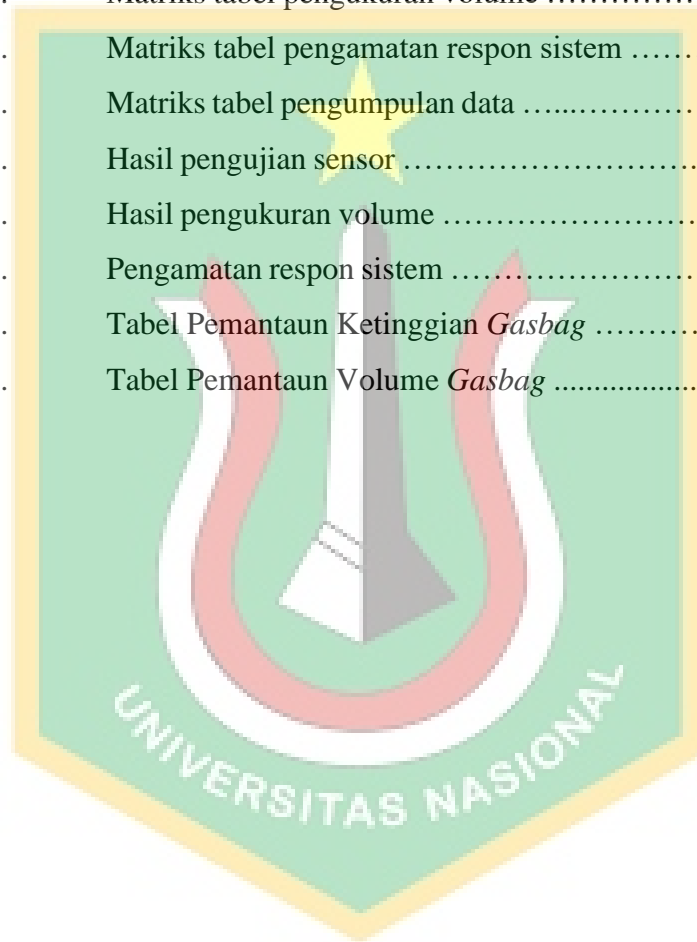


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Ballon Plants Digester</i>	7
Gambar 2.2.	Contoh <i>Gasbag</i>	8
Gambar 2.3.	Cara Kerja Sensor Ultrasonik	9
Gambar 2.4.	Konfigurasi Pin ATmega 328P	11
Gambar 2.5.	Arduino Uno	13
Gambar 3.1.	Diagram alir penelitian	14
Gambar 3.2.	Diagram blok <i>plant</i>	15
Gambar 3.3.	Denah <i>plant bogas</i>	16
Gambar 3.4.	Diagram blok sistem	17
Gambar 3.5.	Tampilan 3D alat pengendali <i>gasbag</i>	17
Gambar 3.6.	Alat tampak dari atas beserta dimensinya	18
Gambar 3.7.	Alat tampak dari samping beserta dimensinya	18
Gambar 3.8.	Diagram sirkuit alat	19
Gambar 3.9.	Sistem pengukuran volume	20
Gambar 3.10.	Diagram Alir Alat	21
Gambar 4.1.	Grafik pengujian sensor	29
Gambar 4.2.	Grafik pengukuran volume	31
Gambar 4.3.	Grafik pemantauan ketinggian <i>gasbag</i>	33
Gambar 4.4.	Grafik pemantauan volume <i>gasbag</i> keseluruhan	34
Gambar 4.5.	Grafik Pemantauan <i>Gasbag</i> Sesi Produksi	35
Gambar 4.6.	Grafik Pemantauan <i>Gasbag</i> Sesi Distribusi	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Komponen penyusun biogas	5
Tabel 2.2.	Spesifikasi Teknik JSN-SR04T.....	10
Tabel 2.3.	Spesifikasi Teknik Arduino Uno	13
Tabel 3.1.	Alat dan bahan penelitian	23
Tabel 3.2.	Matriks tabel pengujian sensor	24
Tabel 3.3.	Matriks tabel pengukuran volume	25
Tabel 3.4.	Matriks tabel pengamatan respon sistem	25
Tabel 3.5.	Matriks tabel pengumpulan data	25
Tabel 4.1.	Hasil pengujian sensor	27
Tabel 4.2.	Hasil pengukuran volume	30
Tabel 4.3.	Pengamatan respon sistem	31
Tabel 4.4.	Tabel Pemantaun Ketinggian <i>Gasbag</i>	32
Tabel 4.5.	Tabel Pemantaun Volume <i>Gasbag</i>	33



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pemantauan Ketinggian <i>Gasbag</i>	xiv
Lampiran 2	Pemantauan Volume <i>Gasbag</i>	xviii
Lampiran 3	Foto Dokumentasi	xxii



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Biogas *plant* adalah nama yang sering diberikan pada *digester* yang mengolah limbah atau kotoran menjadi biogas. Biogas sendiri merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan kotoran atau limbah yang dapat terurai secara hayati yang akan difermentasikan dari material organik kompleks menjadi material yang lebih sederhana melalui proses anaerob [1]. Selama proses tersebut, mikroorganisme mengubah limbah biomassa menjadi biogas yang berupa gas metana dan beberapa gas lainnya seperti karbon dioksida.

Secara umum terdapat 3 tipe *digester* pada *plant* biogas yaitu *fixed dome plant digester*, *floating dome plant digester* dan *balloon digester*. Perbedaan mendasar antara 1 tipe *digester* dengan tipe *digester* lainnya adalah kapasitas penampungan gas dan konstruksi *digester* itu sendiri [2]. Salah satu contoh *plant* biogas adalah *plant* biogas yang terdapat di Dusun Giriharja, Sumedang, Jawa Barat. *Plant* biogas ini memiliki tipe *balloon digester*, pada *plant* ini limbah sisa tahu sumedang akan difermentasi menjadi biogas untuk selanjutnya didistribusikan ke rumah-rumah warga.

Namun pada praktiknya *plant* ini masih mempunyai kekurangan yaitu masih manualnya sistem pemantauan dan pengendalian volume *gasbag* (sejenis *gas holder*) serta belum *real-time* sehingga data kurang akurat (hanya berupa *pressure geauge*). Padahal proses ini sangat penting untuk mengetahui kualitas dan kuantitas dari gas yang diproduksi, serta untuk mengerti proses yang sedang terjadi di dalam *plant* untuk mencapai proses yang optimum [3]. Pada umumnya proses pemantauan di *plant* biogas dilakukan dengan mengukur volume biogas yang terkumpul pada *gas holder* dan/atau mengukur konsentrasi biogas yang dihasilkan (terutama gas CH₄) [4]. Pengukuran volume biogas sendiri dapat dilakukan dengan mengukur perubahan volume *gas holder* [5][6] atau mengukur *flow* biogas pada pipa dan/atau mengukur *pressure* biogas dalam *gas holder* untuk kemudian dihitung volumenya [7][8].

Pada penelitian ini metode yang dipakai untuk sistem pemantauan *gasbag* di *plant* adalah mengukur perubahan volume *gasbag* (berubah berdasarkan jumlah biogas) yang dilakukan secara otomatis dan *real-time*, lalu merancang sistem pengendalian yang akan mematikan *compressor* (menghisap biogas dalam *gasbag*) apabila kondisi volume *gasbag* telah mencapai batas volume yang diperbolehkan yaitu batas maksimum 110000 L dan batas minimum 58000 L (didapat dari *data sheet*), pengendalian ini berfungsi untuk mencegah kerusakan pada *gasbag* akibat kelebihan atau kekurangan volume. Penggunaan metode ini dikarenakan kondisi *plant* yang harus bekerja selama 24 jam. Jika sistem pemantauan dan pengendalian menggunakan metode yang lain seperti *pressure* dan *flow*, akan menemukan kendala, seperti harus memodifikasi *gasbag* sehingga proses kerja *plant* harus dihentikan sementara.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka pada rancang bangun ini, yang akan dilakukan adalah bagaimana membuat sistem pemantauan dan pengendalian volume *gasbag* pada *plant* biogas tanpa harus menghentikan proses kerja *plant* tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

- a. Merancang, membuat dan menguji sistem pengendali volume *gasbag* di *plant biogas* berbasis sensor jarak.
- b. Memantau jumlah volume biogas yang diproduksi dan didistribusikan *plant biogas* secara *real-time*.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian terdapat batasan masalah dengan tujuan agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Berikut batasan masalah penelitian :

- a. Pendeteksian volume *gasbag* dengan meletakkan sensor jarak pada titik atas *gasbag* pada *plant* biogas.

- b. Data yang diambil pada penelitian ini data jarak dan volume yang didapat dari sistem yang dirancang.
- c. Pemantauan perubahan jarak dilakukan selama 24 jam, dengan interval setiap data adalah 5 menit

1.5. Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaannya yaitu :

- a. Kegunaan ilmiah sebagai bahan referensi bagi mahasiswa lain, khususnya mahasiswa Universitas Nasional Jakarta yang akan atau sedang melakukan penelitian.
- b. Kegunaan praktis, membuat sistem pemantauan dan pengendalian volume *gasbag* di *plant biogas* sehingga dapat mencegah terjadinya kerusakan pada *gasbag*.

1.6. Sistematika Penulisan

- BAB 1 : PENDAHULUAN**
 Pendahuluan berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, hipotesis, batasan masalah dan kegunaan penelitian serta sistematika penulisan.
- BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA**
 Tinjauan pustaka berisi hasil studi literatur mengenai tema skripsi yang penulis angkat.
- BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN**
 Metodologi penelitian berisi diagram alir penelitian, desain penelitian, tempat dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian dan langkah – langkah yang dilakukan dari proses perancangan sistem hingga pengambilan data penelitian, serta metode dalam pembuatan analisis.

BAB 4 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisi hasil pengujian sistem dan hasil pengambilan data penelitian, serta pembahasan mengenai variabel yang dianalisis.

BAB 5 : PENUTUP

Penutup berisi kesimpulan dan saran guna memperbaiki kelemahan dan kekurangan dalam melakukan penelitian oleh penulis.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biogas

Biogas adalah gas yang dapat dihasilkan dari fermentasi faeces (kotoran) ternak atau limbah sisa dalam suatu ruangan yang disebut digester (tangki reaktan yang hampa udara dimana proses dekomposisi bahan baku terjadi dalam kondisi tanpa oksigen.). Komponen utama biogas adalah gas metan, di samping gas-gas lain [9]. Komponen utama penyusun biogas terdiri dari :

Tabel 2.1. Komponen penyusun biogas [9]

No.	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1	Gas metan	CH ₄	54%-70%
2	Karbon dioksida	CO ₂	27%-45%
3	Nitrogen	N ₂	3%-5%
4	Hidrogen	H ₂	1%-0,2%
5	Karbon monoksida	CO	0,1%
6	Oksigen	O ₂	0,1%
7	Hidrogen Sulifida	H ₂ S	> 0,1%

2.2. Sifat-sifat Gas

Gas memiliki tiga sifat karakteristik yaitu mudah dikompresi, berkembang untuk mengisi wadah mereka, dan menempati ruang yang jauh lebih banyak daripada cairan atau padatan dari mana mereka terbentuk.

Mudah dikompresi (kompresibilitas) hal ini dikarenakan kepadatan gas yang rendah menjadikannya kompresibel karena molekulnya dapat diposisikan

berjauhan satu sama lain. Ini memungkinkan mereka untuk bergerak bebas agar sesuai dengan celah ruang di antara mereka. Sama seperti gas kompresibel, mereka juga dapat diperluas. Kebebasan molekul gas menyebabkan mereka mengambil bentuk wadah apa pun di mana mereka ditempatkan, mengisi volume wadah itu.

Berkembang untuk mengisi wadah mereka hal ini terjadi karena Gas tidak memiliki bentuk atau volume yang pasti. Pergerakan acak molekul gas memungkinkan mereka untuk mengembang atau berkontraksi untuk mengasumsikan volume wadah yang menahannya. Oleh karena itu, volume gas mengacu pada ruang wadah di mana molekul-molekulnya memiliki jangkauan untuk bergerak. Properti ini menghasilkan gas yang menempati lebih banyak ruang daripada yang mereka miliki dalam keadaan cair atau padat. Gas juga berkontraksi dan berkembang dengan jumlah yang dapat diprediksi tergantung pada perubahan suhu dan tekanan.

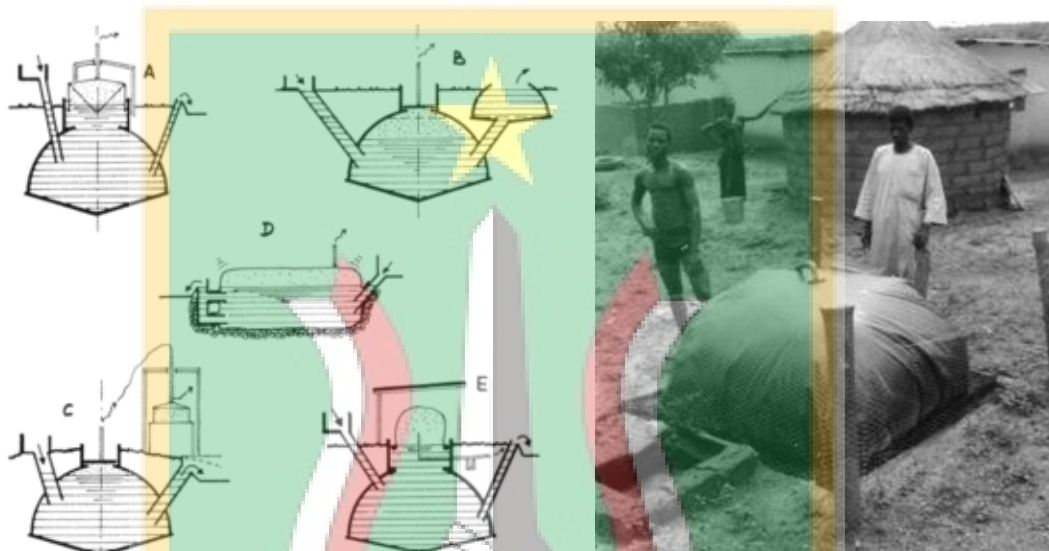
Menempati ruang yang jauh lebih banyak daripada cairan atau padatan dari mana mereka terbentuk dapat diilustrasikan dengan contoh-contoh berikut. Satu gram oksigen cair pada titik didihnya ($-183\text{ }^{\circ}\text{C}$) memiliki volume 0,894 mL. Jumlah gas O_2 yang sama pada $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan atmosfer memiliki volume 700 mL, yang hampir 800 kali lebih besar. Hasil serupa diperoleh ketika volume padatan dan gas dibandingkan. Satu gram CO_2 padat memiliki volume 0,641 mL. Pada $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan atmosfer, jumlah CO_2 yang sama gas memiliki volume 556 mL, yang lebih dari 850 kali lebih besar. Sebagai aturan umum, volume cairan atau padatan meningkat sekitar 800 faktor ketika membentuk gas.

2.3. *Digester*

Merupakan inti *plant* biogas yaitu sebuah reaktor yang hampa udara dimana proses dekomposisi dan fermentasi bahan baku (kotoran atau limbah sisa) terjadi dalam kondisi hampa udara. Sistem *input* pada *digester* adalah bahan baku dan *output*-nya adalah biogas. *Gasbag* atau kantong gas adalah kantong elastis yang digunakan untuk menampung gas di dalamnya. *Digester* umumnya berbentuk silinder yang terbuat dari logam atau beton dengan rasio tinggi terhadap diameter kecil. *Digester* dapat beroperasi pada suhu mesofilik atau termofilik [10].

2.3.1 Balloon Plants Digester

Digester tipe *balloon* merupakan digester yang menggunakan bahan plastik atau karet. *Digester* tipe ini biasanya menggabungkan *digester* reaktannya (tempat produksi biogas) dengan *gas holder* (tempat penampungan gas). Dengan *digester* reaktan diletakkan pada bagian bawah dan *gas holder* diletakkan pada bagian atas. Pada *digester* tipe ini biasanya dilengkapi sistem pengaman untuk mencegah terjadinya kebocoran akibat *digester* yang mengembang melebihi batas.



Gambar 2.1. *Ballon Plants Digester* [10]

Gambar 2.1 menunjukkan skema dari *balloon digester*, *digester* tipe *balloon* memiliki kesamaan seperti tipe *digester* tipe *floating dome* di mana kedua tipe *digester* ini memiliki volume yang tidak tetap atau dapat berubah sesuai dengan volume biogas yang terdapat di dalamnya.

2.3.1.1. Gasbag

Gasbag merupakan *gas holder* yang berfungsi untuk menampung gas. *Gasbag* biasanya berbentuk *spherical* seperti bola, balon atau silinder sehingga tekanan gas dapat disalurkan merata ke semua bidang. *Gasbag* sendiri dapat mengembang dan mengecil berdasarkan jumlah volume biogas yang terdapat dalam *gasbag* tersebut. *Gasbag* sendiri biasanya terpisah dari *digester* reaktannya.



Gambar 2.2. Contoh Gasbag [11]

Gambar 2.2 menunjukkan *gasbag* yang telah mengembang dengan sempurna yang dikarenakan volume biogas yang terdapat di dalam *gasbag* telah terisi. *Gasbag* yang terisi penuh akan memiliki kondisi permukaan yang mengeras atau merenggang tanpa ada kerutan atau lipatan.

2.4. Sensor Ultrasonik

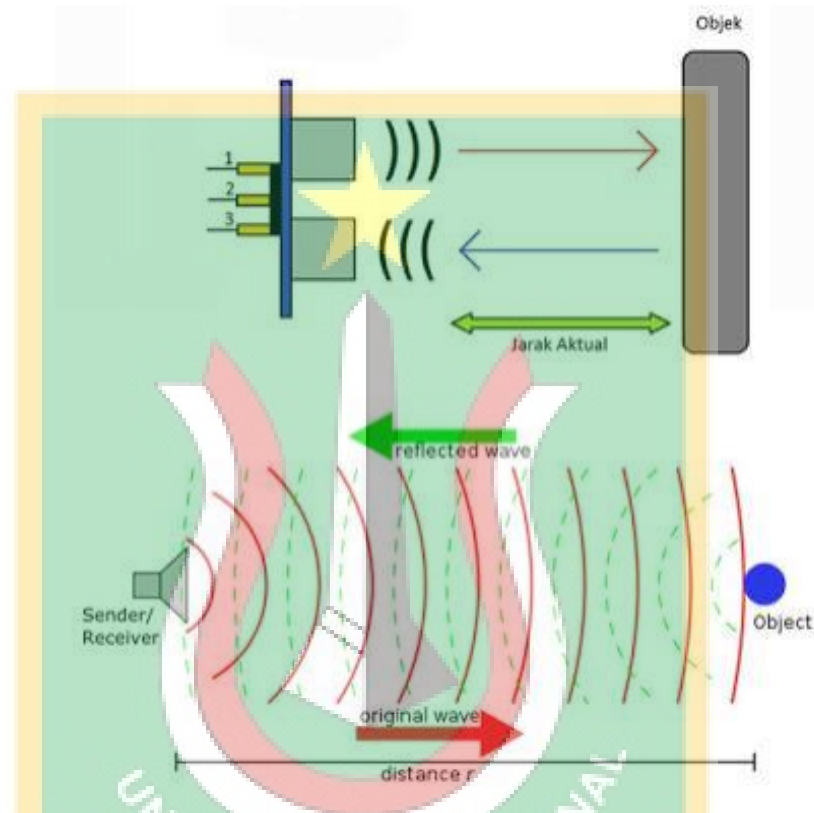
Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan posisi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik). Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat di dengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumba-lumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair [12].

Sensor ini merupakan sensor yang siap pakai, suatu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik memiliki dua elemen, yaitu elemen pendeteksi gelombang ultrasonik dan sekaligus elemen pembangkit gelombang ultrasonik. Sensor ultrasonik adalah sensor yang dapat mendeteksi gelombang ultrasonik, yaitu gelombang suara yang

memiliki frekuensi ultrasonik atau frekuensi di atas kisaran frekuensi pendengaran manusia. Sensor ini bisa digunakan untuk mengukur jarak benda dari 2 cm sampai dengan 800 cm.

2.4.1 Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Berikut merupakan cara kerja sensor ultrasonik :



Gambar 2.3. Cara Kerja Sensor Ultrasonik [12]

Gambar 2.3 menunjukkan skema cara kerja sensor ultrasonik di mana ketika diberikan tegangan positif pada pin *Trigger* selama 10 μ s, maka sensor akan mengirimkan 8 step sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40kHz. Selanjutnya, sinyal akan diterima pada pin *Echo*. Untuk mengukur jarak benda yang memantulkan sinyal tersebut, maka selisih waktu ketika mengirim dan menerima sinyal digunakan untuk menentukan jarak benda tersebut.

2.4.4 JSN-SR04T

JSN-SR04T adalah modul pengukuran jarak *ultrasonic* yang dapat mengukur jarak dari 20cm sampai dengan 600cm, fungsi sensor jarak non-kontak,

dengan akurasi hingga 2mm. JSN-SR04T mengadopsi desain probe *ultrasonic* terintegrasi tingkat industri, tipe tahan air, dengan kinerja stabil.

Tabel 2.2. Spesifikasi Teknik JSN-SR04T [20]

	Pulse width output / Serial Output
Operating Voltage	DC 3.0-5.5V
Working current	Less than 8mA
Probe frequency	40KHz
Farthest range	600cm
Recent range	20cm
Distance accuracy	+ - 1cm
Resolution	1mm
Measuring angle	75 degree
Enter the trigger signal	1,10uS above the TTL pulse 2, the serial port to send instructions 0X55
Output the echo signal	Output pulse width level signal, or TTL
Wiring	3-5.5V (power positive) Trig (RX) RX Echo (output) TX GND (power supply negative)
Product Size	L42 * W29 * H12 mm
Operating temperature	-20 ° C to + 70 ° C
Product color	PCB board is blue

2.5. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol atau pengendali rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Penggunaan mikrokontroler lebih menguntungkan dibandingkan penggunaan mikroprosesor. Hal ini dikarenakan dengan mikrokontroler tidak perlu lagi penambahan memori dan I/O (*input/output*) eksternal selama memori dan I/O internal masih bisa mencukupi. Selain itu proses produksinya secara massal, sehingga harganya menjadi lebih murah dibandingkan mikroprosesor.

Secara teknis, hanya ada dua macam mikrokontroler. Pembagian ini didasarkan pada kompleksitas instruksi-instruksi yang dapat diterapkan pada mikrokontroler tersebut. Pembagian itu yaitu RISC dan CISC.

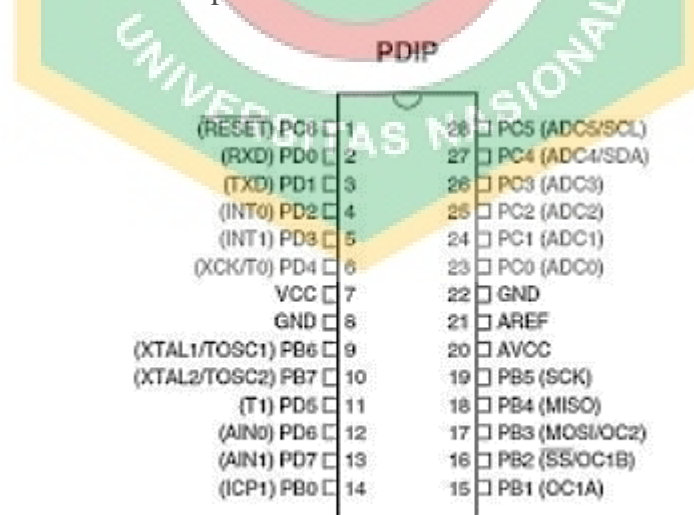
1. RISC merupakan kependekan dari *Reduced Instruction Set Computer*. Instruksi yang dimiliki terbatas, tetapi memiliki fasilitas yang lebih banyak.
2. Sebaliknya, CISC kependekan dari *Complex Instruction Set Computer*. Instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya.

2.5.1. Mikrokontroler AVR ATmega 328P

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegaard's Risc Processor*) ATmega 328P merupakan seri mikrokontroler *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS) 8-bit buatan Atmel berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi pada program dieksekusi dalam satu siklus *clock*. ATmega 328P mempunyai 8 Kbyte *in-System Programmable Flash* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang (*read/write*) dengan koneksi secara serial yang disebut *Serial Peripheral Interface (SPI)*. AVR memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, keunggulan mikrokontroler AVR yaitu memiliki kecepatan dalam mengeksekusi program yang lebih cepat, karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock* (lebih cepat dibandingkan mikrokontroler keluarga MCS 51 yang memiliki arsitektur *Complex Intrukstion Set Compute*). ATmega328P mempunyai *throughput* mendekati 1 *Millions Instruction Per Second (MIPS) per MHz*, sehingga membuat konsumsi daya menjadi rendah terhadap kecepatan proses eksekusi perintah [15].

2.5.2. Konfigurasi Pin ATmega 328P

ATmega 328P mempunyai kaki standar 28 pin yang mempunyai fungsi masing-masing. Untuk lebih jelasnya tentang konfigurasi pin ATmega 328P dapat dilihat pada Gambar 2.4 seperti berikut:



Gambar 2.4. Konfigurasi Pin ATmega 328P.[15]

Adapun rincian dan fungsi susunan pin ATmega328P adalah sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan pin Ground.
3. Port B (PB0 – PB7) merupakan pin masukan/keluaran dua arah (*full duplex*) dan dengan masing-masing port memiliki fungsi khusus. Didalam Port B terdapat XTAL1, XTAL2, TOSC1, TOSC2. Jumlah Port B adalah 8 buah pin, mulai dari pin B.0 sampai dengan B.7. Tiap pin dapat digunakan sebagai *input* maupun *output*.
4. Port C (PC0 – PC6) merupakan pin masukan/keluaran dua arah (*full duplex*) dan dengan masing-masing port memiliki fungsi khusus. *Port C* merupakan sebuah 7-bit *bi-directional I/O port* yang di dalam masing- masing pin terdapat *pull-up resistor*. Jumlah pin nya hanya 7 buah mulai dari pin C.0 sampai dengan pin C.6. Sebagai *output port C* memiliki karakteristik yang sama dalam hal menyerap arus (*sink*) ataupun mengeluarkan arus (*source*).
5. Port D (PD0 – PD7) merupakan pin masukan/keluaran dua arah (*full duplex*) dan dengan masing-masing port memiliki fungsi khusus. *Port D* merupakan 8-bit *bidirectional I/O* dengan internal *pull-up resistor*. Fungsi dari *port* ini sama dengan *port-port* yang lain. Hanya saja pada *port* ini tidak terdapat kegunaan-kegunaan yang lain. Pada *port* ini hanya berfungsi sebagai masukan dan keluaran saja atau biasa disebut dengan I/O.
6. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mengatur ulang mikrokontroler.
7. XTAL1 dan XTAL2, merupakan pin masukan *external clock*.
8. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC (*Analog-Digital Converter*). Pin ini berfungsi sebagai *supply* tegangan untuk ADC. Untuk pin ini harus dihubungkan secara terpisah dengan VCC karena pin ini digunakan untuk analog saja. Bahkan jika ADC pada AVR tidak digunakan tetap saja 9 disarankan untuk menghubungkannya secara terpisah dengan VCC. Jika ADC digunakan, maka AVcc harus dihubungkan ke VCC melalui low pass filter.
9. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC [7].

2.5.3. Arduino Uno

Arduino uno adalah papan sirkuit berbasis mikrokontroler Atmega328. IC (+*Integrated circuit*) ini memiliki 14 *input/output* digital (6 *output* untuk PWM),

6 analog *input*, resonator kristal keramik 16 MHz, koneksi USB, soket adaptor, pin header ICSP, tombol reset dan tegangan operasi dari 7-12V.



Gambar 2.5. Arduino Uno [21]

Arduino uno memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler lain. Selain bersifat open source arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C yang sudah disederhanakan *syntax* bahasa pemrogramannya. Selain itu dalam *board* arduino sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan dalam memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk *loader* ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai *port* komunikasi serial. Spesifikasi arduino uno dapat dilihat pada tabel berikut.

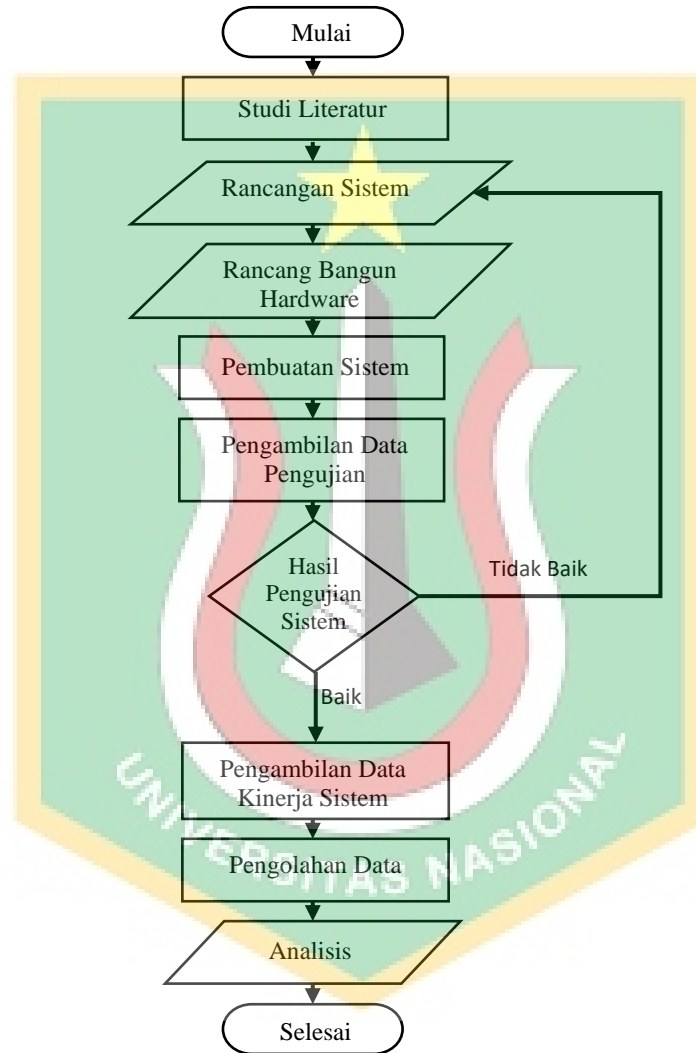
Tabel 2.3. Spesifikasi Teknik Arduino Uno [21]

Mikrokontroler	Atmega328P
Tegangan kerja	5V
Tegangan input (rekomendasi)	7-12V
Tegangan input (batas)	6-20V
Pin I/O digital	14 (of which 6 provide PWM output)
Pin I/O PWM	6
Pin input analog	6
Arus pin I/O	20 mA
Arus pin 3.3V	50 mA
Flash memory	32 KB (Atmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (Atmega328P)
EEPROM	1 KB (Atmega328P)
Clock speed	16 MHz
LED builtin	13
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25 g

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini, ditampilkan dalam bentuk diagram alir berikut :



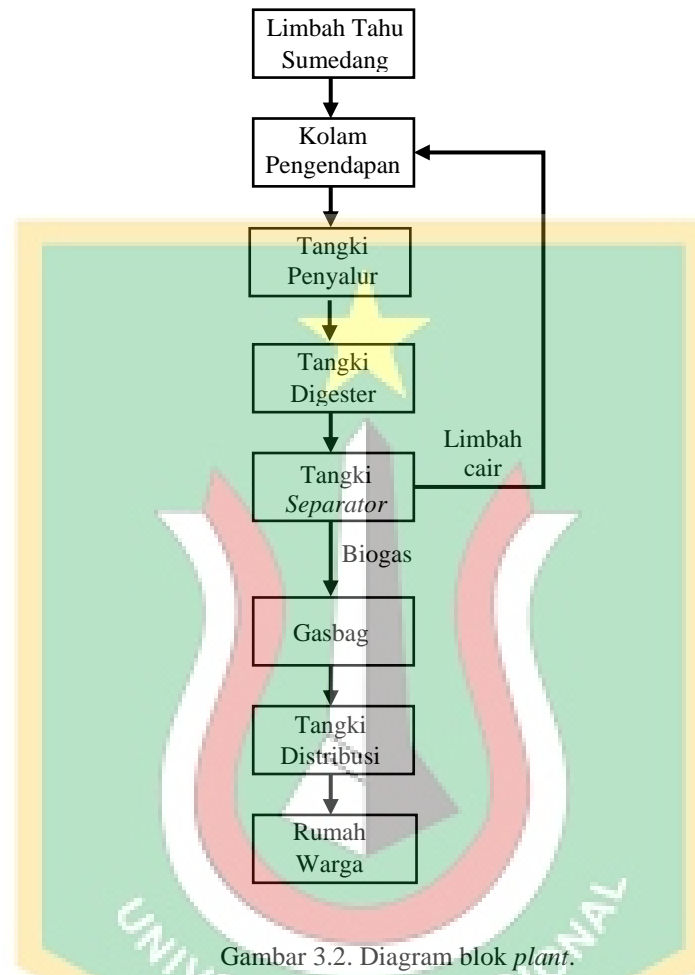
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mencari referensi mengenai tema yang akan diangkat pada tugas akhir ini. Data didapatkan dari beberapa referensi, termasuk *data sheet plant* biogas, *e-book*, artikel, jurnal ilmiah, atau *web* yang berkaitan dengan pengendali volume biogas dari sebuah fluida.

3.2.1. Sistem Kerja *Plant Biogas*

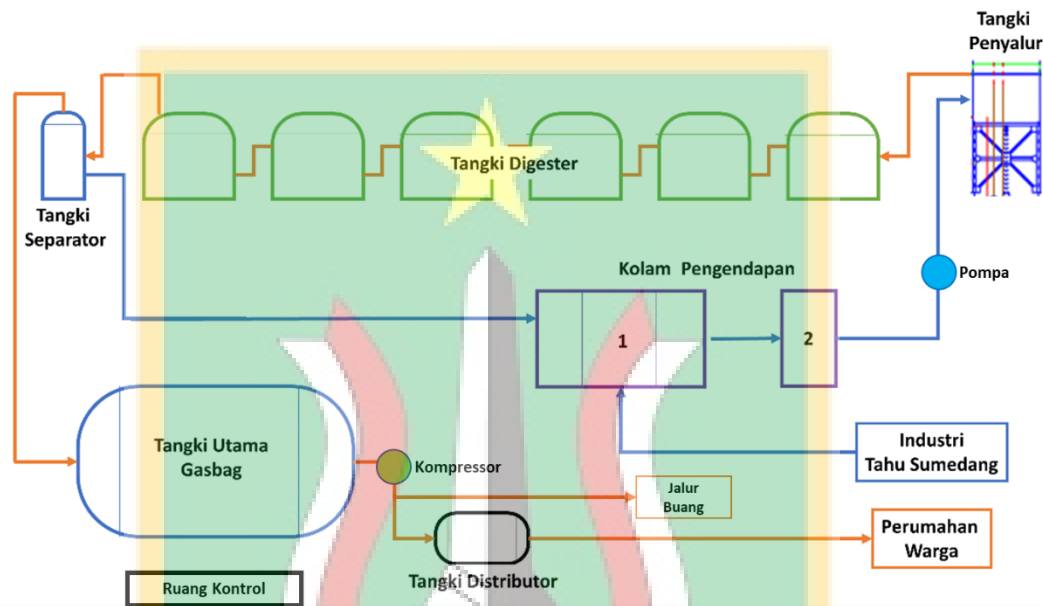
Plant biogas ini memanfaatkan limbah buangan dari tahu sumedang untuk difermentasi menjadi gas yang dapat dipakai masyarakat.



Gambar 3.2. Diagram blok *plant*.

Gambar 3.2 menunjukkan diagram blok dari sistem kerja *plant* biogas, limbah tahu Sumedang yang berasal dari industri tahu rumahan dikumpulkan dalam kolam pengendapan, kemudian limbah-limbah ini akan dimasukkan ke dalam tangki penyalur menggunakan pompa sebanyak 8 kali sehari dengan waktu pompa 15 menit dan waktu interval tiap pompa yaitu 2 jam 45 menit. Tangki penyalur kemudian akan menyalurkan limbah ke tangki reaktan (*digester*) memanfaatkan gaya gravitasi. Pada waktu interval, limbah tahu sumedang difermentasi di dalam tangki reaktan dengan bantuan mikroorganismenya. Hasil fermentasi ini berupa biogas (gas metana hampir 70%) akan masuk ke dalam tangki *separator* untuk disaring apabila masih terkandung limbah cair. Limbah cair ini akan dimasukkan kembali

ke dalam kolam pengendapan. Biogas yang telah disaring akan masuk ke dalam *gasbag* (tekanan ± 8 psi) yang dilindungi oleh sebuah tangki untuk dikumpulkan terlebih dahulu. Biogas ini kemudian akan dihisap dari *gasbag* ke dalam tangki distribusi oleh kompresor, kompresor akan bekerja secara otomatis apabila tekanan di dalam tangki distribusi kurang dari 800 mili Bar. Gas yang terdapat pada tangki distribusi kemudian di distribusikan ke 125 rumah warga dari jam 6 pagi sampai 6 malam.

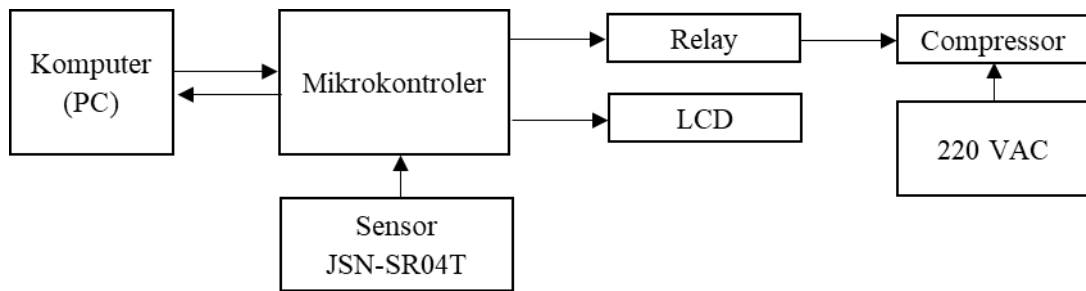


Gambar 3.3. Denah *plant* biogas

Gambar 3.3 menunjukkan denah *plant* biogas. Tabung yang terbesar merupakan *gasbag* yang akan dipantau dan dikendalikan volumenya, sedangkan 6 tangki *digester* merupakan tangki reaktan yang memproduksi biogas. Hasil pemantauan akan disambungkan dengan ruang kontrol yang akan mengendalikan kompresor secara otomatis. Sistem *safety* pada *plant* ini masih beroperasi secara manual, di mana operator harus berjaga selama 24 jam agar volume *gasbag* tidak mendekati batas maksimum dan minimum.

3.3. Rancangan Sistem

Proses perancangan diperlukan dalam pembuatan suatu sistem, bertujuan untuk menghasilkan kinerja sistem yang sesuai dengan yang diharapkan. Berikut adalah rancangan sistem yang ditampilkan dalam bentuk diagram blok :

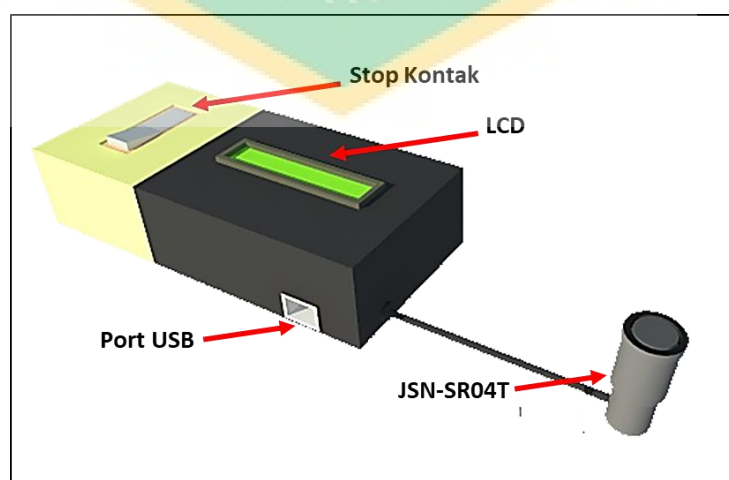


Gambar 3.4. Diagram blok sistem.

Gambar 3.4 menunjukkan blok sistem pengendali volume *gasbag* yang dirancang, komputer merupakan *power supply* dan *data logger* mikrokontroler. Mikrokontroler mendapat *input* dari sensor JSN-SR04T yang mengukur perubahan ketinggian *gasbag*, *input* ini kemudian akan dikonversi menjadi volume *gasbag* oleh mikrokontroler. Volume *gasbag* dikendalikan oleh mikrokontroler dengan modul relay, yang dihubungkan dengan *compressor* (220 VAC). Relay akan mengaktifkan dan menonaktifkan *compressor* apabila volume *gasbag* telah mencapai volume *set point* (telah diatur terlebih dahulu pada mikrokontroler).

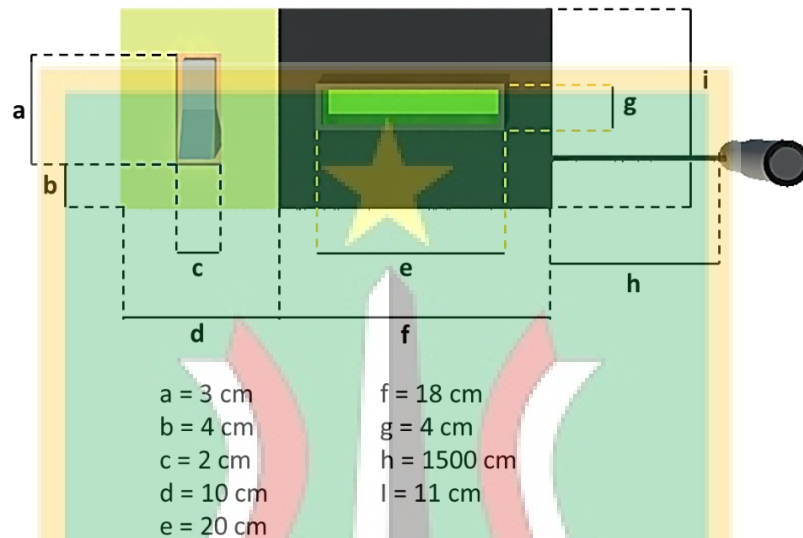
3.4. Rancang Bangun *Hardware*

Perancangan *hardware* dimulai dengan membuat desain alat pengendali volume *gasbag* yang akan dibuat. Alat dilengkapi stop kontak untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pengendali volume *gasbag*. *Casing* yang digunakan pada alat terbuat dari bahan plastik ABS. Pada *casing* terdapat LCD yang berfungsi untuk menampilkan volume *gasbag*. Sensor JSN-SR04T terintegrasi dengan *casing* menggunakan kabel.



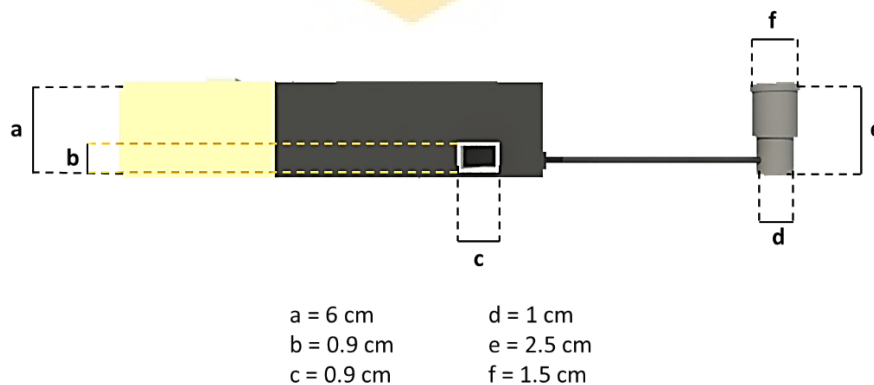
Gambar 3.5. Tampilan 3D alat pengendali *gasbag*.

Gambar 3.5 menunjukkan desain 3D alat yang dirancang menggunakan *software SketchUP*, terdapat 2 kotak utama yang berwarna putih dan hitam yang dihubungkan dengan sensor JSN-SR04T menggunakan kabel. Kotak putih berisi stopkontak yang berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan alat yang dirancang. Kotak hitam berisi LCD dan mikrokontroler, pada kotak hitam terdapat *port* USB yang berfungsi untuk menghubungkan mikrokontroler dengan komputer.



Gambar 3.6. Alat tampak dari atas beserta dimensinya.

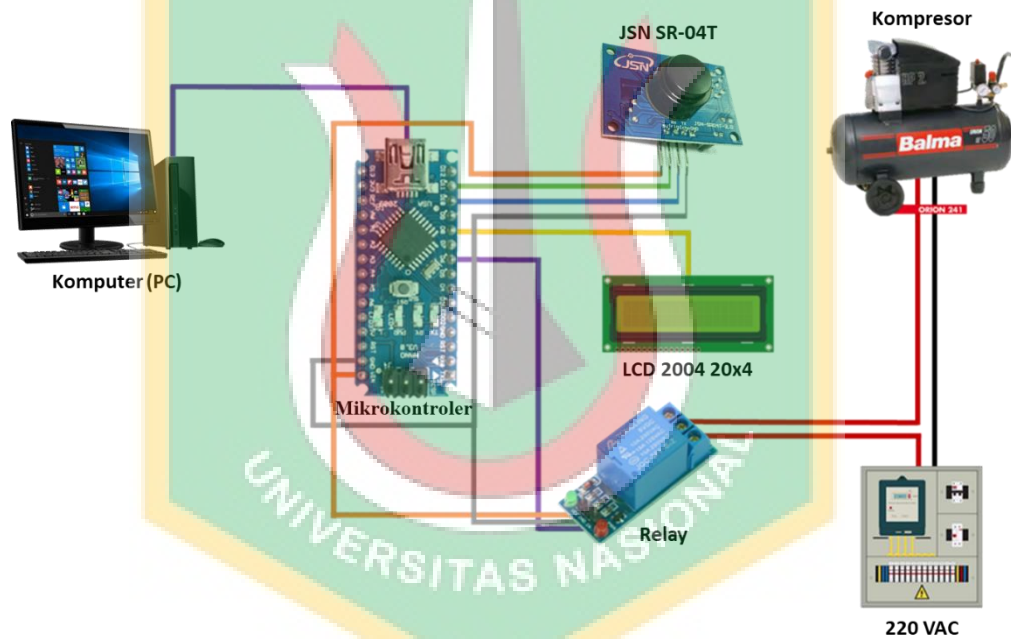
Gambar 3.6 menunjukkan desain alat dari atas, alat memiliki dimensi secara keseluruhan sebesar 28 cm x 11 cm, dengan dimensi kotak hitam sebesar 18 cm x 11 cm dan dimensi kotak putih sebesar 10 cm x 11 cm. Pada kotak putih terdapat stopkontak sebesar 3 cm x 2 cm dan pada kotak hitam terdapat LCD sebesar 20 cm x 4 cm. Kedua kotak terhubung dengan sensor ultrasonic menggunakan kabel dengan panjang 1500 cm (15 m).



Gambar 3.7. Alat tampak dari samping beserta dimensinya.

Gambar 3.7 menunjukkan desain alat dari samping, alat secara keseluruhan memiliki ketebalan 6 cm, dengan kotak hitam dan putih memiliki ketebalan yang sama. Pada kotak hitam terdapat *port* USB tipe-B yang memiliki dimensi 0.9 cm x 0.9 cm. Sensor JSN-SR04T yang digunakan memiliki ketebalan 2.5 cm dengan diameter atas 1.5 cm dan diameter bawah 1 cm.

Hardware pada sistem ini, berupa alat pengendali kompresor dengan sensor *ultrasonic* untuk mengukur volume *gasbag* dan *relay* sebagai *switch*. Komputer (PC) berfungsi sebagai *data logger* untuk mencatat pengukuran volume dan LCD berfungsi untuk menampilkan volume terukur. Kompresor dikendalikan oleh mikrokontroler dengan mengatur *relay* untuk *on/off* sumber tegangan 220V AC. Berikut rancangan *hardware* yang ditampilkan dalam bentuk diagram sirkuit :



Gambar 3.8. Diagram sirkuit alat.

Gambar 3.8. merupakan diagram sirkuit alat pengendali volume *gasbag* yang digunakan untuk mengendalikan volume *gasbag* pada *plant* biogas agar tidak mencapai batas *set point*. Pada alat pengendali volume *gasbag* menggunakan komputer (pc) sebagai *power supply* dan *data logger*. Sensor JSN-SR04T sebagai *input* untuk mikrokontroler, di mana sensor akan mengukur perubahan ketinggian *gasbag* dan dikonversi ke volume oleh mikrokontroler, yang kemudian akan ditampilkan oleh layer LCD. Relay berfungsi untuk mengaktifkan dan

menonaktifkan kompresor (*power supply* 220 VAC) apabila volume yang telah dikonversi telah mencapai *set point*.

3.5. Rancang Bangun Software

Perancangan *software* bertujuan untuk mengendalikan kinerja alat sesuai yang dikehendaki. Arduino IDE 1.8.10 merupakan *software* yang digunakan untuk merancang program yang digunakan pada alat pengendali volume *gasbag* ini. Pada perancangan ini menggunakan persamaan untuk mengukur jarak dan mengkalkulasikan volume *gasbag*.

3.5.1. Pengukuran Jarak

Sensor *ultrasonic* (transmitter) memancarkan gelombang dengan frekuensi diatas 20 kHz (gelombang *ultrasonic*), sinyal yang dipancarkan merambat sebagai gelombang bunyi (bunyi di udara). Ketika gelombang tersebut menumbuk suatu objek, gelombang akan dipantulkan kembali oleh benda tersebut, gelombang pantulan akan diterima oleh sensor *ultrasonic* (receiver). Waktu tempuh antara pengiriman dan panerimaan gelombang bunyi kemudian dikonversi menjadi jarak dengan persamaan :

$$h2 = 340 \frac{t}{2} \quad (3.1)$$

Keterangan :

$h2$ = Tinggi terukur (cm)

t = Waktu tempuh gelombang bunyi (detik)

340 m/s = Kecepatan suara di udara

3.5.2. Pengukuran Volume

Sensor *ultrasonic* akan mengukur perubahan jarak permukaan *gasbag*, dari data hasil pengukuran tersebut maka mikrokontroller akan menghitung volume *gasbag* (berbentuk silinder) dengan persamaan:

$$h = 2r - h2 \quad (3.2)$$

$$\theta = \arccos \frac{r-h}{r} \quad (3.3)$$

$$V = r^2(\theta - \frac{1}{2} \sin 2\theta)L \quad (3.4)$$

Keterangan :

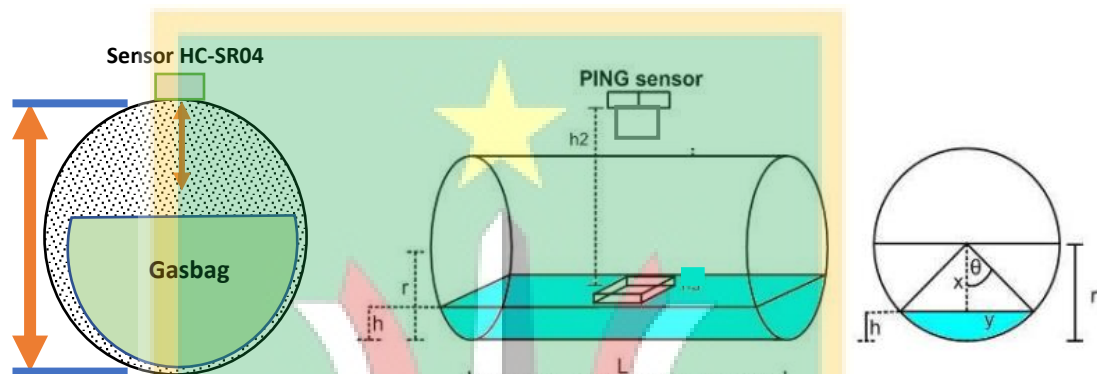
L = Panjang tangki atau *gasbag* (cm)

h = Tinggi *gasbag* (cm)

h2 = Tinggi yang terukur sensor

r = jari-jari (cm)

V = Volume biogas (L)

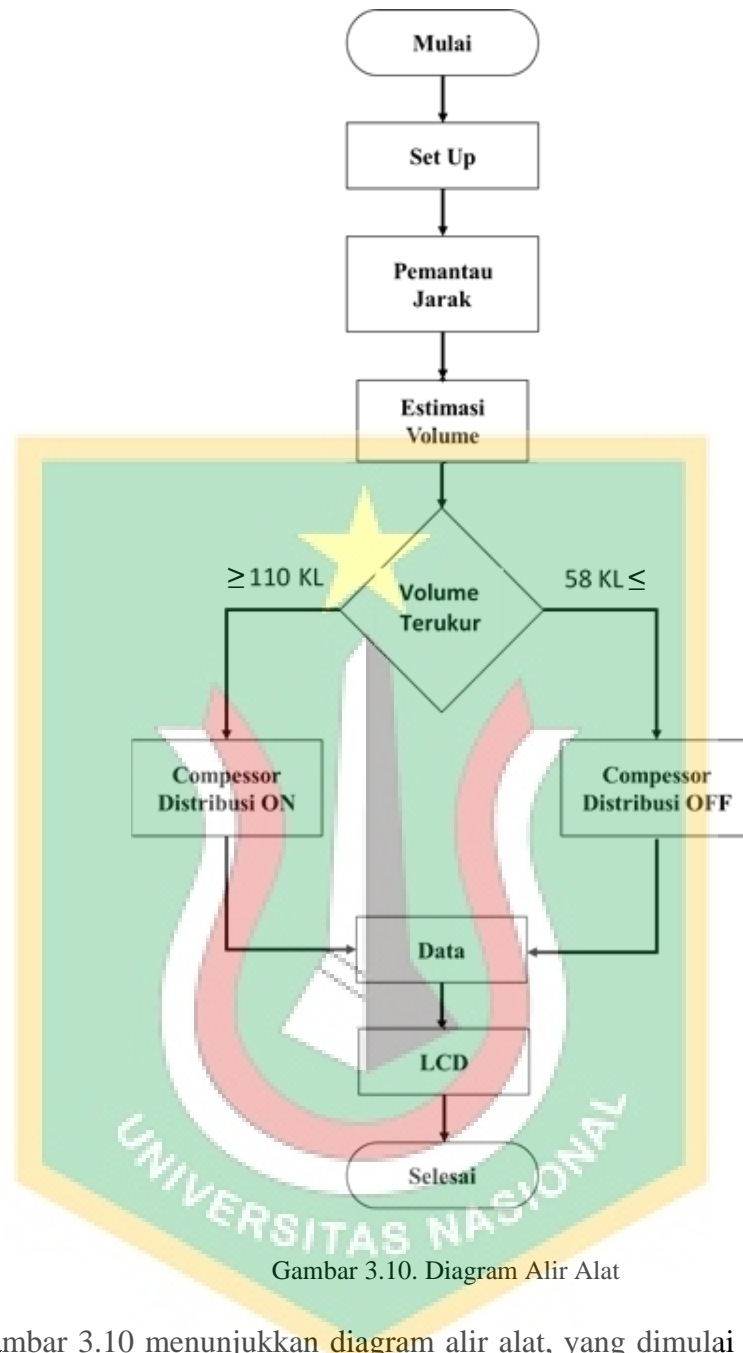


Gambar 3.9. Sistem pengukuran volume

Gambar 3.9 menunjukkan sistem pengukuran volume alat yang dirancang, di mana data yang diukur oleh sensor *ultrasonic* adalah jarak antara sensor dengan bagian atas *gasbag*. Di mana dari jarak tersebut lalu dikurangi tinggi tangki sehingga didapat tinggi *gasbag*. Dari tinggi *gasbag* tersebut dapat dihitung volume biogas yang berada pada *gasbag* menggunakan persamaan (3.4) dan data yang didapat dari spesifikasi *gasbag* (data ukuran panjang *gasbag*).

3.5.3. Pembuatan Sistem

Apabila volume yang terkalkulasi mikrokontroler telah mencapai batas minimum *gasbag* (58 KL) maka mikrokontroler memberikan perintah pada *relay* untuk menonaktifkan kompresor, sehingga kompresor tidak menghisap biogas dalam *gasbag* dan volume *gasbag* tetap terjaga. Sebaliknya apabila volume yang terhitung telah mencapai batas maksimum *gasbag* (110 KL) memberikan perintah pada *relay* untuk mengaktifkan kompresor, sehingga kompresor akan menghisap biogas dalam *gasbag* dan mencegah *gasbag* agar tidak kelebihan volume biogas didalamnya, seperti yang ditunjukkan gambar 3.10.



Gambar 3.10. Diagram Alir Alat

Gambar 3.10 menunjukkan diagram alir alat, yang dimulai dengan *set up* kemudian alat akan mengukur perubahan ketinggian *gasbag* lalu dikonversi menjadi volume. Apabila volume dibawah atau sama dengan 58 KL maka *compressor* akan *off*, apabila volume diatas atau sama dengan 110 KL maka *compressor* akan *on*, data ini kemudian akan ditampilkan oleh LCD. Sistem yang telah dirancang ini kemudian dimasukkan atau diprogram ke dalam mikrokontroler (Arduino nano), menggunakan *software* Arduino IDE. *Coding* yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler adalah sebagai berikut :

```

#define trigPin 6
#define echoPin 7
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd = LiquidCrystal_I2C(0x27, 20, 4);
float distance, high, teta, volume;
long duration;
double acos;
double sin;

void setup() {
  Serial.begin (9600);
  // Define Sensor
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
  pinMode(5, OUTPUT);
  // Initiate the LCD:
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("Pengukur Level");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Gas Bag");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}

void loop() {
  {
  digitalWrite(trigPin, LOW); // Added this line
  delayMicroseconds(2); // Added this line
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10); // Added this line
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = (duration/2) / 29.1;
  high = 2*300 - distance*distance;
  teta = acos*(300 - high/300);
  volume = 300*300*(teta - 0.5*sin*2*teta)*600;

  Serial.print("volume = ");
  Serial.print(volume);
  Serial.println(" cm");

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("volume :");
  lcd.setCursor(8,0);
  lcd.print(volume);
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print("L");
  //lcd.setCursor(0,1);
  //lcd.print(volume);
  //lcd.setCursor(8,1);
  //lcd.print("L");
  delay(300000);
  //delay(5 minute);
  }
}

```

```

if (distance >= 250 ){
digitalWrite (5,HIGH);
}
else if (distance <=200) {
digitalWrite (5,LOW);
}
}
}

```

3.3. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2019 sampai dengan November 2019. Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di sebuah *plant* biogas limbah tahu Sumedang di dusun Giriharja, Sumedang, Jawa Barat. *Plant* biogas ini dirancang, dibuat dan diterapkan oleh tim peneliti (Dr. Neni Sintawardani dan tim) dari Loka Penelitian Teknologi Bersih, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia di Bandung. Saat ini unit tersebut telah diserahkan pengelolannya kepada masyarakat dusun Giriharja.

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

Tabel 3.1. Alat dan bahan penelitian.

No.	Nama Barang	Jumlah Barang
1	Mikrokontroler Arduino Nano	1
2	PCB 8,5 x 20 cm	1
3	Sensor <i>Ultrasonic</i> JSN-SR04T	1
4	Relay	1
5	Baterai ion lithium 18650 dan <i>casing</i> baterai <i>single</i>	1
6	Kabel jumper	20
7	LCD 2004 20 x 4 cm	1
8	Solder dan timah solder	1
9	<i>Glue gun</i> dan <i>refill</i>	1
10	Penggaris	1
11	Gunting	1
12	Lakban hitam	1
13	Gergaji kayu	1

3.8. Pengujian Sensor

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui apakah *sensor* yang digunakan, memenuhi kriteria perancangan. Kriteria perancangan dalam penelitian ini adalah sistem alat keseluruhan dapat mengukur Jarak antara tangki dan *gasbag* yang ditunjukkan melalui LCD, lalu mengkonversi menjadi volume dan mang-aktifkan /mang-nonaktifkan kompresor ketika mencapai batas. Pengujian sensor hanya dibatasi pada pengukuran jarak, standar deviasi dan *error*. Jarak yang terukur oleh sensor akan dibandingkan dengan jarak aktual (diukur oleh alat ukur meteran).

Tabel 3.2. Matriks tabel pengujian sensor.

No.	Jarak (cm)	Jarak Terukur (cm)	Rata-Rata Pengukuran (cm)	σ (cm)	Error (%)

Nilai persentase *error* didapatkan melalui persamaan berikut :

$$error (\%) = \left[\frac{\text{data perhitungan} - \text{data pemantauan}}{\text{data pemantauan}} \right] \times 100 \% \quad (3.5)$$

Nilai standar deviasi (populasi) didapatkan melalui persamaan berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_1 - \mu)^2 + (x_2 - \mu)^2 + \dots + (x_n - \mu)^2}{n}} \quad (3.6)$$

Keterangan :

μ = rata-rata data

n = jumlah data

3.9. Pengujian Sistem

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui apakah *sensor* yang digunakan, memenuhi kriteria perancangan. Pada pengujian sistem dilakukan 2 macam pengujian yaitu pengujian pertama, pengukuran volume prototipe *gasbag*, untuk mengetahui apakah sistem dapat mengkalkulasikan nilai volume dengan baik atau tidak. Kemudian nilai volume yang didapat dari kalkulasi dibandingkan dengan nilai volume *gasbag* ketika penuh yang didapat dari spesifikasi *gasbag* untuk mendapatkan nilai *error* rata-rata dan standar deviasi rata-rata. Pengujian kedua,

pengujian respon sistem yang ditunjukkan oleh indikator *on/off* LED dan relay yang akan mematikan atau menghidupkan stop kontak apabila nilai volume *set point* telah tercapai.

Tabel 3.3. Matriks tabel pengukuran volume.

No.	Volume (L)	Kalkulasi Volume (L)	Rata-rata Volume Alat (L)	σ (cm)	Error (%)

Tabel 3.4. Matriks tabel pengamatan respon sistem.

No.	Volume Terukur (L)	Indikator LED	Stop kontak

Nilai persentase *error* didapatkan melalui persamaan berikut :

$$error (\%) = \left[\frac{\text{data perhitungan} - \text{data pemantauan}}{\text{data pemantauan}} \right] \times 100 \% \quad (3.5)$$

Nilai standar deviasi (populasi) didapatkan melalui persamaan berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_1 - \mu)^2 + (x_2 - \mu)^2 + \dots + (x_n - \mu)^2}{n}} \quad (3.6)$$

Keterangan :

μ = rata-rata data

n = jumlah data

3.10. Pengambilan Data

Data yang diambil pada penelitian ini adalah data jarak dan volume terukur yang didapat dari sistem yang dirancang. Hasil pengambilan data ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 3.5. Matriks tabel pengumpulan data.

No.	Pukul (WIB)	Jarak Terukur (cm)	Volume (L)

3.11. Pengolahan Data Kinerja Sistem

Berdasarkan hasil pengambilan data kinerja sistem, dibuat grafik volume *gasbag* yang terukur terhadap waktu. Kemudian dari data volume ditentukan rata-rata maksimum produksi dan distribusi biogas, serta *flow* rata-rata produksi dan distribusi biogas.

3.12. Analisis

Berdasarkan hasil pengujian sistem dan pengolahan data kinerja sistem, maka dilakukan analisis dari sistem alat.

3.13. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan pengujian sistem, pengambilan dan pengolahan data penelitian serta analisis, maka dibuat kesimpulan beserta saran berdasarkan hasil dan pembahasan tersebut. Kesimpulan merupakan jawaban rumusan masalah penelitian dan saran merupakan rekomendasi yang berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan dengan mengukur jarak yang dibandingkan dengan alat ukur meteran. Setiap pengukuran dilakukan 5 kali pengulangan. Hasil dari pengujian sensor ini berupa tingkat presentase *error* dan standar deviasi sensor. Berikut adalah hasil pengujian sensor :

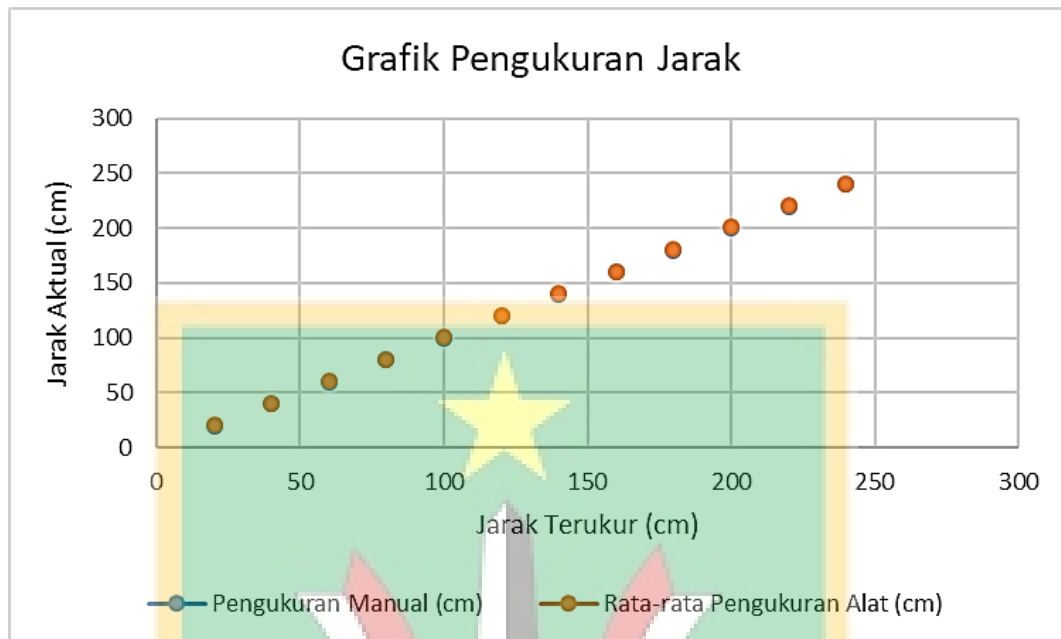
Tabel 4.1. Hasil pengujian sensor.

No.	Jarak (cm)	Pengukuran Alat (cm)	Rata-rata Pengukuran Alat (cm)	d (cm)	D (cm)	σ (cm)	Error (%)
1	20	20.24	20.65	0.41	0.46	0.53	3.24
		21.13		0.48			
		20.19		0.46			
		21.31		0.66			
		20.37		0.28			
2	40	41.19	40.57	0.62	0.49	0.57	1.43
		39.98		0.59			
		40.27		0.30			
		40.23		0.34			
		41.19		0.62			
3	60	61.17	60.85	0.32	0.67	0.87	1.42
		62.21		1.36			
		60.47		0.38			
		60.45		0.40			
		59.97		0.88			
4	80	81.29	80.58	0.71	0.59	0.70	0.72
		79.90		0.68			
		80.45		0.13			
		81.33		0.75			
		79.92		0.66			
5	100	100.42	100.60	0.18	0.47	0.57	0.60
		100.31		0.29			
		99.90		0.70			
		101.15		0.55			
		101.21		0.61			

6	120	118.87	120.38	1.51	0.80	1.18	0.32
		119.93		0.45			
		120.64		0.26			
		120.35		0.03			
		122.13		1.75			
7	140	140.98	140.82	0.16	0.30	0.35	0.58
		141.17		0.35			
		141.05		0.23			
		140.40		0.42			
		140.49		0.33			
8	160	161.21	160.21	1.00	0.62	0.86	0.13
		160.52		0.31			
		160.45		0.24			
		158.88		1.33			
		159.97		0.24			
9	180	180.18	180.21	0.03	0.29	0.36	0.12
		179.90		0.31			
		180.69		0.48			
		180.45		0.24			
		179.83		0.38			
10	200	201.34	201.04	0.30	0.55	0.69	0.52
		200.70		0.34			
		202.12		1.08			
		200.55		0.49			
		200.51		0.53			
11	220	221.39	220.43	0.96	0.49	0.64	0.20
		220.70		0.27			
		219.93		0.50			
		219.80		0.63			
		220.33		0.10			
12	240	240.83	240.52	0.31	0.35	0.45	0.22
		240.21		0.31			
		239.95		0.57			
		241.07		0.55			
		240.55		0.03			
Rata-rata						0.65	0.79

Berdasarkan tabel 4.1, diketahui kinerja sensor dalam mengukur jarak, telah memenuhi kriteria perancangan dan memiliki kualitas yang baik. Sensor dapat mengukur jarak dengan baik dan presisi dari jarak 20 cm – 500 cm dengan rata-rata

presentase *error* hanya 0,79% dan nilai rata-rata standar deviasinya hanya 0.65 cm. Hal ini berarti sensor dapat mendeteksi jarak sebagaimana mestinya.



Gambar 4.1. Grafik pengujian sensor

Gambar 4.1 menunjukkan antara garis pengukuran manual dan garis pengukuran alat saling berhimpitan. Hal ini menunjukkan sensor memiliki tingkat akurasi pengukuran jarak baik.

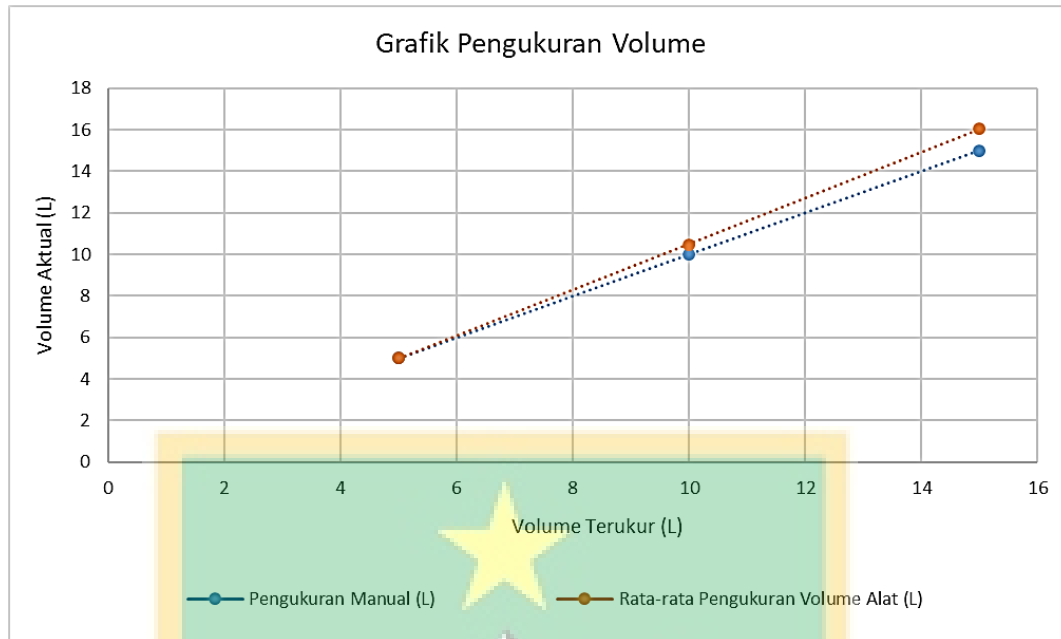
4.2. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan 2 macam cara yaitu mengukur volume *gasbag* dari protipe *plant* yang telah dibuat, lalu membandingkan volume *gasbag* yang terdapat pada spesifikasi ketika penuh dan mengamati respon sistem ketika volume *set point* telah tercapai dengan indikator LED dan stop kontak. Hasil akhir pengukuran volume berupa tingkat presentase *error* dan standar deviasi sistem yang dirancang. Berikut adalah hasil pengukuran volume :

Tabel 4.2. Hasil pengukuran volume.

No.	Volume (L)	Pengukuran Alat h (cm)	h (cm)	Kalkulasi Liter (L)	Rata-rata Pengukuran Alat (L)	d (cm)	D (cm)	σ (cm)	Error (%)
1	15	1.05	28.95	16.04	16.03	0.01	0.02	0.03	6.88
		1.23	28.77	16.00		0.03			
		1.11	28.89	16.03		0.00			
		1.17	28.83	16.01		0.02			
		0.92	29.08	16.08		0.04			
2	10	11.53	18.47	10.48	10.48	0.00	0.19	0.26	4.75
		11.03	18.97	10.81		0.34			
		12.02	17.98	10.15		0.33			
		11.77	18.23	10.32		0.16			
		11.32	18.68	10.62		0.14			
3	5	19.53	10.47	5.04	5.02	0.02	0.17	0.25	0.33
		20.22	9.78	4.59		0.43			
		19.48	10.52	5.07		0.06			
		19.37	10.63	5.15		0.13			
		19.24	10.76	5.23		0.21			
Rata-rata								0.18	3.99

Berdasarkan tabel 4.2, diketahui bahwa sistem yang dirancang memenuhi kriteria perancangan dan memiliki kualitas yang baik untuk mengkalkulasikan nilai volume. Sistem dapat mengukur volume dengan baik dan cukup presisi dari 5 kali pengukuran yang dilakukan. Rata-rata presentase *error* yang didapat sensor adalah 3.99 % sedangkan nilai rata-rata standar deviasinya hanya 0.18 cm. Hal ini berarti alat yang dirancang masih dapat mengkalkulasikan nilai volume yang terukur, meskipun masih terdapat nilai *error*.



Gambar 4.2. Grafik pengukuran volume

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa jarak antara garis pengukuran manual dan garis pengukuran alat masih terdapat sedikit jarak. Hal ini menunjukkan sistem yang dirancang masih memiliki nilai *error*.

Sedangkan untuk pengujian respon sensor, nilai volume *set point* yang diatur adalah 15 L dengan indikator respon sistem yaitu LED dan stop kontak. Pengujian ini dilakukan sebanyak 3 kali. Berikut hasil pengujian respon sistem.

Tabel 4.3. Pengamatan respon sistem.

No.	Volume Terukur (L)	Indikator LED	Stop kontak
1	15.84	On	On
	15.82	On	On
	15.9	On	On
2	10.36	Off	Off
	10.04	Off	Off
	10.21	Off	Off
3	4.54	Off	Off
	5.09	Off	Off
	5.17	Off	Off

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa sistem telah bekerja baik dan semestinya. Lampu indikator LED dan stop kontak akan mati atau off apabila volume *set point*

(15 L) belum tercapai. Lampu indicator LED akan menyala atau on apabila volume terukur telah mencapai atau melewati volume *set point* (15 L).

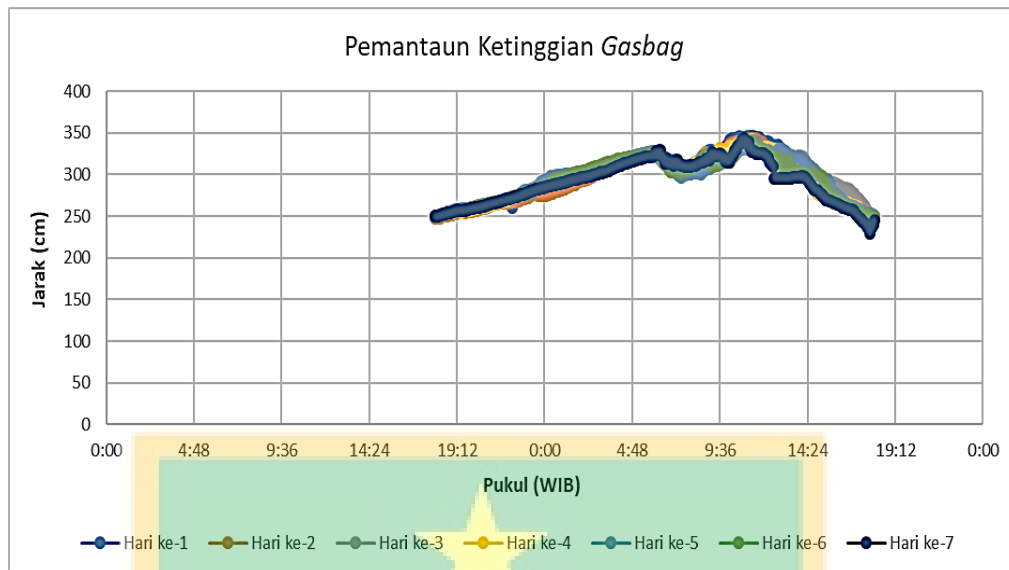
4.3. Hasil Pemantauan *Gasbag*

Pengukuran volume *gasbag* dilakukan pada kondisi *plant* normal (tidak ada gangguan pada tangki reaktan dan komponen *plant* yang lainnya). Pada pemantauan volume *gasbag* ini, terdapat 2 sesi yaitu sesi produksi (pukul 18.00 - 06.00) dan sesi distribusi (pukul 06.00 – 18.00). Pengukuran dilakukan selama 1 minggu selama 24 jam dengan interval waktu 5 menit, yang ditunjukkan oleh tabel berikut :

Tabel 4.4. Tabel Pemantaun Ketinggian *Gasbag*.
(Dilanjutkan di lampiran)

No.	Pukul	KALKULASI KETINGGIAN GASBAG (cm)						
		H (Gasbag) Hari-1	H (Gasbag) Hari-2	H (Gasbag) Hari-3	H (Gasbag) Hari-4	H (Gasbag) Hari-5	H (Gasbag) Hari-6	H (Gasbag) Hari-7
1	18:00	248.23	247.17	249.62	248.79	248.63	249.62	249.79
2	18:05	248.47	247.65	249.85	249.41	249.89	249.03	249.89
3	18:10	249.5	248.79	250.06	249.76	250.35	250.4	250.35
4	18:15	250.4	247.27	250.26	250.58	251.88	250.74	251.88
5	18:20	250.78	249.02	251.35	251.79	251.89	251.02	251.89
6	18:25	251.18	249.51	251.38	251.03	252.34	251.53	252.34
7	18:30	251.37	249.81	252.47	252.37	252.65	251.81	252.65
8	18:35	252.1	250.4	252.63	252.54	253.82	252.22	253.18
9	18:40	252.65	250.74	252.79	253.16	254.88	252.7	253.7
10	18:45	253.18	251.02	253.27	253.47	255.05	253.15	253.77
...
...
...
...
290	18:05	248.23	247.17	249.62	248.79	248.63	249.62	244.57

Tabel 4.4 merupakan tabel pemantauan perubahan ketinggian *gasbag*, data ini kemudian akan dikonversi menjadi volume oleh sistem yang dirancang untuk mengetahui jumlah rata-rata produksi biogas maksimum dan minimum, rata-rata distribusi biogas maksimum dan minimum, aliran/*flow* biogas dan volume tertinggi dan terendah.



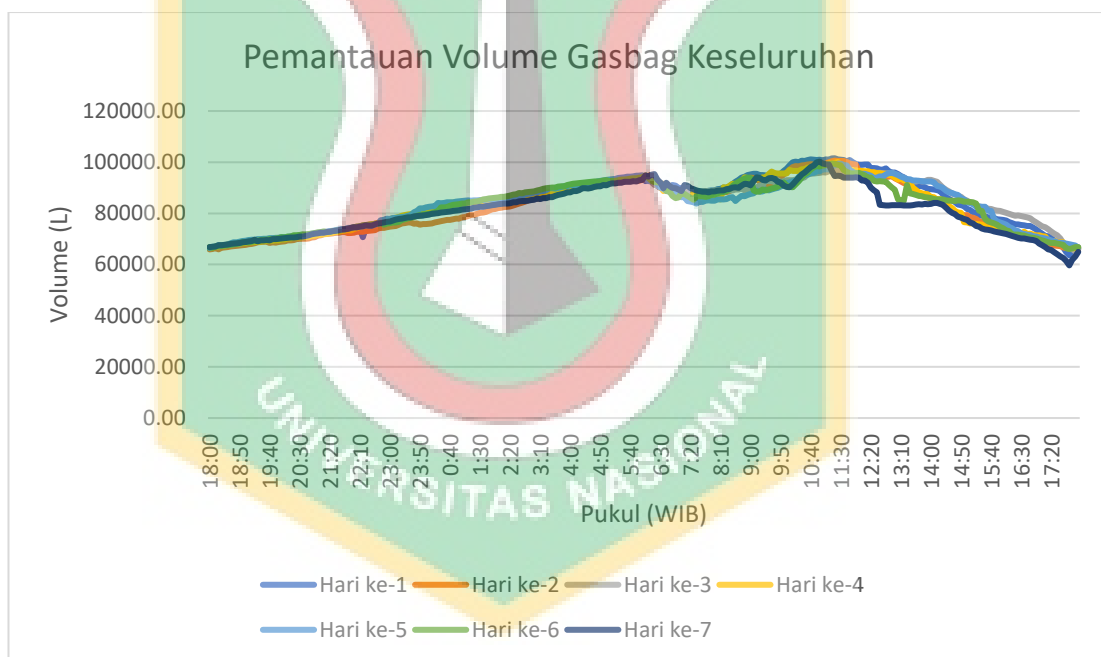
Gambar 4.3. Grafik pemantaun ketinggian *gasbag*

Gambar 4.3. merupakan grafik pemantaun ketinggian, grafik ini dikatakan baik apabila memiliki pola yang sama dengan grafik pemantaun volume, dikarena pada sistem alat yang dirancang volume dan ketinggian harus berbanding lurus.

Tabel 4.5. Tabel Pemantaun Volume *Gasbag*.
(Dilanjutkan di lampiran)

No.	Pukul	KALKULASI VOLUME (L)						
		Volume Hari-1	Volume Hari-2	Volume Hari-3	Volume Hari-4	Volume Hari-5	Volume Hari-6	Volume Hari-7
1	18:00	66278.72	65902.96	66771.81	66477.33	66420.58	66771.81	66832.15
2	18:05	66363.83	66073.09	66853.44	66697.29	66867.64	66562.47	66867.64
3	18:10	66729.23	66477.33	66927.98	66821.50	67030.94	67048.69	67030.94
4	18:15	67048.69	65938.40	66998.98	67112.60	67574.37	67169.41	67574.37
5	18:20	67183.62	66558.92	67386.07	67542.39	67577.93	67268.85	67577.93
6	18:25	67325.68	66732.78	67396.73	67272.41	67737.85	67450.02	67737.85
7	18:30	67393.18	66839.25	67784.06	67748.51	67848.04	67549.50	67848.04
8	18:35	67652.55	67048.69	67840.93	67808.94	68264.09	67695.20	68036.48
9	18:40	67848.04	67169.41	67897.81	68029.37	68641.25	67865.82	68221.41
10	18:45	68036.48	67268.85	68068.48	68139.61	68701.75	68025.81	68246.31
...
...
...
...
290	18:05	65902.96	66771.81	66477.33	66420.58	66771.81	64982.33	66326.91

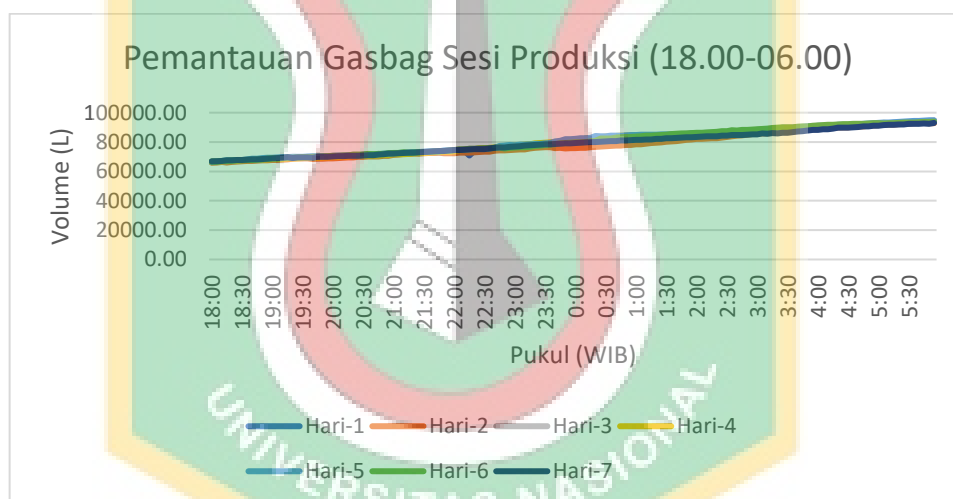
Tabel 4.5 menunjukkan bahwa data volume terendah terjadi antara pukul 17.30 – 18.05, dengan nilai volume terendah untuk masing-masing hari yaitu hari ke-1 (63.56 KL), hari ke-2 (66.31 KL), hari ke-3 (66.68 KL), hari ke-4 (66.75 KL), hari ke-5 (67.93 KL), hari ke-6 (66.05 KL) dan hari ke-7 (59.65 KL). Sementara untuk volume tertinggi terjadi pada pukul 11.00 - 11.30, dengan nilai volume tertinggi untuk masing-masing hari yaitu hari ke-1 (101.52 KL), hari ke-2 (100.59 KL), hari ke-3 (96.95 KL), hari ke-4 (99.74 KL), hari ke-5 (98.66 KL), hari ke-6 (99.41 KL) dan hari ke-7 (94.64 KL). Berdasarkan data tertinggi dan terendah yang didapat dari Tabel 4.5. diketahui bahwa kondisi volume *gasbag* pada keadaan *plant* normal sehari-hari masih belum mengenai batas maksimum dan minimum spesifikasi *gasbag* (110 - 58 KL) yang telah ditentukan. Sehingga untuk penggunaan normal dengan kondisi *plant* normal, *plant* bisa memproduksi biogas yang cukup untuk di distribusikan ke 125 rumah warga.



Gambar 4.4. Grafik pemantauan volume *gasbag* keseluruhan.

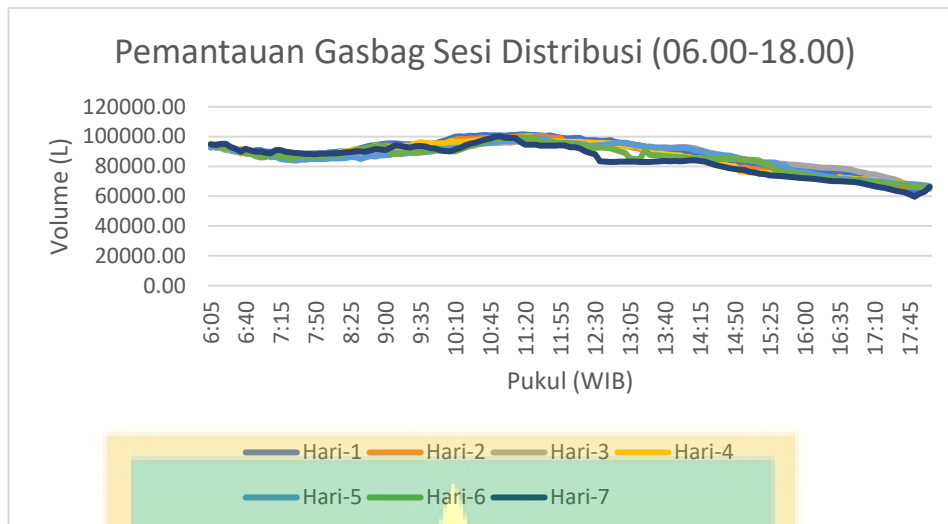
Gambar 4.4. menunjukkan bahwa pemantau volume *gasbag* cukup fluktuatif, namun tetap dalam satu pola yang sama. Pada Gambar 4.4 menunjukkan pada pukul 18.00 - 6.00 volume *gasbag* meningkat dengan konstan hal ini dikarena pada pukul tersebut merupakan sesi produksi, di mana pada sesi ini jalur aliran distribusi ke rumah warga ditutup sehingga biogas hanya tersimpan di *gasbag*. Pada pukul 06.00-08.00 volume *gasbag* mengalami penurunan, dikarenakan mulai masuk sesi

distribusi sehingga warga mulai memanfaatkan biogas tersebut untuk memasak. Pada pukul 08.00-11.00 penggunaan biogas oleh warga tidak terlalu banyak sehingga biogas yang diproduksi lebih banyak dari yang digunakan, sehingga volume biogas mengalami peningkatan. Pada pukul 11.00 - 18.00 merupakan waktu *peak* penggunaan, di mana jumlah biogas yang digunakan warga lebih banyak daripada yang diproduksi oleh *plant*. Namun pada hari ke-7 pada pukul 17:40 – 18:00 terjadi peningkatan volume biogas secara signifikan (± 3 KL), hal ini dapat dikarenakan 3 hal yaitu pembacaan sensor *ultrasonic* yang terganggu oleh *noise* yang mungkin terjadi di *plant*, bertepatan dengan hari minggu di mana pada hari itu industri tahu Sumedang tidak beroperasi dan terjadinya gangguan di *plant* yang menyebabkan pakan limbah yang masuk ke dalam tangka *digaster* berlebihan, hal ini akan meningkatkan produksi biogas tapi dapat membunuh bakteri-bakteri yang memproduksi biogas.



Gambar 4.5. Grafik Pemantauan *Gasbag* Sesi Produksi

Gambar 4.5. menunjukkan grafik pemantauan volume *gasbag* hanya pada waktu sesi produksi (pukul 18.00-06.00), dari grafik tersebut diketahui rata-rata aliran/*flow* biogas yang terisi dalam *gasbag* selama sesi produksi untuk masing-masing hari adalah 55.052 L/menit (hari ke-1), 40.46 L/menit (hari ke-2), 42.04 L/menit (hari ke-3), 40.26 L/menit (hari ke-4), 42.57 L/menit (hari ke-5), 47.4 L/menit (hari ke-6), 46.43 L/menit (hari ke-7). Maksimum Biogas yang di produksi *plant* selama sesi produksi per-harinya adalah hari ke-1 (27.85 KL), hari ke-2 (27.23 KL), hari ke-3 (27.96 KL), hari ke-4 (27.89 KL), hari ke-5 (28.44 KL), hari ke-6 (27.36 KL), hari ke-7 (26.30 KL).



Gambar 4.6. Grafik Pemantauan *Gasbag* Sesi Distribusi

Gambar 4.6. menunjukkan grafik pemantauan volume *gasbag* hanya pada waktu sesi produksi (pukul 06.00-18.00), dari grafik tersebut diketahui rata-rata aliran/*flow gasbag* yang didistribusikan masing-masing hari adalah 47.24 L/menit (hari ke-1), 43.47 L/menit (hari ke-2), 49.89 L/menit (hari ke-3), 51.22 L/menit (hari ke-4), 48.56 L/menit (hari ke-5), 51.45 L/menit (hari ke-6), 54.22 L/menit (hari ke-7). Maksimum Biogas yang didistribusikan ke rumah warga per-harinya adalah hari ke-1 (28.23 KL), hari ke-2 (27.36 KL), hari ke-3 (28.26 KL), hari ke-4 (27.95 KL), hari ke-5 (28.09 KL), hari ke-6 (29.15 KL), hari ke-7 (26.81 KL).

4.4. Respon Sistem Pengendalian Volume *Gasbag*

Respon sistem kontrol volume dari sistem yang dirancang belum dapat ditampilkan hasilnya. Hal ini dikarenakan dari 7 hari pemantauan volume *gasbag*, volume *gasbag* selalu berada pada batas aman *set point* yang didapat dari spesifikasi yaitu batas maksimum 110 KL dan minimum 58 KL.

BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

- a. Telah dirancang bangun dan diuji alat pemantau dan pengendali volume *gasbag*. Alat yang dirancang dapat mengukur jarak antara sensor dan permukaan *gasbag* dan mengkalkulasikannya kedalam bentuk volume. Alat ini juga dapat mengendalikan *compressor* dengan mengatur *set point* yang ditentukan dari spesifikasi yang terdapat pada *gasbag*. Sensor yang terdapat pada alat yang dirancang memiliki tingkat kinerja yang baik dengan presentase error 0.79% dan standar deviasi 0.65 cm. Sedangkan sistem yang dirancang memiliki tingkat kinerja yang baik untuk mengkalkulasikan volume dengan nilai presentase error 3.99% dan standar deviasi 0.18 cm. Pengujian respon sistem yang dirancang memiliki respon kinerja yang semestinya, ditunjukkan oleh indicator LED dan stop kontak yang mati atau menyala ketika sampai set point.
- b. Hasil pemantauan volume *gasbag* diketahui bahwa nilai volume tertinggi terdapat pada pukul 11.00 - 11.30 dengan jumlah volume 101.52 KL dan volume terendah terdapat pada pukul 17.30 – 18.05 dengan jumlah volume 59.65 KL. Sementara waktu puncaknya penggunaan biogas terjadi pada pukul 11.00 - 18.00, dimana jumlah biogas yang digunakan warga lebih banyak daripada yang diproduksi oleh *plant*. Dari pemantauan juga diketahui bahwa rata-rata *flow* produksi adalah 44.89 L/menit (rata-rata volume pengisian selama 7 hari) dengan produksi maksimum 27,58 KL/hari (rata-rata produksi selama 7 hari). Dari pemantauan diketahui bahwa rata-rata *flow* distribusi adalah 49.44 L/menit (rata-rata volume pendistribusian selama 7 hari) dengan maksimum biogas yang didistribusikan 27,98 KL/hari. Namun pada penelitian ini belum dapat membuktikan respon sistem yang dirancang, dikarenakan dari 7 hari pengamatan volume diketahui volume *gasbag* tidak pernah melewati batas *set point* yaitu batas maksimum 110 KL dan minimum 58 KL.

5.2. Saran

Sistem pemantauan volume dan pengendali *gasbag* yang dirancang bangun dan diuji dalam penelitian ini, masih terbatas hanya dapat melakukan pemantauan pada *flow* secara *delay-time* dan volume secara *real-time*. Disarankan untuk penelitian selanjutnya agar membuat sistem yang dapat memantau *pressure* dan *flow* secara *real-time*. Selain itu, disarankan agar rumus yang digunakan untuk mengukur volume lebih disempurnakan sehingga dapat meminimalisir *error*. Disarankan juga untuk penelitian selanjutnya untuk melakukan pemantauan *gasbag* lebih dari 7 hari untuk mendapatkan segala kondisi yang mungkin terjadi pada *gasbag* dan *plant*.



DAFTAR REFERENSI

- [1] Utami. S. dkk. 2019. *Sistem Monitoring pH dan Volume Biogas Digester Dua Tahap menggunakan Mikrokontroler*. Jurnal Elkomika. ISSN: 2459-9638.
- [2] Anonim. 2016. *Measuring Small-scale Biogas Capacity and Production*. Abu Dhabi : International Renewable Energy Agency (IRENA). ISBN : 978-92-95111-12-7.
- [3] Mara. I. M., Alit. I. B. 2011. *Analisa Kualitas dan Kuantitas Biogas dari Kotoran Ternak*. ISSN : 2088-088X.
- [4] Drosog. B. 2016. *Process Monitoring in Biogas Plants*. IEA Bioenergy. ISBN 978-1-910154-03-8
- [5] Sanjaya. D. 2015. *Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Kotoran Ayam* Jurnal Teknik Elektro. Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol. 4 No. 2. ISSN: 127-136.
- [6] Hariyanto., Devi. L. dkk. 2017. *Uji Kinerja Sistem Pemantauan Volume Biogas Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Biodigester Tipe Floating Drum*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem. Vol.5. DOI: 10.29303.
- [7] Bauer. A. dkk. 2009. *Detailed monitoring of two biogas plants and mechanical solid-liquid separation of fermentation residues*. Journal of Biotechnology 142 56-63.
- [8] Dedgaonkar. S. dkk. 2016. *Biogas Monitoring System for Measuring Volume using Microcontroller & GSM*. International Journal of Current Engineering and Technology. ISSN: 2347 – 5161.
- [9] Budiyati. E. 2014. *Perbandingan Volume Biogas yang Dihasilkan dari Fermentasi Campuran Eceng Gondok dan Sampah Sayuran DENGAN dan TANPA Kotoran Ayam pada Berbagai Rasio Pengenceran dan Waktu*. Prosiding Seminar Nasional TEKNOIN 2014. ISBN: 978-602-14272-1-7.
- [10] Ononogro. C. dkk. 2015. *An Innovative Approach to Construction Andoperation of Biodigesters: A Consideration Offloating Drum Biogas Plant*. TLEP International Journal of Mechanical Engineering Research. Vol.1 No.3.
- [11] Kanwar. S. S., Guleri. R. L. 1994. *Performance Evaluation of A Family-Size, Rubber-Balloon Biogas Plant Under Hilly Conditions*. Bioresource Technology. Vol. 50 Issue 2. DOI: 10.1016.

- [12] Ginting. H. O. 2018. *Alat Ukur Volume Air Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Atmega 328 P*. Tugas Akhir Universitas Sumatra Utara.
- [13] Setiawati. D. A., Putra. G. M. D. 2017. Uji Kinerja Sistem Pemantauan Volume Biogas Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Biodigester Tipe Floating Drum. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, Vol. 5 No. 2. University of Mataram.
- [14] Rony. M. A., Falconi. 2013. Sistem Monitoring Volume Tangki Solar Menggunakan Sensor Ultrasonic. *BIT* Vol. 10 No. 1. ISSN : 1693 - 9166.
- [15] Wiguna. T. dkk. 2011. Pengukur Volume Zat Cair Menggunakan Gelombang Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler At89s51. Makalah Seminar Tugas Akhir. Universitas Diponegoro.
- [16] Alfanz. R. dkk. 2016. Perancangan Dan Implementasi Sistem Monitoring Produksi Biogas Pada Biodigester. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. Vol. 5 No. 1. ISSN : 2302 – 2949.
- [17] Baehaki. K. dkk. 2019. Perancangan Biogas Fuel Meter (Bioler) Sebagai Sistem Kontrol Gas Metana Pada Digester Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (Pltbg). *Teknik Elektro*, Universitas Pakuan.
- [18] Afrian. C. dkk. 2017. Produksi Biogas Dari Campuran Kotoran Sapi Dengan Rumput Gajah (*Pennisetum Purpureum*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol. 6 No. 1: 21-32.
- [19] Cheng. S. dkk. *Development and application of prefabricated biogas digesters in developing countries*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 34 (2014) 387–400.
- [20] JSN-SR04T-2.0 *data sheet*. <https://msseletronica.com/arquivos/1252.pdf>. (20 Januari 2020).
- [21] Arduino Uno *data sheet*. <https://farnell.com/datasheets/1682209.pdf>. (9 Desember 2019).

Lampiran 1 : Pemantauan Ketinggian *Gasbag*Tabel. Hasil Pemantauan Ketinggian *Gasbag*

Pukul	PENGUKURAN KETINGGIAN (cm)						
	Tinggi Hari-1	Tinggi Hari-2	Tinggi Hari-3	Tinggi Hari-4	Tinggi Hari-5	Tinggi Hari-6	Tinggi Hari-7
6:00	128.3	124.11	126.12	122.43	123.43	122.07	122.07
6:05	126.5	122.49	127.63	123.64	128.45	124.88	123.45
6:10	125.16	121.84	129.31	127.35	126.49	127.64	121.49
6:15	130.27	127.86	132.71	128.62	125.84	129.35	120.84
6:20	133.63	130.26	133.26	130.36	131.86	129.62	126.86
6:25	135.92	135.96	135.36	134.43	135.26	130.36	130.26
6:30	136.12	131.12	136.39	139.31	136.74	134.43	135.96
6:35	137.63	132.63	137.77	132.68	138.94	139.31	130.27
6:40	139.18	134.31	138.28	134.47	139.84	139.68	133.63
6:45	132.71	137.71	139.93	136.8	140.9	144.47	135.92
6:50	133.17	138.26	139.93	139.18	140.96	146.8	136.12
6:55	135.71	140.36	139.79	141.55	141.73	146.18	137.63
7:00	136.16	141.39	140.34	142.32	145.87	141.55	139.18
7:05	137.16	142.77	139.83	144.54	145.67	142.32	132.71
7:10	138.48	143.28	139.33	146.7	149.89	144.54	133.17
7:15	139.13	144.93	139.46	148.63	150.77	146.7	136.16
7:20	139.83	144.93	139.73	141.34	151.56	148.63	137.16
7:25	139.99	144.79	138.56	142.34	152.89	144.93	138.48
7:30	140.61	145.34	139.92	142.89	150.56	144.93	139.13
7:35	139.65	144.83	139.5	143.47	150.92	144.79	139.83
7:40	139.73	144.73	139.38	144.16	149.5	145.34	139.99
7:45	138.81	143.87	139.57	144.23	149.38	144.83	140.61
7:50	138.63	143.9	139.64	144.91	149.57	143.56	139.65
7:55	138.528	143.56	138.46	146.01	149.64	142.97	139.73
8:00	137.27	142.97	138.64	147.11	148.26	141.8	138.81
8:05	136.8	141.8	138.35	148.11	148.36	140.7	138.63
8:10	135.46	140.7	138.64	135.11	148.39	140.29	138.528
8:15	135.82	140.29	138.67	135.73	147.77	139.09	137.27
8:20	134.06	139.09	138.67	133.38	146.28	136.65	136.8
8:25	131.71	136.65	138.62	131.27	145.93	133.59	135.46
8:30	129.31	133.59	137.56	131.75	149.93	131.35	135.11
8:35	127.19	131.35	137.45	132.96	146.79	128.98	135.73
8:40	124.55	128.98	136.5	128.54	144.34	127.44	133.38

8:45	123.51	127.44	138.64	124.09	144.83	125.58	131.27
8:50	121.88	125.58	136.57	124.88	143.33	124.55	131.75
8:55	120.99	124.55	136.64	127.11	142.46	124.86	132.96
9:00	120.36	124.86	135.46	127.9	141.73	138.56	128.54
9:05	120.41	126.1	135.46	125.48	138.56	139.92	124.09
9:10	121.81	129.29	133.46	125.75	139.92	139.5	124.88
9:15	121.97	130.01	133.46	124.36	139.5	137.38	127.11
9:20	122.33	133.38	127.46	124.64	137.38	138.57	127.9
9:25	122.98	134.55	128.46	120.77	138.57	137.64	125.48
9:30	122.73	135.03	128.47	118.04	137.64	136.46	124.86
9:35	121.77	131.77	129.45	119.66	136.46	135.64	126.1
9:40	121.47	128.47	127.36	120.07	135.64	134.35	129.29
9:45	120.52	124.52	129.35	120.07	134.35	132.64	130.01
9:50	117.16	121.04	128.5	120.08	132.64	130.01	133.38
9:55	114.76	119.02	127.46	120.17	130.67	133.38	134.55
10:00	111.35	116.03	127.36	116.21	129.67	134.55	135.03
10:05	107.87	112.97	127.46	117.27	128.62	135.03	131.77
10:10	107.14	112.11	126.56	117.36	128.56	131.77	128.47
10:15	107.66	112.25	125.47	117.43	123.45	128.47	124.52
10:20	106.22	111.32	125.46	115.5	123.5	124.52	121.04
10:25	106.58	111.08	124.36	115.54	121.64	121.04	119.02
10:30	105.24	110.29	120.46	113.58	121.57	119.02	116.03
10:35	104.58	109.98	120.46	113.62	119.64	116.03	112.97
10:40	105.11	110.19	120.03	113.67	119.46	112.97	111.35
10:45	105.24	110.6	119.56	111.33	117.46	112.11	107.87
10:50	105.17	110.67	119.36	111.33	117.46	112.25	107.14
10:55	106.21	111.29	118.57	111.36	115.46	111.32	109.26
11:00	104.66	109.16	118.96	110.36	115.46	111.08	109.92
11:05	104.99	107.99	117.57	109.36	115.46	110.29	110.23
11:10	103.73	106.79	117.38	109.38	112.47	109.36	117.34
11:15	103.43	106.03	116.25	108.44	111.45	109.35	122.7
11:20	104.53	106.55	116.75	107.54	109.36	110.5	122.67
11:25	104.92	106.58	116.67	110.65	109.35	111.46	122.74
11:30	105.32	106.41	118.76	112.72	110.5	116.36	124.59
11:35	106.74	107.34	119.57	115.23	111.46	118.46	124.63
11:40	105.29	109.26	119.46	116.27	116.36	119.73	124.66
11:45	107.72	109.92	119.86	116.44	118.46	119.99	124.56
11:50	109.53	110.23	119.85	116.55	120.56	119.75	124.18
11:55	110.74	117.34	119.04	117.36	120.47	119.46	124.65
12:00	110.78	122.7	119.47	117.43	120.46	120.64	127.69
12:05	110.29	122.67	119.84	117.5	120.36	122.03	127.72
12:10	110.28	122.74	119.73	117.61	121.46	124.67	130.12
12:15	114.31	124.59	119.65	118.54	122.46	124.78	135.25

12:20	114.12	124.63	119.7	118.54	125.03	127.95	138.36
12:25	114.55	124.66	119.53	119.6	124.56	128.88	140.5
12:30	115.84	124.56	119.43	119.64	123.36	128.32	154.04
12:35	115.74	124.18	119.73	120.54	123.57	128.75	154.47
12:40	114.34	123.84	119.99	120.54	120.96	129.28	154.84
12:45	117.53	123.42	119.75	121.74	119.57	132.34	154.73
12:50	118.9	123.01	119.46	122.29	119.38	135.4	154.65
12:55	119.13	125.18	120.64	124.66	120.25	137.73	154.7
13:00	120.89	126.89	122.03	126.55	121.75	148.39	154.53
13:05	122.71	128.82	124.67	124.65	123.67	149.38	154.43
13:10	124.34	130.54	124.78	127.69	124.76	149.57	154.73
13:15	126.37	130.87	127.95	127.72	126.57	132.64	154.99
13:20	128.62	132.63	128.88	130.12	126.46	141.73	154.75
13:25	130.41	140.82	128.32	135.25	127.86	142.46	154.46
13:30	132.82	142.47	128.75	138.36	127.85	143.33	153.88
13:35	133.81	143.81	128.16	140.5	128.04	144.34	153.32
13:40	134.19	144.67	128.64	141.53	128.47	144.83	153.75
13:45	135.23	145.09	128.3	142.54	128.84	145.93	153.16
13:50	136.75	146.36	127.18	142.68	128.73	146.28	153.64
13:55	137.08	147.18	127.22	145.7	128.65	146.79	153.3
14:00	137.62	147.22	128.04	145.84	129.7	147.77	152.18
14:05	138.09	148.04	129.28	148.96	133.53	148.26	152.22
14:10	139.33	149.28	132.34	148.05	134.43	148.36	153.04
14:15	142.74	152.34	135.4	150.37	135.73	148.39	154.28
14:20	145.83	155.4	137.73	152.54	138.99	149.38	157.34
14:25	147.43	157.73	139.42	155.54	140.75	149.57	160.4
14:30	149.82	159.42	141.96	157.54	141.46	149.64	162.73
14:35	151.06	161.96	143.23	160.64	142.88	149.93	164.42
14:40	153.83	163.23	144.36	162.64	143.32	149.38	166.96
14:45	154.36	164.36	145.64	162.78	146.75	149.5	168.23
14:50	155.44	165.64	148.25	172.82	148.16	150.56	169.36
14:55	158.55	165.3	149.52	173.44	150.64	150.77	170.64
15:00	159.62	167.7	152.1	174.53	152.3	150.92	173.25
15:05	162.18	168.25	152.89	174.54	153.18	151.56	174.52
15:10	162.99	169.52	155.12	175.22	156.22	152.89	177.1
15:15	165.72	172.1	155.91	175.33	156.04	160.4	177.89
15:20	165.91	172.89	156.46	175.64	156.28	160.73	180.12
15:25	166.76	175.12	157.04	177.97	156.34	169.42	180.91
15:30	167.84	175.91	158.25	179.36	160.4	171.96	181.46
15:35	168.95	176.46	158.73	179.54	160.73	173.23	182.04
15:40	168.33	177.04	159.62	179.54	169.42	174.36	183.25
15:45	169.82	178.25	160.27	179.97	171.96	175.64	183.73
15:50	170.27	178.73	160.89	180.01	173.23	178.25	184.62

15:55	170.46	179.62	161.89	180.14	174.36	179.52	185.27
16:00	171.39	180.27	162.89	181.15	175.64	182.1	185.89
16:05	172.99	180.89	163.99	181.16	178.25	182.89	186.89
16:10	173.99	181.89	165.09	182.25	179.52	186.54	187.89
16:15	175.39	182.89	165.84	182.27	182.1	186.54	188.99
16:20	175.44	183.99	165.77	185.27	182.89	186.74	190.09
16:25	175.97	185.09	166.53	185.3	185.12	187.29	190.84
16:30	176.33	185.84	167.11	183.35	185.91	187.66	190.77
16:35	177.09	185.77	167.66	185.82	186.46	188.73	191.53
16:40	177.31	186.53	168.66	185.71	187.04	189.62	192.11
16:45	178.96	187.11	171.37	186.73	188.25	190.27	192.66
16:50	181.17	187.66	173.3	187.67	188.73	190.89	193.66
16:55	183.39	188.66	175.46	187.44	189.62	191.89	196.37
17:00	185.64	191.37	177.68	188.47	190.27	192.89	198.3
17:05	187.84	193.3	178.45	188.53	190.89	193.99	200.46
17:10	188.31	195.46	180.82	192.54	191.89	195.09	202.68
17:15	190.12	197.68	183.2	193.54	192.89	195.84	203.45
17:20	193.32	198.45	185.53	193.57	193.99	195.77	205.82
17:25	195.93	198.82	187.32	194.64	195.09	196.53	208.2
17:30	197.42	199.2	190.69	194.96	195.84	197.11	210.53
17:35	200.69	200.53	195.57	195.04	195.77	197.66	212.32
17:40	205.57	201.32	199.64	199.24	196.53	201.43	215.69
17:45	209.44	201.69	200.65	200.43	197.11	202.43	220.57
17:50	205.35	202.57	202.36	201.43	197.66	201.62	214.64
17:55	202.43	202.64	205.12	201.62	198.66	200.25	210.65
18:00	201.77	202.83	200.38	201.21	201.37	200.38	205.43



Lampiran 2 : Pemantauan Volume Gasbag

Tabel. Hasil kalkulasi pemantauan volume gasbag

Pukul	KALKULASI VOLUME (L)						
	Volume Hari-1	Volume Hari-2	Volume Hari-3	Volume Hari-4	Volume Hari-5	Volume Hari-6	Volume Hari-7
6:00	92628.18	94131.82	93410.71	94734.21	94375.68	94863.26	94863.26
6:05	93274.34	94712.70	92868.73	94300.38	92574.32	93855.62	94368.51
6:10	93755.17	94945.69	92265.49	92969.25	93277.93	92865.14	95071.13
6:15	91920.68	92786.16	91043.95	92513.28	93511.19	92251.13	95304.05
6:20	90713.28	91924.27	90846.27	91888.35	91349.42	92154.15	93145.13
6:25	89889.94	89875.56	90091.31	90425.68	90127.27	91888.35	91924.27
6:30	89818.02	91615.31	89720.92	88670.59	89595.05	90425.68	89875.56
6:35	89274.94	91072.71	89224.58	91054.74	88803.70	88670.59	91920.68
6:40	88717.36	90468.83	89041.13	90411.30	88479.90	88537.47	90713.28
6:45	91043.95	89246.16	88447.52	89573.47	88098.50	86813.69	89889.94
6:50	90878.62	89048.32	88447.52	88717.36	88076.91	85974.98	89818.02
6:55	89965.46	88292.80	88497.89	87864.60	87799.82	86198.16	89274.94
7:00	89803.63	87922.18	88300.00	87587.50	86309.75	87864.60	88717.36
7:05	89443.99	87425.55	88483.50	86788.49	86381.75	87587.50	91043.95
7:10	88969.18	87242.00	88663.39	86010.98	84862.60	86788.49	90878.62
7:15	88735.35	86648.11	88616.62	85316.20	84545.80	86010.98	89803.63
7:20	88483.50	86648.11	88519.48	87940.17	84261.40	85316.20	89443.99
7:25	88425.93	86698.51	88940.40	87580.30	83782.62	86648.11	88969.18
7:30	88202.85	86500.53	88451.12	87382.36	84621.40	86648.11	88735.35
7:35	88548.26	86684.11	88602.23	87173.62	84491.80	86698.51	88483.50
7:40	88519.48	86720.10	88645.40	86925.27	85003.00	86500.53	88425.93
7:45	88850.47	87029.65	88577.05	86900.07	85046.20	86684.11	88202.85
7:50	88915.22	87018.85	88551.86	86655.31	84977.80	87141.22	88548.26
7:55	88951.91	87141.22	88976.38	86259.36	84952.60	87353.57	88519.48
8:00	89404.43	87353.57	88911.62	85863.39	85449.40	87774.63	88850.47
8:05	89573.47	87774.63	89015.95	85503.40	85413.40	88170.47	88915.22
8:10	90055.35	88170.47	88911.62	90181.20	85402.60	88317.99	88951.91
8:15	89925.90	88317.99	88900.83	89958.26	85625.79	88749.74	89404.43
8:20	90558.70	88749.74	88900.83	90803.14	86162.17	89627.41	89573.47
8:25	91403.32	89627.41	88918.82	91561.42	86288.16	90727.65	90055.35
8:30	92265.49	90727.65	89300.12	91388.95	84848.20	91532.67	90181.20
8:35	93026.68	91532.67	89339.68	90954.10	85978.58	92384.01	89958.26
8:40	93974.00	92384.01	89681.36	92542.01	86860.48	92936.94	90803.14

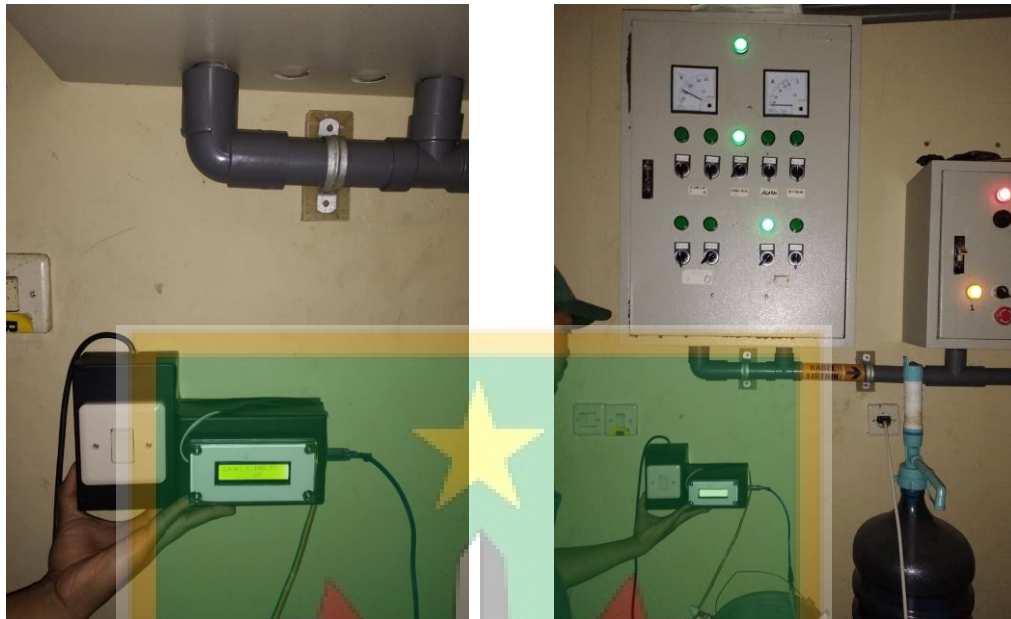
8:45	94346.99	92936.94	88911.62	94138.99	86684.11	93604.48	91561.42
8:50	94931.36	93604.48	89656.19	93855.62	87224.00	93974.00	91388.95
8:55	95250.30	93974.00	89631.01	93055.40	87537.12	93862.80	90954.10
9:00	95476.02	93862.80	90055.35	92771.80	87799.82	88940.40	92542.01
9:05	95458.10	93417.89	90055.35	93640.36	88940.40	88451.12	94138.99
9:10	94956.45	92272.68	90774.38	93543.49	88451.12	88602.23	93855.62
9:15	94899.10	92014.07	90774.38	94042.15	88602.23	89364.86	93055.40
9:20	94770.06	90803.14	92929.76	93941.72	89364.86	88936.81	92771.80
9:25	94537.03	90382.54	92570.73	95329.13	88936.81	89271.34	93640.36
9:30	94626.67	90209.96	92567.14	96306.80	89271.34	89695.75	93862.80
9:35	94970.78	91381.76	92215.21	95726.75	89695.75	89990.63	93417.89
9:40	95078.30	92567.14	92965.66	95579.90	89990.63	90454.45	92272.68
9:45	95418.70	93984.76	92251.13	95579.90	90454.45	91069.11	92014.07
9:50	96621.75	95232.39	92556.37	95576.32	91069.11	92014.07	90803.14
9:55	97480.17	95955.95	92929.76	95544.08	91776.98	90803.14	90382.54
10:00	98698.41	97026.02	92965.66	96961.63	92136.20	90382.54	90209.96
10:05	99939.80	98119.87	92929.76	96582.38	92513.28	90209.96	91381.76
10:10	100199.95	98427.05	93252.81	96550.18	92534.83	91381.76	92567.14
10:15	100014.65	98377.05	93643.95	96525.13	94368.51	92567.14	93984.76
10:20	100527.68	98709.12	93647.54	97215.57	94350.58	93984.76	95232.39
10:25	100399.46	98794.80	94042.15	97201.27	95017.37	95232.39	95955.95
10:30	100876.62	99076.75	95440.19	97901.92	95042.46	95955.95	97026.02
10:35	101111.52	99187.36	95440.19	97887.63	95733.92	97026.02	98119.87
10:40	100922.89	99112.43	95594.23	97869.76	95798.38	98119.87	98698.41
10:45	100876.62	98966.12	95762.57	98705.55	96514.39	98427.05	99939.80
10:50	100901.53	98941.14	95834.19	98705.55	96514.39	98377.05	100199.95
10:55	100531.24	98719.83	96117.07	98694.84	97229.88	98709.12	99444.20
11:00	101083.05	99479.86	95977.43	99051.77	97229.88	98794.80	99208.76
11:05	100965.60	99897.03	96475.02	99408.53	97229.88	99076.75	99098.16
11:10	101413.92	100324.65	96543.02	99401.40	98298.48	99408.53	96557.34
11:15	101520.62	100595.34	96947.32	99736.61	98662.71	99412.10	94637.42
11:20	101129.31	100410.14	96768.45	100057.41	99408.53	99001.81	94648.18
11:25	100990.52	100399.46	96797.07	98948.28	99412.10	98659.14	94623.08
11:30	100848.14	100460.01	96049.04	98209.18	99001.81	96907.97	93959.65
11:35	100342.46	100128.69	95758.99	97312.12	98659.14	96156.45	93945.30
11:40	100858.82	99444.20	95798.38	96940.17	96907.97	95701.68	93934.54
11:45	99993.26	99208.76	95655.12	96879.36	96156.45	95608.56	93970.41
11:50	99347.89	99098.16	95658.70	96840.00	95404.37	95694.52	94106.71
11:55	98916.16	96557.34	95948.79	96550.18	95436.61	95798.38	93938.13
12:00	98901.88	94637.42	95794.80	96525.13	95440.19	95375.70	92847.19
12:05	99076.75	94648.18	95662.28	96500.08	95476.02	94877.59	92836.42
12:10	99080.31	94623.08	95701.68	96460.71	95081.88	93930.96	91974.56
12:15	97641.03	93959.65	95730.34	96127.81	94723.46	93891.50	90130.86

12:20	97708.94	93945.30	95712.43	96127.81	93801.81	92753.85	89012.35
12:25	97555.24	93934.54	95773.31	95748.24	93970.41	92419.92	88242.43
12:30	97093.98	93970.41	95809.13	95733.92	94400.78	92621.00	83368.65
12:35	97129.74	94106.71	95701.68	95411.53	94325.48	92466.60	83213.86
12:40	97630.31	94228.65	95608.56	95411.53	95261.05	92276.27	83080.68
12:45	96489.34	94379.27	95694.52	94981.54	95758.99	91176.93	83120.27
12:50	95998.92	94526.28	95798.38	94784.40	95827.03	90076.93	83149.07
12:55	95916.56	93748.00	95375.70	93934.54	95515.42	89238.97	83131.07
13:00	95286.13	93134.37	94877.59	93256.40	94977.95	85402.60	83192.26
13:05	94633.84	92441.46	93930.96	93938.13	94289.62	85046.20	83228.26
13:10	94049.33	91823.69	93891.50	92847.19	93898.67	84977.80	83120.27
13:15	93321.00	91705.13	92753.85	92836.42	93249.22	91069.11	83026.68
13:20	92513.28	91072.71	92419.92	91974.56	93288.70	87799.82	83113.07
13:25	91870.39	88127.29	92621.00	90130.86	92786.16	87537.12	83217.46
13:30	91004.42	87533.52	92466.60	89012.35	92789.75	87224.00	83426.24
13:35	90648.57	87051.24	92678.45	88242.43	92721.54	86860.48	83627.83
13:40	90511.97	86741.70	92506.10	87871.80	92567.14	86684.11	83473.04
13:45	90138.05	86590.52	92628.18	87508.32	92434.28	86288.16	83685.42
13:50	89591.45	86133.37	93030.27	87457.94	92473.78	86162.17	83512.63
13:55	89472.76	85838.19	93015.91	86370.95	92502.51	85978.58	83635.03
14:00	89278.54	85823.79	92721.54	86320.55	92125.42	85625.79	84038.21
14:05	89109.48	85528.60	92276.27	85197.40	90749.22	85449.40	84023.81
14:10	88663.39	85082.20	91176.93	85525.00	90425.68	85413.40	83728.62
14:15	87436.35	83980.61	90076.93	84689.80	89958.26	85402.60	83282.25
14:20	86324.15	82879.11	89238.97	83908.61	88785.71	85046.20	82180.87
14:25	85748.19	82040.51	88631.01	82828.72	88152.47	84977.80	81079.75
14:30	84887.80	81432.36	87717.06	82108.89	87896.99	84952.60	80241.58
14:35	84441.40	80518.54	87259.99	80993.40	87385.96	84848.20	79633.80
14:40	83444.24	80061.75	86853.28	80273.95	87227.60	85046.20	78720.66
14:45	83253.46	79655.38	86392.55	80223.59	85992.98	85003.00	78264.24
14:50	82864.71	79195.15	85453.00	76615.73	85485.40	84621.40	77858.24
14:55	81745.42	79317.39	84995.80	76393.20	84592.60	84545.80	77398.47
15:00	81360.40	78454.70	84067.01	76002.05	83995.01	84491.80	76461.39
15:05	80439.41	78257.06	83782.62	75998.46	83678.22	84261.40	76005.64
15:10	80148.06	77800.76	82979.89	75754.51	82583.96	83782.62	75080.29
15:15	79166.39	76874.20	82695.54	75715.05	82648.75	81079.75	74797.08
15:20	79098.09	76590.60	82497.58	75603.85	82562.37	80961.03	73998.05
15:25	78792.54	75790.38	82288.83	74768.41	82540.77	77836.69	73715.12
15:30	78404.39	75507.01	81853.38	74270.30	81079.75	76924.47	73518.19
15:35	78005.54	75309.77	81680.65	74205.81	80961.03	76468.57	73310.57
15:40	78228.31	75101.80	81360.40	74205.81	77836.69	76063.05	72877.55
15:45	77693.00	74668.05	81126.52	74051.77	76924.47	75603.85	72705.83
15:50	77531.36	74496.03	80903.46	74037.45	76468.57	74668.05	72387.52

15:55	77463.12	74177.15	80543.72	73990.88	76063.05	74212.98	72155.11
16:00	77129.13	73944.32	80184.03	73629.18	75603.85	73289.09	71933.49
16:05	76554.71	73722.28	79788.43	73625.60	74668.05	73006.36	71576.15
16:10	76195.81	73364.26	79392.89	73235.40	74212.98	71701.20	71218.95
16:15	75693.53	73006.36	79123.25	73228.24	73289.09	71701.20	70826.22
16:20	75675.59	72612.83	79148.42	72155.11	73006.36	71629.74	70433.67
16:25	75485.49	72219.47	78875.21	72144.39	72208.74	71433.25	70166.14
16:30	75356.38	71951.36	78666.74	72841.78	71926.34	71301.09	70191.11
16:35	75083.87	71976.38	78469.08	71958.51	71729.79	70919.03	69920.09
16:40	75005.00	71704.77	78109.74	71997.82	71522.56	70601.37	69713.33
16:45	74413.62	71497.55	77136.31	71633.31	71090.40	70369.46	69517.32
16:50	73622.02	71301.09	76443.44	71297.52	70919.03	70148.31	69161.06
16:55	72827.47	70944.02	75668.42	71379.67	70601.37	69791.75	68196.51
17:00	72022.85	69977.14	74872.36	71011.85	70369.46	69435.36	67510.42
17:05	71236.81	69289.29	74596.37	70990.43	70148.31	69043.54	66743.42
17:10	71068.98	68520.25	73747.35	69560.08	69791.75	68651.93	65956.12
17:15	70422.97	67730.74	72895.44	69203.80	69435.36	68385.04	65683.29
17:20	69282.17	67457.12	72062.17	69193.12	69043.54	68409.95	64844.36
17:25	68353.03	67325.68	71422.53	68812.10	68651.93	68139.61	64003.18
17:30	67823.16	67190.72	70219.64	68698.20	68385.04	67933.36	63180.97
17:35	66661.81	66718.58	68481.11	68669.72	68409.95	67737.85	62550.22
17:40	64932.80	66438.31	67034.49	67176.52	68139.61	66399.30	61364.96
17:45	63565.44	66307.09	66676.00	66754.07	67933.36	66044.73	59654.08
17:50	65010.63	65995.11	66069.54	66399.30	67737.85	66331.91	61733.93
17:55	66044.73	65970.30	65092.02	66331.91	67382.52	66817.95	63138.66
18:00	65902.96	66771.81	66477.33	66420.58	66771.81	64982.33	66326.91



Lampiran 3 : Foto Dokumentasi



Gambar. Sistem Pemantauan yang dirancang



Gambar. Tangki Reaktan



Gambar. Plant Biogas & Kolam Pengendapan



Gambar. Pemasangan Sensor Volume Biogas

Glosarium



BioGas	: Gas yang terbuat dari kotoran atau limbah yang melalui proses fermentasi anaerobik
Compress	: Meningkatkan; meringkaskan; memadatkan; memampatkan sesuatu.
Compressor	: Mesin mekanik yang berfungsi untuk memampatkan fluida gas atau meningkatkan tekanan udara.
Digester	: Reaktor hampa udara di mana terjadinya proses dekomposisi
Gasbag	: Sejenis penampungan gas yang berguna untuk mengisi gas di dalamnya
Gas Holder	: Tempat penampungan gas
Kontrol	: Pengawasan; pemeriksaan; pengendalian.
Level	: Sinonim dari ketinggian
Pemantauan	: Prosedur untuk mengukur atau mengidentifikasi sesuatu
Plant	: Sinonim dari pabrik
Proses	: Runtunan perubahan (peristiwa) dalam perkembangan sesuatu
Sistem	: Perangkat unsur yang secara teratur saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas
Sensor	: Perangkat yang digunakan untuk mendeteksi perubahan besaran fisik
Sensor Ultrasonic	: Sensor yang memanfaatkan pancaran gelombang ultrasonik
Ultrasonic	: Suara atau getaran dengan frekuensi diatas 20 kHertz
Volume	: Besarnya benda dalam ruang atau banyaknya ruang yang bisa ditempati dalam suatu objek