



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN  
LEVEL PADA *MIXING TANK* PROSES  
DEGUMMING *MINI PLANT* BODIESEL DI  
WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Renza Yuarifaldi  
NRP. 2414 031 032

**Dosen Pembimbing :**  
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.  
NIP. 19520613 198103 1 004

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**



**TUGAS AKHIR – TF 145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN  
LEVEL PADA *MIXING TANK* PROSES  
DEGUMMING *MINI PLANT* BIODIESEL DI  
WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**RENZA YUARIFALDI  
NRP. 2414 031 032**

**Dosen Pembimbing :**  
Ir. Tutug Dhanardono, M.T.  
NIP. 19520613 198103 1 004

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**



*FINAL PROJECT – TF 145565*

***DESIGN AND BUILD LEVEL CONTROL SYSTEM  
OF MIXING TANK DEGUMMING PROCESS  
BIODIESEL MINI PLANT AT WORKSHOP  
INSTRUMENTASI***

***RENZA YUARIFALDI  
NRP. 2413 031 032***

***Advisor Lecturer***

***Ir. Tutug Dhanardono, M.T.  
NIP. 19520613 198103 1 004***

***DIPLOMA PROGRAM OF INSTRUMENTATION  
ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF VOCATION  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2017***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL  
PADA *MIXING TANK* PROSES DEGUMMING *MINI*  
PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

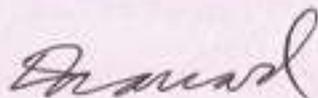
**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**RENZA YUARIFALDI**  
**NRP. 2414 031 032**

**Surabaya, 25 Juli 2017**  
**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**Ir. Tutug Dhanardono, M.T.**  
**NIP. 19520613 198103 1 004**

**Kepala Departemen**  
**Teknik Instrumentasi FV - ITS**



**Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**

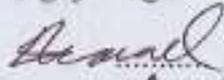
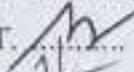
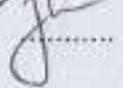
**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL  
PADA MIXING TANK PROSES DEGUMMING MINI  
PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada  
Program Studi D3 Teknik Instrumentasi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**RENZA YUARIFALDI**  
NRP. 2414 031 032

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Tutug Dhanardono M.T.  (Dosen Pembimbing)
2. Dr. Bambang Lelono W. S.T.,M.T.  (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Yaumar M.T.  (Dosen Penguji I)

**SURABAYA  
JULI 2017**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL PADA *MIXING TANK* PROSES DEGUMMING *MINI* PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**Nama** : Renza Yuarifaldi  
**NRP** : 2413031032  
**Departemen** : Teknik Instrumentasi, FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Tutug Dhanardono, M.T.

## **Abstrak**

Telah dirancang dan dibuat sistem pengendalian level dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi dalam mengetahui level (ketinggian) pada *mixing tank* di proses degumming. Cara kerja dari sistem pengendalian level ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04 memberikan input pada 2 *solenoid valve* untuk membuka atau menutup. *Set point* yang digunakan 3 cm, untuk menutup *solenoid valve* pada tangki minyak dan membuka *solenoid valve* pada tangki katalis. Pada *set point* 9 cm, untuk menutup *solenoid valve* pada tangki katalis dan mengaktifkan motor *mixer*. Dari pengujian sensor yang telah dilakukan, diketahui bahwa pembacaan dari sensor terkadang terdapat *error* paling besar yaitu 0,056 cm. Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik statik dan nilai ketidakpastian dari sensor. Untuk mencari nilai ketidakpastian dari sensor, dilakukan suatu pengukuran pada sensor dan menggunakan penggaris standar untuk pembandingnya. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, diketahui nilai dari ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ) sebesar 0,756.

**Kata kunci** : Sensor ultrasonik HC-SR04, Sistem Pengendalian Level, *solenoid valve*.

**DESIGN AND BUILD LEVEL CONTROL SYSTEM OF  
MIXING TANK DEGUMMING PROCESS BIODIESEL  
MINI PLANT AT WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**Name** : Renza Yuarifaldi  
**NRP** : 2413031032  
**Departement** : Instrumentation Engineering, FV-ITS  
**Advisor Lecturer** : Ir. Tutug Dhanardono, M.T.

**Abstract**

*It has been designed and made level control system by using ultrasonic sensor HC-SR04 which function in know level (height) at mixing tank in degumming process. The workings of this level control system is the ultrasonic sensor HC-SR04 provides input on 2 solenoid valve to open or close. Set point used 3 cm, to close the solenoid valve on the oil tank and open the solenoid valve on the catalyst tank. At set point 9 cm, to close the solenoid valve on the catalyst tank and activate the motor mixer. From testing the sensors that have been done, it is known that the readings of the sensors sometimes have the biggest error of 0.056 cm. Sensor testing is performed to determine the static characteristics and uncertainty values of the sensor. To find the uncertainty value of the sensor, a sensor is measured and using a standard ruler for comparison. From the measurements that have been done, it is known that the value of uncertainty is extended ( $U_{exp}$ ) of 0.756.*

**Keywords:** *Ultrasonic sensor HC-SR04, Level Control System, solenoid valve.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

*Bismillahirrahmanirrahiim,*

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah *Subhanahuwata'ala* atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul "**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL PADA MIXING TANK PROSES DEGUMMING MINI PLANT BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**" dapat terlaksana sampai akhirnya laporan tugas akhir ini dapat penulis susun hingga selesai.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Allah *Subhanahuwata'ala* yang telah membimbing dan memberikan kemudahan serta kemampuan untuk mengerjakan tugas akhir ini.
2. Kedua Orang tua yang selalu mendukung dalam pekerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi ITS dan Bapak Ir. Heri Joestiono, M.T. selaku dosen wali penulis yang telah sabar memberikan dukungan, bimbingan, serta ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Ir. Tutug Dhanardono, M.T. selaku dosen pembimbing pada pengerjaan tugas akhir ini.
5. Kepala Laboratorium Workshop Instrumentasi, Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA yang selalu memberikan nasihat dan saran tentang tugas akhir ini.
6. Seluruh mahasiswa Workshop Instrumentasi Teknik Fisika FTI-ITS yang telah bersedia meminjamkan berbagai peralatan.
7. Teman-Teman DIII Metrologi dan Instrumentasi angkatan 2014 atas kebersamaannya, khususnya Tawan/-wati dalam tim *mini plant* biodiesel (Dimas Gerry

Ainul Wafa, Lintang Gumebyar, Andi M. Faturrahman, Atika Diyanasari, dan Anak Agung Yuniartha) yang telah bersama-sama berjuang menuju TW 116 ITS.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa terdapat banyak ketidaksempurnaan, sehingga penulis memohon maaf berserta kritik dan saran apabila terdapat ketidaksempurnaan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat .....	3

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Bahan Baku Biodiesel .....	5
2.2.1 Minyak Biji Nyamplung .....	5
2.2.2 <i>Methanol</i> ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) .....	6
2.2.3 Asam Fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) .....	7
2.2 <i>Mixing Process</i> .....	7
2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	8
2.4 <i>Solenoid Valve</i> .....	9
2.5 Mikrokontroler ATMega 8353 .....	10
2.6 Lampu Indikator .....	11
2.7 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i> .....	12
2.8 Relay .....	13

### **BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

3.1 Diagram Alir Perancangan Alat .....	15
3.2 Persiapan Peralatan .....	16
3.3 Keterangan Alat .....	16
3.3.1. Studi Literatur .....	16

3.3.2. Perancangan Sistem dan Pembuatan alat .....	16
3.3.3 Integrasi.....	22
3.3.4 Pengujian Alat.....	24
3.3.5 Pengambilan Data .....	25
3.3.6 Analisa dan Pembahasan .....	30
3.3.7 Penulisan laporan .....	30

**BAB IV. PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN**

4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04.....	31
4.2 Perhitungan Ketidakpastian Pembacaan Alat .....	34
4.3 Respon Sistem Pengendalian Level.....	37
4.4 Pembahasan .....	40

**BAB V. PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45

**DAFTAR PUSTAKA**

<b>LAMPIRAN A (<i>Data Pengujian</i>).....</b>	<b>A-1</b>
<b>LAMPIRAN B (<i>Listing Program</i>).....</b>	<b>B-1</b>
<b>LAMPIRAN C (<i>Datasheet Sensor Ultrasonik HC-SR04</i>)</b>	<b>C-1</b>
<b>LAMPIRAN D (<i>Datasheet ATmega 8535</i>) .....</b>	<b>D-1</b>
<b>LAMPIRAN E (<i>Datasheet Solenoid Valve</i>) .....</b>	<b>D-1</b>

**BIOGRAFI PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	<i>Mini Plant Biodiesel</i> .....	5
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Mixing Tank</i> .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	9
<b>Gambar 2.4</b>	Bagian-Bagian <i>Solenoid Valve</i> .....	9
<b>Gambar 2.5</b>	ATMega 8535 .....	11
<b>Gambar 2.6</b>	Lampu indikator .....	12
<b>Gambar 2.7</b>	Konfigurasi pin LCD 16x2.....	13
<b>Gambar 2.8</b>	<i>Relay</i> .....	14
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Tugas Akhir .....	15
<b>Gambar 3.2</b>	Blok Diagram Sistem Pengendalian Level .....	17
<b>Gambar 3.3</b>	PFD dari <i>Mini Plant Biodiesel</i> .....	18
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Process Flow Diagram</i> Degumming.....	19
<b>Gambar 3.5</b>	Ultrasonik HC-SR04 .....	20
<b>Gambar 3.6</b>	Tangki Minyak.....	20
<b>Gambar 3.7</b>	Tangki Katalis $H_3PO_4$ .....	21
<b>Gambar 3.8</b>	<i>Mixing Tank</i> .....	22
<b>Gambar 3.9</b>	Rangka <i>mini plant</i> biodiesel .....	23
<b>Gambar 3.10</b>	Pompa Minyak .....	23
<b>Gambar 3.11</b>	Panel <i>Supply</i> .....	24
<b>Gambar 3.12</b>	<i>Wiring</i> Sensor ke Mikrokontroler.....	24
<b>Gambar 3.13</b>	<i>Wiring</i> mikrokontroler ke Aktuator.....	25
<b>Gambar 3.14</b>	<i>Listing program</i> software CV-AVR .....	25
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik Pembacaan Alat dan Standar.....	32
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik Pembacaan Naik dan Turun .....	33
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik <i>Hysterisis</i> Sensor Ultrasonik .....	34
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Presisi Sensor Ultrasonik .....	36
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Respon Sistem Pengendalian Level .....	39

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Tabel Spesifikasi Rancang Bangun.....	19
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....	30
<b>Tabel 4.2</b> Pembacaan Naik dan Turun sensor .....	32
<b>Tabel 4.3</b> Pembacaan Skala .....	35
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Ketidakpastian Hasil Pengukuran .....	36
<b>Tabel 4.5</b> Perhitungan Ketidakpastian Regresi .....	37
<b>Tabel 4.6</b> Respon Sistem <i>Tracking Set Point</i> .....	39

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Krisis energi dunia yang terjadi pada dekade terakhir memberikan dampak yang signifikan pada meningkatnya harga bahan bakar minyak (BBM). Oleh karena itu diperlukan pengembangan energi alternatif dengan pemanfaatan sumberdaya energi terbarukan (*renewable resources*). Salah satu bentuk energi alternatif yang saat ini mulai dikembangkan adalah biofuel yang mempunyai tingkat kelayakan teknologi cukup tinggi. Salah satu tanaman hutan yang mempunyai potensi sebagai bahan baku *biofuel* atau Biodiesel adalah nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). Tanaman nyamplung ini potensial untuk dikembangkan sebagai tanaman non pangan dan lahan untuk pertumbuhannya tidak bersaing dengan tanaman pangan.

Tanaman nyamplung biasa tumbuh di tepi sungai atau pantai yang berudara panas dengan ketinggian hingga 200 m dari permukaan laut. Tanaman ini tumbuh subur dalam hutan-hutan tropis di Indonesia. Salah satu kelebihan dari tanaman ini adalah sebagai bahan baku biodiesel pada bagian biji. Apabila digunakan sebagai bahan baku biodiesel maka hasil rendemen minyak nyamplung tergolong tinggi dibandingkan jenis tanaman lain (jarak pagar 40-60%, Sawit 46-54%, dan Nyamplung 60-65%). Dalam pemanfaatan tanaman nyamplung tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan. Minyak biji nyamplung memiliki daya bakar dua kali lebih lama dibandingkan minyak tanah<sup>[1]</sup>.

Dalam test untuk mendidihkan air, minyak tanah yang dibutuhkan 0,9 ml sedangkan minyak biji nyamplung hanya 0,4 ml mempunyai keunggulan kompetitif di masa depan antara lain biodiesel nyamplung dapat digunakan sebagai pencampur solar dengan komposisi tertentu, bahkan dapat digunakan 100 %. Apabila teknologi pengolahan tepat, kualitas emisi lebih baik dari solar dapat digunakan sebagai biokerosen pengganti minyak tanah. Secara sederhana, biodiesel didefinisikan sebagai bentuk bahan bakar diesel yang menyebabkan lebih sedikit kerusakan

lingkungan dibandingkan bahan bakar diesel standar. Biodiesel biasanya dibuat dari minyak nabati melalui proses kimia yang disebut transesterifikasi. Dalam pengolahan minyak nyamplung ini terdapat beberapa proses diantaranya *degumming*, esterifikasi, transesterifikasi, dan *bleaching*. Pada pembuatan tugas akhir ini, dibuat perancangan sistem pengendalian level pada *mixing tank* proses *degumming* bertujuan untuk menghilangkan kotoran (*gum*) yang berupa koloid seperti gum, fosfoliid, dan lipoprotein. Pada proses *degumming* diperlukan suatu pengendalian *level* agar untuk memisahkan getah atau kotoran yang masih terkandung dalam minyak.

## 1.2 Permasalahan

Adapun permasalahan dalam perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana merancang sebuah *mini plant* biodiesel.
- b. Bagaimana merancang sensor level untuk proses *degumming*.
- c. Bagaimana merancang *coding* program pada mikrokontroller ATMega 8535.

## 1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari perancangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang sebuah *mini plant* biodiesel.
- b. Merancang sensor level untuk proses *degumming*.
- c. Merancang *coding* program pada mikrokontroller ATMega 8535.

## 1.4 Batasan Masalah

Pengerjaan tugas akhir ini memerlukan beberapa batasan masalah untuk lebih memfokuskan penyelesaian permasalahan, batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Data pembacaan tersebut hanya akan ditampilkan pada display LCD dalam satuan panjang centimeter (CM) dengan sensor yang sudah diuji.

- b. Sensor level yang digunakan memiliki 2 buah *setpoint*, dimana saat *setpoint* ke-1 aktif mematikan aktuator 1 dan saat *setpoint* ke-2 aktif menyalakan aktuator 2.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang didapatkan pada penyelesaian tugas akhir ini adalah *mini plant* biodiesel ini selain untuk pembuatan biodiesel dari bahan minyak biji nyamplung, juga dapat digunakan dari bahan yang lainnya karena pada pengolahan minyak biji nyamplung menggunakan proses yang rumit sesuai dengan kadar FFA nya yang tinggi.

*Halaman ini memang dikosongkan*

## BAB II

### TEORI PENUNJANG

Pada pengerjaan tugas akhir ini, didapatkan beberapa teori penunjang yang mendukung pembuatan alat tugas akhir. Berikut ini adalah komponen pada *mini plant* dengan menggunakan sistem pengendalian level pada bahan pembuatan biodiesel yaitu minyak biji nyamplung, *methanol* ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), *mixing process*, sensor ultrasonik HC-SR04, *solenoid valve*, mikrokontroller ATmega 8535, LCD 16x2, lampu indikator, dan *relay* 12 VDC.



**Gambar 2.1** *Mini Plant* Biodiesel

### 2.1 Bahan Baku Biodiesel

Untuk membuat biodiesel diperlukan tiga komponen utama yaitu minyak biji nyamplung, *methanol* ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), dan asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).

#### 2.1.1 Minyak Biji Nyamplung

Indonesia memang terkenal dengan kekayaan alamnya. Matahari yang bersinar sepanjang tahun, beragam tanaman pun tumbuh subur di negeri ini. Salah satu tumbuhan yang memiliki potensi menjanjikan adalah nyamplung alias kosambi. Tanaman yang mempunyai nama

latin *Calophyllum inophyllum* ini dipilih sebagai sumber energi *biofuel* (biodiesel) karena bijinya mengandung rendemen minyak tinggi. Biji kering nyamplung yang berbentuk bulat mengandung hampir 74% minyak. Kandungan minyak ini dua kali lipat lebih besar dari biji jarak dan bahkan semua tanaman penghasil bahan bakar nabati lainnya. Hal ini menyebabkan minyak biji nyamplung lebih baik digunakan untuk bahan baku pembuatan biodiesel<sup>[2]</sup>.

### **2.1.2 Methanol (CH<sub>3</sub>OH)**

Jenis alkohol yang biasanya dipakai pada proses pembuatan biodiesel adalah *methanol* dan etanol. *Methanol* atau biasa dikenal sebagai metil alkohol merupakan jenis alkohol yang biasa digunakan dalam pembuatan biodiesel karena *methanol* (CH<sub>3</sub>COOH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi atau lebih stabil dibandingkan dengan etanol (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) karena *methanol* memiliki satu ikatan carbon sedangkan etanol memiliki dua ikatan carbon, sehingga lebih mudah memperoleh pemisahan gliserol dibanding dengan etanol. Kerugian dari *methanol* adalah *methanol* termasuk zat yang beracun dan berbahaya, bahkan lebih mudah terbakar bila dibandingkan bensin. *Methanol* berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Etanol lebih aman, tidak beracun dan terbuat dari hasil pertanian, sedangkan *methanol* mengandung uap yang berbahaya bagi makhluk hidup dan terbuat dari batubara. Etanol memiliki sifat yang sama dengan metanol yaitu berwarna bening seperti air, mudah menguap, mudah terbakar dan mudah bercampur dengan air. Namun, saat ini penggunaan *methanol* lebih banyak digunakan karena selain harganya lebih murah, juga lebih mudah untuk memperoleh pemisahan gliserin dibandingkan dengan etanol, dan pada penggunaan etanol apabila tidak berhati-hati akan menimbulkan emulsi. *Methanol* dan etanol yang dapat digunakan hanya yang murni 99%. *Methanol* memiliki

massa jenis 0,7915 g/m<sup>3</sup>, sedangkan etanol memiliki massa jenis 0,79 g/m<sup>3</sup>[3].

### 2.1.3 Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)

Katalis adalah suatu zat yang berfungsi mempercepat laju reaksi dengan menurunkan energi aktivasi, namun tidak menggeser letak keseimbangan. Karakteristik dari asam fosfat itu sendiri adalah asam fosfat berwujud zat padat dengan T.D =280°C dan T.L = 44,1°C, pada temperatur tinggi (t =1040 °C), mengalami disosiasi. Selain itu, juga bersifat racun, dan berbahaya dalam udara. Kegunaan dari asam fosfat diantaranya adalah biasanya asam fosfat digunakan dalam industri pembuatan pupuk, asam fosfat banyak digunakan untuk membuat pupuk super fosfat, dan asam fosfat digunakan sebagai bahan detergen, bahan pembersih lantai, dan insektisida<sup>[4]</sup>.

## 2.2 *Mixing Process*

*Mixing process* merupakan suatu proses membaurkan beberapa bahan menjadi satu kesatuan dengan presentase tertentu sehingga menghasilkan produk baru yang homogen. Contoh dari proses pencampuran cair-cair yaitu seperti sirup, bahan-bahan kimia, minuman kaleng dan sebagainya. Dalam proses tersebut diperlukan gaya mekanik sebagai penggerak alat pengaduk sehingga proses pencampuran dapat berjalan dengan baik. Ada beberapa metode dalam proses pencampuran seperti penyemprotan dan mengeluarkan gas ke dalam cairan. Namun metode yang paling sering digunakan yaitu dengan metode turbulensi dimana bahan-bahan yang akan dicampur dimasukkan kedalam bejana kemudian diaduk<sup>[5]</sup>.



**Gambar 2.2.** *Mixing Tank*

### **2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).

Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
- Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung

jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus :

$$S = 340.t/2$$

dimana S merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), dan t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang diterima receiver<sup>[6]</sup>.



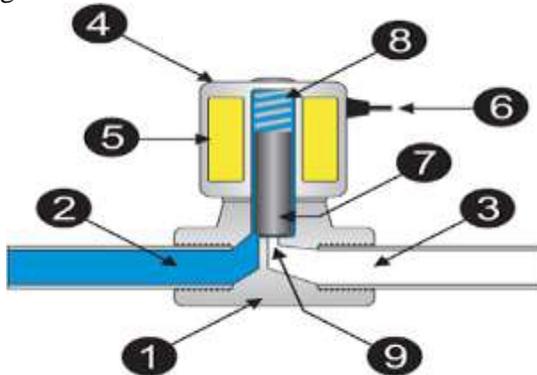
**Gambar 2.3** Sensor ultrasonik HC-SR04

## 2.4 Solenoid Valve

*Solenoid Valve* merupakan sebuah katup yang mempunyai kumparan sebagai penggerak piston yang digerakan dengan arus AC maupun DC. Pada solenoid valve terdapat lubang keluaran (*ouput*), lubang masukan (*input*) dan *exhaust*. Masing-masing lubang tersebut mempunyai fungsi yang berbeda, misalnya lubang keluaran berfungsi sebagai jalan masuk *fluida* atau *supply*, kemudian lubang keluaran berfungsi sebagai jalan tempat keluarnya *fluida* dan *exhaust* sebagai tempat mengeluarkan cairan yang terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi saat *solenoid* bekerja.

*Solenoid valve* bekerja ketika katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerak dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan listrik maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalam. Ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran solenoid

valve akan mengeluarkan fluida sesuai dengan *supply* tegangan yang diterima, umumnya 100/200 VAC tetapi ada juga yang mendapatkan *supply* tegangan DC<sup>[7]</sup>. Berikut ini merupakan bagian-bagian dari solenoid valve:



**Gambar 2.4** Bagian-Bagian *Solenoid Valve*

Keterangan:

1. *Valve body*
2. Terminal masukan (*inlet port*)
3. Terminal keluaran (*outlet port*)
4. Koil / koil *solenoid*
5. Kumparan
6. Kabel suplai tegangan
7. *Plunger*
8. *Spring*
9. Lubang / *exhaust*

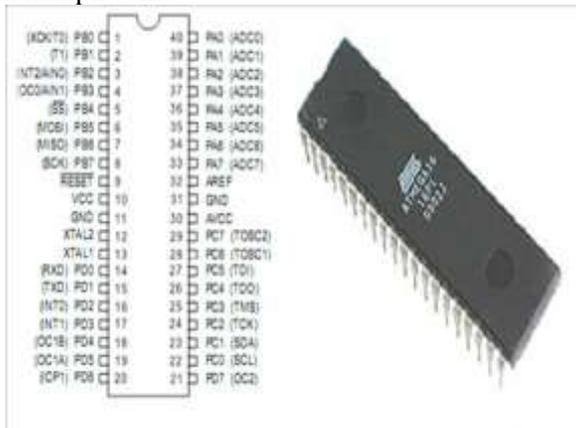
## 2.5 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler merupakan suatu rangkaian terintegrasi (*IC*) dengan kepadatan yang sangat tinggi dan semua bagian yang diperlukan oleh suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping yang didalamnya terdiri dari pusat pemroses (*Central Processing Unit*), RAM (*Random Access Memory*), EEPROM / EPROM / PROM, unit *input/output*, antarmuka serial dan *parallel*, *timer* dan *counter*, serta *interrupt* kontroler. Mikrokontroler tersedia

dalam beberapa pilihan, tergantung dari keperluan dan kemampuan yang diinginkan. Mikrokontroler yang banyak beredar biasanya terdiri dari 4, 8, 16 atau 32 bit.

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC 8 Bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits *word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus instruksi *clock*. Dan ini sangat membedakan sekali dengan instruksi MCS-51 (Berarsitektur CISC) yang membutuhkan siklus 12 *clock*. RISC adalah *reduced instruction set computing* sedangkan CISC adalah *complex instruction set computing*.

AVR dikelompokkan kedalam 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Dari kesemua kelas yang membedakan satu sama lain adalah ukuran *on-board* memori, *on-board peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan keempat kelas AVR bisa dikatakan hampir sama<sup>[8]</sup>.



**Gambar 2.5** ATmega 8535

## 2.6 Lampu Indikator

Lampu indikator adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui *filamen* yang kemudian memanas dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi *filamen* panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga *filamen* tidak akan langsung

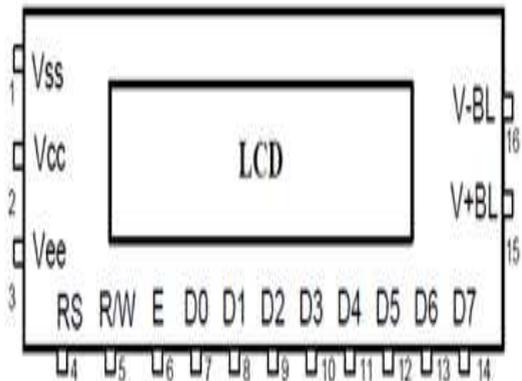
rusak akibat teroksidasi. Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (*voltase*) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pijar dan dioda cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi<sup>[9]</sup>.



**Gambar 2.6** Lampu indikator

## **2.7 LCD (*Liquid Cristal Display*)**

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah sebuah teknologi yang berfungsi sebagai penampil atau monitor . Modul LCD dengan tampilan 16x2, terdiri dari dua bagian. Pada bagian pertama merupakan panel LCD sebagai media untuk menampilkan informasi berbentuk huruf, simbol maupun angka. LCD 16x2 dapat menampung dua baris, dimana tiap baris dapat menampilkan 16 karakter. Bagian kedua merupakan rangkaian elektronika yang dibentuk dengan mikrokontroler, berada di balik panel LCD. Bagian ini mempunyai fungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi LCD dengan mikrokontroler<sup>[10]</sup>. Berikut ini konfigurasi LCD 2x16 serta penjelasannya :



**Gambar 2.7** Konfigurasi pin LCD 16x2

Berikut ini karakteristik dari LCD (16x2) :

1. Tampilan 16 karakter, 2 baris.
2. ROM pembangkit karakter 192 jenis.
3. RAM pembangkit karakter 8 jenis ( program pemakai ).
4. RAM data tampilan 80 x 8 bit (8 karakter).
5. *Duty ratio* 1/16.
6. RAM data tampilan dan RAM pembangkit karakter dapat dibaca dari unit mikro-prosesor.
7. Beberapa fungsi perintah antara lain adalah penghapusan tampilan (*display clear*), posisi krusor awal (*crusor home*), tampilan karakter kedip (*display character blink*), penggeseran krusor (*crusor shift*) dan penggeseran tampilan (*display shift* ).
8. Rangkaian pembangkit detak (*clock*).
9. Rangkaian otomatis reset saat daya dinyalakan.
10. Catu daya tunggal +5 volt.

## 2.8 Relay

*Relay* adalah peralatan yang menggunakan elektromagnet dalam memberikan gaya untuk membuka atau menutup *switch*. Dengan kata lain, suatu *switch* dengan menggunakan tenaga listrik. Suatu *switch* atau *relay* pada saat keadaan tidak fiktif

memiliki dua kondisi yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Dalam pemilihan suatu *relay* yang harus diperhatikan adalah kapasitas arusnya. *Relay* merupakan piranti control yang dapat berguna untuk menutup dan membuka kontak. *Relay* mekanis digunakan untuk menyambung atau memutuskan beban elektris. Proses *swithing* ini dikontrol oleh rangkaian elektrik. *Relay magnetic* sering digunakan untuk mengontrol *relay* yang lain atau beban dengan daya yang kecil. Seringnya pengulangan membuka dan menutup, kontak dapat mengalami kerusakan akibat dari bunga api dan gesekan mekanis, sehingga bagian dari kontak tersebut dapat diganti dengan kontak yang baru. Hal ini sering terjadi terutama pada kontak *magnetic*. Material-material kontak yang sering digunakan adalah logam-logam khusus seperti Tembaga (Ag), Emas (Au), Platina (Pt), Nikel (Au-Ni) dan gabungan senyawa-senyawa seperti Ag-Au-Ni<sup>[11]</sup>.

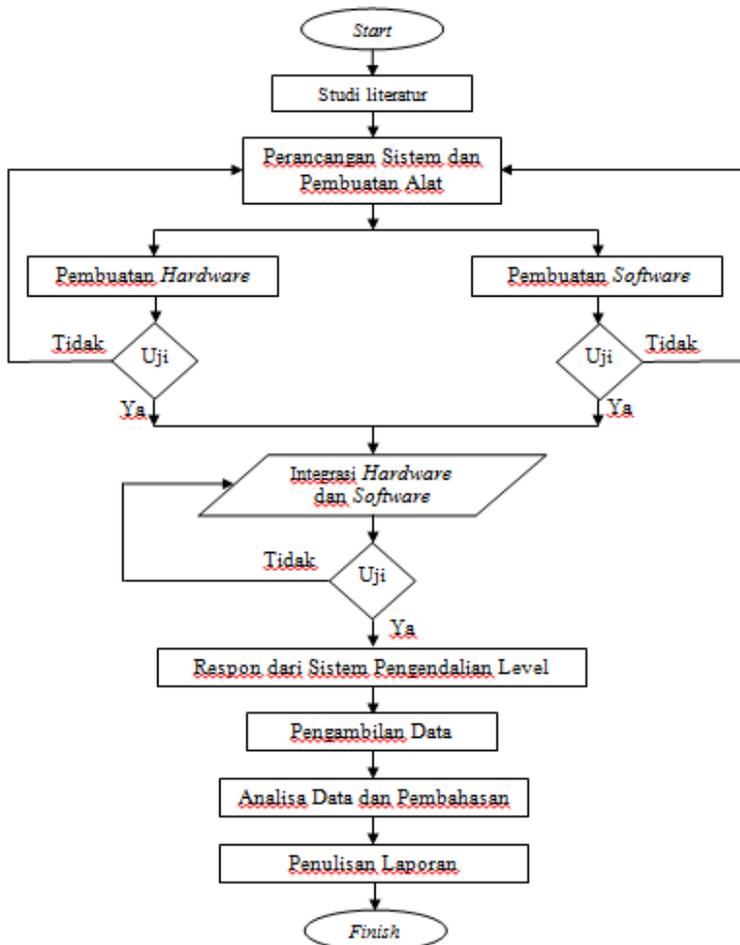


**Gambar 2.8** *Relay*

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1 Diagram Alir Perancangan Alat

Secara umum tahapan perancangan alat pada tugas akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir seperti gambar 3.1. di bawah ini.



**Gambar 3.1** Diagram Alir Tugas Akhir

### 3.2 Persiapan Peralatan

Berikut ini merupakan peralatan yang dibutuhkan untuk perancangan sistem pengendalian level pada *mixing tank* proses degumming.

- a. Peralatan sensor level.
  1. Sensor Ultrasonik HC-SR04
- b. Peralatan sebagai controller.
  1. Mikrokontroler ATmega 8535
  2. *Minimum System* (Minsys)
- c. Peralatan Penampil (*Display*).
  1. LCD 16X2
- d. Aktuator.
  1. *Solenoid Valve*

### 3.3 Keterangan Flowchart

Dengan adanya skema diagram alir Tugas Akhir mengenai perancangan sistem pengendalian level pada *mixing tank* proses degumming *mini plant* biodiesel yang telah digambarkan, maka adapun penjelasan pada setiap langkah-langkah yang telah digambarkan adalah sebagai berikut:

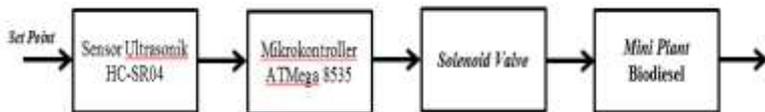
#### 3.3.1 Studi Literatur

Dalam pembuatan sensor level ini diawali dengan melakukan studi literatur mengenai sensor level yang digunakan yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 tentang spesifikasi, cara kerja, dan *wiring* sensor tersebut. Lalu berlanjut pada aktuator yang digunakan yaitu mikrokontroler ATmega 8535 beserta minsys (*Minimum System*) yang dibutuhkan, bagaimana spesifikasi, cara kerja, dan wiring aktuator tersebut sesuai dengan sistem pengendalian level yang diinginkan. Lalu berlanjut pada aktuator yang digunakan yaitu *solenoid valve*, bagaimana spesifikasi, cara kerja, dan wiring aktuator tersebut sesuai dengan sistem pengendalian level yang diinginkan. Serta bahan yang digunakan untuk proses degumming yaitu minyak biji nyamplung dan katalis  $H_3PO_4$  beserta methanol,

bagaimana karakteristik dari bahan-bahan tersebut dan berapa volume yang dibutuhkan untuk proses degumming.

### 3.3.2 Perancangan Sistem dan Pembuatan Alat

Perancangan sistem dan pembuatan sistem pengendalian level pada *mixing tank* terdiri dari pembuatan *hardware* yang meliputi sensor ultrasonik HC-SR04, tangki *liquid*, rangka *mini plant* biodiesel, pemasangan pompa, aktuator *solenoid valve* lalu pembuatan *software* yang meliputi listing program pada *software* CV-AVR, wiring sensor sampai ke aktuator, dan juga dilakukan pengujian dari masing-masing komponen tersebut. Dari pengujian tersebut apabila masih belum berhasil maka ditinjau ulang bagaimana perancangan dan pembuatan komponen tersebut. Jika sudah berhasil, maka *hardware* dan *software* bisa diintegrasikan dengan menggunakan mikrokontroler.



**Gambar 3.2** Blok Diagram sistem pengendalian level

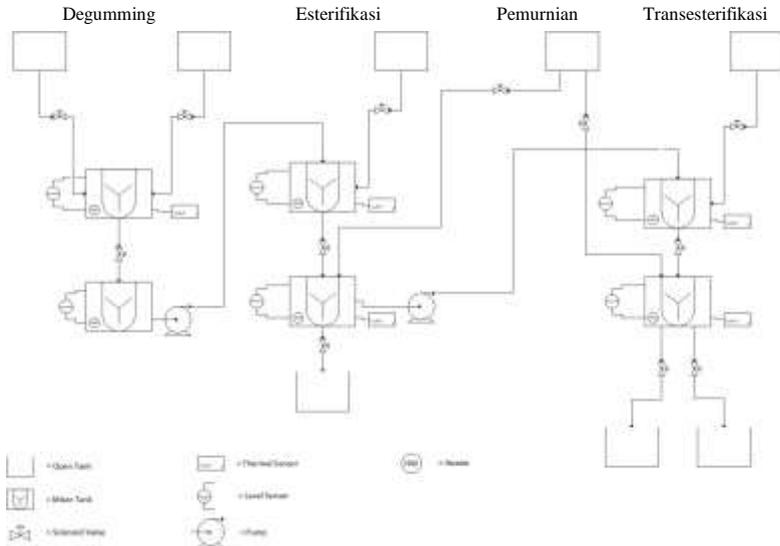
- Pembuatan *Hardware*

Pembuatan mekanik meliputi pembuatan sistem pada perancangan sistem pengendalian level dimana terdapat sensor ultrasonik HC-SR04, tangki minyak, tangki katalis, tangki *mixing*, dan *solenoid valve*. Untuk pembuatan tangki minyak dan katalis dibuat dalam ukuran yang sama, sedangkan untuk *mixing tank* dibuat sedikit lebih besar ukurannya. Dari perancangan sistem pengendalian level diatas dapat diketahui spesifikasi dari masing-masing komponen, berikut adalah tabel spesifikasinya:

**Tabel 3.1** Tabel Spesifikasi Rancang Bangun

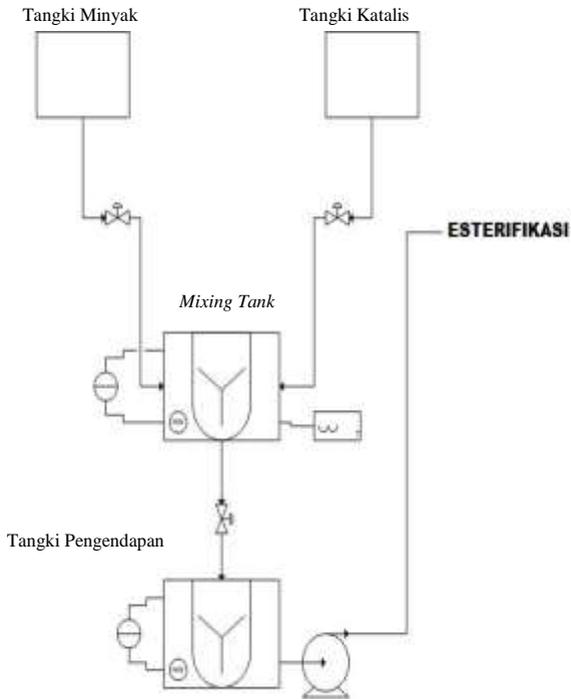
Kode	Keterangan	Spesifikasi
A	Tangki Minyak	Diameter 16 cm , tinggi 30 cm
B	Tangki katalis	Diameter 16 cm , tinggi 30 cm
C	<i>Mixing Tank</i>	Diameter 21 cm , tinggi 19 cm
D	Ultrasonik HC-SR04	Dengan spesifikasi range jarak 2cm – 4m
E	Solenoid Valve	Diameter in-out $\frac{1}{2}$ inch, <i>supply</i> 220 VAC

Pada **gambar 3.3** merupakan gambar PFD dari *mini plant biodiesel*. Terdapat 4 proses untuk menjadikan minyak biji nyamplung menjadi biodiesel diantaranya adalah degumming, esterifikasi, transesterifikasi, dan pemurnian. Pada proses degumming, variabel proses yang dikontrol adalah level dengan sensor ultrasonic HC-SR04 dan *temperature* dengan sensor RTD (*resistance temperature detector*). Pada proses esterifikasi, variabel proses yang dikontrol adalah level dengan sensor photodiode dan *temperature* dengan sensor Termokopel tipe K. Pada proses transesterifikasi, variabel proses yang dikontrol adalah level dengan sensor photodiode dan *temperature* dengan sensor Termokopel tipe K. Pada proses pemurnian, variabel proses yang dikontrol adalah level dengan sensor LDR (*light dependent resistor*) dan *temperature* dengan sensor Termokopel tipe K.



**Gambar 3.3** PFD dari *Mini Plant* Biodiesel

Pada **gambar 3.4** merupakan gambar PFD dari sistem pengendalian level proses degumming di *mini plant* biodiesel. Pada proses ini, digunakan minyak biji nyamplung asli dicampur dengan katalis  $H_3PO_4$  dan methanol, yang ketiganya direaksikan menggunakan perbandingan 1:2 antara minyak dengan methanol dan 1:10 antara minyak dengan katalis  $H_3PO_4$ .



**Gambar 3.4** *Process Flow Diagram Degumming*

Pada **gambar 3.5** merupakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mensensing level minyak dengan nilai *set point*  $\geq 3$  cm pada *mixing tank* dan level untuk katalis  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dengan nilai *set point*  $\geq 9$  cm pada *mixing tank*. Alasan penentuan *set point* adalah berdasarkan perbandingan minyak yang digunakan yaitu 1 liter.



**Gambar 3.5** Ultrasonik HC-SR04

Pada **gambar 3.6** merupakan tangki minyak biji nyamplung yang memiliki diameter 16 cm dan tinggi 30 cm. Di bagian bawah tangki terdapat *solenoid valve* yang dikendalikan oleh level dengan *set point*  $\geq 3$  cm jika terpenuhi *set point*-nya akan menonaktifkan *solenoid valve* tersebut.



**Gambar 3.6** Tangki Minyak

Pada **gambar 3.7** merupakan tangki katalis  $H_3PO_4$  yang memiliki diameter 16 cm dan tinggi 30 cm. Di bagian bawah tangki terdapat *solenoid valve* yang dikendalikan oleh level dengan *set point*  $\geq 9$  cm jika terpenuhi *set point*-nya akan menonaktifkan *solenoid valve* tersebut dan mengaktifkan motor *mixer*.



**Gambar 3.7** Tangki Katalis  $H_3PO_4$

Pada **gambar 3.8** merupakan *mixing tank* untuk proses degumming, dimana terdapat 2 pengendalian proses yaitu level dan *temperature*. Pada **gambar 3.9** merupakan kerangka *mini plant* biodiesel beserta semua tangki yang digunakan. Pada **gambar 3.10** merupakan pompa minyak berjumlah 2 buah yang digunakan untuk transfer produk dari proses degumming ke esterifikasi, serta esterifikasi ke proses transesterifikasi. Pada **gambar 3.11** merupakan panel untuk power supply dan untuk panel mikrokontroler beserta relay ada di **gambar 3.12**.



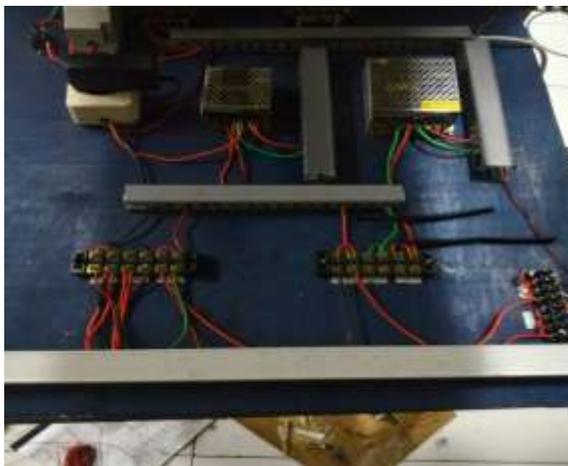
**Gambar 3.8** *Mixing Tank*



**Gambar 3.9** *Rangka mini plant biodiesel*



**Gambar 3.10** Pompa minyak



**Gambar 3.11** Panel *Supply*

- Pengujian *Hardware*  
Setelah semua hardware sudah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian dari setiap hardware tersebut. Berikut

ini proses pengujian yang dilakukan setiap hardware diantaranya adalah :

- a. 3 *Solenoid valve* bisa mengalirkan *liquid* dengan lancar dan tidak mengalami kebocoran saat kondisi OFF.
- b. Sensor ultrasonik HC-SR04 bisa mensensing level pada *mixing tank*.
- c. Pompa bisa melakukan transfer minyak dari tangki satu ke tangki lainnya.
- d. Tangki minyak, tangki katalis, dan tangki *mixing* tidak ada kebocoran dari semua sisi tangki.

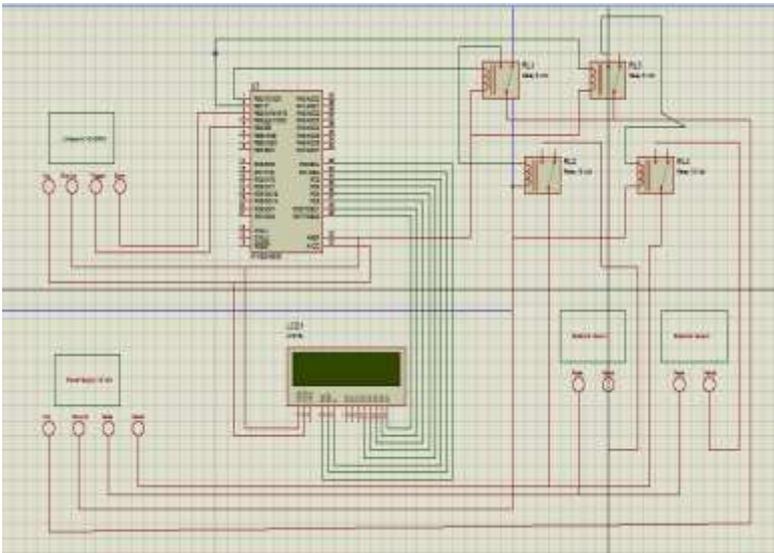
Jika keempat pengujian diatas telah terpenuhi, maka semua komponen *hardware* sudah siap dipasang pada *plant*.

- Pembuatan *Software*

Pembuatan *software* berikut dibuat dengan menggunakan program CVAVR dimana untuk pengendalian level sensor yg digunakan adalah ultrasonik HC-SR04. Konfigurasi dari sensor ultrasonik yang telah terintegrasi dengan mikrokontroller ATmega 8535. Pin *trigger* masuk ke port D. Sedangkan untuk pin *echo* juga masuk ke port D mikrokontroller, *ground* dan *VCC* masuk ke dalam pin *supply* mikrokontroller. Hasil pembacaan level diolah di mikrokontroller dan ditampilkan di LCD 16x2. Selain *software* juga diperhatikan wiring dari sensor sampai ke aktuator. Untuk listing program yang dibuat software CVAVR digunakan untuk mengatur nilai setpoint, menjalankan aktuator, dan melanjutkan ke proses selanjutnya karena disini sistem pada *mini plant* biodiesel dibuat sekuensial (*batch*).



**Gambar 3.12** *Wiring* Sensor ke Mikrokontroler



**Gambar 3.13** *Wiring* mikrokontroler ke Aktuator

```

189 ketinggian=((count*0.034/2-17)*-1); //rumus mencari jarak
190 lcd_clear();
191 lcd_gotoxy(13,0);
192 lcd_putsf("cm");
193 lcd_gotoxy(0,0);
194 lcd_putsf("jarak=");
195 lcd_gotoxy(7,0);
196 itoa(ketinggian, strketinggian);
197 lcd_puts(strketinggian);
198 delay_ms(400);
199 lcd_clear();
200
201     if ( i1 == 1) // PENGUNCI SOLENOID 1
202     {
203         PORTB.0 = 0; // SOLENOID 1 ON
204         i2 = 1 ;
205     }
206
207     if ( i2==1 && ketinggian > 4) // PENGUNCI VIN
208     { PORTB.0 = 1 ; // SOLENOID 1 OFF
209       PORTB.1 = 0; // SOLENOID 2 ON
210       i2 = 0; //PENGUNCI VIN

```

**Gambar 3.14** Listing program software CV-AVR

Pada **gambar 3.13** merupakan *wiring* dari mikrokontroler sampai aktuator dimana komponen yang digunakan diantaranya mikrokontroler ATmega 8535, module relay 5VDC, dan relay 12VDC. Pada **gambar 3.14** merupakan cuplikan listing program yang digunakan untuk pengendalian level, dan untuk lebih lengkapnya berada pada lampiran.

- Pengujian *Software*

Setelah semua *Software* sudah dibuat, maka perlu dilakukan pengujian dari setiap *software* tersebut. Berikut ini proses pengujian yang dilakukan terhadap *software* yang digunakan diantaranya adalah :

- a. Pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 yang sudah diproses di mikrokontroler ATmega 8535, dari awalnya dalam bentuk ADC diubah ke dalam satuan sentimeter (cm) sesuai dengan tinggi *mixing tank*.

- b. Pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 yang bisa ditampilkan di LCD 16x2.
- c. Urutan proses sekuensial sistem sudah sesuai keinginan yang dapat dilihat dari port output di minsys ATmega 8535 yang disambungkan ke module relay 5VDC yang memiliki lampu indikator.

Jika dari ketiga proses pengujian diatas sudah terpenuhi semua, maka semua komponen *software* sudah dapat diintegrasikan dengan hardware dalam proses degumming.

### 3.3.3 Integrasi *Hardware* dan *Software*

Pada tahap ini dilakukan proses *download* program CVAVR ke *minimum system* mikrokontroller ATmega 8535 dengan *software* Khazama AVR programmer, kemudian *minimum system* yang telah berisi program dihubungkan dengan rangkaian *sensing element* yaitu sensor ultrasonik HC-SR04, dimana input yang masuk ke mikrokontroller dikondisikan dan diproses sehingga hasil pembacaan level dalam satuan centimeter (cm) ditampilkan di LCD 16x2, dan apabila memenuhi set point akan mengaktifkan atau mematikan 2 *solenoid valve*.

### 3.3.4 Respon Sistem Pengendalian Level

Pada rancang bangun sistem pengendalian level pada *mini plant* biodiesel dilakukan dilakukan pengujian bagaimana respon dari sistem pengendalian level yang sudah dibuat. Sistem pengendalian level ini antara sensor, mikrokontroller, beserta aktuatornya dapat bekerja maksimal dimana apabila tidak mencapai setpoint bagaimana aksi atau respon dari aktuator dan begitupun sebaliknya. Untuk data mengenai respon dari sistem pengendalian level ini dapat dilihat pada bab 4.

### 3.3.5 Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data untuk karakteristik statik dan kalibrasi merupakan tahap dimana melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem pengendalian yang telah dibuat, dengan adanya data tersebut dapat diketahui performansi sistem pengendalian. Pada karakteristik statik alat yang dicari yaitu nilai *range*, *span*, resolusi, sensitivitas, *non-linieritas*, *hysteresis*, serta akurasi. Sedangkan untuk data kalibrasi digunakan untuk mencari nilai ketidakpastian dari hasil pengukuran ketika menggunakan perangkat sistem pengendalian untuk arus dan tegangan *input-output* ini. Berikut merupakan langkah-langkah pengambilan data karakteristik statik:

- Nilai *range*, *span*, dan resolusi sistem pengendalian dicatat sesuai spesifikasi sensor arus dan tegangannya.
- Nilai sensitivitas ditentukan dengan rumus:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I}$$

- Nilai *linieritas* ditentukan dengan rumus:

$$O - O_{\min} = \left[ \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right] (I - I_{\min})$$

$$O_{\text{ideal}} = KI + \alpha$$

Dimana:

$$K = \text{Kemiringan garis lurus ideal} = \frac{O_{\max} - O_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}$$

$$\alpha = \text{Koefisien garis lurus ideal} = O_{\min} - KI_{\min}$$

- Histerisis ditentukan dengan melakukan pengambilan data input naik dan turun, dengan persamaan histerisis:

$$H(I) = O(I)_{\uparrow} - O(I)_{\downarrow}$$

$$\% \text{ Maksimum Histerisis} = \frac{H}{O_{maks} - O_{min}} \times 100\%$$

- Nilai akurasi ditentukan dari pembacaan alat dengan pembacaan standar, nilai akurasi ditentukan dari nilai kesalahan akurasi dengan persamaannya, yaitu:

$$A = 1 - \left| \text{Rata - Rata} \frac{(\text{Pemb. std} - \text{Pemb. alat})}{\text{Pemb. std}} \right|$$

### 3.3.6 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai, kemudian dilakukan analisa data dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem pengendalian level yang telah dibuat.

### 3.3.7 Penulisan Laporan

Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai, kemudian semua hasil mulai dari studi literatur sampai dengan analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT DAN PEMBAHASAN**

Setelah perancangan sistem pengendalian level pada *mixing tank* proses degumming *mini plant* biodiesel dibuat maka pengujian baik dari *hardware*, *controlling*, dan *software* perlu dilakukan. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data-data dari alat yang dirancang guna mengetahui spesifikasi serta performansi dari alat secara keseluruhan dan seberapa besar *error* atau kesalahan yang terjadi pada alat berdasarkan respon sistem dari nilai *set point* yang diberikan.

Secara mekanisme kerja dari perancangan sistem pengendalian level pada *mixing tank* proses degumming *mini plant* biodiesel digunakan untuk mengisi minyak dan katalis  $H_3PO_4$  sesuai *set point* dari masing-masing tangki menuju ke *mixing tank*. Sensor ultrasonik yang dipakai pada sistem ini adalah jenis ultrasonik HC-SR04. Hasil koreksi, pengukuran, serta perhitungan oleh kontroler akan memberi perintah berupa eksekusi bagi *solenoid valve* sebagai aktuator untuk menutup dan membuka..

#### **4.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04**

Untuk mengetahui keakuratan dari sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan pada sistem, perlu adanya sebuah uji pada sensor tersebut. Pengujian dilakukan dengan menggunakan penggaris standar. Sensor diletakkan pada ujung penggaris. Kemudian dibandingkan nilai pembacaan dari sensor ultrasonik HC-SR04 dengan penggaris. Dari perbandingan nilai tersebut, dapat diketahui nilai *error* dari sensor ultrasonik HC-SR04.

Perlu adanya suatu pengukuran untuk mengetahui nilai yang dihasilkan oleh sensor. Mengukur adalah sebuah proses yang mengaitkan angka secara obyektif, sehingga angka yang diperoleh tersebut dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai objek atau kejadian yang diukur. Terdapat beberapa

komponen penting dalam melakukan pengukuran, yaitu material, *instrument*, pelaku pengukuran, metode yang digunakan dan lingkungan. Komponen-komponen tersebut sangat penting, karena dapat mempengaruhi nilai dari pengukuran termasuk ketidakpastian pengukuran.

**Tabel 4.1** Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Set Point ke-	Pembacaan Standart (t)	Pembacaan Sensor Level (cm)										Rata-Rata Pembacaan (s)
		Pengambilan data ke-										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	3	3.25	3.23	2.85	2.98	2.98	2.98	3.33	3.25	3.56	3.46	3.187
2	6	6.4	6.45	6.42	6.52	6.73	6.85	6.35	6.45	6.51	6.21	6.419
3	9	9.12	9.32	9.39	9.04	9.04	9.56	9.48	9.45	9.86	9.55	9.381
4	12	12.33	12.65	12.55	12.75	12.79	12.42	12.32	12.43	12.12	12.87	12.443
5	15	15.12	15.23	15.18	15.29	15.58	15.78	15.64	15.72	15.63	15.34	15.452
6	18	18.23	18.18	18.46	18.75	18.98	18.75	18.65	18.43	18.76	18.24	18.543
7	21	21.09	21.25	21.21	21.13	21.34	21.32	21.23	21.54	21.32	21.14	21.257
8	24	24.12	24.43	24.54	24.32	24.23	24.56	24.12	24.16	24.42	24.19	24.309
9	27	27.12	27.32	27.21	27.56	27.87	27.35	27.39	27.16	27.17	27.67	27.382
10	30	30.34	30.45	30.56	30.75	30.24	30.98	30.21	29.95	30.67	30.45	30.46
Jumlah	165											138.373
RataRata	16.5											16.683

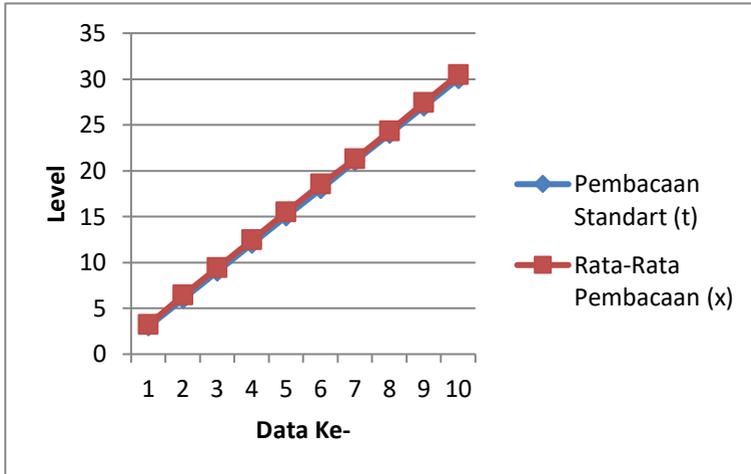
Nilai karakteristik statik dari sensor adalah sebagai berikut:

- Range = 3 cm – 30 cm
- Span = 27 cm
- K =  $\frac{\Delta O}{\Delta I}$  (4.1)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{30.98-2.85}{\frac{30-3}{28.13}} \\
 &= \frac{28.13}{27} \\
 &= 1.041
 \end{aligned}$$

- *Non-Linearitas* (N (I)) = O (I) – (KI+a)  
 I = standar ; O = alat  
 a (*zero bias*) =  $O_{min} - KI_{min}$   
 $= 2.85 - 1.041 \times 3$   
 $= 0.273$
- *Non-Linearitas* maksimum =  $\frac{K}{O_{max}-O_{min}} \times 100\%$  (4.2)  
 $= \frac{0.273}{30.98-2.85} \times 100\%$   
 $= 1.01\%$
- Akurasi =  $1 - \left| \frac{\text{rata-rata pembacaan standar-alat}}{\text{rata-rata pembacaan standar}} \right|$  (4.3)  
 $= 1 - \left| \frac{16.5-16.683}{16.5} \right|$   
 $= 1.011$   
 % Akurasi =  $100 - (1,011 \times 100\%)$   
 $= 98.9\%$
- Error =  $1 - \text{Akurasi}$  (4.4)  
 $= 1 - 0.989$   
 $= 0.011$

**Tabel 4.1** merupakan tabel pengujian sensor ultrasonik HC-SR04. Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak menggunakan sensor ultrasonik. Hasil dari pembacaan data sensor ultrasonik dibandingkan dengan penggaris standar. Pembacaan sensor dimulai dari jarak 3cm - 30cm. Setiap pembacaan dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran. Dari pembacaan sensor tersebut didapatkan nilai rata-rata dari setiap pembacaan.



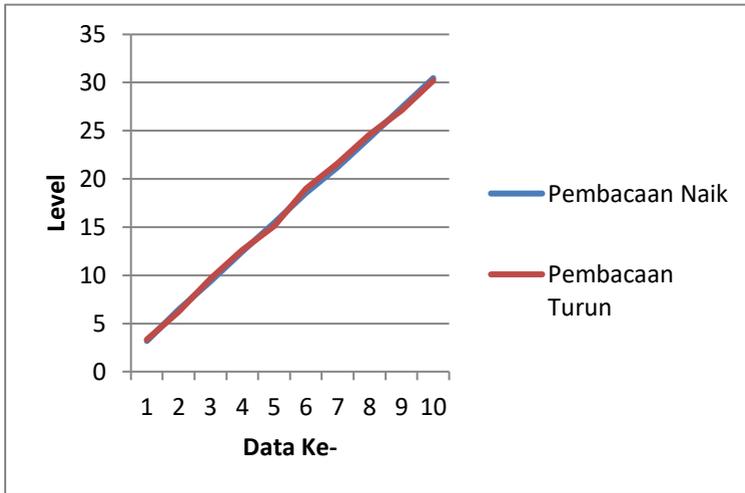
**Gambar 4.1** Grafik Pembacaan Alat dan Standar

**Gambar 4.1** merupakan grafik pembacaan alat dengan pembacaan standar. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa selisih antara pembacaan alat dengan standar nilainya sangat kecil.

**Tabel 4.2** Pembacaan Naik - Turun Sensor Ultrasonik HC-SR04

No.	<i>Set point level</i>	Pembacaan sensor saat (naik)	Pembacaan sensor saat (turun)	<i>Hysterisis</i>
1.	3	3.18	3.33	0.606461746
2.	6	6.41	6.22	0.464662329
3.	9	9.38	9.65	0.342607135
4.	12	12.44	12.63	0.206192506
5.	15	15.45	15.11	0.079201256
6.	18	18.54	18.98	-0.076957595
7.	21	21.25	21.63	-0.193403635
8.	24	24.30	24.65	-0.328696433
9.	27	27.38	27.12	-0.474758806
10.	30	30.46	30.21	-0.608705407

**Tabel 4.2** merupakan tabel pembacaan naik dan turun dari sensor ultrasonic HC-SR04 dengan range pembacaan standar 3cm – 30cm. Pengambilan data pembacaan naik dan turun dilakukan sebanyak 10 kali sesuai dengan *set point* yang diinginkan dalam 1 kali running proses.



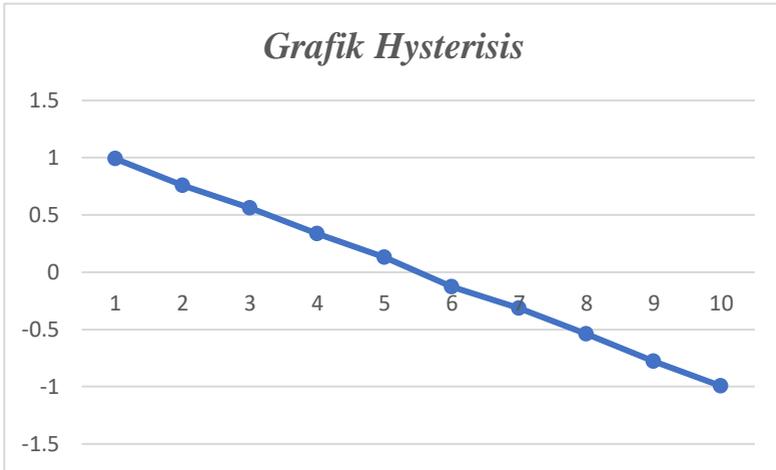
**Gambar 4.2** Grafik Pembacaan Naik dan Turun

**Gambar 4.2** merupakan grafik dari pembacaan naik dan turun yang dilakukan pada sensor ultrasonik dalam range 3cm – 30cm, dimana error pembacaan yang didapat masih cukup kecil sehingga dapat disimpulkan terbukti daya tahan sensor ini

Untuk menghitung persentase nilai *hysteresis* dari alat, setelah diketahui nilai  $O_{(max)}$  sebesar 30.46 dan  $O_{(min)}$  sebesar 3.18, maka dapat digunakan rumus ini :

$$\begin{aligned} (max) &= H(I)_{max} \\ \%H &= \frac{H(max)}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \end{aligned} \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \%H &= \frac{H(max)}{30.46 - 3.18} \times 100\% \\ &= 0.00059124 \% \end{aligned}$$



**Gambar 4.3** Grafik *Hysterisis* Sensor Ultrasonik

Pada **gambar 4.3** merupakan grafik hysteresis yang didapat berdasarkan pembacaan naik dan turun sensor yang menghasilkan nilai 0.00059124 %.

## 4.2 Perhitungan Ketidakpastian Pembacaan Alat

Perhitungan ketidakpastian pembacaan alat dilakukan untuk mengetahui apakah sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan masih bagus untuk dipakai pada sistem. Perlu dilakukan analisa dengan metode statistik (tipe A) dan metode statistik (tipe B).

Tipe A ditandai dengan adanya data pengukuran, selanjutnya dari data tersebut diperoleh nilai rata-rata dan standar deviasi. Terdapat 2 macam analisa tipe A yaitu UA1 dan UA2. UA1 merupakan ketidakpastian hasil pengukuran, sedangkan UA2 merupakan ketidakpastian regresi. Analisa Tipe B dibagi menjadi 2 bagian, yaitu ketidakpastian resolusi (UB1) dan ketidakpastian alat standar (UB2).

Dari semua sumber ketidakpastian tersebut dikombinasikan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian. Ketidakpastian gabungan biasa disebut dengan UC. Kemudian dicari nilai derajat kebebasan efektif ( $V_{eff}$ ) dan faktor cakupan

(k). Selanjutnya dihitung nilai dari ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ).

**Tabel 4.3** Pembacaan Skala

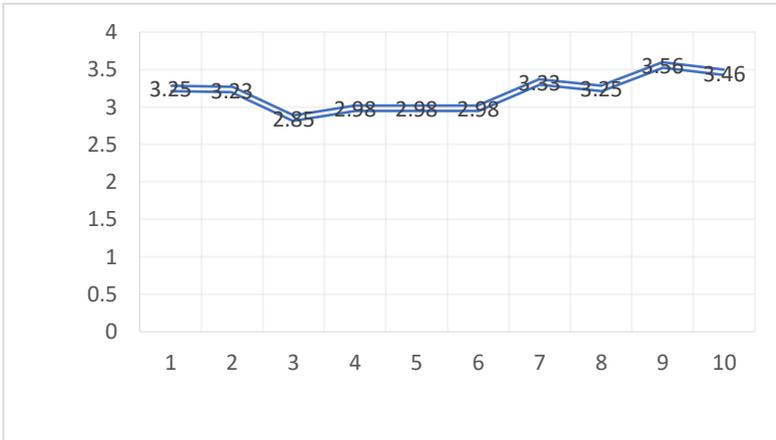
No.	Range	Pembacaan Alat (x)	Koreksi (y)	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	3	3.25	-0.25	0.063	0.003969
2	3	3.23	-0.23	0.043	0.001849
3	3	2.85	0.15	-0.337	0.113569
4	3	2.98	0.02	-0.207	0.042849
5	3	2.98	0.02	-0.207	0.042849
6	3	2.98	0.02	-0.207	0.042849
7	3	3.33	-0.33	0.143	0.020449
8	3	3.25	-0.25	0.063	0.003969
9	3	3.56	-0.56	0.373	0.139129
10	3	3.46	-0.46	0.273	0.074529
<b>Rata-rata</b>	3	3.187			0.048601

$$\bar{x} = \frac{3.25+3.23+2.85+2.98+2.98+2.98+2.98+3.33+3.25+3.56+3.46}{10} = 3.187$$

$$\begin{aligned} \sigma \text{ (standar deviasi)} &= \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{0.048601}{9}} = 0.0054 \end{aligned} \quad (4.7)$$

Pada **tabel 4.3** merupakan tabel perhitungan karakteristik statik untuk mencari standar deviasi dari pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04. Dalam tabel diatas, dapat diketahui nilai *presisi* dalam pembacaan sensor dalam 1 skala pengukuran.

$$\begin{aligned} \text{Presisi} &= 1 - \left( \frac{\text{rata-rata pembacaan alat}}{\text{rata-rata pembacaan standar}} \right) \\ &= 1 - \left( \frac{3.187}{3} \right) = 0.941324 \end{aligned} \quad (4.8)$$



**Gambar 4.4** Grafik Presisi Sensor Ultrasonik

Pada **gambar 4.4** merupakan grafik presisi pembacaan 1 skala pengukuran sensor pada level, 3cm. Pada gambar diatas, ditunjukkan bahwa pembacaan berulang pada alat mendekati nilai pembacaan standar, meskipun ada beberapa titik yang mengalami penyimpangan yang lumayan jauh.

**Tabel 4.4** Perhitungan Ketidakpastian Hasil Pengukuran

No.	T	$\bar{x}$	Y	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
1	3	3.187	-0.187	0.1963	0.03853369
2	6	6.419	-0.419	-0.0357	0.00127449
3	9	9.381	-0.381	0.0023	0.00000529
4	12	12.443	-0.443	-0.0597	0.00356409
5	15	15.452	-0.452	-0.0687	0.00471969
6	18	18.543	-0.543	-0.1597	0.02550409
7	21	21.257	-0.257	0.1263	0.01595169
8	24	24.309	-0.309	0.0743	0.00552049
9	27	27.382	-0.382	0.0013	0.00000169
10	30	30.46	-0.46	-0.0767	0.00588289

<b>Rata-rata</b>	16.5		-0.3833		0.01009581
------------------	------	--	---------	--	------------

Koreksi (y) = pemb. Standar (t) – pemb. Alat (x)

$$\bar{y} = \frac{-0.187-0.419-0.381-0.443-0.452-0.543-0.257-0.309-0.382-0.46}{10}$$

$$= -0.383$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.01009581}{9}} = 0.0011$$

$$UA1 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.9)$$

$$= \frac{0.0011}{\sqrt{9}} = 0.0003$$

Pada **tabel 4.4** merupakan tabel untuk mencari ketidakpastian tipe A. UA1 adalah perbandingan data pengukuran sensor dengan alat yang sebenarnya atau dengan standar. Selanjutnya dari data tersebut akan ditemukan nilai rata-rata, *standar deviasi*, dan *repeatability*. Sedangkan UA2 adalah perbandingan nilai data yang satu dengan data yang satu dengan data yang selanjutnya, sehingga dapat dihitung nilai error dari data tersebut.

**Tabel 4.5** Perhitungan Ketidakpastian Regresi

ti <sup>2</sup>	ti*yi	Yreg	Residu (R)	Square Residual (SR)
9	-0.561	-0.06106	-0.12594	0.015861113
36	-2.514	-0.13267	-0.28633	0.081984869
81	-3.429	-0.20428	-0.17672	0.031229958
144	-5.316	-0.27589	-0.16711	0.027925752
225	-6.78	-0.3475	-0.1045	0.01092025
324	-9.774	-0.41911	-0.12389	0.015348732
441	-5.397	-0.49072	0.23372	0.054625038
576	-7.416	-0.56233	0.25333	0.064176089

729	-10.314	-0.63394	0.25194	0.063473764
900	-13.8	-0.70555	0.24555	0.060294803
$\Sigma = 3465$	$\Sigma = -65.301$			$\Sigma = 0.425840367$

$$b = \frac{n\Sigma(ti,yi) - \Sigma ti.\Sigma yi}{n \Sigma ti^2 - (\Sigma ti)^2} = -0,02387 \quad (4.10)$$

$$\bar{t} = \frac{\Sigma t}{10} = \frac{165}{10} = 16,5 \quad (4.11)$$

$$a = \bar{y} - (b \times \bar{t}) = 0.01055 \quad (4.12)$$

$$Y_{reg} = a + (b \times ti) = 0.01055 + (-0,02387 \times ti)$$

$$\text{Residu (R)} = yi - Y_{reg} \quad (4.13)$$

$$SR = R^2$$

$$SSR = \Sigma SSR = 0.425840367$$

$$UA2 = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} = 0.23071628 \quad (4.14)$$

$$UB1 = \frac{\frac{1}{2} \cdot \text{resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{1/2 \times 0,001}{\sqrt{3}} = 0.004867 \quad (4.15)$$

$$UB2 = \frac{2\% \cdot \text{maks pembacaan standar}}{2} \quad (4.16)$$

$$= 0.3$$

$$UC = \sqrt{UA1^2 + UA2^2 + UB1^2 + UB2^2} \quad (4.17)$$

$$= 0.37848881$$

$$V = n - 1, \text{ sehingga } V1 = 9; V2 = 9$$

$$V3 = \infty; V4 = 30$$

$$V_{eff} = 62$$

Nilai dari  $V_{eff}$  yaitu 62. Untuk mencari nilai  $k$  dapat dilihat pada tabel *T-Student*. Nilai dari  $k$  diketahui 2,0.

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (4.18)$$

$$= 2 \times 0.37848881$$

$$= \mathbf{0.756977621}$$

Berdasarkan nilai dari perhitungan ketidakpastian diperluas ( $U_{exp}$ ), menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar  $\pm$ dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai dari ketidakpastian diperluas menjadi acuan pembacaan sensor.

### 4.3 Respon Sistem Pengendalian Level

Pada sistem pengendalian level ini digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan setelah pengujian sensor, serta menghitung nilai ketidakpastian diperluas. Maka dari itu, perlu dicari grafik respon dari sistem pengendalian level berdasarkan dari data pembacaan sensor.



**Gambar 4.5** Grafik Respon Sistem Pengendalian level

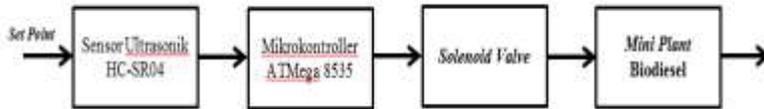
Pada **gambar 4.5** merupakan grafik respon sistem antara *set point* level dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point* tersebut. Untuk data pengujian respon data dilihat pada lampiran A.

**Tabel 4.6** Respon Sistem Tracking *Set Point*

DATA	Level		
	3 cm	6 cm	9 cm
Tr	87.1 s	25.3 s	68.1 s
Mp	1 cm	1 cm	1 cm
Tp	71.4 s	100.9 s	168.6 s
Ess	0 cm	0 cm	0 cm
Ts	6.7 s	5.0 s	7.2 s

Pada **tabel 4.6** merupakan respon sistem *tracking set point*.  $T_r$  (*rise time*) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *set point*, dimana semakin tinggi set point maka nilai  $T_r$  semakin kecil. Nilai *maximum overshoot* ( $M_p$ ) dari sistem untuk semua set point adalah 1 cm. *Peak Time* ( $T_p$ ) adalah waktu yang dibutuhkan respon dari  $t=0$  sampai mencapai puncak pertama *overshoot*. Sedangkan *error steady state* adalah selisih nilai respon an set point pada keadaan *steady state*. Dan untuk *settling time* sendiri dari sistem pengendalian level adalah ukuran waktu yang menyatakan respon telah masuk 5% dari respon *steady state*.

#### 4.4 Pembahasan



Diatas adalah diagram blok sistem pengendalian level pada *mixing tank* proses degumming. Cara kerjanya adalah *mixing tank* proses degumming *mini plant* biodiesel terdapat sistem pengendalian *level*. Sistem pengendalian *level* tersebut untuk mengatur volume minyak maupun katalis  $H_3PO_4$  berdasarkan pengukuran level yang dibutuhkan untuk proses degumming. Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik HC-SR04. Menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai controller. Sistem pengendalian tersebut untuk memberikan aksi pada 2 *solenoid valve* untuk membuka atau menutup. Digunakan *set point* 3 cm, untuk menutup *solenoid valve* pada tangki minyak dan membuka *solenoid valve* pada tangki katalis. Pada *set point* 9 cm, untuk menutup *solenoid valve* pada tangki katalis  $H_3PO_4$  dan mengaktifkan motor *mixer*.

Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik statik dan nilai ketidakpastian dari sensor. Untuk mencari nilai ketidakpastian dari sensor, dilakukan suatu pengukuran pada sensor dan menggunakan penggaris standar untuk pembandingnya. Dari pengujian sensor yang telah dilakukan, diketahui bahwa pembacaan dari sensor terkadang terdapat *error*

paling besar yaitu 0,056 cm. Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik statik dan nilai ketidakpastian dari sensor. Untuk mencari nilai ketidakpastian dari sensor, dilakukan suatu pengukuran pada sensor dan menggunakan penggaris standar untuk pembandingnya.

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, diketahui nilai dari ketidakpastian hasil pengukuran (UA1) sebesar 0,0003. Kemudian dicari nilai ketidakpastian regresi (UA2) dengan mencari nilai SSR terlebih dahulu. Untuk nilai ketidakpastian regresi (UA2) dari sensor yaitu sebesar 0,2307. Kemudian dicari nilai ketidakpastian resolusi (UB1) dan ketidakpastian alat standar (UB2). Nilai dari ketidakpastian resolusi (UB1) sebesar 0,0048, sedangkan nilai dari ketidakpastian alat standar sebesar 0,3. Nilai dari ketidakpastian diperluas (Uexp) sebesar 0,756. Nilai dari ketidakpastian diperluas tersebut dapat menjadi acuan untuk pembacaan sensor. Dari nilai ketidakpastian diperluas, dapat diambil kesimpulan bahwa sensor layak untuk digunakan pada sistem pengendalian ini.

Pengujian terhadap respon dari sistem pengendalian level ini adalah mengenai nilai *settling time* yang dilakukan pengambilan *sample set point* pada 3cm, 6cm, dan 9cm yang apabila mencapai *set point* 3 cm maka akan mengaktifkan *solenoid valve* tangki katalis dan menon-aktifkan *solenoid valve* tangki minyak. Lalu saat mencapai *set point* 6 cm tidak terjadi apa-apa sehingga di *set point* ini hanya ingin membuktikan hasil pembacaan di level tersebut. Dan saat mencapai *set point* 9 cm maka akan menon-aktifkan *solenoid valve* tangki katalis dan juga menon-aktifkan *solenoid valve* tangki minyak, dimana dapat diambil rata-rata nilai *settling time* memiliki waktu diatas 5 detik. Untuk nilai *maximum overshoot* dengan *set point* yang sama memiliki perbedaan 1cm dari nilai *set point*. Untuk nilai *rise time* dengan diantara 3 *set point* memiliki perbedaan waktu yang tidak terlalu lama sehingga membuktikan bahwa pembacaan sensor masih bagus. Untuk respon dari *solenoid valve* disaat mencapai *set point* dapat dikatakan sangat baik karena nilai *setting time* yang cukup lama. Sehingga dapat disimpulkan integrasi *hardware* dengan

*software* dapat dikatakan terintegrasi dengan baik karena *error* yang dihasilkan sangat kecil

Kendala pada *running* sistem pengendalian level ini adalah pembacaan level pada *mixing tank* yang sangat mudah terjadi pengacakan, hasil pembacaan level dari sensor ultrasonik HC-SR04 dengan tipe data *float* pada pembacaan sensor mudah mengalami pengacakan.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari perancangan dan pembuatan sistem pengendalian *level* pada *mixing tank* proses degumming *mini plant* biodiesel, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibuat rancang bangun sistem pengendalian level pada *mixing tank* proses degumming *mini plant* biodiesel.
2. Karakteristik statik dari sensor HC-SR-04 yaitu memiliki akurasi 1,011 cm dan *error* 0,0011 cm dengan *range* 3cm-30cm dan *span* sebesar 27 cm, nilai ketidakpastian diperluas sebesar 0,756. Untuk nilai karakteristik dinamik (respon sistem pengendalian level) memiliki nilai *settling time* dan *rise time* yang stabil di setiap perubahan nilai *set point* maupun perubahan pembacaan level.. Disaat mencapai *set point*, maka terjadi aksi pada *solenoid valve* untuk aktif maupun non-aktif. Berdasarkan dari berbagai indikator pengujian, maka sistem pengendalian level pada *mixing tank* ini sudah berjalan dengan baik
3. Dengan nilai ketidakpastian pengukuran yang masih baik dan sistem pengendalian level yang cukup akurat, maka *listing program* beserta integrasinya yang dibuat dapat dikatakan berhasil dalam *mini plant* ini.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil perancangan dan pembuatan sistem ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu: perlu adanya kalibrasi pada sensor agar pembacaan sensor lebih akurat dan penggantian sensor yang lebih tahan terhadap *temperature* tinggi.

*Halaman ini memang dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Qiqmana, Arief Ma'arij. 2014. *Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung*. Surabaya : Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya
- [2] Marnoto, Tjukup. 2010. *Biodiesel dari Minyak Nyamplung*. Yogyakarta : Teknik Kimia UPN Veteran.
- [3] Anonymous. 2012. *Methanol*. [diakses dari : [repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/45520/4/Chapter %20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/45520/4/Chapter%20II.pdf)]
- [4] Arindya, Radita. 2014. *Instrumentasi dan Kontrol Proses*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [5] Anonymous. 2013. *Mixing dan Forming*. [diakses dari : [repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/45520/4/Chapter %20II.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/45520/4/Chapter%20II.pdf)]
- [6] Anonymous. 2016. *Ultrasonic Sensor*. [diakses dari : <https://depokinstruments.com/2016/02/23/hc-sr04-ultrasonic-sensor/>]
- [7] Dermanto, Trikueni. 2015. *Solenoid Valve*. [diakses dari : <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-dan-prinsip-kerja-solenoid-valve/>]
- [8] Winoto, Ardi. 2009. *Mikrokontroler AVR dan Pemrogramannya Dengan Bahasa C Pada Win AVR*. Bandung : Teknik Informatika
- [9] Zulmi, Faizal. *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Jarak Pada Kendaraan Berbasis Arduino*. Teknik Elektro Universitas Mercu Buana. Jakarta.
- [10] Anonymous. 2012. *LCD (Liquid Cristal Display)*. [diakses dari : <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>]
- [11] Kho, Dickson. 2015. *Relay*. [diakses dari : <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>]

**LAMPIRAN A**  
**(DATA PENGUJIAN)**

**A. Data Pengujian Respon Sistem Pengendalian**

<i>Set Point</i>	Pembacaan Sensor Level (cm)	waktu (s)	Solenoid Valve Tangki Minyak	<i>Solenoid Valve Tangki Katalis</i>
3	0	0	ON	OFF
3	1	5.4	ON	OFF
3	0	7.6	ON	OFF
3	1	8.8	ON	OFF
3	1	11.0	ON	OFF
3	1	12.2	ON	OFF
3	1	20.5	ON	OFF
3	1	24.5	ON	OFF
3	1	30.4	ON	OFF
3	2	35.4	ON	OFF
3	1	40.6	ON	OFF
3	2	44.3	ON	OFF
3	2	50.4	ON	OFF
3	2	51.4	ON	OFF
3	3	55.6	ON	OFF
3	2	60.3	ON	OFF
3	3	62.2	ON	OFF
3	3	65.8	ON	OFF
3	3	69.5	ON	OFF
3	3	70.4	ON	OFF
3	4	71.4	ON	OFF
3	3	80.4	ON	OFF
3	3	83.4	ON	OFF

3	3	87.1	OFF	ON
6	4	90.5	OFF	ON
6	3	91.2	OFF	ON
6	4	92.4	OFF	ON
6	4	93.5	OFF	ON
6	5	94.6	OFF	ON
6	5	95.4	OFF	ON
6	4	95.7	OFF	ON
6	5	96.4	OFF	ON
6	5	98.5	OFF	ON
6	5	99.1	OFF	ON
6	6	100.4	OFF	ON
6	7	100.9	OFF	ON
6	6	101.0	OFF	ON
6	6	102.6	OFF	ON
6	6	105.6	OFF	ON
6	7	107.5	OFF	ON
6	6	110.4	OFF	ON
6	6	112.4	OFF	ON
9	6	115.4	OFF	ON
9	7	120.9	OFF	ON
9	7	125.2	OFF	ON
9	8	128.5	OFF	ON
9	7	130.5	OFF	ON
9	8	134.7	OFF	ON
9	7	140.3	OFF	ON
9	8	150.4	OFF	ON
9	8	158.9	OFF	ON
9	9	163.6	OFF	ON
9	10	168.3	OFF	ON

9	9	173.3	OFF	ON
9	9	175.3	OFF	ON
9	9	180.5	OFF	OFF

## **LAMPIRAN B** **( *LISTING PROGRAM* )**

### **A. Listing Program Sistem Pengendalian Level di CV-AVR**

```
#include <mega8535.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>

// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x40

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

// Declare your global variables here

void main(void)
{
    // Declare your local variables here
    char lcd_buffer[33];
```

```
char lcd_buffer1[33];
float vin;
unsigned int in;
float vin2;
unsigned int in2;
int i1 = 1;
PINB.5 = 1;
PORTB.6 = 0;
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=Out Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=T State6=T State5=T State4=1 State3=0 State2=0
State1=1 State0=1
PORTB=0x13;
DDRB=0x1F;

// Port C initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0
State1=0 State0=0
PORTC=0x00;
DDRC=0xFF;

// Port D initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
```

```
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;
// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 500.000 kHz
```

```
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
SFIO&=0xEF;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
// menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    in = read_adc(1);
    vin = (in * (5.0/1023.0));
    in2 = read_adc(2);
```

```
vin2 = (in2 * (5.0/1023.0));
```

```
lcd_gotoxy(0,0);  
sprintf(lcd_buffer1,"V1: %.2f VOLT ",vin);  
lcd_puts(lcd_buffer1);  
delay_ms(500);  
lcd_gotoxy(0,1);  
sprintf(lcd_buffer,"V2: %.2f VOLT ",vin2);  
lcd_puts(lcd_buffer);  
delay_ms(500);
```

```
if ( i1 == 1)// PENGUNCI SOLENOID 1  
{  
PORTB.0= 0; // SOLENOID 1 ON  
}  
if ( PINB.5 == 1 && vin > 2 ) // PENGUNCI VIN  
{ PORTB.0 = 1 ; // SOLENOID 1 OFF  
PORTB.1 = 0; // SOLENOID 2 ON  
PINB.5=0; //PENGUNCI VIN  
PORTB.6=1; //PENGUNCI VIN1  
i1=0; //PENGUNCI SOLENOID 1  
}  
if ( PORTB.6 == 1 && vin2 > 2) // PENGUNCI VIN1  
{PORTB.1 = 1 ; // SOLENOID 2 OFF  
PORTB.4 = 1 ; // KE HEATER ON  
PORTB.2 = 0 ; // MOTOR 1  
delay_ms (30000);  
PORTB.2 = 1 ;// MOTOR 1 MATI  
PORTB.4 = 0 ; // KE HEATER MATI  
PORTB.6 = 0; // PENGUNCI VIN1 OFF  
}  
}  
}
```

## LAMPIRAN C DATA SHEET ULTRASONIK HC-SR04



Technical Support: [services@elecfreaks.com](mailto:services@elecfreaks.com)

### Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

#### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal.
  - (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
  - (3) IF the signal back, through high level, time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.
- Test distance = (high level time \* velocity of sound (340M/S)) / 2.

#### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

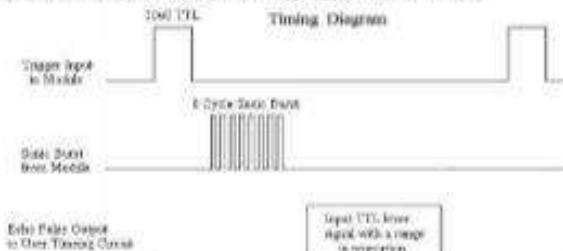
#### Electric Parameter

Working Voltage	DC 5V
Working Current	15mA
Working Frequency	40KHz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10us TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



### Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 $\mu$ S pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$ ; or, the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



# LAMPIRAN D

## DATA SHEET ATMEGA8535

### Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - 512 Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 512 Bytes Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources



8-bit AVR<sup>®</sup>  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash

ATmega8535  
ATmega8535L

Summary

- Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFNMLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
  - 0 - 16 MHz for ATmega8535

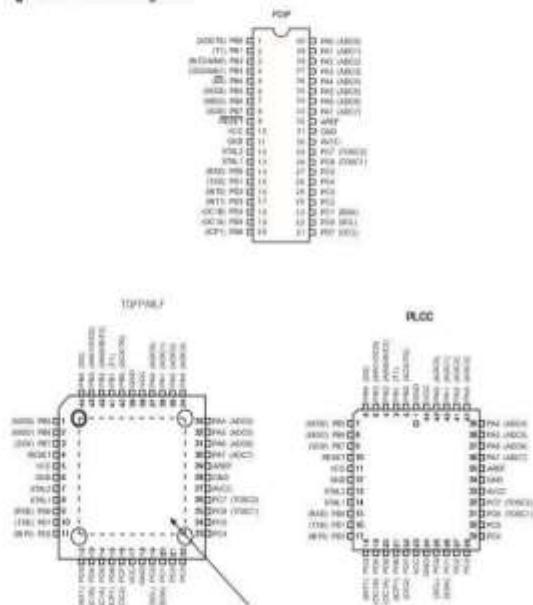
2520X-4W-13/06



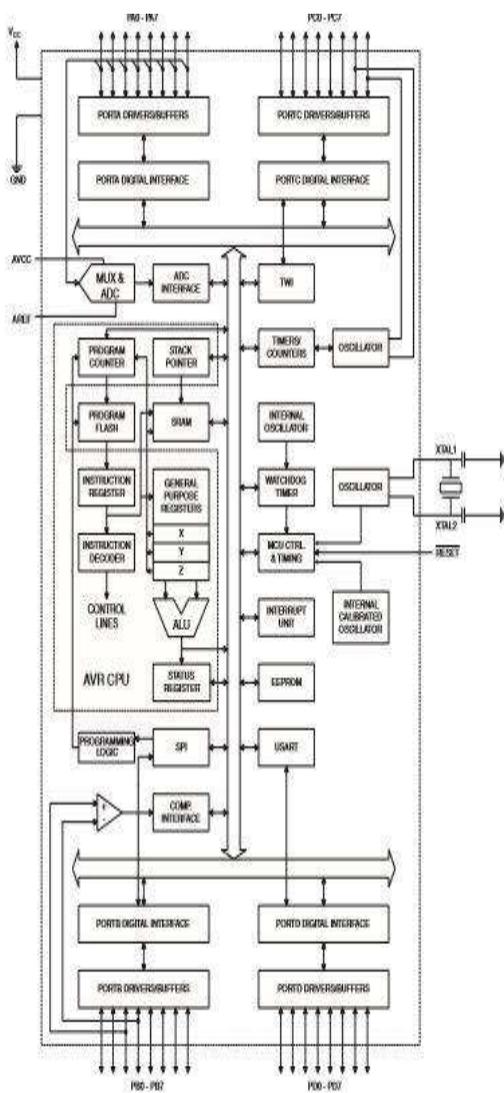
Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at [www.atmel.com](http://www.atmel.com).

## Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOTE: MUF Bottom pad should be soldered to ground.



## LAMPIRAN E DATASHEET SOLENOID VALVE

**PNEUMISSION**

### Solenoid Valve      2W, 2L, 2/2 Series

#### Technical data

Type	2W025-08	2W025-08	2W040-10
Port size(G)	1/8"	1/4"	3/8"
Fluid	Air, Water, Oil		
Temperature range	-5-80°C		
Operating pressure(MPa)	0-0.7		
Acting type	Direct acting		



#### How to Order

**2W**

Series  
2W:2 Position 2 Way

**025**

Port diameter  
025:25mm  
040:45mm

**06**

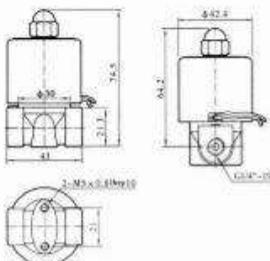
Port Size  
06:G1/8"  
08:G1/4"  
10:G3/8"

**AC110V**

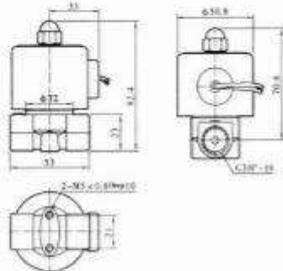
Coil Voltage  
DC12V  
DC24V  
AC24V 50/60Hz  
AC110V 50/60Hz  
AC220V 50/60Hz  
AC380V 50/60Hz

#### Dimensions(mm):

**2W025-06, 08**



**2W040-10**



## Solenoid Valve 2W, 2L, 2/2 Series

### Technical data

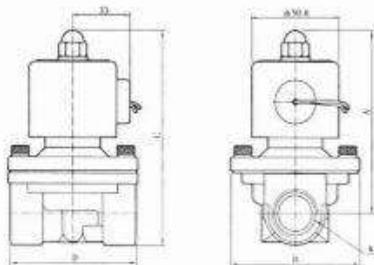
Type	2W100-15	2W250-20	2W350-25	2W400-30	2W500-40	2W600-50
Port size (G)	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
Fluid	Air Water Oil					
Temperature range	-5-40°C					
Operating pressure (MPa)	Air: 0-0.7, Water: 0-0.5, Oil: 0-0.5					



### How to order:

<b>2W</b>	<b>160</b>	<b>15</b>	<b>AC110V</b>
Series 2W2 Port/Size 2Way	Port diameter 160-16mm 200-20mm 250-25mm 350-35mm 400-40mm 500-50mm	Port Size 15-G1/2" 20-G3/4" 25-G1" 35-G1 1/4" 40-G1 1/2" 50-G2"	Coil Voltage DC12V DC24V AC24V 50/60HZ AC110V 50/60HZ AC220V 50/60HZ AC380V 50/60HZ

### Dimensions (mm):



Type	A	B	C	D	K
2W160-15	93	57	108.5	69	G1/2"
2W200-20	100	57	115.4	73	G3/4"
2W250-25	105	73.4	126	90	G1"
2W350-35	142	96	172	123	G1 1/4"
2W400-40	142	96	172	123	G1 1/2"
2W500-50	172	123	209	168	G2"

## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Renza Yuarifaldi yang dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 2 September 1996 dari ayah bernama Arif Sugiarto dan ibu bernama Yuastutik. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Saat ini penulis tinggal di jalan tempel sukorejo 5 no.35, Surabaya. Pada tahun 2008 penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Dr. Soetomo IV Surabaya. Pada tahun 2011 penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 10 Surabaya. Pada tahun 2014 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Hangtuh 1 Surabaya. Pada tahun 2017, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi D3 Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LEVEL PADA *MIXING TANK* PROSES DEGUMMING *MINI PLANT* BIODIESEL DI WORKSHOP INSTRUMENTASI”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui [renzarifaldi@gmail.com](mailto:renzarifaldi@gmail.com).