



TUGAS AKHIR - SF 091321

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SENSOR TDS  
DAN SENSOR LEVEL PADA PROSES  
PENGENDAPAN  $\text{CaCO}_3$  DALAM AIR DENGAN  
METODE PELUCUTAN ELEKTRON DAN MEDAN  
MAGNET**

MAYLITA MARTANI  
NRP 1110 100 002

Dosen Pembimbing  
Endarko, M.Si, Ph. D

JURUSAN FISIKA  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014



FINAL PROJECT- SF 09321

**DESIGN AND FABRICATION OF TDS AND LEVEL  
SENSORS ON PRECIPITATION PROCESS OF  
CALCIUM CARBONATE ( $\text{CaCO}_3$ ) IN  
WATER USING ELECTRON DISCHARGE AND  
MAGNETIC FIELD METHODS**

MAYLITA MARTANI  
NRP 1110 100 002

Supervisor  
Endarko, M.Si, Ph. D

DEPARTMENT OF PHYSICS  
Faculty of Mathematics and Natural Sciences  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014

# **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SENSOR TDS DAN SENSOR LEVEL PADA PROSES PENGENDAPAN $\text{CaCO}_3$ DALAM AIR DENGAN METODE PELUCUTAN ELEKTRON DAN MEDAN MAGNET**

**Nama** : Maylita Martani  
**NRP** : 1110 100 002  
**Jurusan** : Fisika FIMIPA-ITS  
**Pembimbing** : Endarko, M.Si, Ph. D

## **Abstrak**

*Telah dilakukan pembuatan sensor TDS (Total Dissolved Solids) meter dengan menggunakan prinsip konduktivitas, dan pembuatan alat pengukur level air dengan menggunakan sensor Ultrasonic Range Detector (PING))). Sistem pengendalian dan monitoring secara otomatis dikerjakan oleh mikrokontroler Atmega16 dan PC. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah mini plant untuk kontrol otomatisasi proses pengendapan air  $\text{CaCO}_3$  dalam air. Sistem pemantauan dan pengendalian dirancang secara waktu nyata berupa nilai TDS dari air sampel dan level ketinggian air pada tangki hasil pengolahan. Data Keluaran sensor TDS dan level akan diproses oleh mikrokontroler ATmega16 yang selanjutnya dikirim melalui komunikasi serial dengan USB yang disambungkan ke komputer sehingga dapat ditampilkan di layar monitor. Berdasarkan hasil penelitian, sistem ini dapat bekerja dengan baik ketika melakukan monitoring TDS control dari 356ppm menjadi 300ppm pada level 50%.*

**Kata kunci** : TDS, Konduktivitas, Sensor Ping))), Kontrol

# **DESIGN AND FABRICATION OF TDS AND LEVEL SENSORS ON PRECIPITATION PROCESS OF CALCIUM CARBONATE ( $\text{CaCO}_3$ ) IN WATER USING ELECTRON DISCHARGE AND MAGNETIC FIELD METHODS**

**Student Name** : Maylita Martani  
**NRP** : 1110 100 002  
**Department** : Physics FMIPA-ITS  
**Supervisor** : Endarko, M.Si, Ph. D

## **Abstract**

*TDS (Total Dissolved Solids) and water level sensors have successfully been fabricated. The TDS sensor has been designed and fabricated based on principle of conductivity whilst the water level sensor has been fabricated using sensor of Ultrasonic Range Detector (PING)). In this study, an automatic control system has been performed using microcontroller ATmega16 and Personal Computer (PC) for controlling and monitoring the precipitation process of calcium carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) in water using electron discharge and magnetic field methods. Measured data by TDS and water level sensors will be processed by microcontroller ATmega16 and then, the data will be sent to computer via a serial communication with USB interface. Monitoring data will be displayed in a computer screen. The result showed that the system could be used to control level of TDS at 356 to 300 ppm for water level at 50%.*

**Key Word** : TDS, Conductivity, Sensor Ping)), Control

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SENSOR TDS  
DAN SENSOR LEVEL PADA PROSES  
PENGENDAPAN  $\text{CaCO}_3$  DALAM AIR DENGAN  
METODE PELUCUTAN ELEKTRON DAN MEDAN  
MAGNET**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada  
Program Sarjana Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**MAYLITA MARTANI**  
NRP. 1110 100 002

Disetujui oleh Pembimbing Tugas akhir :

**Endarko, M.Si, Ph.D**

**NIP.19741117 199903.1.001**

  
(.....)



## KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirobbil alamin, puji syukur kepada Tuhan penggendang hati yang telah memberikan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan seoptimal mungkin. Tak lupa kami panjatkan sholawat serta salam kepada Nabi akhir zaman, Muhammad SAW. Hanya dengan bimbingan dan karunia-Nya, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SENSOR TDS DAN SENSOR LEVEL PADA PROSES PENGENDAPAN $\text{CaCO}_3$ DALAM AIR DENGAN METODE PELUCUTAN ELEKTRON DAN MEDAN MAGNET**

Penulis menyadari dengan terselesaikannya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orangtua yang senantiasa memberikan dukungan baik moral maupun spiritual, kakak dan keponakan yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi.
2. Bapak Endarko, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, kritik, motivasi dan nasihat sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir.
3. Bapak Suasmoro, Dr., Prof. selaku Dosen Wali yang selalu memberi saran, motivasi.
4. Bapak Dr. Yono Hadi P., M. Eng. dan Dr. Melania Suweni M., M.T., selaku Ketua Jurusan dan Wakil Jurusan Fisika FMIPA ITS.

5. Bapak Drs.Bahtera Indarto, M.Si dan bapak Lila Yuwana, S.Si. M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu dan koreksi atas Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Staf Pengajar di Jurusan Fisika ITS.
7. Sahabat-sahabat terbaik yang selalu menemani belajar, berpetualang dan bergila bersama, Ahmad Mukhlis Nurrahman, Kurnia Amelinda S, Umi Maslakah, Nahariatul Hikmah, Fauziah Rizky Kumala, Indri Hergiana, Moh. Fahrudin, dkk.
8. Keluarga besar WEIP (*Workshop Electronics and Instrumentation of Physic*).
9. Senior yang selalu membimbing, Mas Fithro, Mas Alfin, Mbak Iim, Mbak Fina, Mbak Intan, dkk.
10. Teman-teman Cosmic 2010 yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama masa kuliah, khususnya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari akan keterbatasannya sebagai manusia, berharap kritik dan saran yang membangun. Semoga Tugas Akhir ini dapat menginspirasi pembaca dan menyumbangkan ilmu yang berguna. Amiin.

Surabaya, 11 Juli 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Bab</b>	<b>Halaman</b>
<b>Halaman Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ix</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>xi</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>xv</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 <i>Total Dissolve Solid (TDS)</i> .....	7
2.2 Kesadahan Air .....	8
2.3 Alat Ukur .....	10
2.4 Sensor .....	11
2.5 Sensor TDS .....	12
2.5.1. Konduktivitas.....	12
2.5.2. Operational Amplifier (Op-Amp).....	12
2.6 Sensor Level .....	14
2.7 Mikrokontroler AVR .....	18
2.8 Liquid Crystal Display (LCD) .....	21
2.9 Sistem Kontrol .....	23
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>25</b>
3.1 Perancangan Umum Sistem .....	25



3.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware) .....	26
3.3 Perancangan Catu Daya .....	26
3.4 Perancangan Sensor Level .....	27
3.5 Perancangan Sensor TDS.....	28
3.6 Minimum Sistem Atmega 16 .....	29
3.7 Rangkaian LCD .....	29
3.8 Perancangan Perangkat Lunak .....	30
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1 Pengujian Sensor TDS dan Sensor Level .....	33
4.1.1 Pengujian Hardware Sensor TDS .....	33
4.1.2 Karakterisasi Sensor TDS .....	37
4.1.3 Pengujian Sensor Ultrasonik.....	38
4.1.4 Karakterisasi Sensor Ultrasonik.....	42
4.2 Pengujian Kontrol .....	43
4.2.1 Proses Sirkulasi.....	45
4.2.2 Proses Storage.....	46
4.2.3 TDS Control.....	47
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>BIODATA PENULIS .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.. .....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Operasional amplifier .....	13
<b>Gambar 2.2</b>	Prinsip kerja sensor ultrasonik .....	15
<b>Gambar 2.3</b>	Dimensi dari sensor ultrasonik PING))) .....	16
<b>Gambar 2.4</b>	PING))) timing diagram .....	18
<b>Gambar 2.5</b>	Diagram pin Atmega16 .....	20
<b>Gambar 2.6</b>	LCD M1632 .....	22
<b>Gambar 2.7</b>	Diagram blok sistem <i>loop</i> terbuka .....	23
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram alir metodologi percobaan .....	26
<b>Gambar 3.2</b>	Rangkaian catu daya .....	27
<b>Gambar 3.3</b>	Sensor PING))) .....	27
<b>Gambar 3.4</b>	Diagram blok sensor TDS meter .....	28
<b>Gambar 3.5</b>	Rangkaian minimum sistem ATmega 16 .....	29
<b>Gambar 3.6</b>	Rangkaian skematik dari LCD ke mikrokon- troller .....	30
<b>Gambar 3.7</b>	Diagram alir sistem kontrol level dan kesadahan	31
<b>Gambar 3.8</b>	Tampilan editor dari software <i>CodeVision AVR</i>	32
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik hubungan keluaran sensor dan TDS .....	34
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik perbandingan <i>probe stainless steel</i> (◇) dan <i>probe</i> kuningan (□) .....	36
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik pembacaan alat standar dengan alat yang dirancang .....	38
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik hubungan lebar pulsa PING))) dan jarak	40
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik hubungan sensor PING))) dan kalibrator	42
<b>Gambar 4.6</b>	Tampilan halaman pengamatan data .....	44
<b>Gambar 4.7</b>	Tampilan <i>monitoring</i> dan akuisisi data .....	45
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil <i>monitoring</i> level pada proses sirkulasi .....	46
<b>Gambar 4.9</b>	Pengukuran level tangki pada proses <i>storage</i> .....	47
<b>Gambar 4.10</b>	Tampilan <i>set poin</i> TDS <i>control</i> .....	48
<b>Gambar 4.11</b>	Tampilan TDS <i>control</i> ketika <i>treatment</i> aktif ...	49
<b>Gambar 4.12</b>	Tampilan <i>monitoring</i> level dan TDS ketika proses TDS <i>control</i> .....	49
<b>Gambar 4.13</b>	Tampilan <i>monitoring</i> ketika proses TDS <i>control</i> selesai .....	50

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Data kalibrasi sensor .....	38
<b>Tabel 4.2</b> Nilai tegangan yang dihasilkan oleh <i>probe</i> jack RCA <i>stainless steel</i> dan <i>probe</i> jack RCA kuningan .....	39
<b>Tabel 4.3</b> Data pengujian sensor TDS selama 5 hari .....	41
<b>Tabel 4.4</b> Data uji alat terhadap alat acuan .....	42
<b>Tabel 4.5</b> Hasil pembacaan level tangki .....	45

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dalam kelangsungan hidup manusia. Air ini sering kali digunakan masyarakat untuk berbagai kegiatan sehari-hari, termasuk kegiatan pertanian, perikanan, peternakan, industri, pertambangan, rekreasi, olahraga dan sebagainya. Dewasa ini, masalah utama dari sumber daya air meliputi kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan manusia yang terus meningkat dan terlebih lagi untuk konsumsi air minum ini terus menurun. Sebagai sumber air minum masyarakat, air harus memenuhi beberapa aspek yang meliputi kuantitas, kualitas dan kontinuitas (WHO, 2004).

Ditinjau dari segi kualitas, air dapat dikatakan air bersih jika memenuhi syarat secara fisik, kimia, dan mikrobiologi. Air bersih secara fisik meliputi air harus jernih, tidak berwarna, tidak berasa/tawar, tidak berbau, temperatur normal dan tidak mengandung zat padatan (dinyatakan dengan TSS dan TDS). Persyaratan secara kimia meliputi derajat keasaman, kandungan oksigen, bahan organik, mineral atau logam, nutrisi/hara, kesadahan dan sebagainya (Kusnaedi, 2002).

Beberapa daerah di Indonesia memiliki sumber air sumur dengan kandungan kapur cukup tinggi. Tingginya kadar kapur tersebut mengakibatkan air tidak layak konsumsi, karena mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi (Putro, 2013).

Air yang mengandung ion  $\text{Ca}^{2+}$  ataupun  $\text{Mg}^{2+}$  ini dikatakan air sadah. Tingkat besarnya ion yang terlarut dalam air dikatakan sebagai tingkat kesadahan. Semakin besar tingkat kesadahan suatu air, maka kualitas dari air ini buruk. Ion ini akan mengendap yang nantinya akan menyumbat dalam saluran pembuangan manusia maupun alat-alat

penunjang kebutuhan sehari-hari. Pengendapan kapur dalam tubuh dapat terjadi jika terlalu banyak mengonsumsi air dengan kadar kapur tinggi. Pengendapan tersebut bisa berakibat gangguan kesehatan berupa batu ginjal ataupun berbagai penyakit lainnya (Putro, 2013).

Alat penjernihan air dengan metode pengendapan ini dapat dilakukan dengan menggunakan metode pelucutan elektron dan medan magnet. Metode pelucutan elektron sendiri dapat dilakukan dengan adanya pemberian tegangan tinggi pada alat, sedangkan metode medan magnet ini dapat dilakukan dengan pemberian kumparan yang berfungsi sebagai penghantar medan listrik yang dihasilkan oleh medan magnet. Dengan kedua metode ini ion  $\text{CaCO}_3$  yang terlarut dalam air dapat diendapkan dengan cara pemisahan ion terlarut. Maka dari itu dapat dibuatlah sebuah rancangan alat yang dapat digunakan sebagai penjernihan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terlarut dalam air dengan sistem pengendapan. Dengan menggunakan metode Pelucutan elektron dan medan magnet akan lebih dapat menghasilkan tingkat kesadahan menurun. Hal ini dikarenakan ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang terikat didalam air akan mengalami pengkutupan sehingga akan membentuk endapan kapur. Dari endapan kapur ini akan menghasilkan air tawar layak konsumsi yang terbebas dari bau, warna serta tingkat kesadahannya rendah (Putro, 2013).

Untuk menghilangkan kadar kapur terlarut agar nilai kesadahan yang dihasilkan minimum atau sangat kecil maka diperlukan proses yang berulang. Sedangkan untuk mengidentifikasi adanya kesadahan atau tidak pada penelitian sebelumnya yang telah dilaksanakan oleh Putro dengan menggunakan titrasi. Penelitian kali ini memfokuskan pada pembuatan sistem kontrol level dan sensor kesadahan yang dapat digunakan dalam alat pengendapan air kapur.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sensor level untuk *monitoring* proses pengendapan  $\text{CaCO}_3$  yang terlarut dalam air dengan metode pelucutan elektron dan medan magnet?
2. Bagaimana merancang sensor TDS dengan prinsip konduktivitas untuk mengukur nilai kesadahan dari proses pengendapan  $\text{CaCO}_3$  dalam air dengan menggunakan metode pelucutan elektron dan medan magnet?
3. Bagaimana menggabungkan kedua sensor tersebut untuk mengetahui proses pengendapan kapur dalam air?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter yang digunakan dalam sistem monitoring air bersih hanya meliputi level air dan tingkat kesadahan.
2. Sampel air yang digunakan adalah aquades dicampur dengan  $\text{CaCO}_3$  yang mempunyai kesadahan 600ppm.
3. Alat ini berbasis mikrokontroler ATMEGA16 dengan keluaran pada LCD dan PC.
4. Pada pelevelan air menggunakan sensor ultrasonik (PING)).
5. Pada sensor TDS menggunakan prinsip konduktivitas dengan probe *stainless steel* dan kuningan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:



1. Memperoleh rancangan sistem sensor level untuk *monitoring* proses pengendapan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terlarut dalam air.
2. Memperoleh rancangan sistem sensor TDS dengan menggunakan prinsip konduktivitas.
3. Menghasilkan sistem monitoring otomatis dengan penggabungan sistem sensor level dan sensor TDS untuk proses pengendapan kapur dengan menggunakan metode pelucutan elektron dan medan magnet.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini selain sebagai sumbangsih pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama pada pengaplikasian rangkaian-rangkaian dasar seperti osilator, op-amp dan lain-lain sebagai pengatur sensor kesadahan dari pengendapan air kapur juga diharapkan dapat menjadi pemula adanya aplikasi-aplikasi lainnya, misalnya pengaplikasian pada sterilisasi air susu, dan sebagainya.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu ;

**Bab 1 : Pendahuluan**

Berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan manfaat tesis.

**Bab 2 : Tinjauan Pustaka**

Berisi mengenai kajian pustaka yang digunakan pada tugas akhir

**Bab 3 : Perencanaan Sistem dan Pembuatan Perangkat Lunak**

Berisi perencanaan pembuatan keseluruhan sistem, blok diagram sistem, tahap pengambilan data dan tahap pengujian.

**Bab 4 : Pengujian Sistem dan Analisa Hasil**

Berupa pengujian dari perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat serta menganalisa hasil dari pengujian tersebut.

**Bab 5 : Kesimpulan**

Berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Total Dissolve Solid (TDS)**

*Total Dissolved Solids* (TDS) yaitu ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS menggambarkan jumlah zat terlarut dalam *part per million (ppm)* atau sama dengan miligram per liter (mg/L). Umumnya berdasarkan definisi diatas seharusnya zat yang terlarut dalam air (larutan) harus dapat melewati saringan yang berdiameter 2 mikrometer ( $2 \times 10^{-6}$  meter). Aplikasi yang umum digunakan adalah untuk mengukur kualitas cairan pada pengairan, pemeliharaan aquarium, kolam renang, proses kimia, pembuatan air mineral, dan lain-lain (Alaert, 1987).

Total padatan terlarut dapat pula merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Analisa total padatan terlarut merupakan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut, tetapi tidak menjelaskan pada sifat atau hubungan ion. Selain itu, pengujian tidak memberikan wawasan dalam masalah kualitas air yang spesifik. Oleh karena itu, analisa total padatan terlarut digunakan sebagai uji indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Sumber padatan terlarut total dapat mencakup semua kation dan anion terlarut (Sawyer, 1994).

Ada dua metode yang sering digunakan dalam pengukuran TDS, yaitu:

##### **1. Gravimetri**

Gravimetri adalah pemeriksaan jumlah zat dengan cara penimbangan hasil reaksi pengendapan. Gravimetri merupakan pemeriksaan jumlah zat yang paling tua dan paling sederhana dibandingkan dengan cara pemeriksaan kimia lainnya. Hal ini dikarenakan metode gravimetri ditentukan melalui penimbangan langsung massa zat yang dipisahkan dari zat-zat lain.

Bagian terbesar dari gravimetri meliputi transformasi unsur atau radikal kesenyawaan murni stabil yang dapat segera diubah

menjadi bentuk yang dapat ditimbang dengan teliti. Metode gravimetri memakan waktu yang cukup lama. Adanya pengotor pada konstituen dapat diuji dan bila perlu digunakan faktor-faktor koreksi. Faktor paling penting dalam metode ini yaitu proses pemisahan harus cukup sempurna sehingga kualitas analit yang ditimbang mendekati murni (Alaert, 1987).

## 2. *Electrical Conductivity*

Konduktivitas listrik air secara langsung berhubungan dengan konsentrasi padatan terlarut yang terionisasi dalam air. Ion dari konsentrasi padatan terlarut dalam air menciptakan kemampuan pada air untuk menghasilkan arus listrik yang dapat diukur menggunakan konduktivitas meter. Konduktivitas listrik berfungsi mengukur konduktivitas listrik bahan-bahan yang terkandung dalam air. Semakin banyak bahan (mineral logam maupun nonlogam) dalam air maka hasil pengukuran akan semakin besar. Sebaliknya, bila sangat sedikit bahan yang terkandung dalam air maka hasilnya mendekati nol, atau disebut air murni. Prinsip kerjanya dengan menghubungkan 2 buah *probe* ke larutan yang diukur, kemudian dengan rangkaian pemrosesan sinyal akan mengeluarkan keluaran yang menunjukkan besar konduktivitas/daya hantar listrik sampel air tersebut (Sawyer, 1994).

## 2.2. **Kesadahan Air**

Masyarakat pada umumnya menggunakan air sumur sebagai air bersih yang dipakai untuk keperluan sehari-hari. Baik itu untuk mencuci, mandi maupun dikonsumsi. Pada daerah tertentu air sumur yang dikonsumsi mengandung kadar kapur yang cukup tinggi. Hal ini dikarenakan daerah tersebut memiliki lapisan tanah berkapur. Daerah tersebut antara lain Lamongan dan Tuban. Air dengan kadar kapur tinggi jika dikonsumsi akan mengakibatkan gangguan kesehatan, antara lain terganggunya fungsi ginjal akibat mengendapnya kapur (Lailiyah et al., 2011).

Kesadahan dalam air terutama disebabkan oleh ion-ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ , juga oleh  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  dan semua kation yang

bermuatan dua. Air dengan kesadahan tinggi biasanya terdapat pada air tanah yang bersifat kapur karena mengandung ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Sifat air sadah mengakibatkan konsumsi sabun lebih tinggi, karena adanya hubungan kimiawi antara ion kesadahan dengan molekul sabun yang menyebabkan sifat detergen sabun hilang. Kelebihan ion  $\text{Ca}^{2+}$  serta ion  $\text{CO}_3^{2-}$  (salah satu ion alkaliniti) yang dapat mengakibatkan terbentuknya kerak pada dinding pipa yang disebabkan oleh endapan Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Kesadahan ini dibedakan menjadi dua, yaitu :

Kesadahan air dapat digolongkan menjadi dua yaitu kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Kesadahan sementara bersifat sementara sementara kesadahan tetap bersifat menetap dan sulit untuk dikembalikan ke kondisi awalnya. Kesadahan sementara disebabkan oleh adanya ion-ion kalsium dan bikarbonat dalam air. Sedangkan kesadahan tetap disebabkan oleh adanya kalsium atau magnesium sulfat yang proses pelunakannya melalui proses kapur-soda abu, proses zeolit dan proses resin organik (Alaert, 1987) Kesadahan sementara dapat dihilangkan dengan jalan mendidihkan air tersebut karena terjadi reaksi :



Kesadahan dibagi dalam dua tipe, yaitu:

- a. Kesadahan umum ("*general hardness*" atau GH),
- b. Kesadahan karbonat ("*carbonate hardness*" atau KH).
- c. Kesadahan total merupakan penjumlahan dari GH dan KH.

Kesadahan umum atau *General Hardness* merupakan ukuran yang menunjukkan jumlah ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan ion magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) dalam air. Ion-ion lain sebenarnya ikut pula mempengaruhi nilai GH, akan tetapi pengaruhnya diketahui sangat kecil dan relatif sulit diukur sehingga dapat diabaikan. GH pada umumnya dinyatakan dalam satuan *ppm* (*part per million*/satu per-sejuta bagian) kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), tingkat kekerasan (dH), atau dengan menggunakan konsentrasi molar  $\text{CaCO}_3$ . Satu satuan kesadahan Jerman atau dH sama dengan 10 mg CaO (kalsium oksida) per liter air. Kesadahan pada umumnya menggunakan satuan *ppm*  $\text{CaCO}_3$ , dengan demikian satu satuan

Jerman (dH) dapat diekspresikan sebagai 17.8 ppm  $\text{CaCO}_3$ . Sedangkan satuan konsentrasi molar dari 1 mili ekuivalen = 2.8 dH = 50 ppm. Berikut adalah kriteria selang kesadahan yang biasa dipakai:

- 0 – 4 dH, 0 – 70 ppm : sangat rendah (sangat lunak)
- 4 – 8 dH, 70 – 140 ppm : rendah (lunak)
- 8 – 12 dH, 140 – 210 ppm : sedang
- 12 – 18 dH, 210 – 320 ppm : agak tinggi (agak keras)
- 18 – 30 dH, 320 – 530 ppm : tinggi (keras)

Untuk air minum, kesadahan dibawah 250 ppm masih dapat diterima, sementara diatas 500 ppm akan merusak kesehatan (Sawyer, 1994).

### 2.3. Alat Ukur

Mengukur adalah suatu aktivitas atau tindakan membandingkan suatu besaran yang belum diketahui nilainya atau harganya terhadap besaran lain yang sudah diketahui nilainya, misalnya dengan besaran yang standar. Pekerjaan membandingkan tersebut tidak lain adalah pekerjaan pengukuran atau mengukur. Sedangkan pembandingnya yang tersebut sebagai alat ukur. Pengukuran banyak sekali dilakukan dalam bidang teknik atau industri. Sedangkan alat ukurnya sendiri banyak sekali jenisnya, tergantung dari banyak faktor, misalnya objek yang diukur serta hasil yang diinginkan.

Pengetahuan akan alat ukur dan objek yang dihadapi adalah suatu syarat agar pengukuran yang benar dapat dilakukan. Ini juga berarti bahwa cara melakukan pengukuran yang benar akan diperoleh, jika objek yang dihadapi dapat diketahui disamping pengetahuan tentang cara kerja alat ukur level juga harus dikuasai. Bergantung dari alat ukurnya, pengukuran dapat dilakukan dengan cara langsung dan tidak langsung. Pengukuran langsung adalah pengukuran yang memiliki pembanding standar, yaitu suatu pengukuran yang mempunyai nilai standar, misalnya ukuran panjang dan berat. Sedangkan pengukuran dikatakan tidak langsung bila pembandingnya adalah suatu yang telah

dikalibrasikan terhadap besaran standar, misalnya thermometer elektronik. Karena sulitnya untuk mendapatkan alat ukur standar, sedangkan besaran yang akan diukur banyak sekali jenisnya. Maka teknologi telah menghasilkan banyak cara untuk menghasilkan alat ukur tidak langsung. Dalam pengukuran digunakan sejumlah istilah sebagai berikut (Sri Waluyanti, 2008) :

- a. Ketelitian : harga suatu pembacaan instrumen yang mendekati harga sebenarnya dari variabel yang diukur.
- b. Ketepatan : kemampuan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang sama dengan memberikan harga tertentu bagi sebuah variabel.
- c. Kesalahan : penyimpanan variabel yang diukur dari harga yang sebenarnya.
- d. Sensitivitas : perbandingan antara sinyal keluaran terhadap perubahan masukan atau variabel yang diukur.
- e. Resolusi : perubahan nilai terkecil dalam nilai yang diukur, dimana instrumen akan memberi respon.

#### **2.4. Sensor**

Sensor adalah alat yang dapat menerima rangsangan dan merespon dengan suatu sinyal elektrik. Rangsangan adalah kuantitas, sifat, atau kondisi yang dirasakan dan dikonversi ke dalam sinyal elektrik. Tujuan dari suatu sensor adalah untuk merespon suatu masukan sifat fisis (rangsangan) dan mengkonversikannya ke dalam suatu sinyal elektrik melalui kontak elektronik. Sensor dapat dikatakan sebagai suatu translator dari nilai non elektrik menjadi nilai elektrik. Elektrik artinya sinyal yang dapat disalurkan, dikuatkan dan dimodifikasi oleh alat elektronik. Sinyal keluaran sensor dapat berupa tegangan atau arus. Sinyal keluaran juga dapat digambarkan sebagai masukan amplitudo, frekuensi, *face* atau kode digital (Freden, 2003).

Pada dasarnya sensor dan transduser mempunyai definisi sama yaitu menerima rangsangan (gejala fisis) dari luar dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Proses fisis yang merupakan



stimulus atau rangsangan sensor dapat berupa fluks magnetik, gaya, arus listrik, temperatur, cahaya, tekanan dan proses fisis lainnya. Sensor dan transduser mempunyai perbedaan yang sangat kecil yaitu pada koefisien konversi energi. Sensor itu sendiri terdiri dari transduser atau tanpa penguat atau pengolahan sinyal yang terbentuk dalam satu indera (Ian, 1988).

## **2.5. Sensor TDS**

### **2.5.1. Konduktivitas**

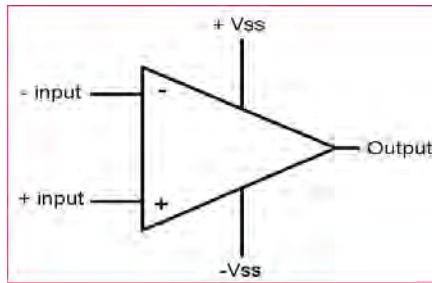
*Conductivity* atau juga sering disebut dengan konduktivitas merupakan kemampuan dalam menghantarkan listrik oleh suatu benda. Dalam suatu larutan konduktivitas ini sering dihubungkan dengan kemampuan suatu larutan dalam menghantarkan listrik yang tentunya sangat bergantung pada banyaknya ion di dalam larutan tersebut. Alat ukur yang biasanya digunakan untuk mengukur nilai konduktivitas dalam suatu larutan disebut dengan *conductivity* meter. Saat ini dimana teknologi sudah serba canggih, *conductivity* meter biasanya sudah menjadi satu dengan alat ukur parameter lain seperti pH, TDS, dll. Pengukuran dari konduktivitas sangat dipengaruhi oleh nilai temperatur. Bahkan suatu larutan standar konduktivitas pun akan memberikan perbedaan yang besar apabila terjadi perbedaan temperatur.

Hal penting yang juga diperhatikan terhadap alat ukur *conductivity* meter adalah lakukan verifikasi terhadap instrument dengan menggunakan standar paling tidak pada rentang dimana alat ini akan digunakan, karena hampir mirip seperti pH meter dimana komponen pengukurnya adalah probe / elektroda yang mempunyai sifat sangat sensitif. Standar konduktivitas dapat kita temukan di pasaran mulai dari 1 mikrosiemens sampai dengan 112 milisiemens (Mike, 2002).

### **2.5.2. Operational Amplifier (Op-Amp)**

Penguat operasional dengan simbol pada Gambar 2.1 adalah penguat dengan *gain* tinggi dan terhubung secara

langsung. Penguat ini biasanya digunakan untuk menguatkan sinyal berjalur lebar dan digunakan bersama jaringan umpan balik eksternal.



**Gambar 2.1** Operasional amplifier  
(Albert. P, Malvino,1994)

Penguat operasional memiliki 5 terminal dasar, yaitu dua untuk menyuplai daya, dua untuk masukan, dan satu untuk keluaran. Bagian dalamnya rumit, agar dapat menggunakannya secara maksimal tidaklah perlu mengetahui cara kerja sistem pada bagian dalam. Penguat operasional sudah dirancang sedemikian rupa sehingga komponen-komponen luar saja yang mempengaruhi dan menentukan apa yang akan dikerjakan (Albert. P, Malvino,1994).

Penguat operasional memiliki beberapa ketentuan ideal. Ketentuan-ketentuan ini tidak terdapat dalam praktik namun asumsi mengenai hal tersebut memungkinkan orang untuk melakukan analisa dengan cepat. Mengenai rangkaian ideal penguat operasional ini, antara lain :

- Penguat *open loop* besar sekali ( $A_v \gg \gg$ )
- $V_0 = 0$  jika  $V_1 = V_2$
- Impedansi input tinggi ( $Z_i \gg \gg \Omega$ )
- Impedansi keluaran rendah ( $Z_o \ll \ll \Omega$ )
- Tidak ada tegangan offset

Apabila digunakan sebagai umpan balik, maka karakteristik penguat sebagian besar ditentukan oleh jaringan umpan baliknya. Keluaran transduser atau sensor sangat kecil, sehingga perlu dikuatkan lagi sampai mencapai jangkauan tegangan ADC (*Analog to Digital Converter*) skala penuh dengan menggunakan rangkaian pengkondisian sinyal. Penguat operasional merupakan komponen utama dari rangkaian pengkondisian sinyal. Penerapan rangkaian pengkondisian sinyal ini antara lain sebagai *detector* penyilang-nol (dengan atau tanpa *hysteresis*), penguat pembalik, penguat tak membalik, penjumlah, pengikut tegangan, penguat differensial, penguat instrumentasi dan filter aktif (Giancoli, D.C, 1997).

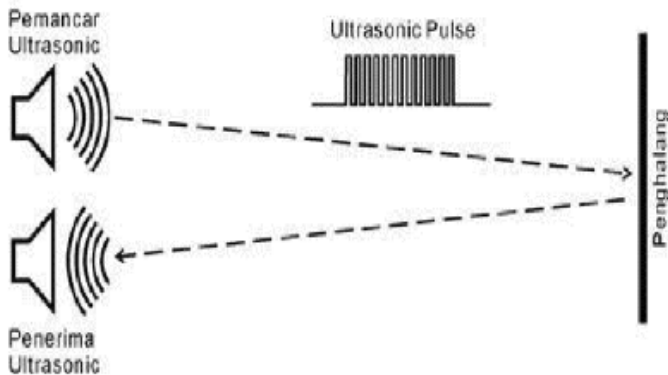
## 2.6. Sensor Level

Karakteristik dari gelombang ultrasonik yang sedang menjaral di dalam suatu medium tergantung pada sifat-sifat medium tersebut. Oleh karena itu, dengan mengukur karakteristik gelombang seperti kecepatan dan atenuasi dapat ditentukan berbagai sifat fisis dari suatu medium. Pada industri minyak misalnya, besaran-besaran proses yang dapat diukur dengan gelombang ultrasonik antara lain: temperatur, tekanan, aliran (*flow*), paras (*level*), rapat massa, dan viskositas. Empat besaran proses yang pertama tersebut biasa dikenal dengan *the big four*. Sensor ultrasonik yaitu suatu alat yang berfungsi mengukur besaran jarak dan kecepatan. Data sensing dari sensor ini biasanya tidak dapat langsung masuk ke mikrokontroler karena perlu penyesuaian besaran tegangan. penyesuaian biasanya dilakukan dengan menggunakan pengkondisi sinyal sehingga levelnya sesuai atau dapat dimengerti oleh bagian input mikrokontroler (Trisnobudi, 2001).

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang mempunyai frekuensi diatas 20 KHz. batas atas dari frekuensi gelombang ultrasonik ini masih belum dapat ditentukan dengan jelas. namun demikian dapat diketahui daerah – daerah frekuensi yang biasa dipakai dalam berbagai macam penggunaan.

Pada penggunaan yang memerlukan intensitas tinggi biasanya diperlukan frekuensi dari puluhan KHz sampai ratus KHz. gelombang ultrasonik yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu di atas 1 Gigahertz sering sebagai gelombang mikro ultrasonik (*microwave ultrasonik*) (Trisnobudi,2001).

Sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut dengan *transmitter* dan rangkaian penerima yang disebut dengan *receiver*. Prinsip kerja sensor ultrasonik dapat diperjelaskan seperti Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Prinsip kerja sensor ultrasonik  
(Trisnobudi,2001)

Sinyal ultrasonik yang dibangkitkan akan dipancarkan dari pemancar ultrasonik. Ketika sinyal mengenai benda penghalang, maka sinyal ini dipantulkan, dan diterima oleh penerima ultrasonik (Trisnobudi,2001).

Jika suatu gelombang terjadi terus menerus secara periodik maka akan menghasilkan deretan gelombang periodik dimana pada setiap gerak periodik, partikel – partikel yang berada pada titik – titik yang sama pada gelombang tersebut akan berada dalam fase yang sama. Jarak antara dua nilai puncak gelombang yang berurutan (gelombang transversal) atau jarak dari dua bagian pemampatan gelombang yang berurutan (gelombang longitudinal) disebut panjang gelombang ( $\lambda$ ). Waktu yang dibutuhkan untuk

menempuh satu gelombang penuh disebut periode (T). Hubungan antara panjang gelombang dengan periode adalah (Trisnobudi,2001) :

$$\lambda = c.T \quad (2.1)$$

Frekuensi gelombang (f) adalah banyaknya getaran yang terjadi per satuan waktu periode sehingga Persamaan 2.1 dapat juga ditulis dalam bentuk frekuensi terhadap laju gelombang bunyi dalam medium (c) adalah (Trisnobudi,2001) :

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.2)$$

Sensor PING))) merupakan salah satu jenis sensor ultrasonik yang bisa mendeteksi jarak secara presisi. Pengukuran dimulai pada jarak 3cm sampai 3m. Selain itu sensor ini sangat mudah dihubungkan pada mikrokontroler menggunakan sebuah pin input dan pin keluaran (Datasheet.com).

Berikut ini merupakan dimensi dari sensor ultrasonik PING))) :



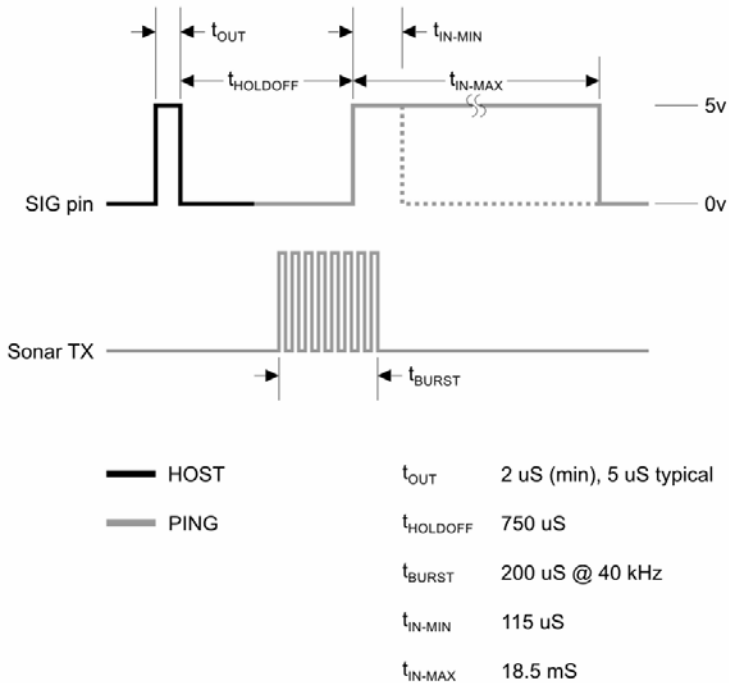
**Gambar 2.3** Dimensi dari sensor ultrasonik PING)))  
(Datasheet.com)

Sensor PING))) bekerja dengan cara memancarkan sinyal ultrasonik sesaat dan menghasilkan pulsa keluaran yang sesuai dengan waktu pantul sinyal ultrasonik sesaat kembali menuju

sensor. Dengan mengukur lebar pulsa pantulan tersebut jarak target di depan sensor dapat diketahui.

Berikut merupakan *timing diagram* untuk sensor PING))) (Gambar 2.4). Berdasarkan data *timing diagram*, sensor akan memberikan informasi jarak pembacaan dengan informasi berupa pulsa PWM dengan lebar  $115\mu\text{s}$  sampai  $18,5\text{ms}$ .

Dengan 2 buah pin kontrol, antara lain sebuah pin input triger dan sebuah pin keluaran data. Untuk mengaktifkan sensor maka modul diberi triger pulsa maka sensor akan mengeluarkan sinyal pwm dan *duty cycle* tersebut sebagai jarak objek dengan sensor. Mikrokontroller memberikan sinyal pulsa *high* pada pin *triger pulse input* dari sensor untuk mengaktifkan sensor ultrasonik. Untuk menghitung lebar PWM menggunakan timer 0. Pin *echo pulse* keluaran terhubung dengan pin-pin pada mikrokontroler. Ketika pin *echo pulse* keluaran *high* maka *timer 0* aktif dan ketika pin *echo* kembali bernilai *low* maka timer 0 dimatikan dan data TCNT 0 di ambil sebagai data jarak (Trisnobudi, 2001).



**Gambar 2.4** PING))) timing diagram  
(Datasheet.com)

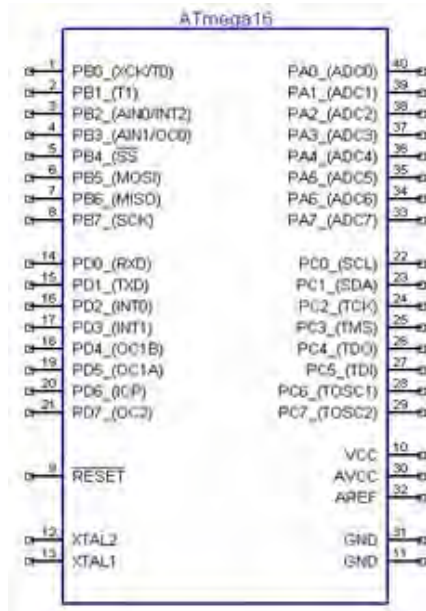
## 2.7. Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler terdiri atas beberapa bagian yang saling terhubung sehingga mikrokontroler dapat melakukan tugas sesuai dengan program yang ada didalamnya. Sistem minimum mikrokontroler adalah rangkaian elektronik minimum yang diperlukan untuk beroperasinya IC mikrokontroler. Kemudian sistem ini dihubungkan dengan rangkaian lainnya untuk menjalankan fungsinya. Ada beberapa macam tipe mikrokontroler AVR berdasarkan kapasitas *flash memory* serta fitur atau fasilitas yang dimiliki, seperti AT90s1200, AT90s4433, AT90S8515, AT90S8535, ATmega16, ATmega8535, ATmega103, dan ATTiny22L.

Salah satu tipe mikrokontroler AVR yang banyak digunakan adalah ATmega16. Beberapa pin yang ada pada mikrokontroler ATmega 16 seperti yang terlihat pada gambar 2.8. Beberapa fitur yang dimiliki ATmega16 antara lain:

1. 113 instruksi yang umumnya hanya membutuhkan satu siklus *clock*.
2. Saluran I/O ada 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
3. ADC (*Analog to Digital Converter*) 10 bit sebanyak 8 *channel*.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*.
5. 512 Bytes EEPROM.
6. *Watchdog timer* dengan osilator internal.
7. Dua buah *timer/counter* 8 bit.
8. Satu buah *timer/counter* 10 bit.
9. Internal SRAM sebesar 1KB.
10. Memori *flash* sebesar 16 KB dengan kemampuan *read while write*.
11. Unit interupsi internal dan eksternal.
12. Port antarmuka SPI.
13. 4 *channel* PWM.
14. Port *USART programmable* untuk komunikasi serial.





**Gambar 2.5** Diagram pin ATmega16  
(Datasheet Atmel AVR, 2002)

IC mikrokontroler dikemas dalam bentuk yang berbeda, tetapi pada dasarnya fungsi kaki yang ada pada IC memiliki persamaan. Gambar 2.5 merupakan salah satu bentuk IC seri mikrokontroler AVR Atmega16. Adapun penjelasan untuk tiap *port* adalah sebagai berikut :

VCC : Suplai tegangan positif catudaya

GND : *Ground*

PortA (PA0-PA7) : Merupakan pin I/O dua arah dan dapat berfungsi sebagai *input* ADC

PortB (PB0-PB7) : Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter* komparator analog dan SPI

PortC (PC0-PC7) : Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *timer* osilator.

- PortD (PD0-PD7) : Merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
- Reset : Digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
- XTAL 1,2 : Pin masukan clock eksternal untuk mengeksekusi instruksi yang ada di memori.
- AVCC : Pin masukan tegangan untuk ADC.
- AREF : Tegangan referensi ADC

Mikrokontroler AVR merupakan salah satu jenis *microcontroller* buatan Atmel yang didesain dengan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) dan menggunakan arsitektur harvard ( dengan memori dan bus yang terpisah untuk program dan data). Instruksi dalam program memori dijalankan dengan *single level pipelining*, ketika satu instruksi dijalankan, instruksi selanjutnya telah siap diambil dari program memori. *Register* AVR yang dapat diakses secara cepat berisi 32x8 bit *general purpose register* dengan waktu akses satu siklus *clock*, ini memungkinkan adanya operasi *single cycle Arithmetic Logic Unit* (ALU) (Heri, 2008).

## 2.8. Liquid Crystal Display (LCD)

*Liquid crystal display* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah *controller* CMOS didalamnya. *Controller* tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM. Bentuk LCD dapat dilihat pada Gambar 2.6. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu instruksi modul LCD dapat dengan mudah di-*interface*-kan dengan MPU (Widodo, 2005).



**Gambar 2.6** LCD M1632  
(Widodo, 2005)

Dalam sistem monitoring keluaran sensor konduktivitas LCD yang digunakan adalah M1632 dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakter dibentuk oleh 8 baris. pixel (1 baris *pixel* terakhir adalah kursor). Dan perlu diketahui bahwa suatu komponen elektronik dengan mikrokontroler memiliki fungsi dari setiap kaki yang ada pada komponen ini adalah (Nalwal, 2004) :

1. Kaki 1 (GND), kaki ini berhubungan dengan tegangan 5 V yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
2. Kaki 2 (VCC), kaki ini berhubungan dengan tegangan 0 volt dan modul LCD.
3. Kaki 3 (VEE/VLCD), tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada V5. Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
4. Kaki 4 (RS), *register Select*, kaki pemilih *register* yang akan diakses. Untuk akses ke *register* data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke *register* perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
5. Kaki 5 (R/W), logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *ground*.
6. Kaki 6 (E), *Enable clock* LCD, kaki ini mengaktifkan *clock* LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.

7. Kaki 7-14 (D0-D7), data bus, kedelapan kaki modul LCD ini adalah bagian dimana aliran data sebanyak 4 bit atau 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
8. Kaki 15 ( Anoda), berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* modul LCD sekitar 4,5 volt.
9. Kaki 16 (Kanoda), tegangan *negative backlight* modul LCD sebesar 0 volt.

## 2.9. Sistem Kontrol

Sistem kontrol dapat dikatakan sebagai hubungan antara komponen yang membentuk sebuah konfigurasi sistem, yang akan menghasilkan tanggapan sistem yang diharapkan. Jadi harus ada yang dikendalikan, yang merupakan suatu sistem fisis, yang biasa disebut juga dengan plant (Ogata,1997).

Sistem Kendali loop terbuka, keluarannya tidak mempengaruhi input ( tidak ada umpan balik ) Atau dengan kata lain sistem kendali loop terbuka keluarannya (keluaran) tidak dapat digunakan sebagai perbandingan umpan balik dengan inputnya. Akibatnya ketetapan dari sistem tergantung dari kalibrasi. Pada umumnya, sistem kendali loop terbuka tidak tahan terhadap gangguan luar. Suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap inputan disebut Sistem kendali *loop* terbuka (Ogata,1997).



**Gambar 2.7** Diagram blok sistem *loop* terbuka (Ogata,1997)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODOLOGI PERCOBAAN**

Dalam bagian bab ini akan dibahas mengenai perancangan dan pembuatan alat. Dalam perancangan pembuatan alat ini diawali dengan perancangan umum sistem dari keseluruhan. Adapun perancangan pembuatan rancang bangun sistem ini terbagi atas beberapa perangkat yang saling berhubungan yaitu perangkat elektronik (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang berisi instruksi untuk menjalankan program.

#### **3.1. Perancangan Umum Sistem**

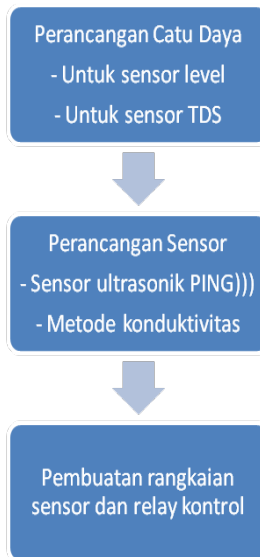
Pada bab ini dibahas mengenai perancangan alat secara keseluruhan. Baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Secara umum terdiri dari dua sistem yaitu sistem perangkat keras (*hardware*) dan sistem perangkat lunak (*software*). Pada rancangan bangun ini seperti pada Lampiran A telah dilengkapi dengan catu daya, mikrokontroler ATMega16 sebagai pengolah data hasil dari pengukuran dan LCD untuk tampilan keluarannya.

Rancangan bangun ini nantinya akan digunakan untuk mengukur kesadahan pada air hasil *treatment* medan magnet dan pelucutan plasma yang telah dilakukan sebelumnya. Sensor yang dibuat ini adalah sensor TDS yang nantinya dapat digunakan untuk mengukur kesadahan pada air hasil *treatment*. Pada pengukuran TDS ini menggunakan prinsip konduktivitas. Dengan menggunakan dua elektroda yang diletakkan dalam suatu larutan diberi beda potensial listrik (normalnya berbentuk sinusioda), maka pada plat tersebut akan mengalir arus listrik. Konduktansi suatu larutan akan sebanding dengan konsentrasi ion-ion dalam larutan tersebut.. Hal ini dilakukan untuk dapat mengetahui besar kandungan zat terlarut dalam air yang menentukan kualitas air. Untuk sensor level sendiri menggunakan sensor ultrasonik (PING)))

untuk membaca ketinggian level air pada tangki *treatment*. Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan sinyal ultrasonik dan menghasilkan pulsa *range* yang sesuai dengan waktu pantul sinyal ultrasonik saat kembali menuju sensor. Lebar pulsa pantulan (*range*) tersebut yang nantinya diketahui sebagai jarak target dari depan sensor.

### 3.2. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Dalam perencanaan perangkat keras (*hardware*) dilakukan perencanaan pada sistem mekanik dan juga sistem perencanaan pada elektronika. Dilakukan beberapa perencanaan terhadap rangkaian elektronika yang digunakan untuk men-*driver* dan mengontrol dari sistem mekanik.

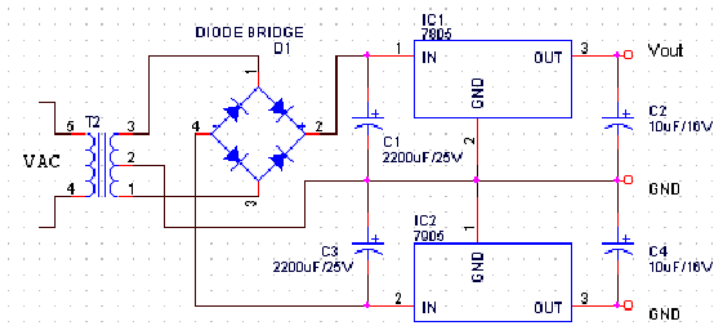


**Gambar 3.1** Diagram alir metodologi percobaan

### 3.3. Perancangan Catu Daya

Catu daya merupakan sumber tenaga yang dibutuhkan suatu rangkaian elektronika untuk bekerja. Besarnya suplai

daya tergantung spesifikasi alat masing – masing. Pada sistem pengendalian ini, catu daya digunakan untuk mengaktifkan sensor pada rangkaian. Rangkaian sensor membutuhkan suplai daya sebesar +12V serta +5V untuk tegangan *relay*. Gambar 3.2 merupakan rangkaian catu daya yang dapat memenuhi rangkaian tersebut. inputan rangkaian ini adalah tegangan 220 V, dengan menggunakan LM 7812 dan 7805. Rangkaian ini menghasilkan keluaran sebesar +12V dan +5V.



**Gambar 3.2** Rangkaian catu daya

### 3.4. Perancangan Sensor Level

Sensor ketinggian yang digunakan adalah sensor ultrasonik ( PING))) yang bekerja berdasarkan pantulan sinyal ultrasonik. Kelebihan sensor ini ialah hanya perlu pulsa *trigger* sebesar 5 $\mu$ s untuk memicu masukan.



**Gambar 3.3** Sensor PING)))

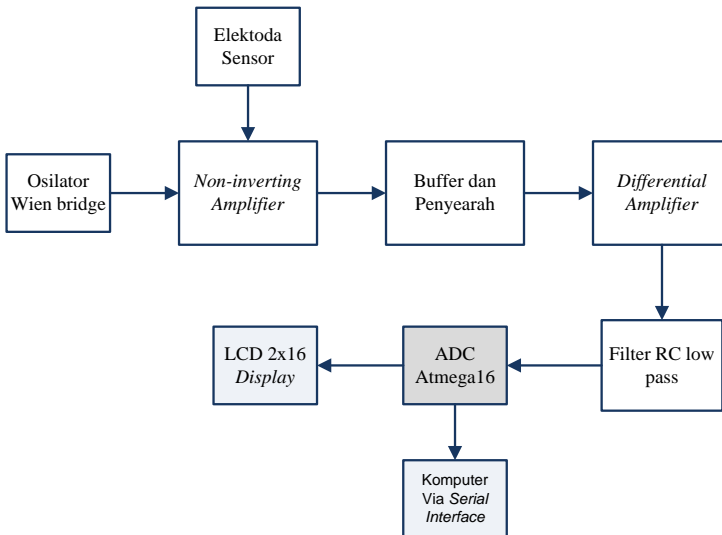
Pada prinsipnya, sensor ini terdiri dari sebuah *chip* pembangkit sinyal 40 KHz, sebuah speaker ultrasonik dan



sebuah mikropon ultrasonik. Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan sinyal ultrasonik dan menghasilkan pulsa *range* yang sesuai dengan waktu pantul sinyal ultrasonik saat kembali menuju sensor. Lebar pulsa pantulan (*range*) tersebut yang nantinya diketahui sebagai jarak target dari depan sensor.

### 3.5. Perancangan Sensor TDS

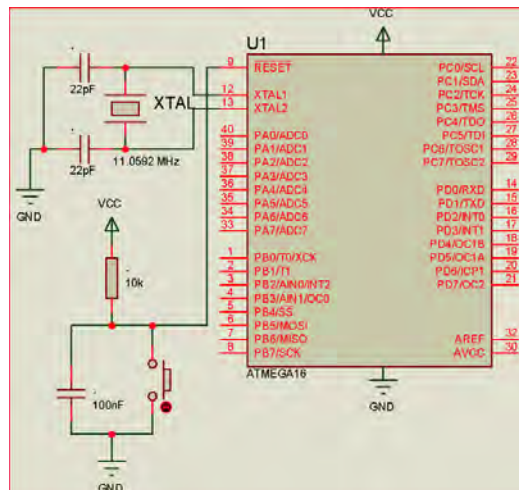
Pada perancangan sensor TDS ini dengan menggunakan prinsip konduktivitas yang terdiri dari dua *probe* yang diletakkan dalam suatu larutan diberi beda potensial listrik (normalnya berbentuk sinusioda), maka pada plat tersebut akan mengalir arus listrik. Konduktansi suatu larutan akan sebanding dengan konsentrasi ion-ion dalam larutan tersebut. Dan dapat dikatan bahwa terdapat hubungan antara konduktivitas dan juga resistansi. Berikut adalah gambar skema dari sensor TDS yang akan dibuat :



**Gambar 3.4** Diagram blok sensor TDS meter

### 3.6. Minimum Sistem Atmega16

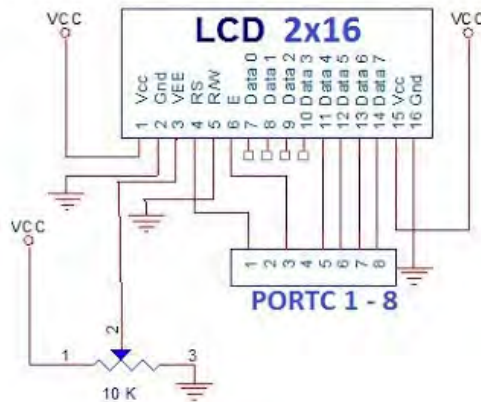
Mikrokontroler ATmega 16 sebagai pengontrol dan pengolah data. Mikrokontroler Atmega16 ini akan menerima data dari sensor TDS dan ultrasonik, dimana data dari sensor TDS dan ultrasonik nantinya akan ditampilkan ke LCD. Berikut merupakan gambar rangkaian minimum system dari ATmega 16 :



Gambar 3.5 Rangkaian minimum sistem Atmega16

### 3.7. Rangkaian LCD

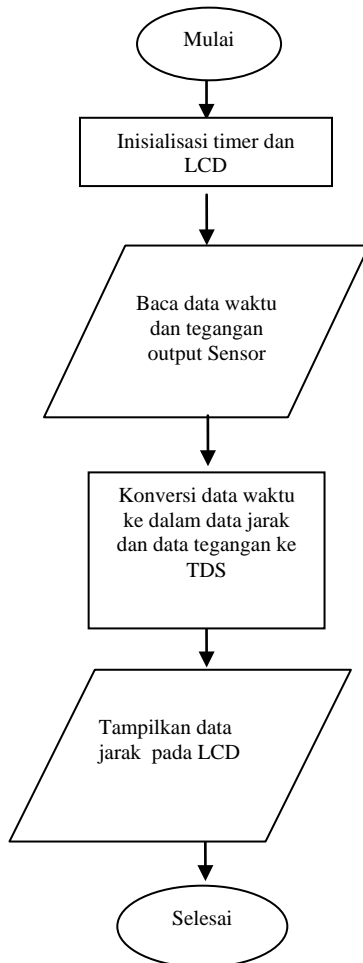
Rangkaian skematik konektor yang dihubungkan dari LCD ke mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 3.6. Pada rangkaian LCD tersebut, terdiri atas Gnd, Vcc, *Contract*, Reset, RW (*Read/write*), *Enable*, DB4-DB7 dan dihubungkan langsung dengan konektor yang kompatibel dengan mikrokontroler. Fungsi pada potensiometer (VR1) pada rangkaian adalah untuk mengatur gelap/terangnya karakter yang ditampilkan pada LCD. Untuk konektor no 1 dan 2 dihubungkan ke *power supply* 5 volt dan *ground*.



**Gambar 3.6** Rangkaian skematik dari LCD ke mikrokontroler

### 3.8. Perancangan Perangkat Lunak

*Perancangan software* digunakan untuk mengolah perubahan sinyal *range* dari sensor (PING))) yang berupa data waktu menjadi sebuah data yang menyatakan jarak dari air yang ada pada tangki air. Serta mengubah sinyal *range* dari rangkaian TDS yang berupa osilator tegangan AC menjadi tegangan DC yang berbanding lurus dengan tingkat kesadahan. Berikut merupakan algoritma dari perancangan perangkat lunak dalam tugas akhir ini :

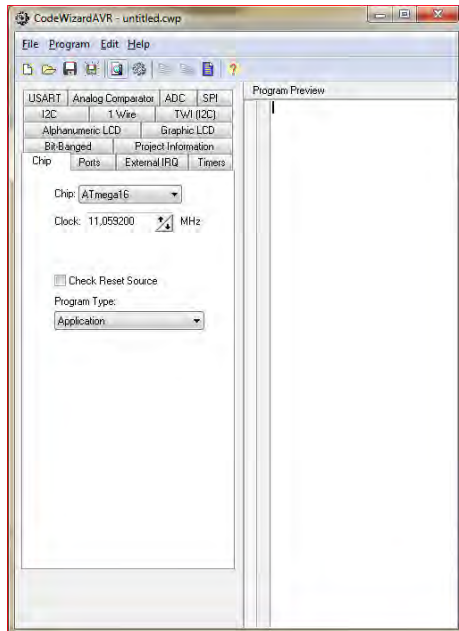


**Gambar 3.7** Diagram alir sistem kontrol level dan kesadahan

Dari kedua *range* sinyal yang telah dikonversikan ini nanti ditampilkan oleh LCD. Alur dari perancangan *software* dinyatakan oleh Gambar 3.6.

Perancangan *software* ini digunakan compiler *Code Vision AVR* yang digunakan untuk meng-*compile* dan

membuat kode hexa yang akan di-*download* ke mikrokontroler. Pada Gambar 3.8 diperlihatkan tampilan editor dari *software CodeVision AVR* yang digunakan untuk mengcompile, membuat kode hexa dan men-*download* ke mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan oleh *Code Vision AVR* adalah bahasa pemrograman C.



**Gambar 3.8** Tampilan editor dari *software CodeVision AVR*

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Pengujian Sensor TDS dan Sensor Level**

Sensor TDS pada tugas akhir ini adalah sensor yang bekerja berbasis pengukuran konduktivitas listrik dengan keluaran analog sedangkan sensor level yang digunakan berupa modul *Ultrasonic Range Detector* (PING))) buatan Parallax. Sensor TDS yang telah dibuat dan sensor level menggunakan (PING))) berbasis ultrasonik ini perlu diuji untuk mendapatkan karakteristik masing-masing sensor pada perlakuan dan lingkungan yang digunakan. Karakteristik yang diperoleh akan digunakan sebagai acuan penggunaan kedua sensor pada sistem kontrol kesadahan air. Metode pengujian dan analisis untuk kedua sensor berbeda, bergantung pada prinsip kerja dan jenis keluaran dari masing-masing sensor.

##### **4.1.1. Pengujian Hardware Sensor TDS**

Pada pembuatan sensor TDS ini dengan menggunakan skema seperti pada Lampiran A, kemudian dilakukan pengondisian sinyal tiap blok dengan menggunakan osiloskop. Keluaran tegangan analog dari rangkaian pengondisi sinyal pada sensor TDS yang telah dibuat sebanding dengan nilai konduktivitas ( $\mu S$ ) atau berbanding terbalik terhadap nilai resistansinya ( $\Omega$ ). Karena nilai konduktivitas berbanding lurus dengan total padatan terlarut (TDS) yang dinyatakan dalam *ppm* maka keluaran sensor dalam tegangan tersebut juga sebanding dengan nilai TDS.

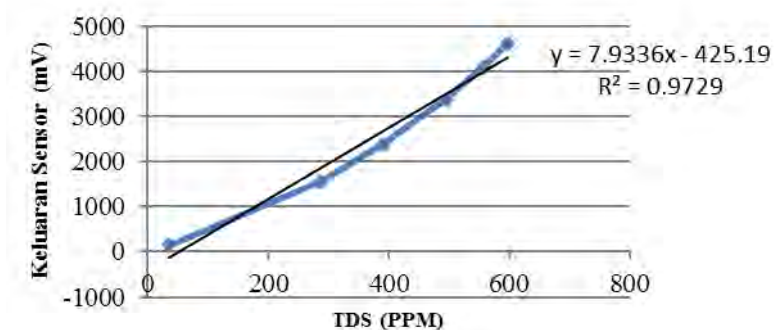
Setelah dilakukan pengondisian sinyal, selanjutnya akan dilakukan proses kalibrasi sensor TDS. Cara pengambilan data kalibrasi dilakukan dengan mencelupkan *probe* yang berdimensi  $2 \times 0,5 \text{ cm}^2$  sebagai elektroda sensor yang kontak langsung dengan medium larutan terukur dengan jarak antar elektrodanya sebesar 1 cm. Memasukkan sensor TDS yang dirancang ke dalam gelas ukur yang telah terukur besarnya nilai TDS dengan menggunakan

alat ukur standar yaitu TDS meter. Dari pengambilan data yang telah dilakukan, diperoleh data kalibrasi sensor seperti pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Data kalibrasi sensor TDS

<i>Sample</i>	<b>Keluaran Sensor (mV)</b>	<b>Kalibrator</b>	
		<b>Cond (<math>\mu\text{S/cm}</math>)</b>	<b>TDS (ppm)</b>
1	151,37	73,3	36,5
2	1557,62	576	288
3	2387,7	782	391
4	3388,67	989	495
5	4091,68	1116	557
6	4638,67	1194	598

Dari nilai rata-rata pada Tabel 4.1 terlihat bahwa hasil pembacaan sensor dalam bentuk tegangan yang tertera pada LCD ini memiliki kenaikan setiap kenaikan tingkat *ppm*. Data *ppm* yang didapatkan ini nantinya dapat digunakan untuk menentukan karakteristik sensor TDS yang telah dibuat. Berikut grafik hubungan *ppm* dan tegangan terlihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.1** Grafik hubungan keluaran sensor dan TDS

Dari hubungan grafik pada Gambar 4.1 maka dapat diketahui karakteristik dari sensor TDS yang dibuat. Dapat dianalisa bahwa antara keluaran sensor dengan TDS hubungan sebanding. Jadi ketika besar kadar TDS naik maka tegangan yang dihasilkan juga ikut naik, begitu pula sebaliknya, ketika TDS turun maka tegangan yang dihasilkan juga akan turun. Besar sensitivitas alat yang dibuat adalah 7,933 mv/ppm. Hal ini menunjukkan bahwa sensor TDS yang telah dibuat ini memiliki sensitivitas yang baik karena perubahan tegangan dalam ppm menunjukkan perubahan yang setara dengan ppm. Hal ini ditunjukkan ketika ppm besar maka tegangan yang dihasilkan oleh keluaran sensor juga besar. Setelah didapatkan data kalibrasi dan juga sensitivitas, maka alat dapat digunakan untuk mengukur kadar ppm pada jenis air dengan kadar yang berbeda.

Kemudian dilakukan variasi *probe* yang digunakan, dengan menggunakan *probe jack* RCA kuningan dan *probe jack* RCA *stainless steel*. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa *probe jack* RCA kuningan lebih baik dibandingkan dengan *probe* yang dibuat dari *jack* RCA *stainless steel*. Hal ini dikarenakan tegangan yang terbaca oleh *probe jack* RCA kuningan lebih stabil ketika dilakukan pengulangan selama lima hari pengambilan data, jika dibandingkan dengan *probe jack* RCA *stainless steel* hasilnya lebih stabil dan mendekati nilai sebenarnya ketika dibaca dengan TDS meter kalibrator. Hasil pengukuran dengan menggunakan kedua *probe* secara lengkap disajikan pada Lampiran B-1. Tabel 4.2 berikut melihat nilai rata-rata tegangan hasil pembacaan kedua *probe*.



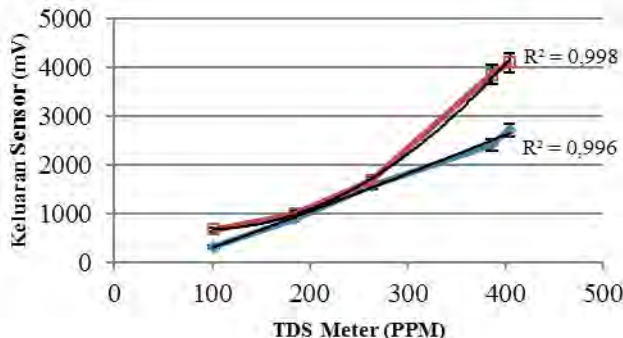
**Tabel 4.2** Nilai tegangan yang dihasilkan oleh *jack RCA stainless steel* dan *probe jack RCA kuningan*

No.	TDS (ppm)	Tegangan V* (volt)	Tegangan V <sup>+</sup> (volt)
1	102	320,26±200,08	678,42±0,21
2	184	895,52±235,95	998,67±0,11
3	263	1576,62±190,43	1683,33±5,60
4	386	2414,86±262,29	3853,90±0,11
5	404	2712,02±212,84	4091,24±1,10

Keterangan : \*Stainless steel +Kuningan

Pada Tabel 4.2 ini dapat dilihat bahwa ada perbedaan ketika menggunakan *probe* kuningan dan juga *probe stainless steel*. Hal ini dikarenakan pada *probe* kuningan mempunyai daya hantar yang kuat dari pada *probe stainless steel*. Maka ketika dialiri tegangan listrik, daya hantar arus yang lebih besar terjadi pada *probe* kuningan, dan menjadikan keluaran sensor dalam bentuk tegangan dapat terbaca lebih besar pula.

Dari Tabel 4.2 diatas dapat dibuat grafik untuk membandingkan nilai rata-rata tegangan keluaran antara *probe stainless steel* dan *probe* kuningan. Grafik perbandingannya seperti pada Gambar 4.2.



**Gambar 4.2** Grafik perbandingan *probe stainless steel* (◇) dan *probe* kuningan (□)

#### 4.1.2. Karakterisasi Sensor TDS

*Probe* yang digunakan sebagai sensor TDS adalah *probe* kuningan, dan untuk melihat kepresisian alat yang dirancang ini maka dilakukan pengambilan data selama 5 hari. Maka diperoleh data seperti pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Data pengujian sensor TDS selama 5 hari

TDS ( <i>ppm</i> )	Pengujian hari ke-					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
100	95,72	99,9	101,57	99,57	95,72	98,50
200	197,39	196,2	199,45	198,45	197,38	197,77
300	293,64	313,21	297,15	293,54	293,54	298,22
400	397,93	419,53	401,47	377,93	383,82	396,14
500	498,82	499,8	501,24	497,69	500,95	499,70
600	601,36	601,36	583,18	583,18	583,18	590,45

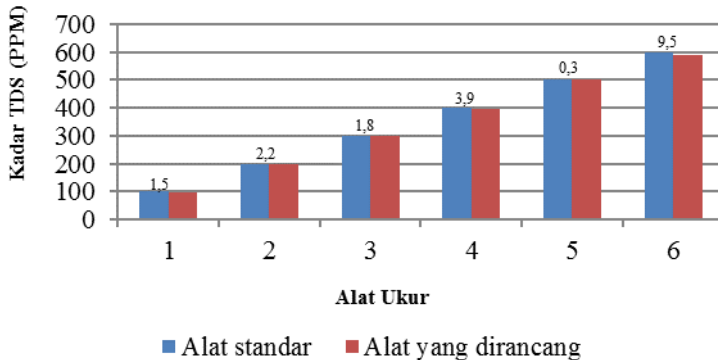
Dari data yang diperoleh, didapatkan nilai *error* rata-rata sebesar 0,97 %. Dan mempunyai *standart* deviasi sebesar 6,68. Sehingga dapat dikatakan bahwa sensor TDS yang dibuat ini cukup akurat serta mempunyai nilai kepresisian yang tinggi.

Kemudian didapatkan hasil perbandingan antara uji sensor TDS dengan TDS meter *standart*. Tabel 4.4 adalah data yang diperoleh beserta *standart* deviasinya.

**Tabel 4.4** Data uji alat terhadap alat acuan

No.	TDS ( <i>ppm</i> )	
	Alat <i>standart</i>	Alat yang dirancang
1	100	98,50 ± 1,50
2	200	197,77 ± 1,11
3	300	298,22 ± 0,59
4	400	396,14 ± 0,97
5	500	499,70 ± 0,06
6	600	590,45 ± 1,59

Untuk melihatkan lebih detail dari hasil pembacaan alat yang dirancang dengan alat standar maka dapat dibuat grafik selisih pembacaan sebagai berikut :



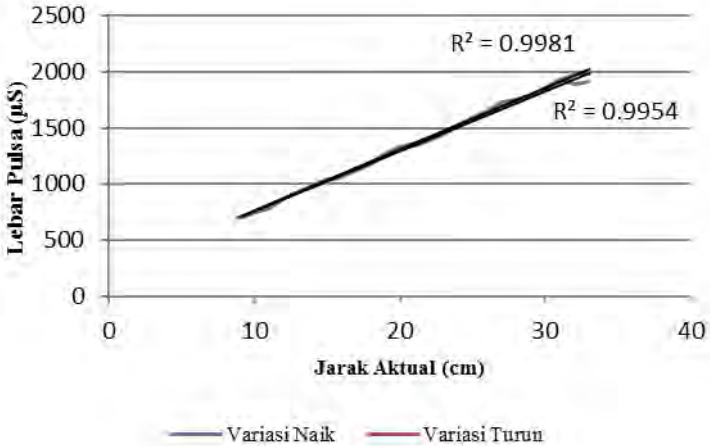
**Gambar 4.3** Grafik pembacaan alat standar dengan alat yang dirancang

Selisih pembacaan alat *standart* dan alat ukur yang dirancang menghasilkan nilai terkecil sebesar 0,3 ppm pada konsentrasi 500 ppm dan terbesar sebesar 9,5 ppm pada konsentrasi 600 ppm. Dari hasil Gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa alat yang dibuat mampu dan bekerja dengan baik untuk rentang pengukuran dari 100 – 500 ppm dengan rata-rata beda pembacaan dengan alat standard adalah sebesar 1,94 ppm dengan nilai tertinggi terjadi pada pengukuran 400 ppm yaitu sebesar 3,9 ppm. Gambar 4.3 juga menunjukkan bahwa untuk tiap pengukuran alat yang dibuat mempunyai kesalahan tertinggi 1,59% pada 600 ppm untuk rentang 100 – 600 ppm, hal ini memberi bukti yang kuat bahwa alat yang dibuat mampu bekerja dengan baik dan mempunyai kesalahan pembacaan tertinggi 1,59% jika dibandingkan dengan alat standar.

#### 4.1.3. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengukuran level air dilakukan dengan prinsip pengukuran jarak menggunakan sensor PING))). Sensor PING)))

berbasis ultrasonik pada tugas akhir ini memiliki beberapa spesifikasi di antaranya adalah kemampuan mengukur jarak pada range 3 cm s/d 3 m dengan konsumsi daya kecil, maksimum konsumsi arus sebesar 35 mA pada tegangan supply 5VDC sesuai manual *datasheet*. Hasil karakterisasi akan berbeda untuk setiap jenis perlakuan (seperti pemasangan dan pengoperasian) pada sensor juga oleh pengaruh lingkungan. Pada manual *datasheet* tersebut juga tidak diberikan data karakteristik sensor secara detail sehingga sensor ini perlu dikarakterisasi. Pada tugas akhir ini sensor PING))) dikarakterisasi pada tangki kaca akrilik berukuran  $10,5 \times 35 \times 0,03 \text{ cm}^3$  yang telah dipersiapkan untuk proses kontrol TDS. Sensor diletakkan pada posisi 34 cm dari dasar tangki dengan desain level 100%-nya adalah pada posisi 25 cm dari dasar tangki, atau berada 4 cm dibawah lubang pipa saluran. Berdasarkan manual *datasheet* PING))), sensor ini menghasilkan keluaran pulsa tegangan level TTL dengan lama pulsa yang sebanding dengan waktu penjarangan gelombang ultrasoniknya. Untuk itu dilakukan pengukuran lebar pulsa dalam mikro sekon dari sensor ini dengan variasi ketinggian air pada tangki yang diukur menggunakan penggaris. Akuisisi data lebar pulsa ini memanfaatkan mikrokontroler Atmega16 sebagai *timer/counter* yang telah terprogram. Hasil pengukuran seperti yang tertulis pada Lampiran B-2 dapat dibuat grafik hubungan sebagai berikut :



**Gambar 4.4** Grafik hubungan lebar pulsa PING))) dan jarak

Warna biru menunjukkan ketika level sedang mengalami kenaikan sedangkan warna merah adalah ketika level sedang mengalami penurunan. Lebar pulsa dari sensor PING))) yang terbaca perlu dikonversi ke dalam jarak agar dapat dilakukan pengkalibrasian menggunakan persamaan berikut:

$$s = 0.0344 \times (t/2) \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan s adalah jarak air ke sensor PING))) dalam cm, 0.0344 kecepatan rambat suara di udara dalam cm/μS, dan t adalah lebar pulsa keluaran sensor. Dari jarak s yang didapat dari Persamaan 4.1 di atas didapatkan level air tangki dalam cm.

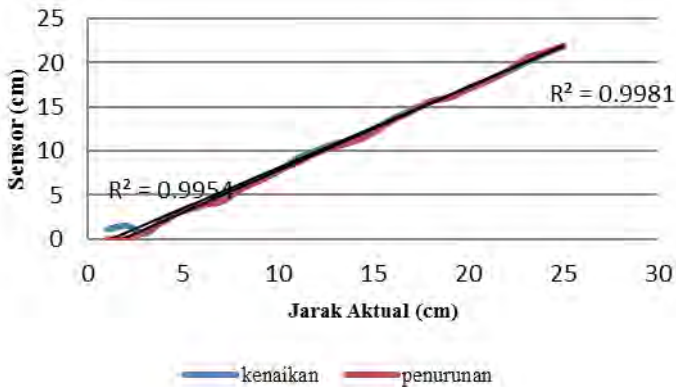
Dengan mengukur level air menggunakan penggaris dan PING))) pada variasi 1–25 cm naik dan turun didapatkan data perbandingan level air terbaca dengan level air sebenarnya yang disajikan pada Tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Hasil pembacaan level tangki

<b>Level Tangki Penggaris (cm)</b>	<b>Level PING))) (cm)</b>	
	<b>Variasi Naik</b>	<b>Variasi Turun</b>
1	0.65	0.84
2	2.44	2.04
3	3.23	3.34
4	3.83	3.9
5	4.93	4.23
6	5.82	5.62
7	6.72	6.62
8	7.71	7.81
9	9.21	8.71
10	10.1	9.8
11	10.9	10.5
12	11.2	11.1
13	12.49	12.09
14	13.69	13.49
15	14.68	14.48
16	15.68	15.68
17	16.17	16.07
18	17.17	17.07
19	18.06	17.97
20	18.96	19.06
21	20.06	20.55
22	21.05	21.25
23	21.95	21.95
24	22,89	22,85
25	23,99	23,99

Level yang terbaca oleh sensor PING))) berbeda dari level aktual penggaris dengan rata-rata nilai pembacaan yang

lebih kecil baik pada variasi naik maupun variasi turun. Dari Tabel 4.5 dapat grafik hubungan serta persamaannya seperti pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.5** Grafik hubungan sensor PING))) dan kalibrator

#### 4.1.4. Karakterisasi Sensor Ultrasonik

Prinsip kerja sensor PING))) ini adalah dengan membangkitkan gelombang ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz oleh *transmitter* untuk dipancarkan ke objek dan menghasilkan pulsa gelombang kotak dengan lebar yang sama dengan waktu mulai sesaat setelah gelombang ultrasonic tersebut di pancarkan hingga kembali ke *receiver*. Dari waktu ini kemudian dapat dikonversi kedalam satuan jarak yaitu *centimeter* (cm) dari sini didapatkan hubungan antara waktu dan jarak. Kemudian ketika digunakan dalam pengukuran ketinggian tabung didapatkan hasil yang relatif sama dengan jarak sebenarnya maka dapat dikatakan bahwa sensor PING))) ini cukup akurat ketika digunakan sebagai sensor level yang bekerja pada ketinggian lebih dari 3cm. Hal ini menunjukkan bahwa keakuratan dari sensor ini cukup kecil ketika digunakan dalam tempat yang sedang sesuai dengan *range* kinerja sensor.

#### 4.2. Pengujian Kontrol

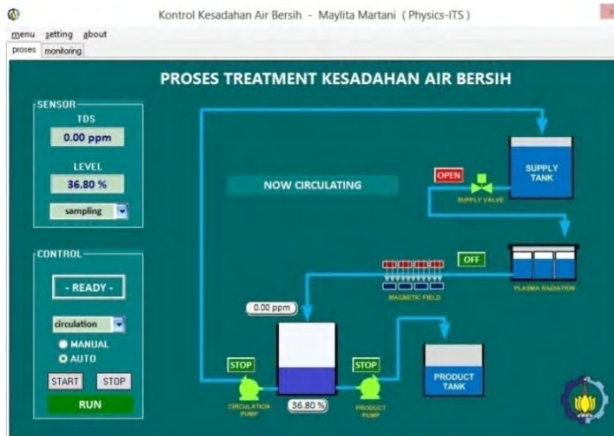
Telah dibangun sebuah *mini plant* proses dengan *treatment* kesadahan air menggunakan medan magnet dengan skema *mini plant* seperti pada Lampiran A. Alur proses *treatment* yang dirancang adalah dengan mensirkulasi air yang mula-mula berkesadahan tinggi dari *supply tank* menuju *measurement tank* dan kembali lagi ke *supply tank* melewati medan magnet sehingga didapatkan penurunan kesadahan air. Jika nilai kesadahan air telah berada di bawah *set point* kesadahan yang diharapkan maka kemudian dilakukan proses penyimpanan air.

Pengoperasian proses kesadahan pada *mini plant* secara manual dapat mempersulit operator dalam mengendalikan proses sekaligus memonitor kesadahan air pada proses tersebut. Untuk itu dirancang sistem kontrol otomatis yang berfungsi mengendalikan proses kesadahan dan memonitornya. Terdapat 3 (tiga) kontrol proses yang dirancang yaitu kontrol sirkulasi, kontrol penyimpanan, dan kontrol kesadahan. Kontrol sirkulasi berfungsi mengalirkan air dari *supply tank* ke *measurement tank* dan kembali ke *supply tank* dengan adanya kontrol level pada *measurement tank* dan mematikan *treatment* medan magnet. Kontrol penyimpanan berfungsi mengalirkan air proses dari *supply tank* dan *measurement tank* ke tangki *product* untuk penyimpanan. Sedangkan kontrol TDS adalah gabungan kontrol sirkulasi dan *storage* dengan menyalakan *treatment* medan magnet dan mengukur kesadahan air. Flowchart logika ketiga kontrol proses seperti pada Lampiran A. Metode kontrol yang digunakan adalah kontrol *on-off* otomatis.

Secara keseluruhan sistem kontrol digambarkan dalam diagram blok pada Lampiran A. sensor TDS yang telah dibuat digunakan dalam mengukur kesadahan air proses pada tangki *measurement*. Elektroda sensor ditempatkan di dalam tangki pada posisi 10 cm dari dasar tangki. Pengukuran TDS dilakukan pada level tangki konstan untuk meminimalisir adanya gangguan akibat aliran air proses. Sedangkan sensor jarak (PING)) digunakan untuk pengukuran level tangki *measurement* setiap saat dalam %.

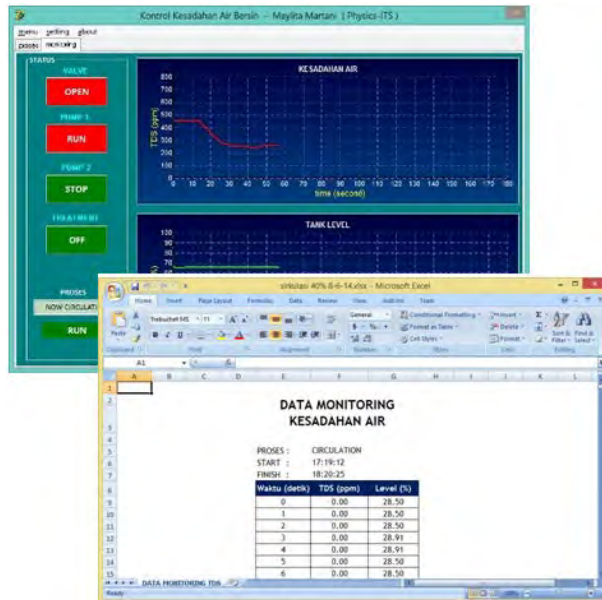


Mikrokontroler Atmega16 digunakan sebagai pusat kontrol dan *software* PC berbasis *Delphi 7* untuk antarmuka operator (*HMI*).



**Gambar 4.6** Tampilan halaman pengamatan data

Untuk memudahkan *monitoring* kesadahan dan status proses yang sedang berjalan telah dibuatkan *tab monitoring* dengan penyimpanan otomatis pada *sheet microsoft excel 2007*.



Gambar 4.7 Tampilan *monitoring* dan akuisisi data

#### 4.2.1. Proses Sirkulasi

Penggunaan kontrol sirkulasi pada proses bertujuan untuk mengalirkan air proses dengan aliran (*flow*) stabil dengan menjaga level pada tangki *measurement*. Sensor sebagai *input* kontrol adalah sensor jarak (PING)) sedangkan aktuator sebagai *output* kontrol adalah *valve* dan pompa sirkulasi. Kontrol level yang didesain adalah kontrol *on-off* dengan pengukuran level yang kontinyu sehingga diberikan *set point* level dan batas atas-bawah untuk *switching on* dan *off* pompa sirkulasi. Batas atas adalah *set point* level ditambah 5% sedangkan batas bawah sama dengan *set point*. Secara sederhana logika kontrolnya adalah jika level lebih besar atau sama dengan batas atas maka pompa sirkulasi menyala sampai level turun menjadi sama dengan batas bawah dan bila level berada dibawah batas bawah maka pompa sirkulasi berhenti sampai level bertambah hingga lebih dari batas atas. Logika kontrol level seperti pada Lampiran A.

Akibat adanya *on-off* kontrol pada level ini maka level aktual tidak dapat terjaga persis sama dengan *set point* level yang diberikan dengan kata lain masih terjadi *error* pada kontrol. Gambar *monitoring* level pada saat penjagaan level sebesar 40% 60% dan 80% masih menunjukkan adanya riak level di sekitar nilai *set point*. Nilai *error* paling besar terjadi untuk penjagaan level sebesar 40%, hal ini karena level berada dekat pompa sirkulasi yang mengakibatkan turbulensi air pada tangki. Akibatnya level menjadi kurang stabil. *Error* kontrol terbesar dari ketiga *set point* level yang diamati adalah sebesar 2,26%. Secara keseluruhan kontrol level yang telah dibuat ini dapat bekerja dengan baik karena *overshoot* akibat *on-off control* pada sistem dibawah 10%.



Gambar 4.8 Hasil *monitoring* level pada proses sirkulasi

#### 4.2.2. Proses *Storage*

Proses *storage* berfungsi menyimpan air hasil proses *treatment* pada tangki *product*. Pada proses ini *valve* pada posisi

buka, pompa sirkulasi berhenti, dan pompa *storage* menyala. Proses akan berhenti jika tombol start pada panel kontrol ditekan. Pada proses ini air *treatment* pada tangki supply dan tangki measurement akan dikuras. *Monitoring* pada saat proses *storage* sebagai berikut:

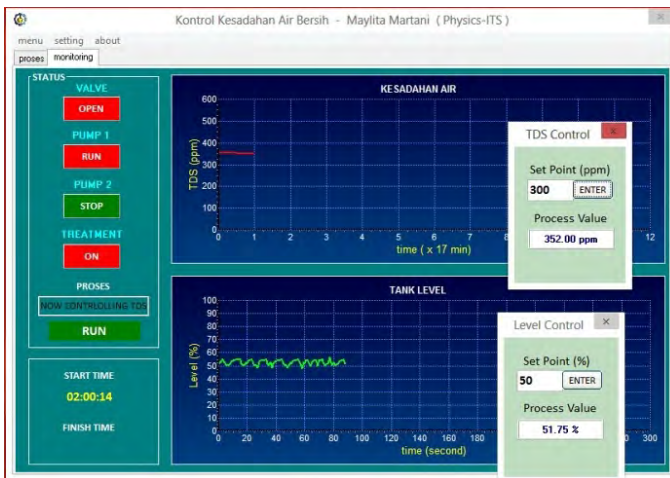


**Gambar 4.9** Pengukuran level tangki pada proses *storage*

#### 4.2.3. TDS Control

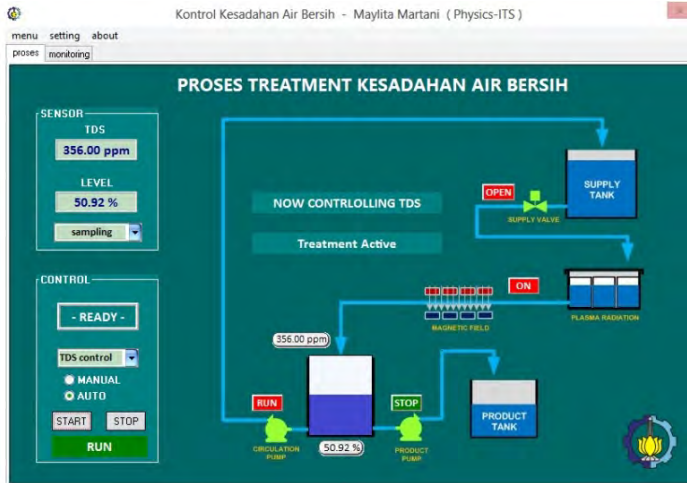
Pada proses TDS kontrol ini merupakan gabungan dari proses sirkulasi dan proses *storage* yang didalamnya terdapat *treatment* pelucutan elektron dan medan magnet. Namun pada kenyataannya ketika dilakukan proses TDS *control* ini tidak bisa dilakukan bersamaan dengan proses *treatment* yang berupa pelucutan elektron. Hal ini dikarenakan adanya induksi dari pelucutan elektron yang mengenai ke sensor ultrasonik sehingga pembacaan pulsa yang dilakukan oleh sensor ultrasonik terganggu, dan menyebabkan kontrol level gagal. Kemudian untuk mengantisipasi hal tersebut dilakukan pemutusan *treatment* pelucutan elektron, sehingga *treatment* yang dilakukan hanya medan magnet saja. Menurut penelitian sebelumnya dengan proses medan magnet sudah dapat mengurangi kandungan kadar  $\text{CaCO}_3$  dalam air dengan prosentase yang cukup besar. Sehingga

hanya dilakukan *treatment* medan magnet dalam pengambilan data TDS *control* dalam tugas akhir ini. Sampel yang dilakukan untuk pengambilan data TDS *control* adalah 356 ppm diturunkan menjadi 300 ppm. Dalam pengambilan data ini dibutuhkan waktu  $\pm 2$  jam. Pengambilan data dimulai dengan inisialisasi awal *set point* level pada ketinggian 50% dan *set point* TDS pada kadar 300 ppm.

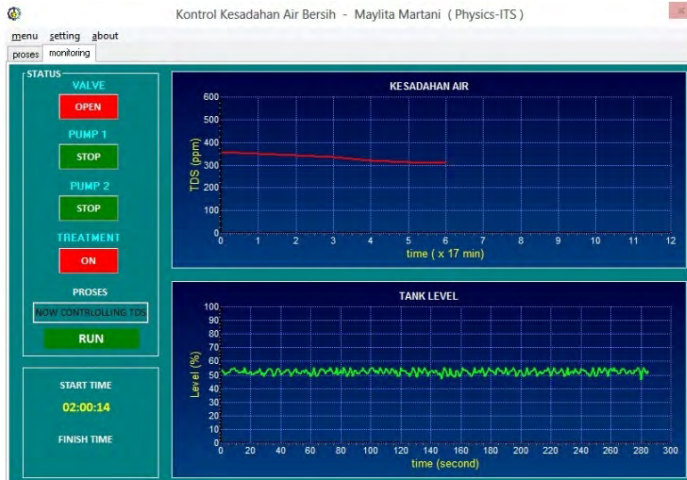


**Gambar 4.10** Tampilan *set point* TDS *control*

Ketika proses berlangsung akan terlihat *monitoring* pada saat proses kontrol level TDS seperti pada Gambar 4.11 dan 4.12.

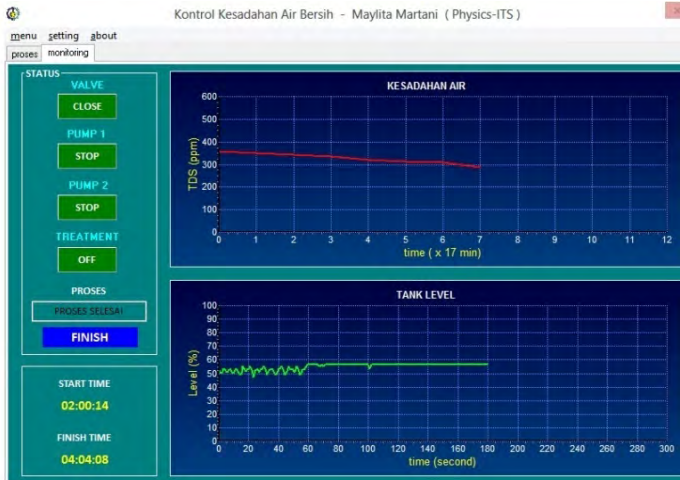


**Gambar 4.11** Tampilan TDS control ketika treatment aktif



**Gambar 4.12** Tampilan monitoring level dan TDS ketika proses TDS control

Dari Gambar 4.12 didapatkan bahwa selama proses level dan konsentrasi kesadahan akan ter-*monitoring* dalam software yang dibuat. Dapat dilihat pada *monitoring* kesadahan didapatkan bahwa terjadi penurunan kadar setiap 15 menit pengukuran. Sedangkan keadaan level air dalam kondisi yang stabil, dimana ada kenaikan ini disebabkan karena pompa dan *valve* yang selalu *on-off* ketika level berubah 50%. Setelah proses selama  $\pm 2$  jam kesadahan air sudah menurun dan didapatkan hasil sesuai dengan *set point* awal, maka proses akan berhenti secara otomatis seperti Gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Tampilan *monitoring* ketika proses TDS *control* selesai

Dari data *monitoring* tersebut terlihat ketika proses sudah selesai proses dan tidak ada aktuator yang aktif maka level terjaga stabil di posisi 50–60 %. Proses selanjutnya adalah adalah penyimpanan untuk memindahkan air dari *supply tank* dan *measurement tank* ke *product tank* sebagai produk akhir dari mesin proses yang dibuat.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan menjadi beberapa *point* penting :

1. Sistem sensor TDS dibuat dengan prinsip konduktivitas menggunakan *probe* kuningan dan *stainless steel*. Hasil menunjukkan bahwa sensor TDS yang terbuat dari probe kuningan menghasilkan pembacaan yang lebih sensitif dan akurat dibandingkan dengan probe *stainless steel* dengan *error* maksimal sebesar 1,59%.
2. Sensor TDS yang dibuat dapat untuk mengukur kesadahan hasil pengolahan air yang mengandung  $\text{CaCO}_3$  dengan jangkauan 0 – 600 ppm.
3. Sistem sensor level yang digunakan dapat bekerja dalam tangki dengan jangkauan pengukuran 3 – 25 cm dengan *error* sebesar 0,05%.
4. Sistem kontrol otomatisasi yang dibuat dapat bekerja untuk proses sirkulasi dengan set point level 40–80% dan penyimpanan dengan set point level 40%. Serta kontrol TDS dapat diatur sesuai dengan nilai TDS (*ppm*) larutan hasil yang diinginkan.

#### **5.2 Saran**

Untuk penelitian selanjutnya disarankan dibuat sensor level selain dari sensor ultrasonik yang dapat bekerja secara optimal saat ada efek tegangan tinggi pada proses pendedapan  $\text{CaCO}_3$  dalam air dengan metode pelucutan elektron.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G. dan Sri Sumestri Santika. 1987. *Metode Penelitian Air. Usaha Nasional*. Surabaya.
- Albert, P, Malvino. 1994. *Prinsip-prinsip Dasar Elektronika*. Erlangga. Jakarta
- Andrianto, Heri. 2008. *Pemrograman mikrokontroler AVR Atmega16*. Informatika. Bandung.
- Data Sheet Book. 2002. Atmega16
- Data Sheet Book. 2002. Ping
- Freden, Jacob. 2003. *Handbook Of Modern Sensor, Physics, Designs, and Application*. Springer. San Diego USA.
- Giancoli, D.C. 1997. *Physics*. Terjemahan oleh Cuk Irmawan dkk. Erlangga. Jakarta
- Ian R, Sinclair. 1988. *Sensor and Tranduser A Guide for Technicians*. Great Britain. Newres.
- Kusnaedi. 2002. *Mengolah Air Gambut dan Air Kotor untuk Air Minum*. Penerbit Swadaya. Jakarta.
- Lailiyah, Q., Apriliani, N. & Mstuki 2011. *Identifikasi dan Karakterisasi Batub Kapur Tuban untuk Pengembangan Produk  $CaCO_3$* . Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. “*Teknik Kontrol Automatik jilid 1 edisi kedua*”. Erlangga. Jakarta
- Putro, dan Endarko. 2013. *Pengaruh Variasi Penempatan Kutub Medan Magnet terhadap Pengurangan Kadar  $CaCO_3$  dalam Air*. Jurusan Fisika FMIPA ITS. Surabaya.
- Sawyer, Clair N. and Perry L. McCarty. 1994. *Chemistry for Environmental Engineering 3<sup>rd</sup> edition*. Mc Graw-Hill Book Company. New York.
- Tooley, Mike. 2002. *Rangkaian Elektronik, Prinsip dan Aplikasinya*. Erlangga. Jakarta

- Trisnobudi, A. 2001. *Aplikasi Ultrasonik*. Teknik Fisika ITB. Bandung
- Waluyanti, Sri dkk. 2008. *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran*. Penerbit direktorat pembinaan sekolah menengah kejuruan.
- Widodo, Sigit 2005. *Elektronik Digital dan Mikroprosesor*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- WHO. 2004. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Third Edition. Volume 1 : Recommendation. Geneva.

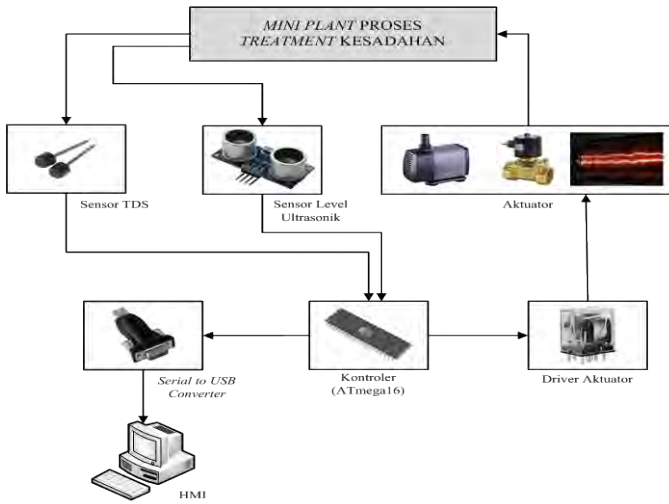
## BIODATA PENULIS



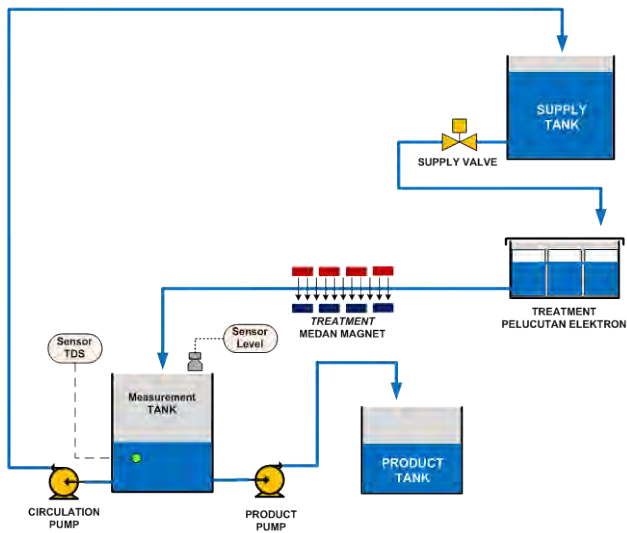
Maylita Martani lahir di Sragen, 22 Mei 1992, adalah anak kedua dari dua bersaudara pasangan Bapak Martono dan Ibu Suyati. Penulis menempuh pendidikan di TK Pertiwi Sragen, SDN 1 Bener Sragen, SMPN5 Sragen dan SMAN 1 Sragen. Penulis masuk di Jurusan Fisika ITS pada tahun 2010 melalui jalur PMDK Prestasi. Bidang minat yang ditekuni oleh penulis selama kuliah adalah bidang Elektronika dan Instrumentasi. Semasa kuliah

penulis aktif dalam beberapa organisasi kemahasiswaan dan PKM. Penulis sempat aktif sebagai staff Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMASIKA) periode 2011/2012, dan Sekretaris Umum Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) ITS 2012/2013. Penulis juga aktif mengikuti seminar, pelatihan dan kepanitiaan kegiatan, antara lain Seminar Ekatjipta Bangun Desa 2011, Pelatihan Motivator and Character Building 2012, Indonesian Leadership Camp (ILC) 2012, WEIP Bengkel Instrument, Latihan Ketrampilan Manajemen Mahasiswa pra-Tingkat Dasar (LKMM pra-TD) sampai Latihan Ketrampilan Mahasiswa Tingkat Lanjut (LKMM TL), kepanitiaan Gebyar Fisika, serta beberapa lagi yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Penulis juga menjadi asisten Laboratorium Praktikum Fisika Dasar, asisten Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi. Apabila ingin berdiskusi lebih jauh terkait Tugas Akhir dapat menghubungi penulis melalui : [mm.myta@gmail.com](mailto:mm.myta@gmail.com)

## LAMPIRAN A : Gambar Hardware

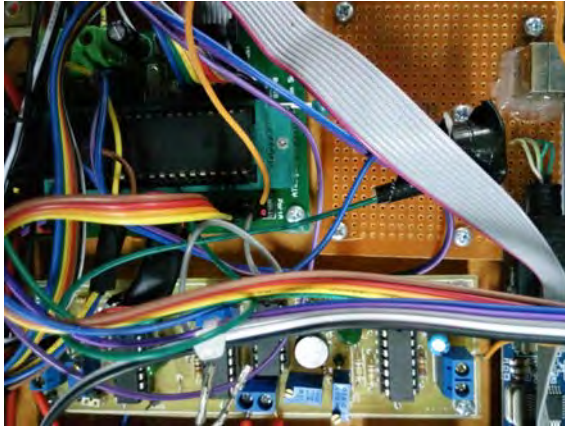


Gambar a. Blok sistem kontrol

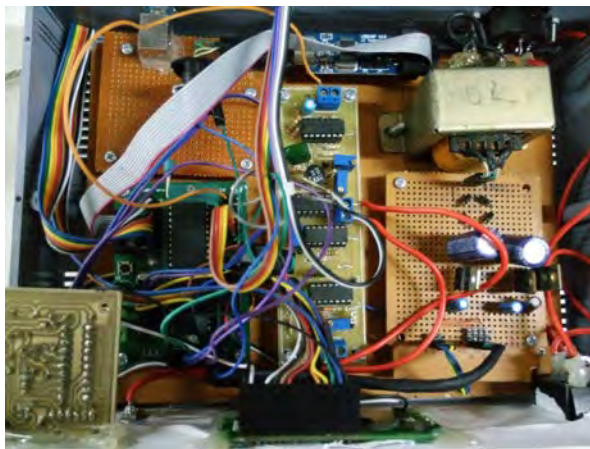


Gambar b. Miniplant proses treatment





**Gambar e.** Blok sensor TDS dan mikro Atmega16

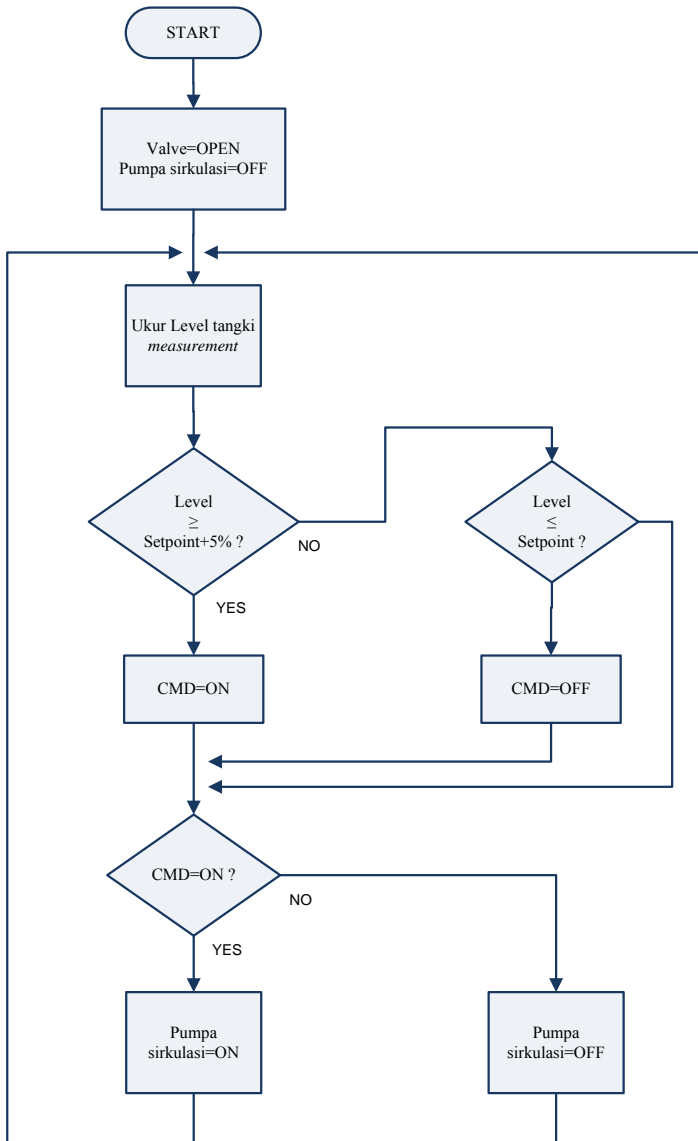


**Gambar f.** Blok kontroler

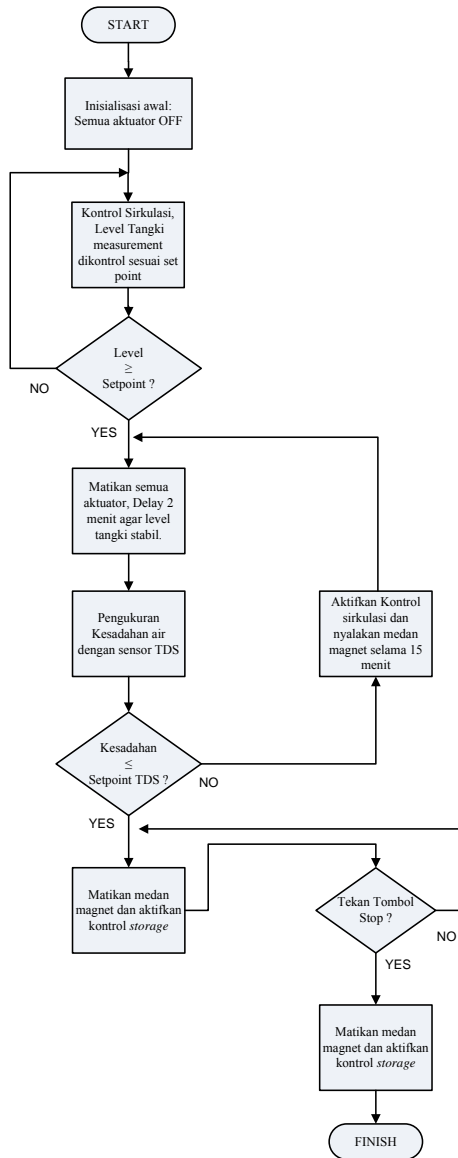


**Gambar g.** *Blok aktuator*





**Gambar h.** *Flowchart proses sirkulasi*



**Gambar i.** *Flowchart kontrol TDS*

## LAMPIRAN B : Data Sensor TDS dan Sensor Level

### Lampiran B-1 Data Sensor TDS

Sample	Hari ke-	TDS (PPM)	Konduktivitas ( $\mu S$ )	Output Sensor (mV)	
				<i>Stainless steel</i>	Kuningan
1	1	102	204	483,4	678,27
	2	102	204	483,4	678,27
	3	102	204	429,7	678,27
	4	102	204	102,4	678,65
	5	102	204	102,4	678,65
2	1	184	369	1069,3	998,75
	2	184	369	1074,3	998,75
	3	184	369	1020,3	998,75
	4	184	369	781,4	998,54
	5	184	369	532,3	998,54
3	1	263	532	1762,7	1687,42
	2	263	532	1799,2	1687,42
	3	263	532	1474,7	1687,42
	4	263	532	1464,8	1677,2
	5	263	532	1381,7	1677,2
4	1	386	772	2592,8	3853,98
	2	386	772	2617,2	3853,98
	3	386	772	2436,3	3853,98
	4	386	772	2460,4	3853,78
	5	386	772	1967,6	3853,78
5	1	404	809	2949,7	4092,04
	2	404	809	2934,6	4092,04

	3	404	809	2592,8	4092,04
	4	404	809	2504,1	4090,04
	5	404	809	2578,9	4090,04

### Lampiran B-2 Data Sensor Level PING)))

Jarak Air ke Sensor (cm)	Lebar Pulsa Ping))) (us)	
	Variasi Level Air Naik	Variasi Level Air Turun
9	700.58	700.58
10	752.91	741.28
11	810.47	781.98
12	874.42	868.60
13	926.74	931.98
14	978.49	984.30
15	1036.63	1042.44
16	1065.12	1065.12
17	1123.26	1134.88
18	1180.81	1192.44
19	1250.58	1273.84
20	1325.58	1331.40
21	1343.02	1366.28
22	1389.53	1406.98
23	1441.28	1470.35
24	1528.49	1522.67
25	1586.05	1591.86
26	1638.37	1650.00
27	1690.12	1730.81

28	1754.07	1750.00
29	1788.95	1782.56
30	1834.88	1858.14
31	1938.95	1927.91
32	1887.21	1976.74
33	1910.47	1976.74

### Lampiran B-3 Data Kontrol Level

#### B-3.1 Set Point 40%

PROSES : CIRCULATION

START : 1:33:18

FINISH : 1:43:03

Waktu (detik)	TDS (ppm)	Level (%)
93	137,08	39,71
94	139,34	39,71
95	137,08	40,12
96	137,65	38,46
97	139,34	38,88
98	139,91	40,54
99	139,91	40,95
100	142,74	40,95
101	139,91	41,37
102	138,78	41,37
103	141,61	41,37
104	142,74	41,37
105	140,48	40,12

106	138,21	40,12
107	139,91	40,12
108	142,18	40,54
109	138,78	41,78
110	138,78	41,78
111	137,08	42,61
112	138,21	42,61
113	141,04	43,03
114	139,91	43,03
115	141,04	43,03
116	140,48	43,45
117	138,78	43,45
118	137,65	41,78
119	137,65	41,78
120	133,11	42,20
121	134,00	41,78
122	141,04	41,78
123	137,08	44,28
124	138,21	44,69
125	138,78	44,69
126	138,21	44,69
127	124,62	45,11
128	121,79	43,03
129	123,48	40,54
130	120,09	41,37

**B-3.2 Set Point 60%**

PROSES : CIRCULATION

START : 1:47:03

FINISH : 1:57:06

Waktu (detik)	TDS (ppm)	Level (%)
197	111,59	61,30
198	112,72	61,30
199	115,56	61,30
200	118,39	61,72
201	116,12	58,81
202	120,09	58,81
203	121,79	58,81
204	122,35	60,89
205	120,65	61,30
206	114,99	62,96
207	117,00	62,96
208	107,63	63,38
209	114,99	63,38
210	116,12	63,38
211	117,25	60,47
212	113,86	60,47
213	118,39	60,89
214	117,82	62,13
215	111,02	62,96
216	103,09	62,96

217	113,29	64,62
218	93,03	65,04
219	97,05	62,55
220	106,49	59,23
221	106,49	60,89
222	111,02	63,38
223	106,49	61,72
224	89,69	65,04
225	111,02	59,23
226	116,12	61,72
227	107,06	64,62
228	97,05	62,96
229	98,39	60,89
230	112,72	58,81
231	112,72	60,47
232	96,38	65,04
233	96,38	62,96
234	111,59	58,40
235	111,59	60,47
236	115,56	64,62
237	100,83	65,04
238	109,89	62,96
239	105,36	60,47
240	114,99	59,23
241	115,56	60,47
242	101,96	65,04



**B-3.3 Set Point 80%**

PROSES : CIRCULATION

START : 2:14:25

FINISH : 2:22:35

Waktu (detik)	TDS (ppm)	Level (%)
264	111,02	80,40
265	117,25	80,40
266	115,56	80,40
267	117,82	80,82
268	114,42	80,82
269	109,89	81,23
270	109,89	81,23
271	110,46	81,23
272	112,72	81,23
273	117,82	81,65
274	114,99	82,07
275	117,82	82,48
276	119,52	82,07
277	121,79	82,48
278	116,12	82,07
279	117,82	82,48
280	120,65	82,90
281	121,79	82,90
282	123,48	83,31
283	124,05	83,73

284	126,88	83,31
285	124,62	84,14
286	122,35	84,14
287	119,52	83,73
288	126,32	84,14
289	125,18	84,56
290	126,88	84,97
291	130,85	84,97
292	125,75	85,39
293	112,16	84,14
294	102,53	82,07
295	103,09	81,23
296	120,65	79,99
297	122,35	81,65
298	111,59	82,07
299	110,46	82,90
300	114,50	84,14
301	112,72	84,14
302	114,99	83,73
303	111,59	84,14
304	112,72	84,56
305	111,59	84,97
306	111,02	84,56
307	112,72	84,97
308	111,02	84,97
309	94,37	84,56

**B-3.4 TDS Control Level 50% konsentrasi 356 ppm**

PROSES : TDS CONTROL

START : 2:00:14

FINISH : 4:04:08

Waktu (detik)	TDS (ppm)	Level (%)
191	356,00	48,43
192		48,43
193		48,43
194		48,43
195		48,43
196		48,43
197		48,43
198		48,84
199		50,09
200		50,50
201		50,50
202		50,50
203		50,92
204		50,92
205		50,92
206		51,34
207		51,34
208		51,75
209		51,75
210		51,75

211		51,75
212		51,75
213		51,75
214		52,58
215		52,58
216		54,24
217		53,00
218		53,00
219		53,00
220		53,41
221		51,75
222		53,41
223		53,83
224		53,83
225		53,83
226		53,83
227		53,83
228		54,24
229		54,66
230		54,66
231		53,83
232		51,75
233		51,75
234		53,41
235		55,90
236		52,58

237		51,34
238		50,50
239		48,43
240		50,09
241		52,58
242		55,90
243		51,75
244		50,50
Dan seterusnya sampai		
7326		56,73
7327		56,73
7328		56,73
7329		56,73
7330		56,73
7331	286,00	56,73

## LAMPIRAN C : Source Code Program Kontrol TDS dan Level dengan ATmega16

### Lampiran C-1. Source Code Inisialisasi Awal

```
#define INPUT 0
#define OUTPUT 1
#define DDR_PING DDRA.1
#define PING_OUT PORTA.1
#define PING_IN PINA.1

//#define ECHO PINA.1
//#define TRIGGER PORTA.2

#define up PINC.0

#define valve PORTA.3
#define pump_1 PORTA.4
#define pump_2 PORTA.5
#define treatment PORTA.6
#define buzzer PORTA.7

#define data_mVolt 1
#define data_tds 2

#define start 1
#define stop 2
#define auto 1
#define manual 2
#define circulation 10
#define storage 11
#define tds_control 12
#define wait_measure 13
#define tds_measure 14
#define tds_treatment 15
```

```

#define tds_init    16
#define on    0
#define off 1
#define RUN    10
#define STOP  11
#define FINISH 12

unsigned char buff[16];

float tds,mVolt,level,tinggi_sensor=32.0; // tinggi sensor
ultrasonik dimisalkan 30 cm
float tds_sample,temp_tds;
float slope[5],offset[5],measure[6];
float low_alarm,high_alarm;
float set_tds, set_level_tds, set_level_ctrl;
unsigned char
start_stop,mode=manual,proses,f_proses,f_valve,f_pump_1,f_pu
mp_2,f_treatment,proses_status=STOP,disp_count=0;
bit
request=0,f_on=0,wes=0,jalukane=0,buz_tit=0,alarm_reset=0,init
=1;
unsigned char eksekusi;
unsigned char disp=0;
unsigned char buz;
unsigned int counter;
float last_level;
////////////////////////////////////
unsigned int detik,menit;
bit treat_start=0,flagA=0;

eeprom float e_slope[5],e_offset[5],e_measure[6];
eeprom float e_low_alarm,e_high_alarm;
eeprom float e_set_tds, e_set_level_tds, e_set_level_ctrl;
eeprom unsigned char e_proses=0;

```

```
void define_command();  
void baca_dan_display();  
void baca_memory();  
void auto_circulation();  
void auto_storage();  
void auto_tds_control();  
void stop_all();
```

```
void inisialisasi()  
{  
    // Input/Output Ports initialization  
    // Port A initialization  
    // Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out  
    Func2=In Func1=In Func0=In  
    // State7=1 State6=1 State5=1 State4=1 State3=1 State2=T  
    State1=T State0=T  
    PORTA=0xF8;  
    DDRA=0xF8;  
  
    PORTB=0x00;  
    DDRB=0x00;  
  
    PORTC=0x01;  
    DDRC=0x00;  
  
    PORTD=0x00;  
    DDRD=0x00;  
  
    TCCR0=0x00;  
    TCNT0=0x00;  
    OCR0=0x00;  
  
    TCCR1A=0x00;  
    TCCR1B=0x00;
```



```
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
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  
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity  
// USART Receiver: On  
// USART Transmitter: On  
// USART Mode: Asynchronous  
// USART Baud Rate: 9600  
UCSRA=0x00;  
UCSRB=0x98;  
UCSRC=0x86;  
UBRRH=0x00;
```

```
UBRRL=0x47;

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

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 691.200 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

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

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;
baca_memory();
lcd_init(16);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf(" TDS CONTROLLER ");
delay_ms(1000); lcd_clear();
// Global enable interrupts
#asm("sei")

}

void baca_memory()
{
    unsigned char i;
```

```

for (i=0;i<5;i++) slope[i]=e_slope[i];
for (i=0;i<5;i++) offset[i]=e_offset[i];
for (i=0;i<6;i++) measure[i]=e_measure[i];
low_alarm=e_low_alarm; high_alarm=e_high_alarm;
set_tds=e_set_tds;
//set_level_tds=e_set_level_tds;
set_level_ctrl=e_set_level_ctrl;
set_level_tds=(float)(0.8*set_level_ctrl);
//proses=e_proses;
}

//===== milik lain ===== //

```

## Lampiran C-2. Source Code Algoritma Kontrol

```

void auto_circulation()
{
proses_status=RUN;
valve=on; f_valve=1;

if (level>=(set_level_ctrl+5.0)) f_on=1;
else if (level<=set_level_ctrl) f_on=0;
if (f_on==1)
{
pump_1=on; f_pump_1=1;
}
else if (f_on==0)
{
pump_1=off; f_pump_1=0;
}

pump_2=off; f_pump_2=0;
}

```

```

void auto_storage()
{
  proses_status=RUN;
  valve=on; f_valve=1;
  pump_1=off; f_pump_1=0;
  pump_2=on; f_pump_2=1;
}

//void auto_tds_control()
//{
//  if (proses_status!=FINISH)
//  { proses_status=RUN;
//    treatment=on; f_treatment=1;
//    if (tds>=set_tds || level<=set_level_tds) {counter=0;
//      auto_circulation();}
//    else if (tds<set_tds) counter++;
//    if (counter>500 && level>set_level_tds)
//    {
//      counter=0;
//      treatment=off; f_treatment=0;
//      auto_storage();
//      proses_status=FINISH;
//    }
//  }
//}

void auto_tds_control()
{
  if (proses_status!=FINISH)
  {
    proses_status=RUN;
    if (f_proses==tds_init)
    {
      treatment=off; f_treatment=0;
      auto_circulation();
    }
  }
}

```

```

if (level>set_level_ctrl)
{
    detik=0; menit=0; f_proses=wait_measure;
}
}

if (f_proses==wait_measure)
{
    stop_all();
    if(menit==2)
    { f_proses=tds_measure;
      if (tds<=set_tds)
      {printf("%0.2fA%0.2fB%dC%dD%dE%dF%dG%dH",tds,level,f
        _valve,f_pump_1,f_pump_2,f_treatment,f_proses,proses_status);
        proses_status=FINISH; }
      else treat_start=1;

    }
}

if (f_proses==tds_treatment)
{
    if (menit<15)
    {
        treatment=on; f_treatment=1;
        auto_circulation();
    }
    else
    {
        stop_all();
        f_proses=wait_measure;
        detik=0; menit=0;
    }
}
}

```

```

    }
    else flagA=0;
}

```

```

void stop_all()
{
    valve=off; f_valve=0;
    pump_1=off; f_pump_1=0;
    pump_2=off; f_pump_2=0;
    treatment=off; f_treatment=0;
}

```

```

//===== milik lain =====//

```

### **Lampiran C-3. Source Code Pembacaan TDS Kontrol**

```

#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#include <alcd.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x00

#include "inisialisasi_awal.c"
#include "sensor.c"
#include "receive_data.c"
#include "baca_display.c"
#include "algoritma_kontrol.c"

void main(void)
{
    inisialisasi();
    while (1)

```

```

    {
//    mVolt=baca_sensor(data_mVolt);
//    tds=baca_sensor(data_tds);
//    level=baca_level();
//
//    sprintf(buff,"V :%0.1f mV  ",mVolt);
//    lcd_gotoxy(0,0);
//    lcd_puts(buff);
//
//    sprintf(buff,"tds:%0.1f ppm  ",tds);
//    lcd_gotoxy(0,1);
//    lcd_puts(buff);
//
//    delay_ms(100);

    baca_dan_display();

    if (start_stop==stop && wes==0)
    { eksekusi=0;
      stop_all();
      proses_status=STOP;
      f_proses=0;
      buzzer=0; alarm_reset=0;
      wes=1; flagA=0;
    }
    else
    {
      if      (proses==circulation && mode==auto &&
start_stop==start) {eksekusi=1; f_proses=10;}
      else if (proses==storage   && mode==auto &&
start_stop==start) {eksekusi=2; f_proses=11;}
      else if (proses==tds_control && mode==auto &&
start_stop==start && flagA==0) {flagA=1; f_proses=tds_init;
eksekusi=3; }
      if   (eksekusi==1){auto_circulation(); }

```

```

else if (eksekusi==2){auto_storage(); }
else if (eksekusi==3){auto_tds_control(); }
}

if (request==1)
{
if (jalukane==0)

printf("%0.2fA%0.2fB%dC%dD%dE%dF%dG%dH",tds,level,f_
valve,f_pump_1,f_pump_2,f_treatment,f_proses,proses_status);
else if (jalukane==1)

printf("%0.2fA%0.2fB%dC%dD%dE%dF%dG%dH",mVolt,level
,f_valve,f_pump_1,f_pump_2,f_treatment,f_proses,proses_status)
;
buzzer=0; request=0;
if (f_proses==tds_measure && tds>set_tds &&
treat_start==1)
{
treat_start=0;
f_proses=tds_treatment;
detik=0; menit=0;
}
else if (f_proses==tds_measure &&
proses_status==FINISH)
{ f_proses=0; detik=0; menit=0;}
}

if (proses_status==FINISH && alarm_reset==0)
{
buz++; if (buz<150) buzzer=on;
else if (buz<200) buzzer=off;
else buz=0;
}

```



```

    else if (buz_tit==1)
    {
        buz++;
        if (buz<10) buzzer=on;
        else {buzzer=off; buz=0; buz_tit=0;}
    }
}
}

```

//===== milik lain ===== //

#### **Lampiran C-4. Source Code Kontrol Level**

```

// 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;
}

```

```

float baca_sensor(unsigned char data)
{
    float tds,mVolt;
    unsigned int data_adc;

    data_adc=read_adc(0);
    mVolt=(float)(data_adc*4.8828125); // dalam miliVolt
}

```

```

//if (data==data_tds) tds=(float)( (-
(mVolt*0.00002*mVolt))+(0.196*mVolt)+10.23 ); //----->
kalibrasi manual dari excel
if (data==data_tds) // kalibrasi multi point via HMI
{
  if (mVolt<=measure[1])
tds=(float)((slope[0]*mVolt)+offset[0]);
  else if (mVolt<=measure[2])
tds=(float)((slope[1]*mVolt)+offset[1]);
  else if (mVolt<=measure[3])
tds=(float)((slope[2]*mVolt)+offset[2]);
  else if (mVolt<=measure[4])
tds=(float)((slope[3]*mVolt)+offset[3]);
  else if (mVolt<=measure[5])
tds=(float)((slope[4]*mVolt)+offset[4]);
}
if (tds<0) tds=0;
if (data==data_tds) return tds;
else if (data==data_mVolt) return mVolt;
}

```

```

float baca_level() // SENSOR: PING
{
  float time,jarak,level;
  DDR_PING = OUTPUT; // Mikro sbg output dan PING sbg
input
  PING_OUT = 1; // Memberikan pulsa high dari mikro
selama 10 us untuk trigger SRF05
  delay_us(5);
  PING_OUT = 0; // output mikro ubah dari 1 ke 0
  DDR_PING = INPUT; // Mikro sbg Input dan PING sebagai
Output
  PING_OUT = 1; // Aktifkan pullup internal pada INPUT
mikro
  while(PING_IN == 1);

```

```

while(PING_IN == 0); // Tunggu pulsa high dari PING
// pulsa low dari PING berakhir, ganti pulsa High (mulai hitung
lebar pulsa High tsb dg counter)
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x03; // Freq timer 172.800 kHz
while(PING_IN == 1);
    TCCR1A=0x00;
    TCCR1B=0x00;
time=(float)(0.00578703703*TCNT1); // dalam milisekon
jarak=(float)(34.4*(time/2.0)); // dalam cm ---->
34.4=kecepatan rambat suara dalam cm/ms
level=(float)(tinggi_sensor-jarak);
level=(float)((1.043*level)+2.09); // kalibrasi dari excel
level=(float)((level/25.0)*100);
if (level<0.0) level=0.0;
TCNT1=0x00; // nol-kan nilai counter dari timer
1
DDR_PING=OUTPUT;
PING_OUT=0;
delay_ms(2);
return level;
}

//===== milik lain ===== //

```

### Lampiran C-5. Source Code Receive Data

```

#ifndef RXB8
#define RXB8 1
#endif

#ifndef TXB8
#define TXB8 0
#endif

```

```
#ifndef UPE
#define UPE 2
#endif
```

```
#ifndef DOR
#define DOR 3
#endif
```

```
#ifndef FE
#define FE 4
#endif
```

```
#ifndef UDRE
#define UDRE 5
#endif
```

```
#ifndef RXC
#define RXC 7
#endif
```

```
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)
```

```
// USART Receiver buffer
#define RX_BUFFER_SIZE 30
#define STRING_SIZE 10
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE],str_1[STRING_SIZE],
str_2[STRING_SIZE],status;
```

```
#if RX_BUFFER_SIZE<256
unsigned char rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter,x,y;
```

```

#else
unsigned int rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#endif

// This flag is set on USART Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow;

// USART Receiver interrupt service routine
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)
{
char data;
status=UCSRA;
data=UDR;
if((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR |
DATA_OVERRUN))==0)
{
rx_buffer[rx_wr_index]=data;
if(++rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
if(++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
{
rx_counter=0;
rx_buffer_overflow=1;
}
}
}

if (data==13) // karakter ENTER ==> tanda akhir pengiriman
data
{
x=0; y=0;
while (rx_buffer[x]!='\0')
{
str_1[y]=rx_buffer[x];
x++; y++;
if (y>10) break;
}
}

```

```

x++; y=0;
while (rx_buffer[x]!='B')
{
    str_2[y]=rx_buffer[x];
    x++; y++;
    if (y>10) break;
}
define_command();
//    lcd_gotoxy(0,0);
//    sprintf(buff,"data %d ",atoi(str_1));
//    lcd_puts(buff);
//////////
for (x=0;x<RX_BUFFER_SIZE;x++) rx_buffer[x]=NULL;
for (x=0;x<10;x++) str_1[x]=NULL;
for (x=0;x<10;x++) str_2[x]=NULL;
rx_counter=0;
rx_wr_index=0;
rx_rd_index=0;
}

}

#ifdef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_
#pragma used+
char getchar(void)
{
    char data;
    while (rx_counter==0);
    data=rx_buffer[rx_rd_index++];
    #if RX_BUFFER_SIZE != 256
    if (rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
    #endif
    #asm("cli")

```

```
--rx_counter;  
#asm("sei")  
return data;  
}  
#pragma used-  
#endif
```

```
////////////////////////////////////
```

```
void define_command()  
{  
    unsigned int command;  
  
    command=atoi(str_1);  
  
    if (command==10)  
    {  
        if (atoi(str_2)==10) jalukane=0;  
        else jalukane=1;  
        request=1; buz_tit=1;  
        detik++;  
        if (detik==60) {menit++; detik=0;}  
    }  
  
    else if (command==11)  
    {  
        if (atoi(str_2)==10) start_stop=start;  
        else if (atoi(str_2)==11) { start_stop=stop; wes=0;}  
    }  
  
    else if (command==12)  
    {  
        if (atoi(str_2)==10) mode=auto;  
        else if (atoi(str_2)==11) mode>manual;  
    }  
}
```

```
else if (command==13)
{
    if (atoi(str_2)==10) proses=circulation;
    else if (atoi(str_2)==11) proses=storage;
    else if (atoi(str_2)==12) proses=tds_control;
    //e_proses=proses;
}
```

```
else if (command==14)
{
    set_tds=atof(str_2);
    e_set_tds=set_tds;
}
```

```
else if (command==15)
{
    set_level_tds=atof(str_2);
    e_set_level_tds=set_level_tds;
}
```

```
else if (command==16)
{
    set_level_ctrl=atof(str_2);
    e_set_level_ctrl=set_level_ctrl;
}
```

```
else if (command==17)
{
    if (atoi(str_2)==10)
    {
        valve=on;
        f_valve=1;
    }
    else if (atoi(str_2)==11)
```



```
{
  pump_1=on;
  f_pump_1=1;
}
else if (atoi(str_2)==12)
{
  pump_2=on;
  f_pump_2=1;
}
else if (atoi(str_2)==13)
{
  treatment=on;
  f_treatment=1;
}
}

else if (command==18)
{
  if (atoi(str_2)==10)
  {
    valve=off;
    f_valve=0;
  }
  else if (atoi(str_2)==11)
  {
    pump_1=off;
    f_pump_1=0;
  }
  else if (atoi(str_2)==12)
  {
    pump_2=off;
    f_pump_2=0;
  }
  else if (atoi(str_2)==13)
  {
```

```

    treatment=off;
    f_treatment=0;
  }
}

else if (command==19)
{
  low_alarm=atof(str_2);
  e_low_alarm=low_alarm;
}

else if (command==20)
{
  high_alarm=atof(str_2);
  e_high_alarm=high_alarm;
}
////////////////////////////////////
else if (command==21)
{
  slope[0]=atof(str_2);
  e_slope[0]=slope[0];
}
else if (command==22)
{
  slope[1]=atof(str_2);
  e_slope[1]=slope[1];
}
else if (command==23)
{
  slope[2]=atof(str_2);
  e_slope[2]=slope[2];
}
else if (command==24)
{
  slope[3]=atof(str_2);

```



```
{
measure[0]=atof(str_2);
e_measure[0]=measure[0];
}
else if (command==32)
{
measure[1]=atof(str_2);
e_measure[1]=measure[1];
}
else if (command==33)
{
measure[2]=atof(str_2);
e_measure[2]=measure[2];
}
else if (command==34)
{
measure[3]=atof(str_2);
e_measure[3]=measure[3];
}
else if (command==35)
{
measure[4]=atof(str_2);
e_measure[4]=measure[4];
}
else if (command==36)
{
measure[5]=atof(str_2);
e_measure[5]=measure[5];
}

////////////////////////////////////
else if (command==37)
{
alarm_reset=1;
}
```

}