



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM*
PADA *INLET MINIPLANT SEPARATOR HORIZONTAL*
TIGA FASA BERBASIS ATMEGA8535
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Ayun Afroch
NRP 2413.031.069

Dosen Pembimbing
Dyah Sawitri, S.T., M.T.
NIP. 19700101 199512 2 001

PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM*
PADA *INLET MINIPLANT* SEPARATOR HORIZONTAL
TIGA FASA BERBASIS ATMEGA8535
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

**Ayun Afroch
NRP 2413.031.069**

**Dosen Pembimbing
Dyah Sawitri, S.T., M.T.
NIP. 19700101 199512 2 001**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT TF 145565

***DESIGN BUILD FLOW MONITORING SYSTEM
ON INLET OF MINIPLANT THREE PHASE
HORIZONTAL SEPARATOR BASED ATMEGA8535
IN WORKSHOP INSTRUMENTATION***

**Ayun Afroch
NRP 2413.031.069**

***Supervisor*
Dyah Sawitri, S.T., M.T.
NIP. 19700101 199512 2 001**

***STUDY PROGRAM OF D3 METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016***

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

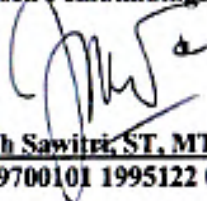
"RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM* PADA *INLET MINIPLANT* SEPARATOR HORIZONTAL TIGA FASA BERBASIS ATMEGA8535 DI WORKSHOP INSTRUMENTASI"

Oleh :

Ayun Afroch
NRP. 2413 031 069

Surabaya, 28 Juli 2016
Mengetahui/Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Dyah Sawitri, ST, MT
NIP. 19700101 1995122 001



Agus Muhamad Hatta, ST, MSI, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi



Dr. Ir. Purwaedi Agus Darwito, MSc
NIP. 19620822 198803 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

"RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM* PADA *INLET MINIPLANT* SEPARATOR HORIZONTAL TIGA FASA BERBASIS ATMEGA8535 DI WORKSHOP INSTRUMENTASI"

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ayun Afroch
NRP. 2413 031 069

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dyah Sawitri, ST, MT Dosen Pembimbing
2. Ir. Ronny Dwi Noriyati, M.Kes Ketua Penguji
3. Hendra Cordova, ST, MT Dosen Penguji 1
4. Totok Ruki Biyanto, ST, MT, PhD Dosen Penguji 2
5. Arief Abdurrahman, ST, MT Dosen Penguji 3
6. Herry Sufyan Hadi, ST, MT Dosen Penguji 4

SURABAYA
28 Juli 2016

**RANCANG BANGUN *FLOW MONITORING SYSTEM*
PADA *INLET MINIPLANT* SEPARATOR HORIZONTAL TIGA FASA
BERBASIS ATMEGA8535
DI WORKSHOP INSTRUMENTASI**

Nama Mahasiswa : Ayun Afroch
NRP : 2413 031 069
Program Studi : DIII Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dyah Sawitri, ST, MT

Abstrak

Minyak bumi merupakan sumber energi utama sekaligus bahan pokok yang dibutuhkan oleh manusia di dunia. Minyak yang dipompa ke atas dari dalam bumi bukan merupakan minyak yang murni langsung, melainkan minyak yang bercampur gas dan juga air bersama dengan kandungan-kandungan senyawa kimia yang mengandung hidro dan karbon. Separator diperlukan untuk memisahkan fluida *hydrocarbon* menjadi tiga fase pemisahan yaitu minyak, air dan gas. Dalam rancang bangun separator tiga fasa ini, sistem *flow monitoring* penting adanya guna mengetahui nilai debit atau laju aliran yang melalui *inlet* separator sehingga lebih memudahkan manusia dalam mengamati proses separasi. Nilai pengukuran laju aliran dapat diamati melalui tampilan LCD menggunakan *controller* ATmega8535 dengan sensor *water flow* dan data nilai laju aliran dimonitoring dan disimpan melalui *Visual Studio. Monitoring flow* digunakan untuk mengetahui laju aliran yang akan memasuki separator. Laju aliran akan dipengaruhi oleh tekanan yang dihasilkan oleh *booster pump*. Pembacaan nilai laju aliran sebelum memasuki separator horizontal 3 fasa relatif tetap (stabil) yaitu berada di sekitar 15 L/menit. *GI'' water flow sensor* yang digunakan dapat memberikan hasil pengukuran yang linier dengan spesifikasi nilai standar deviasi sebesar 1,122 L/menit, *error* sebesar 7,07%, U_{expand} sebesar 0,707 L/menit, nilai akurasi pembacaan sensor sebesar 99,08% dan nilai presisi dari sensor sebesar 99,09%.

Kata kunci : Minyak bumi, Separator, Laju aliran, *Water flow*

**DESIGN BUILD FLOW MONITORING SYSTEM
ON INLET OF MINIPLANT THREE PHASE HORIZONTAL SEPARATOR
BASED AT MEGA8535
IN WORKSHOP INSTRUMENTATION**

Student Name : Ayun Afroch
NRP : 2413 031 069
Study Program : DIII Metrology and Instrumentation
Major : Engineering Physic FTI-ITS
Advisor Lecturer : Dyah Sawitri, ST, MT

Abstract

Crude oil is the main energy source once a staples needed by humans in the world. The oil is pumped to the top of the earth is not a pure oil directly, but oil is mixed with gas and also water along with the contents of chemical compounds containing hydro and carbon. The required separator for separating hydrocarbon fluids into three phases separation, namely oil, water and gas. In the design build of this three-phase separator, flow monitoring system is important to determine the value of the flow rate through the inlet separator so that it easier for humans to observe the separation process. Flow rate measurement values can be observed through the LCD display using the controller ATmega8535 with water flow sensor and flow rate value data to be monitored and stored via Visual Studio. Monitoring flow is used to determine the flow rate that will be entering the separator. The flow rate will be influenced by the pressure generated by the booster pump. The reading of the flow rate value before entering the horizontal three phase separator is relatively fixed (stable) which the amount around 15 L/minute. G1" water flow sensors are used provide linear measurement results with the specification value of a standard deviation is 1.122 L/minute, error of 7.07%, U_{expand} amounted to 0.707 L/minute, sensor reading accuracy value of 99.08% and a precision value of sensor at 99.09%.

Keyword : Crude oil, Separator, Flow rate, Water flow

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Laporan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Separator Tiga Fasa.....	5
2.2 Laju Aliran	8
2.3 <i>Monitoring</i>	9
2.4 <i>Water Flow Sensor</i>	11
2.5 Karakteristik Statik	13
2.6 Mikrokontroler ATmega8535	13
2.7 LCD.....	19
2.8 CodeVision AVR.....	20
2.9 Visual Basic	20

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 <i>Flowchart</i> Pembuatan Alat	23
3.2 Metodologi Penelitian	24
3.3 Konstruksi Mekanik.....	27
3.4 Perancangan Rangkaian Elektronika (<i>Hardware</i>)	29
3.5 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	34
3.6 Kalibrasi.....	35

BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS DATA

4.1	Analisis Data.....	37
4.2	Pembahasan.....	42

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Separator Horizontal 3 Fasa.....	5
Gambar 2.1 Proses Separasi Fluida	6
Gambar 2.2 Bagian-Bagian Utama Separator.....	7
Gambar 2.3 <i>Deflector Plate</i>	7
Gambar 2.4 <i>Weir</i>	8
Gambar 2.5 <i>Demisted Pad</i>	8
Gambar 2.6 Blok Diagram Sistem Pengukuran	10
Gambar 2.7 Fisik dan Skematik Instalasi <i>Water Flow</i>	11
Gambar 2.8 Keadaan Dalam <i>Water Flow Sensor</i>	12
Gambar 2.9 Blok Diagram ATmega8535.....	15
Gambar 2.10 Konfigurasi Pin ATmega8535	16
Gambar 2.11 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>) 16x2	19
Gambar 2.12 Tampilan CodeVision AVR.....	20
Gambar 2.13 Tampilan Visual Basic	21
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	23
Gambar 3.2 Desain 3D Separator Horizontal 3 Fasa.....	24
Gambar 3.3 P&ID Separator Horizontal Tiga Fasa	25
Gambar 3.4 <i>Miniplant</i> Separator Horizontal 3 Fasa	27
Gambar 3.5 <i>Fluid Mixer Profil Tank</i>	28
Gambar 3.6 <i>Booster Pump</i>	28
Gambar 3.7 Pemasangan <i>G1” Water Flow Sensor</i>	29
Gambar 3.8 <i>Outlet Tank</i>	29
Gambar 3.9 Blok Diagram <i>Flow Monitoring System</i>	30
Gambar 3.10 LCU <i>Flow Monitoring System</i>	30
Gambar 3.11 <i>Display</i> Pengukuran <i>Flow-Inlet</i>	31
Gambar 3.12 Rangkaian <i>Power Supply</i> 5 Volt	31
Gambar 3.13 Rangkaian Pengkondisi Sinyal <i>Water Flow</i>	31
Gambar 3.14 <i>Minsys</i> Mikrokontroler ATmega8535.....	32
Gambar 3.15 Rangkaian LCD 16x2	33
Gambar 3.16 Rangkaian Antarmuka RS232.....	34

Gambar 3.17	Tampilan <i>Software CodeVision AVR</i>	35
Gambar 3.18	Tampilan <i>Software Visual Studio</i>	35
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Volume dan Laju Aliran ...	38
Gambar 4.2	Grafik Linieritas <i>Water Flow Sensor</i>	40
Gambar 4.3	Grafik Histerisis <i>Water Flow Sensor</i>	40
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Waktu dan Laju Aliran.....	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konversi Satuan Volume dan Waktu	9
Tabel 2.2 Komponen Dalam <i>Water Flow Sensor</i>	12
Tabel 2.3 Deskripsi Pin pada LCD	19
Tabel 4.1 Data Pengukuran pada Tangki Ukur.....	37
Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor <i>Water Flow</i>	38
Tabel 4.3 Data Pengujian Sistem.....	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak bumi merupakan sumber energi utama sekaligus bahan pokok yang dibutuhkan oleh manusia di dunia yang semakin berkembang ini. Selain bahan pangan contohnya bensin, gas LPG dan sebagainya. Minyak bumi adalah cairan kental berwarna hitam yang bersifat mudah terbakar, yang mana terletak pada lapisan atas pada kerak bumi. Minyak bumi yang belum diolah disebut minyak mentah (*crude oil*) dan belum dapat digunakan. Hasil-hasil pengolahan minyak bumi ialah bensin, aspal, aftur, plastik, gas LPG, oli dan solar. Minyak yang dipompa ke atas dari dalam bumi bukan merupakan minyak yang murni langsung, melainkan minyak yang bercampur gas dan juga air bersama dengan kandungan-kandungan lainnya. Pengolahan minyak mentah ini diawali dengan proses pengambilan minyak mentah pada sumur bor yang kemudian akan dimasukkan ke dalam separator (pemisah) di mana pada separator ini akan dipisahkan antara minyak, air dan gas. Minyak bumi merupakan senyawa kimia yang mengandung hidro dan karbon. Maka separator inilah yang berfungsi untuk memisahkan fluida *hydrocarbon* menjadi tiga fase pemisahan yaitu minyak, air dan gas. Ketiga fasa tersebut mempunyai nilai ekonomi berbeda-beda, dan terdiri atas campuran kompleks dari berbagai senyawa hidrogen dan karbon, semua dengan kepadatan yang berbeda-beda, tekanan uap, dan karakteristik fisik lainnya, sehingga perlu untuk dilakukan pemisahan antara fasa-fasa tersebut. Separator yang memisahkan tiga bahan tersebut dinamakan dengan separator 3 fasa^[1].

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perancangan dan pembuatan *miniplant* Separator Horizontal 3 Fasa. Dalam perancangan *miniplant* ini, input fluida yang digunakan adalah hasil *blending* antara minyak (*pertalite*) dengan air yang merepresentasikan minyak mentah. Pada proses separasi ini, aliran yang masuk ke dalam tangki *separator* harus dijaga supaya

sesuai dengan yang dikehendaki. Pengaturan debit aliran *inlet* ini tidak boleh terlalu rendah atau terlalu tinggi, sebab akan dapat mempengaruhi hasil pemisahan *fluida*. Bila debit terlalu tinggi, maka gas yang terpisah menjadi sedikit sehingga masih banyak gas yang terikut dalam cairan. Sebaliknya bila tekanan terlalu rendah maka ada kemungkinan cairan terikut dalam gas.

Oleh karena pengaturan debit *flow-inlet* pada separator jenis horizontal yang lebih rumit ini, perancangan sistem *flow monitoring* penting adanya guna mengetahui nilai debit aliran yang melalui *inlet* separator sehingga lebih memudahkan manusia dalam mengamati proses separasi. Nilai laju aliran dapat diamati melalui display LCD menggunakan *controller* ATmega8535 dan data nilai laju aliran dimonitoring dan disimpan setiap saat sesuai dengan ketentuan pada tampilan *Visual Studio*.

1.2 Rumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir ini, permasalahan yang diangkat adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana merancang dan membangun *flow monitoring system* pada *inlet miniplant* separator horizontal 3 fasa berbasis ATmega8535 menggunakan sistem komunikasi *Visual Studio*?
- b. Bagaimana karakteristik statik *G1" water flow sensor* yang digunakan dalam *flow monitoring system* pada *inlet miniplant* separator horizontal 3 fasa?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang dicapai dari tugas akhir ini antara lain adalah:

- a. Merancang dan membangun *flow monitoring system* pada *inlet miniplant* separator horizontal 3 fasa berbasis ATmega8535 menggunakan sistem komunikasi *Visual Studio*.
- b. Mengetahui karakteristik statik *G1" water flow sensor* yang digunakan dalam *flow monitoring system* pada *inlet miniplant* separator horizontal 3 fasa.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan yaitu:

- a. Dalam tugas akhir ini, digunakan campuran air dan minyak sebagai masukan pada *inlet* separator yang mempresentasikan *crude oil*.
- b. Alat yang dirancang dan dibangun dapat memisahkan tiga fase, yaitu gas, air dan minyak.
- c. Merancang dan membangun sistem yang dibutuhkan dalam pembuatan *flow monitoring system* pada *inlet miniplant* separator horizontal 3 fasa.
- d. Menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai kontroler pada *flow monitoring system*.
- e. Menggunakan sensor *water flow* sebagai sensor dalam pengukuran debit *flow-inlet miniplant* separator horizontal 3 fasa.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem monitoring *flow-inlet* Separator dengan menggunakan sistem komunikasi *Visual Studio*.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini.

BAB II : TEORI PENUNJANG

Bab ini membahas mengenai teori-teori penunjang yang diperlukan dalam merealisasikan tugas akhir yaitu berupa teori tentang pengukuran debit, *flow monitoring system*, pengontrol mikro dan lain-lain.

BAB III : METODOLOGI PERCOBAAN

Pada bab ini diuraikan tentang perancangan *flow monitoring system* pada *inlet miniplant* Separator Horizontal 3 Fasa. Diagram blok, cara kerja alat, perangkat keras (ATmega8535 dan *water flow sensor*) serta perangkat lunak yang dilengkapi dengan diagram alir.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Bab ini menguraikan hasil dan analisa dari realisasi alat yang telah dibuat.

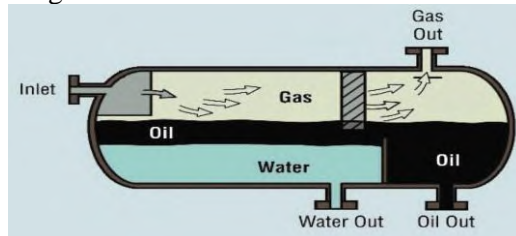
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari analisa yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Separator Tiga Fasa

Separator adalah suatu alat berbentuk tabung dan memiliki tekanan yang berfungsi untuk memisahkan fasa atau jenis zat yang memiliki desitas yang berbeda. Separator tiga fasa dapat memisahkan tiga jenis zat (air, minyak dan gas). Pada pemanfaatannya, separator biasanya digunakan untuk memisahkan fraksi minyak dan air sebelum dibuang ke lingkungan sekitar agar tidak menimbulkan pencemaran maupun dengan tujuan menghasilkan *liquid* tertentu sesuai dengan yang diinginkan seperti pada sektor migas^[2].



Gambar 2.1 Separator Horizontal Tiga Fasa

Pemisahan pada separator dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- Prinsip penurunan tekanan
- Gravity setlink*
- Turbulensi aliran
- Pemecahan atau tumbukan fluida

Ada beberapa bentuk dan posisi dari separator yaitu separator horizontal (mendatar), separator vertikal (tegak) dan separator spherical (bulat). Namun yang lebih sering digunakan adalah separator horizontal dengan beberapa alasan berikut:

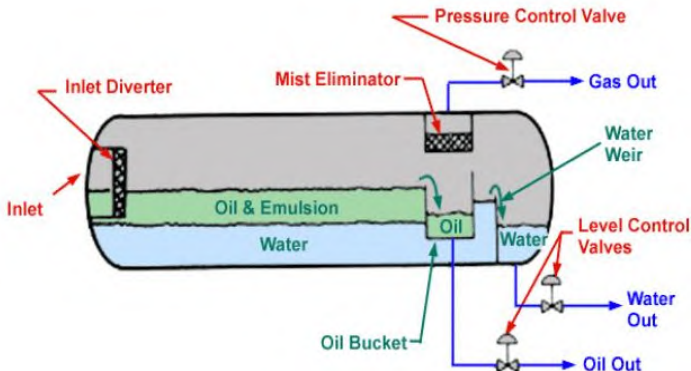
- Lebih murah daripada separator vertikal maupun spherical
- Dapat menampung *crude oil* dalam bentuk *foam*
- Mudah diangkut

- d. Lebih ekonomis dan efisien untuk memproses gas dalam jumlah besar
- e. Diperlukan diameter yang lebih kecil untuk suatu kapasitas gas tertentu

Sedangkan kelemahan yang dimilikinya di antaranya yaitu:

- a. Apabila fluida mengandung pasir, lebih sulit membersihkan
- b. Pemasangannya memerlukan ruangan yang lebih luas, kecuali kalau disusun bertingkat

Separator dibuat berdasarkan besarnya ruangan yang akan ditempati oleh gas ditambah dengan besarnya ruangan yang akan ditempati oleh *liquid*^[3]. Apabila permukaan *liquid* dalam separator melebihi tempat yang semestinya, maka ia akan mengambil sebagian dari tempat gas, dan begitu juga sebaliknya. Apabila ini terjadi, maka pemisahan yang dihasilkan oleh separator tidak akan menurut yang dikehendaki.

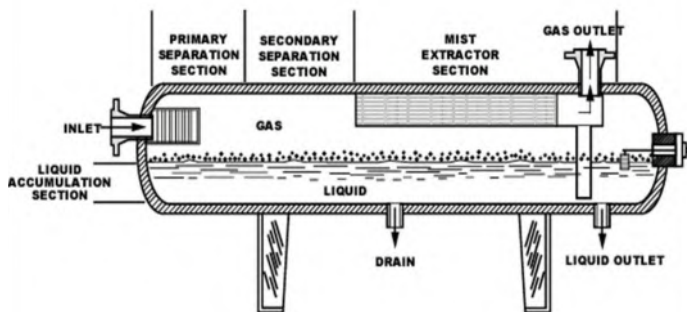


Gambar 2.2 Proses Separasi Fluida

Oleh karena itu, maka separator memiliki alat pengontrol yaitu pengontrol tekanan (*gas*) dan pengontrol level (*water* dan *oil*) serta *safety devices*. Proses separasi atau pemisahan dalam plant separator terdapat beberapa bagian, yaitu:

- a. *Primary separation section*, bagian utama separator yang digunakan untuk mengumpulkan sebagian besar fluida yang masuk ke separator.

- b. *Secondary separation section/Gravity settling section*, bagian utama separator yang digunakan untuk memisahkan butiran cairan yang sangat kecil (*mist*). Prinsip utama dari proses pemisahan pada bagian ini berdasarkan sistem *gravity*.
- c. *Mist extraction section*, bagian utama separator yang digunakan untuk memisahkan butiran cairan yang sangat kecil untuk membentuk butiran cairan yang besar.
- d. *Liquid accumulation section*, bagian utama separator yang digunakan sebagai tempat penampungan semua cairan yang sudah terbebas/terpisah dari gas.

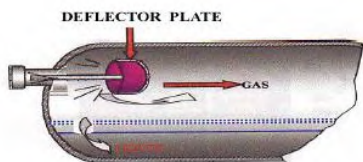


Gambar 2.3 Bagian-Bagian Utama Separator

Adapun bagian-bagian peralatan yang ada di dalam separator di antaranya:

- a. *Deflector plate*

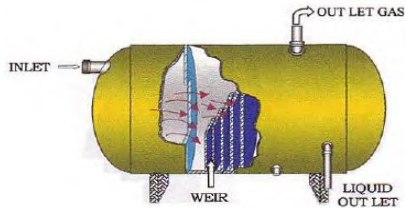
Berupa plat atau lempengan yang dipasang di belakang inlet separator berfungsi untuk memberikan tumbukan yang datang akibat kecepatan fluida, mempercepat proses pemisahan, dan memperlambat laju aliran yang masuk ke separator.



Gambar 2.4 *Deflector Plate*

b. *Weir*

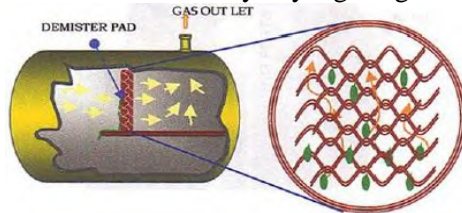
Berupa dinding yang dipasang tegak lurus di dalam separator untuk menahan cairan dalam separator sehingga membantu meningkatkan *retention time* dari cairan.



Gambar 2.5 *Weir*

c. *Mist pad*

Berupa rajutan kawat halus berfungsi untuk memisahkan gas dari butiran-butiran minyak yang sangat kecil.



Gambar 2.6 *Demister Pad*

2.2 Laju Aliran

Debit atau laju aliran merupakan suatu koefisien yang menyatakan jumlah volume air yang mengalir dari suatu sumber dalam satuan waktu tertentu melalui suatu penampang air, sungai, saluran, pipa atau kran dan sebagainya, biasanya diukur dalam satuan liter/detik atau liter/menit. Aliran air dikatakan memiliki sifat ideal apabila air tidak dapat dimanfaatkan dan berpindah tanpa mengalami gesekan, hal ini berarti pada gerakan air tersebut memiliki kecepatan yang tetap pada masing-masing titik dalam pipa dan gerakannya beraturan akibat pengaruh gravitasi bumi^[4].

Pengukuran laju aliran merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam proses *plant* separator. Pengukuran debit air ditujukan untuk mengetahui kecepatan aliran pada satuan waktu.

Untuk mengetahui debit maka harus mengetahui satuan ukuran volume dan satuan ukuran waktu terlebih dahulu, karena debit berkaitan dengan satuan volume dan satuan waktu.

Tabel 2.1 Konversi Satuan Volume dan Waktu^[5]

Satuan waktu	Satuan volume
1 Jam = 60 Menit	1 Ltr = 1 dm ³ = 1.000 mm ³ = 0,001m ³
1 Menit = 60 Detik	1 cc = 1 mL = 1 cm ³
1 Jam = 3.600 Detik	
1 Menit = 1/60 Jam	

Untuk menentukan debit air menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.1)$$

di mana :

Q = Debit (liter/s)

V = Volume (liter)

t = Waktu (s)

2.3 Monitoring

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah pengukuran dan *monitoring*. Terdapat beberapa pendapat mengenai pengertian *monitoring*. Pendapat-pendapat tersebut antara lain, “*Monitoring* adalah penilaian yang terus menerus terhadap fungsi kegiatan- kegiatan proyek di dalam konteks jadwal-jadwal pelaksanaan dan terhadap penggunaan input-input proyek oleh kelompok sasaran di dalam konteks harapan-harapan rancangan”, “*Monitoring* adalah kegiatan proyek yang integral, bagian penting dari praktek manajemen yang baik dan karena itu merupakan bagian yang integral dari manajemen sehari-hari”, “*Monitoring* dapat didefinisikan sebagai suatu proses mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi untuk membantu pengambilan keputusan manajemen proyek”^[6].

Dari berbagai teori tersebut dapat disimpulkan bahwa pengertian *monitoring* adalah suatu proses yang dilakukan secara terus-menerus yang merupakan bagian yang bersifat integral dari manajemen yang meliputi penilaian yang bersifat sistematis terhadap kemajuan suatu pekerjaan. Adapun beberapa tujuan dari *monitoring* adalah:

- a. Mengkaji apakah kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan telah sesuai dengan rencana
- b. Mengidentifikasi masalah yang timbul agar langsung dapat diatasi
- c. Melakukan penilaian apakah pola kerja dan manajemen yang digunakan sudah tepat untuk mencapai tujuan
- d. Mengetahui kaitan antara kegiatan dengan tujuan untuk memperoleh ukuran kemajuan

Untuk monitoring, mengindikasi, atau kontrol suatu proses, diperlukan sistem pengukuran. Pengukuran adalah proses pengumpulan informasi dari besaran fisis. Pengumpulan informasi ini berupa tindakan membandingkan harga variabel yang diukur dengan variabel lain yang harganya sudah diketahui^[7]. Besaran fisis yang dimaksud adalah besaran panjang, waktu, temperatur, tekanan, kecepatan dan sebagainya. Secara umum sistem pengukuran dibagi menjadi tiga bagian.

1. *Input devices (sensor)*
2. *Intermediate means (signal modifier)*
3. *Output devices (read out device)*



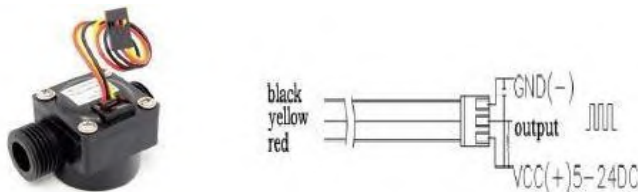
Gambar 2.7 Blok Diagram Sistem Pengukuran

Bagian input disebut juga sebagai elemen sensor atau transducer. Di mana tugas sensor adalah merubah suatu besaran fisis menjadi besaran fisis yang lain. Contoh : dari panas ke listrik, dari tekanan ke perpindahan dan lain-lain. Bagian proses tugasnya melakukan pengolahan data atau sinyal yang diberikan oleh bagian input untuk dimodifikasi, dikuatkan atau diubahnya

menjadi bentuk lain sesuai dengan besaran/sinyal yang dibutuhkan *read out device*. Bagian output atau *read out device* tugasnya memperagakan informasi yang dihasilkan bagian proses dalam bentuk sesuai dengan kebutuhan sistem, umumnya ditampilkan pada LCD dan PC.

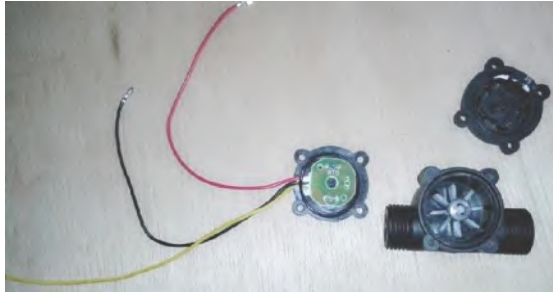
2.4 Water Flow Sensor

Water flow sensor adalah sensor yang mendeteksi aliran air yang melewati sensor tersebut. Sensor ini terdiri dari tubuh katup plastik, rotor air, dan sensor *hall-effect*^[8]. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena efek hall yaitu didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada aliran air yang masuk pada sensor, rotor air akan bergerak sehingga menyebabkan putaran pada rotor. Kecepatan putaran ini akan tergantung dengan kecepatan atau besarnya aliran air yang melewati sensor tersebut. Arus listrik yang disebabkan oleh putaran rotor akan mengalir pada sensor efek Hall. Medan listrik terus membesar hingga partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi sensor tersebut disebut potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui sensor^[9]. Sensor *water flow* ini baru akan bekerja atau menghasilkan tegangan apabila sensor telah di aliri air. Sensor *hall-effect* yang terdapat dalam *water flow sensor* tersebut akan mengeluarkan output pulsa sesuai dengan besarnya aliran air. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG) selain jalur 5V DC dan *Ground*^[8].



Gambar 2.8 Fisik dan Skematik Instalasi *Water Flow Sensor*

Kemudian dapat dilihat pada gambar 2.9 di bawah ini adalah keadaan dalam atau isi dari sensor *water flow*.



Gambar 2.9 Keadaan Dalam *Water Flow Sensor*

Tabel 2.2 Komponen Dalam *Water Flow Sensor*^[8]

No	Nama	Kuantitas	Material
1	<i>Valve body</i>	1	PA66+33% <i>glass fiber</i>
2	<i>Stainless steel bead</i>	1	<i>Stainless steel</i> SUS304
3	<i>Axis</i>	1	<i>Stainless steel</i> SUS304
4	<i>Impeller</i>	1	POM
5	<i>Ringmagnet</i>	1	Ferrite
6	<i>Middle ring</i>	1	PA66+33% <i>glass fiber</i>
7	<i>O-seal ring</i>	1	<i>Rubber</i>
8	<i>Electronic seal ring</i>	1	<i>Rubber</i>
9	<i>Cover</i>	1	PA66+33% <i>glass fiber</i>
10	<i>Screw</i>	4	<i>Stainless steel</i> SUS304
11	<i>Cable</i>	1	1007 24AWG

Adapun spesifikasi dari *water flow sensor G1*” di antaranya yaitu:

- a. Bekerja pada tegangan 5~24 Volt DC
- b. Arus maksimum operasional 15 mA (pada DC5V)
- c. Berat sensor 90 gram
- d. Tingkat aliran rentang 1~60 L/menit

- e. Suhu pengoperasian 0°C~80°C
- f. Operasi kelembaban 35%~90% RH
- g. Operasi tekanan di bawah 1.2 Mpa
- h. *Storetemperature* -25°C~+80°C
- i. *Storehumidity* 25%~90% RH

2.5 Karakteristik Statik

Karakteristik statik yaitu karakteristik dari suatu instrument alat ukur yang tidak bergantung waktu, di mana karakteristik ini memiliki nilai ketidakpastian. Sumber-sumber ketidakpastian yang turut memberikan kontribusi selain ada pada diri manusia sendiri sebagai pelaku pengukuran/kalibrasi juga pada alat-alat bantu (kalibrator) yang digunakan, juga resolusi alatnya serta pengaruh suhu lingkungan^[10]. Adapun macam-macam karakteristik statik terdiri atas :

- a. Akurasi, merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

$$Akurasi = \left\{ 1 - Rata\ Rata \frac{pemb.\ std - pemb.\ alat}{pemb.\ std} \right\} \quad (2.2)$$

- b. Presisi, merupakan tingkat kedekatan pembacaan pengukuran kuantitas terhadap nilai yang sebenarnya.

$$Presisi = \left\{ 1 - Rata\ Rata \frac{pemb.\ alat - pemb.\ std}{pemb.\ alat} \right\} \quad (2.3)$$

- c. *Error*, merupakan selisih nilai pengukuran alat dengan nilai standar.

$$Error = pemb.\ alat - pemb.\ std \quad (2.4)$$

2.6 Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler adalah rangkaian elektronik atau chip yang sangat terintegrasi untuk membuat sebuah alat kontrol. Dalam mikrokontroler sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read - Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa PORT masukan maupun keluaran (I/O) dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital Converter*) dan serial komunikasi.

Mikrokontroler sesuai namanya adalah suatu alat atau komponen pengontrol atau pengendali yang berukuran mikro atau kecil seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer. Namun mikrokontroler memiliki nilai tambah atau jauh lebih unggul bila dibandingkan dengan mikroprosesor karena terdapat berbagai alasan, di antaranya :

a. Tersedianya I/O

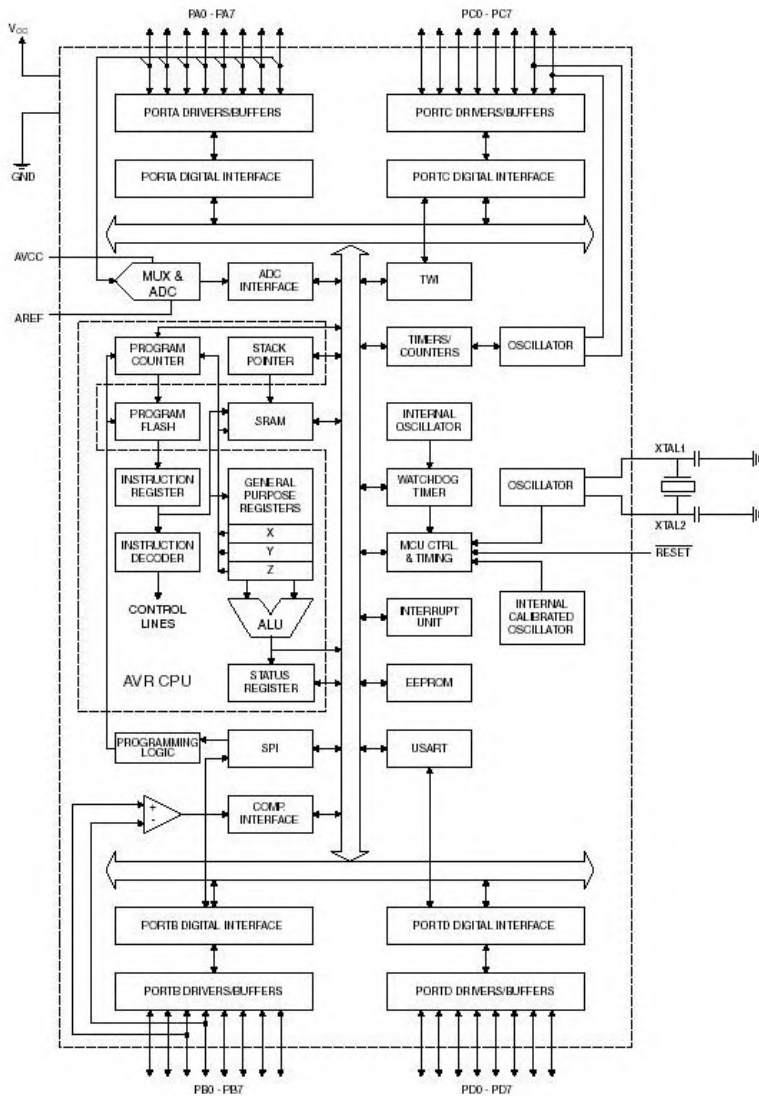
Dalam mikrokontroler sudah tersedia PORT input dan output.

b. Memori Internal

Memori merupakan media untuk menyimpan program dan data sehingga mutlak harus ada. Mikroprosesor belum memiliki memori internal sehingga memerlukan IC memori eksternal. Dengan kelebihan-kelebihan di atas, ditambah dengan harganya yang relatif murah sehingga banyak penggemar elektronika yang kemudian beralih ke mikrokontroler. Namun demikian masih memiliki berbagai kelemahan, mikroprosesor tetap digunakan sebagai dasar dalam mempelajari mikrokontroler. Inti kerja dari keduanya adalah sama, yakni sebagai pengendali suatu sistem.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR (*Alf and Vegard's RISC*), yang mana merupakan mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) berarsitektur 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. Berbeda dengan instruksi MCS-51 yang membutuhkan 12 siklus *clock* karena memiliki arsitektur CISC (seperti komputer)^[11].

Oleh karena itu dalam berbagai pengaplikasian, banyak dipergunakan salah satu AVR produk Atmel, yaitu ATmega8535. Selain mudah didapatkan dan lebih murah, ATmega8535 juga memiliki berbagai fasilitas atau fitur-fitur yang lengkap dan mudah dalam penggunaannya. Adapun blok diagram dari mikrokontroler ATmega8535 ini dapat ditunjukkan pada gambar 2.10 berikut.



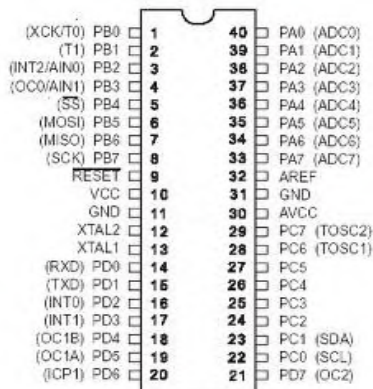
Gambar 2.10 Blok Diagram ATmega8535

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa ATmega8535 memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

- a. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu Port A, B, C, D.
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- c. Tiga buah Timer/Counter.
- d. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- e. *Watchdog* Timer dengan osilator internal.
- f. SRAM sebesar 512 byte.
- g. Memori Flash sebesar 8 kb *Read While Write*.
- h. Unit interupsi internal dan eksternal.
- i. Port antarmuka SPI.
- j. EEPROM sebesar 512 *byte*.
- k. Antarmuka komparator analog.
- l. Port USART untuk komunikasi serial

Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATTiny, AT90Sxx, ATmega dan AT89RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama. Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega8535 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam chip yang sama dengan prosesornya (*inchip*)^[12]. (Winoto, Ardi, 2008)

2.5.1 Konfigurasi PIN ATmega8535



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 mempunyai jumlah pin sebanyak 40 buah, dimana 32 pin digunakan untuk keperluan port I/O yang dapat menjadi pin *input/output* sesuai konfigurasi. Pada 32 pin tersebut terbagi atas 4 bagian (port), yang masing-masingnya terdiri atas 8 pin. Pin-pin lainnya digunakan untuk keperluan rangkaian osilator, supply tegangan, reset, serta tegangan referensi untuk ADC^[8]. Untuk lebih jelasnya, konfigurasi pin ATmega8535 dapat dilihat pada gambar 2.11. Berikut ini adalah susunan pin-pin dari ATmega8535:

- a. VCC merupakan pin sebagai masukkan catu daya
- b. GND merupakan pin *ground*
- c. Port A (PA0-PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC
- d. Port B (PB0-PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, Komparator Analog, dan SPI
- e. Port C (PC0-PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, Komparator Analog, dan *Timer Oscillator*
- f. Port D (PD0-PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Komparator Analog, Interupsi Eksternal dan komunikasi serial
- g. USART (*Universal Synchronous - Asynchronous serial Receiver and Transmitter*) sebagai komunikasi serial
- h. Reset merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- i. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukkan clock eksternal
- j. (osilator menggunakan kristal, biasanya dengan frekuensi 11,0592 MHz).

2.5.2 Port-Port ATmega8535 dan Fungsinya

Port A, merupakan 8-bit *directional* port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal *pull-up* resistor (dapat

diatur per bit). Output buffer Port A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. *Data Direction Register* port A (DDRA) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum Port A digunakan. Bit-bit DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port A yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu, kedelapan pin port A juga digunakan untuk masukan sinyal analog bagi A/D converter.

Port B, merupakan 8-bit *directional* port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal *pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port B dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. *Data Direction Register* port B (DDRB) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum Port B digunakan. Bit-bit DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port B yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Pin-pin port B juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut.

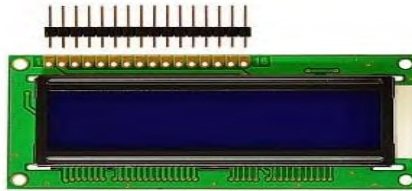
Port C, merupakan 8-bit *directional* port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal *pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Output buffer port C dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan *display* LED secara langsung. *Data Direction Register* port C (DDRC) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum Port C digunakan. Bit-bit DDRC diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port C yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu, dua pin port C (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai oscillator untuk timer/counter 2.

Port D, merupakan 8-bit *directional* port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal *pull-up* resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port D dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. *Data Direction Register* port D (DDRD) harus di-*setting* terlebih dahulu sebelum Port D digunakan. Bit-bit DDRD diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port D yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output^[11].

2.7 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer^[13]. Pada bab ini aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD *dot matrix* dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Adapun fitur yang disajikan LCD ini adalah :

- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.
- c. Terdapat karakter generator terprogram.
- d. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit.
- e. Dilengkapi dengan *back light*.



Gambar 2.12 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

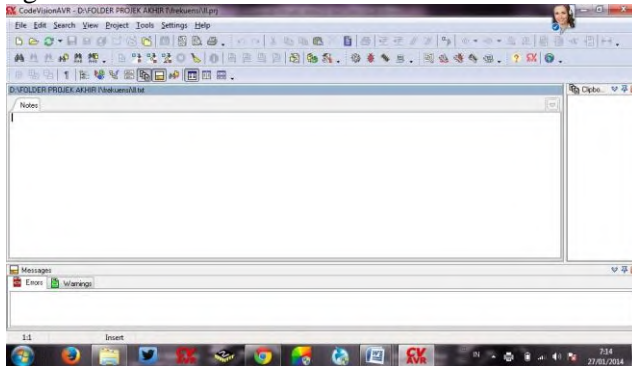
Tabel 2.3 Deskripsi Pin pada LCD

Pin	Deskripsi
1	Ground
2	Vcc
3	Pengatur kontras
4	"RS" Instruction/Register Select
5	"R/W" Read/Write LCD Registers
6	"EN" Enable
7-14	Data I/O Pins
15	Vcc
16	Ground

2.8 CodeVision AVR

CodeVision AVR merupakan sebuah *software* yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler sekarang ini telah umum. Mulai dari penggunaan untuk kontrol sederhana sampai kontrol yang cukup kompleks, mikrokontroler dapat berfungsi jika telah diisi sebuah program, pengisian program ini dapat dilakukan menggunakan compiler yang selanjutnya diprogram ke dalam mikrokontroler menggunakan fasilitas yang sudah disediakan oleh program tersebut. Salah satu *compiler* program yang umum digunakan sekarang ini adalah CodeVision AVR yang menggunakan bahasa pemrograman C.

CodeVision AVR mempunyai suatu keunggulan dari compiler lain, yaitu adanya *codewizard*, fasilitas ini memudahkan pengguna atau pemrogram dalam inisialisasi mikrokontroler yang akan digunakan^[13].



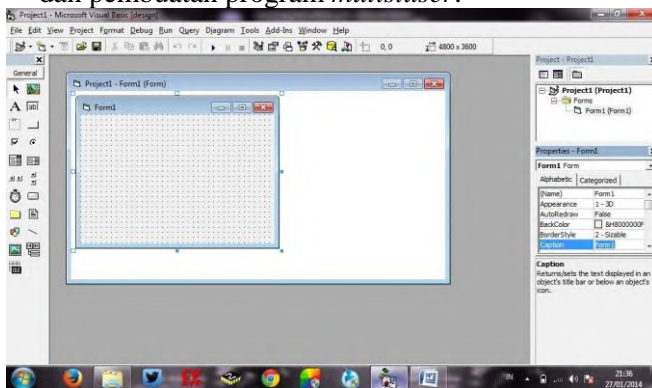
Gambar 2.13 Tampilan CodeVision AVR

2.9 Visual Basic

Bahasa *basic* pada dasarnya adalah bahasa yang mudah dimengerti sehingga pemrograman di dalam bahasa *basic* dapat dengan mudah dilakukan meskipun oleh orang yang baru belajar membuat program. Hal ini lebih mudah lagi setelah hadirnya Microsoft Visual Basic, yang dibangun dari ide untuk membuat bahasa yang sederhana dan mudah dalam pembuatan *script*-nya (*simple scripting language*) untuk *graphic user interface* yang dikembangkan dalam sistem operasi Microsoft Windows^[7].

Visual Basic adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat aplikasi yang berbasis grafis (*GUI Graphical User Interface*). Visual Basic ini sangat disukai penggunaanya karena fasilitas pemrograman yang disediakan sangat banyak dan terbuka dalam penambahan komponen, sehingga memungkinkan pengguna untuk lebih berkreasi dalam menghasilkan suatu program aplikasi. Ini terlihat dari dasar pembuatan dalam visual basic adalah *form*, di mana pengguna dapat mengatur tampilan *form* kemudian dijalankan dalam *script* yang sangat mudah^[14]. Kemampuan dari Visual Basic di antaranya:

- a. Dapat menghasilkan file-file eksekusi atau bersifat executable (file berakhiran *.EXE) sehingga dapat dijalankan dengan memanggil nama file tersebut.
- b. Dapat membuat program-program aplikasi yang berbasis windows.
- c. Dapat membuat obyek-obyek program bantu seperti ActiveX, Aplikasi Internet, file Help dan sebagainya .
- d. Sangat mendukung sebagai pengelola *database* server dan pembuatan program *mutisiuser*.



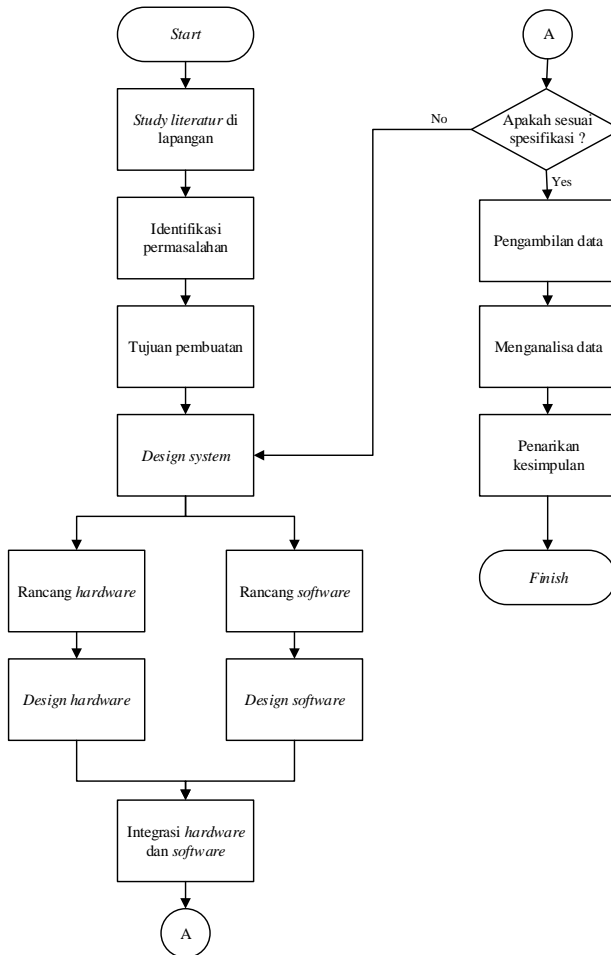
Gambar 2.14 Tampilan Visual Basic

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 *Flowchart* Pembuatan Alat

Langkah-langkah dalam perancangan alat ini digambarkan dalam sebuah diagram alir yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1 *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Metodologi Penelitian

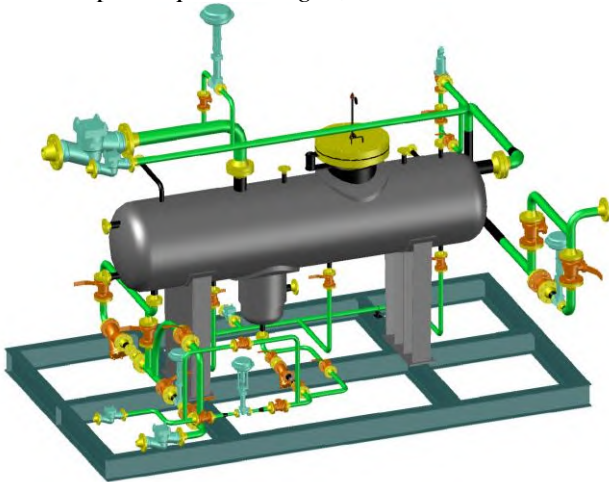
Berikut adalah metodologi penelitian dari pembuatan tugas akhir tentang monitoring *flow-inlet* pada *miniplant* separator horizontal 3 fasa adalah sebagai berikut :

a. Studi Literatur

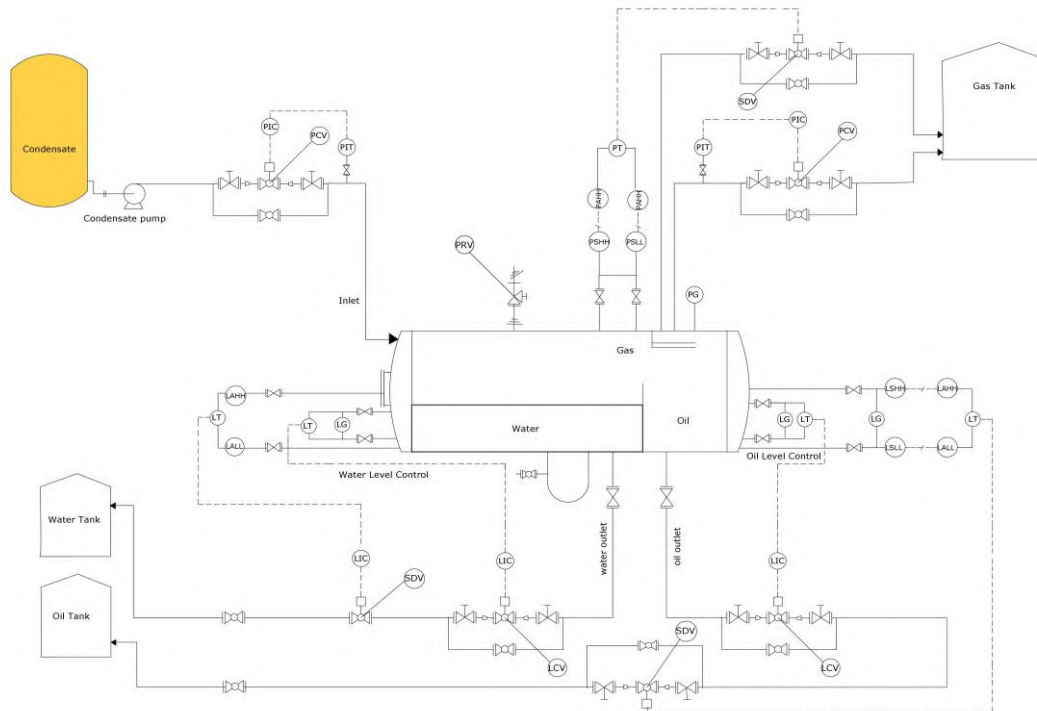
Studi Literatur merupakan pengkajian dan pemahaman mengenai pengukuran dan monitoring aliran pada *miniplant* separator horizontal 3 fasa, serta mendapatkan literatur pendukungnya.

b. Perancangan Sistem Mekanik

Pada tahap ini di lakukan perancangan sistem mekanik dari *hardware*, yaitu perancangan *miniplant* separator horizontal 3 fasa menggunakan *software* AutoCAD. Pada sistem mekanik di sini digunakan pompa sebagai alat yang menaikkan fluida *pertalite* pada inlet serta *water flow* sebagai sensor yang membaca pengukuran aliran inlet. Pada *miniplant* separator horizontal 3 fasa ini terdapat 3 sistem pengendalian (*Basic Process Control System*) dan 3 sistem *safety* (*Safety Instrument System*), yaitu untuk variabel proses *pressure gas*, *level water* dan *level oil*.



Gambar 3.2 Desain 3D Separator Horizontal 3 Fasa



Gambar 3.3 P&ID Separator Horizontal 3 Fasa

c. Pengujian *Hardware*

Pada tahap ini dilakukan pengujian pada pompa (*booster pump*) dengan menggunakan tegangan AC 220 Volt dan *water flow sensor* menggunakan tegangan 5 Volt DC. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah pompa mampu menaikkan air dan *water flow sensor* mampu membaca aliran yang melewatinya.

d. Perancangan Sistem Elektrik

Perancangan sistem elektrik yaitu membuat rangkaian pengondisi sinyal sensor aliran yaitu *water flow sensor* yang kemudian dirangkai atau dihubungkan dengan mikrokontroler ATmega8535 untuk transmisi data berupa tegangan, rangkaian LCD 16x2 sebagai penampil data, serta rangkaian antarmuka RS232 sebagai komunikasi serial untuk tampilan *interface*.

e. Pembuatan *Software*

Pada proses pembuatan *software* ini menggunakan *software* CodeVision AVR dalam pemrograman mikrokontroler dan Visual Studio dalam *interface* monitoring.

f. Verifikasi *Software*

Verifikasi *software* ini sendiri dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi kesalahan atau tidak pada pembuatan *software* atau pengkodean, serta *software* sudah dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

g. Integrasi Sistem Mekanik, Elektrik dan *Software*

Pada tahap ini dilakukan penggabungan antara sistem mekanik *hardware*, elektrik, dan *software*.

h. Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan tujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan secara sempurna setelah dilakukan integrasi dari sistem mekanik *hardware*, elektrik, dan *software*. Integrasi di sini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem sudah berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau belum.

i. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan pengukuran atau pembacaan nilai sensor aliran berupa debit atau flowrate dalam satuan liter/menit.

j. Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui nilai debit *flow-inlet* yang akan memasuki separator.

k. Penarikan kesimpulan

Dari analisa data akan diketahui pengukuran debit *flow-inlet* yang akan memasuki separator, di mana pengukuran dan monitoring ini penting guna memudahkan dalam mengamati proses separasi, karena aliran yang masuk dalam tangki *separator* harus dijaga agar tetap sesuai dengan yang dikehendaki.

3.3 Konstruksi Mekanik

Pada tugas akhir rancang bangun *miniplant* separator horizontal 3 fasa ini, dilakukan pembuatan mekanik sesuai desain yang telah dirancang. Konstruksi mekanik *miniplant* separator horizontal 3 fasa ini dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut. Terdapat beberapa bagian penting di dalamnya yang saling terintegrasi untuk menghasilkan output sesuai dengan yang dikehendaki.



Gambar 3.3 *Miniplant* Separator Horizontal 3 Fasa

a. Tangki *Mixing Fluida*

Tangki ini merupakan tempat bahan baku pada bagian awal proses. Di sini dilakukan pencampuran antara air dan *pertalite* dengan tenaga dari kompresor, yang mempresentasikan *crude oil*.



Gambar 3.4 *Fluid Mixer Profil Tank*

b. *Booster Pump*

Setelah air dan *pertalite* dicampur dalam tangki *mixing* maka campuran fluida tersebut akan mengalir ke pompa yang berfungsi untuk menambah tekanan air agar air dapat menjangkau inlet separator. Pompa ini memiliki tekanan sebesar psi.



Gambar 3.5 *Booster Pump*

c. *Water Flow Sensor G1"*

Setelah fluida (hasil *mixing*) diberi tekanan oleh *booster pump*, fluida akan melewati *water flow sensor* yang berfungsi untuk mengetahui berapa laju aliran yang akan masuk ke separator. Pembacaan dari sensor *water flow* inilah yang akan ditampilkan pada LCD dan PC. Pada gambar 3.7 berikut dapat dilihat pemasangan alat ukur atau sensor *G1"* *water flow sensor* pada tubing atau pipa.



Gambar 3.6 Pemasangan 1" Water Flow Sensor

d. Deflector Plate pada Tangki Separator

Berupa plat atau lempengan yang dipasang di belakang inlet separator berfungsi untuk memberikan tumbukan yang datang akibat kecepatan fluida, mempercepat proses pemisahan, dan memperlambat laju aliran yang masuk ke separator.

e. Weir pada Tangki Separator

Berupa dinding yang dipasang tegak lurus di dalam tangki separator untuk menahan cairan dalam separator sehingga membantu meningkatkan *retention time* dari cairan.

f. Tangki Outlet

Setelah pemisahan fasa dalam separator, fluida (*water* dan *oil*) akan keluar sistem dan ditampung dalam tangki outlet ini.

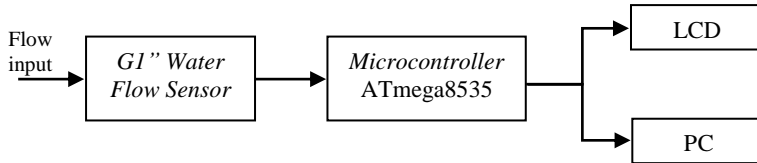


Gambar 3.7 Outlet Tank

3.4 Perancangan Rangkaian Elektronika (Hardware)

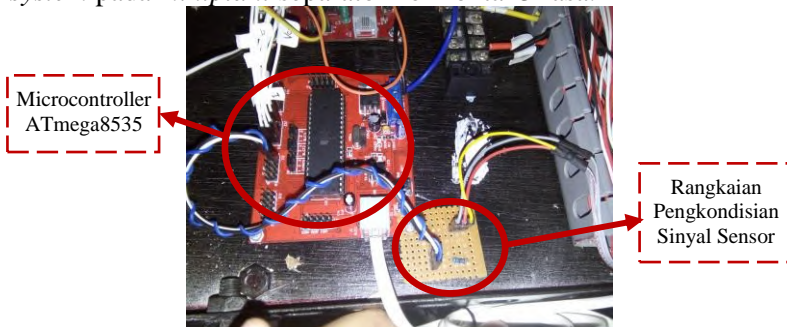
Pada tugas akhir kali ini membuat *flow monitoring system* pada *miniplant* separator horizontal 3 fasa yang terintegrasi dengan mikrokontroler ATmega8535 dan *personal computer*

(PC). Terdapat beberapa rangkaian elektrik dalam rancang bangun sistem ini. Adapun blok diagram pengukuran serta monitoring dari rancangan sistem yang dibuat ini yaitu sebagai berikut.



Gambar 3.8 Blok Diagram *Flow Monitoring System*

Pada gambar 3.4 dapat dilihat bahwa input dari sensor ini berupa *flow* sehingga setelah sensor mendeteksi adanya aliran air maka turbin yang terdapat di dalam sensor akan berputar sehingga menyebabkan medan magnet karena adanya *hall effect* dan output dari sensor ini merupakan sinyal pulsa. Setelah itu keluaran dari sensor *flow* ini akan masuk ke pemrosesan sinyal di mana yang berfungsi sebagai pemroses sinyal adalah mikrokontroler ATmega8535. Pada mikrokontroler ini dibuat program agar data pengukuran *flow* dapat ditampilkan. Kabel yang ada pada sensor *water flow* dihubungkan ke mikrokontroler dan hasil dari pengukuran sensor *flow* ditampilkan oleh LCD serta ditampilkan pada *personal computer* untuk disimpan ke dalam *database*. Gambar 3.10 dan 3.11 berikut merupakan gambar perancangan atau penyusunan LCU (*Local Control Unit*) dari *flow monitoring system* pada *miniplant separator horizontal 3 fasa*.



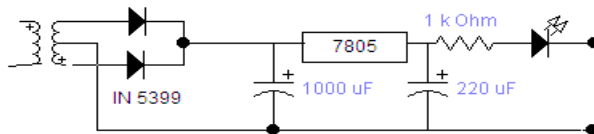
Gambar 3.9 LCU *Flow Monitoring System*



Gambar 3.10 *Display Pengukuran Flow-Inlet*

Adapun beberapa rangkaian yang diperlukan dalam rancang bangun *flow monitoring system* ini di antaranya sebagai berikut.

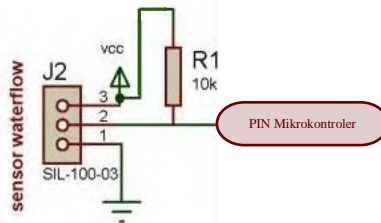
a. Rangkaian Power Supply 5 Volt



Gambar 3.11 Rangkaian *Power Supply 5 Volt*

Supply tegangan yang digunakan dalam rangkaian elektrik pada tugas akhir ini sebesar 5 Volt. Dalam pembuatan rangkaian *power supply* terdapat beberapa komponen dalam perangkaian ini yaitu regulator yang mempunyai tegangan IC 7805 serta dioda yang mempunyai fungsi spesifik yaitu untuk menjadikan sinyal AC sinusoidal yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang (*half wave*).

b. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor

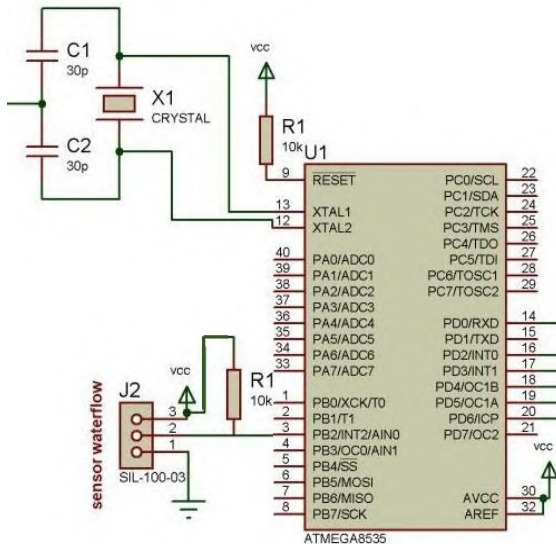


Gambar 3.12 Rangkaian Pengkondisi Sinyal *Water Flow*

Pada rangkaian pengkondisian sinyal sensor ini terdiri atas resistor $10k\Omega$, yang mana dihubungkan dengan pin portB mikrokontroler, sehingga mikrokontroler dapat membaca jumlah dan laju aliran dari *flow-inlet* separator.

c. Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega8535

Sistem minimum adalah sistem elektronika yang terdiri dari komponen-komponen dasar yang dibutuhkan oleh suatu mikrokontroler untuk dapat berfungsi dengan baik. Pada perancangan tugas akhir ini, sistem minimum ATmega8535 menggunakan reset dan osilator eksternal.



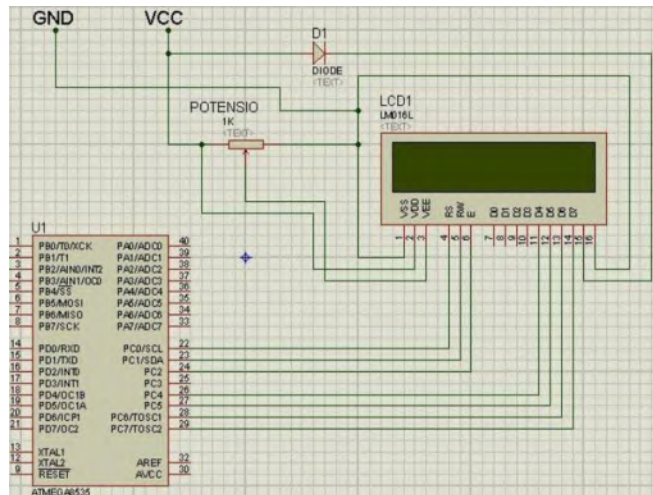
Gambar 3.13 Minsys Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 mempunyai jumlah pin sebanyak 40 buah, dimana 32 pin digunakan untuk keperluan port I/O yang dapat menjadi pin *input/output* sesuai konfigurasi. Pada 32 pin tersebut terbagi atas 4 bagian (port). Dalam *flow monitoring system* ini digunakan port B dan port C. Port B pada mikrokontroler dihubungkan dengan output rangkaian pengkondisian sinyal *water flow sensor*, yaitu menggunakan pin 1

(PB1) karena dalam program yang dibuat menggunakan konfigurasi timer 1.

d. Rangkaian Tampilan LCD 16x2

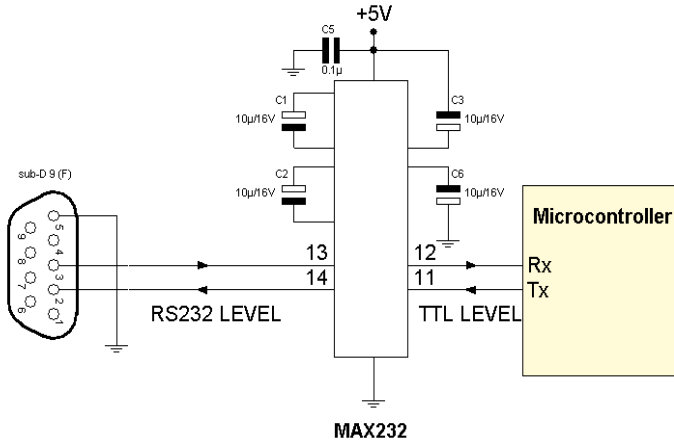
Modul LCD (*Liquid Crystal Display*) yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah modul LCD yang dapat menampilkan 16x2 karakter, yaitu 16 karakter untuk baris atas dan 16 karakter untuk baris bawah.



Gambar 3.14 Rangkaian LCD 16x2

Pada gambar rangkaian 3.15 tersebut, kaki-kaki dari rangkaian LCD dihubungkan ke port C mikrokontroler. Pin 1 dihubungkan ke Vcc (5V), pin 2 dan 16 dihubungkan ke Gnd (*Ground*), pin 3 merupakan pengaturan tegangan *Contrast* dari LCD, pin 4 merupakan *Register Select* (RS), pin 5 merupakan R/W (*Read/Write*), pin 6 merupakan *Enable*, pin 11-14 merupakan data. *Reset*, *enable*, R/W dan data dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8535. Fungsi dari potensiometer dalam rangkaian 3.15 tersebut adalah untuk mengatur gelap/terangnya (*brightness*) karakter yang ditampilkan pada LCD. Rangkaian LCD ini digunakan sebagai penampil data *flow-inlet* separator.

e. Rangkaian Antarmuka RS232



Gambar 3.15 Rangkaian Antarmuka RS232

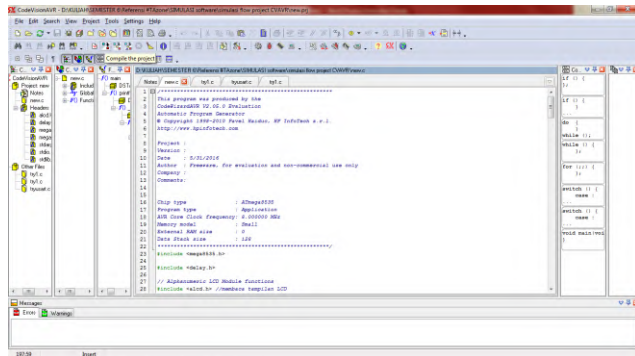
RS232 adalah *standard* komunikasi serial yang digunakan untuk koneksi periperal ke periperal. Biasa juga disebut dengan jalur I/O (*input/output*). Fungsi dari serial port RS232 adalah untuk menghubungkan/koneksi dari perangkat yang satu dengan perangkat yang lain, atau peralatan standart yang menyangkut komunikasi data antara komputer dengan alat-alat pelengkap komputer.

3.5 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan alat ini terdapat dua *software* yang digunakan untuk menampilkan hasil dari pengukuran *flow*, yaitu *software* CodeVision AVR dan Visual Studio.

a. Pemrograman CVAVR

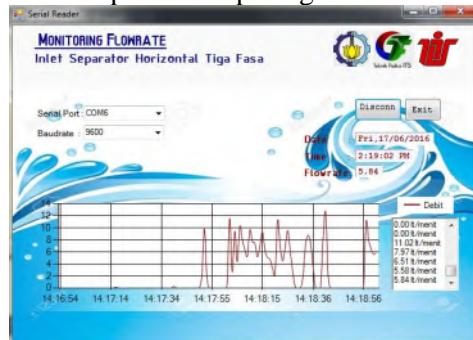
Software CodeVision AVR digunakan untuk memasukkan *listing program* yang berisi perintah-perintah guna mengintegrasikan data pengukuran yang telah diterima dari *water flow sensor* menuju ke mikrokontroler ATmeg8535. Selain itu, dapat juga memberikan perintah untuk mengintegrasikan mikrokontroler menuju ke LCD serta PC melalui Visual Studio.



Gambar 3.16 Tampilan Software CodeVision AVR

b. Pemrograman Visual Basic

Software ini digunakan untuk komunikasi antara ATmega8535 dengan *personal computer* sehingga pengukuran dapat dipantau atau dimonitoring pada layar karena semua data pengukuran telah terintegrasi dengan *software* ini. *Visual studio* ini dapat menyimpan data hasil pengukuran sensor dalam bentuk *database*. Tampilan *interface visual studio* yang digunakan pada tugas akhir kali ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.17 Tampilan Software Visual Studio

3.6 Kalibrasi

Pengujian sensor yang akan digunakan dalam *flow monitoring system* ini dilakukan melalui kalibrasi sensor untuk diketahui *error* serta ketidakpastian pembacaan sensor.

a. Peralatan Kalibrasi

Adapun peralatan yang dibutuhkan dalam melakukan kalibrasi *water flow sensor* yakni sebagai berikut:

1. Gelas/tangki ukur sebagai *standard* acuan volume
2. *Valve*
3. Pipa
4. *GI" Water Flow Sensor*
5. Peralatan tulis

b. Peralatan Kalibrasi

Setelah *water flow sensor* telah dipasang di *plant* yang terdiri dari tangki ukur, pipa dan *valve*, maka langkah selanjutnya yakni melakukan kalibrasi dengan alat ukur *standard*. Berikut adalah langkah-langkah untuk melakukan kalibrasi:

1. Dipersiapkan peralatan yang diperlukan.
2. *Range* pengukuran (tinggi tangki ukur) terhadap waktu ditentukan.
3. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap titik pengukuran.
4. Hasil dari pembacaan tangki ukur (*standard*) dan pembacaan sensor (alat) dicatat dalam waktu yang bersamaan.
5. Koreksi dari pengukuran dihitung dengan cara pembacaan *standard* dikurangi pembacaan alat.
6. Dilakukan perhitungan dan analisis data agar diketahui karakteristik statik dan nilai penyimpangan pembacaan (*standard deviation*) serta ketidakpastian pembacaan dari sensor.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Data

Pada tugas akhir *Flow Monitoring System* pada *miniplant* separator horizontal tiga fasa telah dilakukan pengambilan data sebagai berikut :

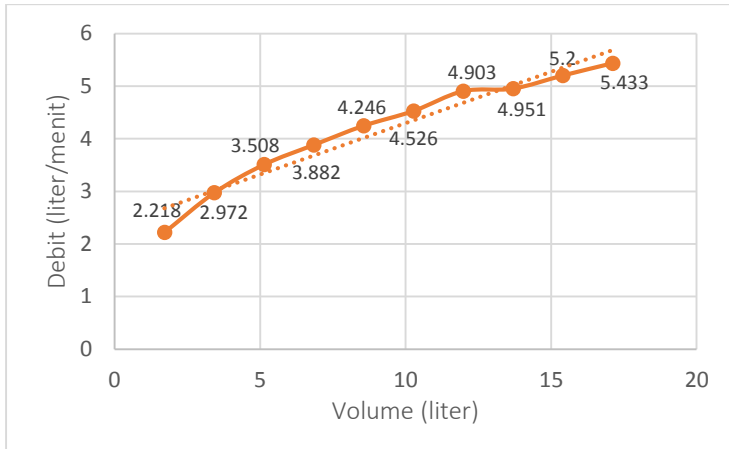
4.1.1 Pengujian *GI*” *Water Flow Sensor*

Pengujian sensor *flow* membandingkan laju aliran yang dibaca oleh sensor *flow* dengan *volume* pada tangki ukur per satuan waktu. Pengambilan data dilakukan pada 10 titik dengan rentang yang sama, di mana setiap titik diukur sebanyak 5 kali data pembacaan naik dan 5 kali data pembacaan turun. Data pembacaan berulang dan perhitungan ketidakpastian hasil pengujian sensor *water flow* dapat dilihat pada lampiran. Berikut adalah 10 titik rentang *volume* dan laju aliran yang digunakan, yang selanjutnya nilai debit atau laju aliran tersebut digunakan sebagai nilai pembacaan standar untuk pembandingan laju aliran yang dibaca oleh sensor *water flow*.

Tabel 4.1 Data Pengukuran pada Tangki Ukur

No.	Alas Tangki (cm ²)	Tinggi Cairan (cm)	Volume (liter)	Debit STD (liter/menit)
1	18,5 x18,5 = 342,25	5	1.711	2.218
2		10	3.423	2.972
3		15	5.134	3.508
4		20	6.845	3.882
5		25	8.556	4.246
6		30	10.270	4.526
7		35	11.979	4.903
8		40	13.690	4.951
9		45	15.401	5.200
10		50	17.112	5.433

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 4.1 di atas, diperoleh hubungan antara volume dengan laju aliran tersebut.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Volume dan Laju Aliran

Adapun hasil pengukuran uji sensor *water flow* dapat dilihat pada pembacaan dalam tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor *Water Flow*

No.	Pembacaan STD (liter/menit)	Rata-Rata Pembacaan Alat (liter/menit)			Koreksi
		Naik	Turun	Rata-Rata	
1	2.218	1.808	1.860	1.834	0.384
2	2.972	2.498	2.590	2.544	0.428
3	3.508	3.050	3.022	3.036	0.472
4	3.882	3.534	3.562	3.548	0.334
5	4.246	3.964	4.008	3.986	0.260
6	4.526	4.380	4.328	4.354	0.172
7	4.903	4.648	4.626	4.637	0.266
8	4.951	4.770	4.780	4.775	0.176
9	5.200	4.946	5.024	4.985	0.215
10	5.433	5.126	5.236	5.181	0.252
Jumlah	41.840				2.959
Rata-rata	4.1840				0.296

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel di atas dapat diketahui ketidakpastian pengukuran sensor melalui perhitungan menggunakan persamaan ketidakpastian yang dapat dilihat pada lampiran B. Hasil ketidakpastian pengukuran adalah sebagai berikut :

- a. $\sigma = 1,122$ lt/menit
- b. $U_{A1} = 0,355$ lt/menit
- c. $SSR = 0,28$ lt/menit
- d. $U_{A2} = 0,187$ lt/menit
- e. $U_{B1} = 0,003$ lt/menit
- f. $U_C = 0,401$ lt/menit
- g. $U_{exp} = 0,802$ lt/menit
- h. $V_{eff} = 13,677$

4.1.2 Karakteristik Statik Sensor

Adapun perhitungan karakteristik statik dari sensor dapat dilihat pada lampiran B. Nilai karakteristik statik adalah sebagai berikut:

- a. Resolusi : 0,01
- b. Range : 1,7 - 17 liter
- c. Rata-rata Error : 0,296 liter/menit
- d. Error (%) : 7,07%
- e. Akurasi : 0.92
% Akurasi : 99,08%
- f. Presisi : 0.908
% Presisi : 99,09%
- g. Sensitivitas (K) : 1,041
- h. Linieritas

Dengan diketahui nilai-nilai variabel berikut:

$$O_{\max} = 5,181$$

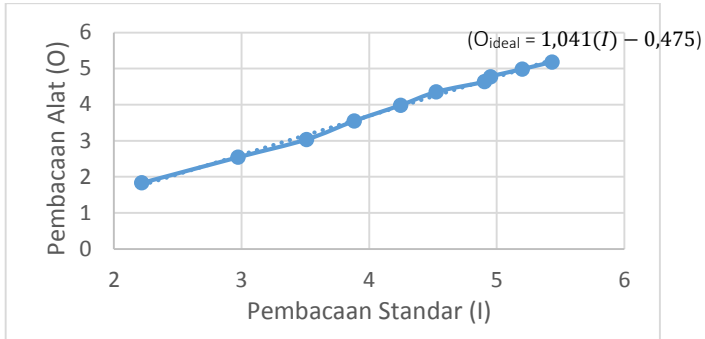
$$O_{\min} = 1.834$$

$$I_{\max} = 5,433$$

$$I_{\min} = 2,218$$

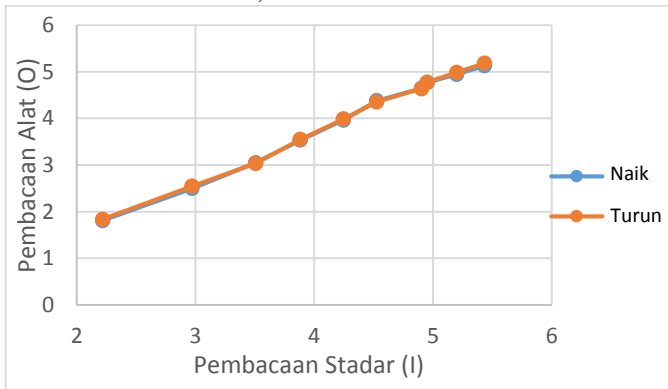
$$a = -0,475$$

$$\text{sehingga, } O_{\text{ideal}} = 1,041(I) - 0,475$$



Gambar 4.2 Grafik Linieritas *Water Flow Sensor*

i. Histerisis : 0,00455%



Gambar 4.3 Grafik Histerisis *Water Flow Sensor*

4.1.3 Pengujian Sensor Pada Sistem

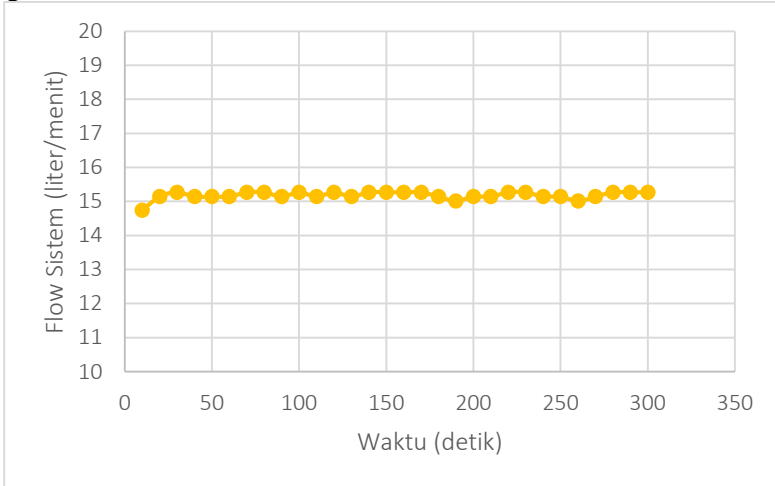
Pada pengujian sensor *water flow* pada inlet separator, sensor *flow* diletakkan setelah pompa dan sebelum memasuki separator. Peletakan sensor di setelah pompa ini bertujuan agar mengetahui nilai laju aliran fluida hasil *mixing* yang akan memasuki tangki pemisahan (separator).

Pengambilan data *monitoring flow* pada inlet *miniplant* separator dapat ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut. Di mana selama pengambilan data yang dilakukan selama 5 menit, laju aliran relatif tetap berada di sekitar angka 15 liter/menit.

Tabel 4.3 Data Pengujian Sistem

No.	Menit ke-	Detik ke-	Flow Sistem (liter/menit)
1	1	10	14.74
2		20	15.14
3		30	15.27
4		40	15.14
5		50	15.14
6		60	15.14
7	2	70	15.27
8		80	15.27
9		90	15.14
10		100	15.27
11		110	15.14
12		120	15.27
13	3	130	15.14
14		140	15.27
15		150	15.27
16		160	15.27
17		170	15.27
18		180	15.14
19	4	190	15.01
20		200	15.14
21		210	15.14
22		220	15.27
23		230	15.27
24		240	15.14
25	5	250	15.14
26		260	15.01
27		270	15.14
28		280	15.27
29		290	15.27
30		300	15.27
Rata-rata			15.17867

Berdasarkan data yang diambil pada sistem *monitoring flow* selanjutnya dibuat sebuah grafik yang mana menunjukkan bahwa laju aliran pada inlet *miniplant* separator relatif stabil, yaitu berada di sekitar angka 15 liter/menit sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.4 berikut.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Waktu dan Laju Aliran

4.2 Pembahasan

Pada pengambilan data *monitoring flow* didapat dari pembacaan sensor *GI" water flow*. Sensor diletakkan sebelum memasuki tangki separator dan sesudah *booster pump* inlet, hal ini digunakan untuk mengetahui seberapa laju aliran yang keluar dari *booster pump* agar air dapat menjangkau inlet separator. Cara kerja dari alat ukur *flow* atau laju aliran ini yaitu input dari sensor yang berupa aliran air dapat menggerakkan turbin, sehingga turbin atau *impeller* yang ada di dalam tubuh sensor bergerak dan menyebabkan terjadinya medan magnet karena adanya *hall effect*. Sedangkan output dari sensor berupa frekuensi (sinyal pulsa). Output dari sensor akan diolah oleh elemen pemrosesan sinyal yang berupa *microcontroller ATmega8535*. *Listing program* disusun atau di-*coding* melalui *software CodeVision AVR*, yang mana berfungsi untuk menampilkan data pengukuran dari sensor.

Di dalam *listing program* CodeVision AVR berisi rumus konversi yang dapat mengubah sinyal pulsa menjadi laju aliran dengan satuan liter per menit. Berdasarkan kalibrasi atau pengujian sensor yang telah dilakukan, diperoleh data pembacaan sensor *GI'' water flow* pada tabel 4.2 dan data pembacaan tangki ukur (*standard*) pada tabel 4.1. Melalui tabel tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan sesuai dengan persamaan yang telah tercantum pada tinjauan teori, yaitu diperoleh nilai penyimpangan (*standard deviation*) dari kalibrasi sensor yakni sebesar 1,122 L/menit, *error* alat ukur atau *water flow sensor* sebesar 7,07%, ketidakpastian diperluas atau U_{expand} sebesar 0,802 L/menit, nilai akurasi pembacaan sensor sebesar 0,918561 dan nilai presisi dari sensor sebesar 0,908223.

Pada pengambilan data pada sistem separator dilakukan pembacaan *flow* pada sistem setiap 10 detik selama 5 menit. Data pembacaan sensor *GI'' water flow* yang terdapat pada tabel 4.3 terlihat bahwa pembacaan pada sistem sedikit berubah-ubah nilainya (fluktuatif) namun cenderung konstan, hal ini disebabkan karena laju aliran dapat dipengaruhi oleh tekanan fluida yang melewati sensor, di mana laju aliran atau *flow* berbanding lurus dengan tekanan yang diberikan. Semakin besar tekanan pada sistem maka semakin besar pula laju aliran atau *flow* yang dibaca oleh sensor *flow*. Pada pengambilan data sistem menunjukkan bahwa rata-rata laju aliran relatif tetap yakni di sekitar 15 L/menit, hal ini dikarenakan oleh beberapa hal yakni letak sensor berada setelah *booster pump*, sehingga laju aliran tidak dipengaruhi oleh volume tangki input melainkan dipengaruhi oleh dorongan *booster pump*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A
PENGUJIAN SENSOR WATER FLOW

No.	h (cm)	Volume (lt)	Waktu (detik)												Debit Rata-rata (lt/menit) (STD)	
			Pembacaan Naik						Pembacaan Turun							Rata-rata Pemb,
			1	2	3	4	5	Rata-rata	1	2	3	4	5	Rata-rata		
1	5	1,711	44	48	45	51	52	48,0	44	44	46	41	48	44,6	46,3	2,218
2	10	3,423	68	68	73	64	73	69,2	68	66	71	72	68	69,0	69,1	2,972
3	15	5,134	88	86	90	88	92	88,8	86	88	82	89	89	86,8	87,8	3,508
4	20	6,845	108	112	102	107	107	107,2	106	107	108	102	99	104,4	105,8	3,882
5	25	8,556	118	122	122	123	119	120,8	120	121	117	123	124	121,0	120,9	4,246
6	30	10,270	132	135	131	140	138	135,2	137	137	137	139	135	137,0	136,1	4,526
7	35	11,979	147	145	149	141	153	147,0	144	145	148	143	151	146,2	146,6	4,903
8	40	13,690	164	170	164	163	169	166,0	165	163	167	171	163	165,8	165,9	4,951
9	45	15,401	177	181	174	181	179	178,4	181	180	177	174	173	177,0	177,7	5,200
10	50	17,112	188	191	195	190	187	190,2	189	190	185	189	186	187,8	189,0	5,433

No,	Debit STD (lt/menit)	Debit Alat "Water Flow Sensor" (lt/menit)												Debit Rata-rata (lt/menit) (Alat)	Koreksi ($Q_{STD} - Q_{Alat}$)
		Pembacaan Naik						Pembacaan Turun							
		1	2	3	4	5	Rata-rata	1	2	3	4	5	Rata-rata		
1	2,218	1,86	1,73	1,73	1,86	1,86	1,808	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,86	1,834	0,384
2	2,972	2,52	2,52	2,52	2,52	2,41	2,498	2,62	2,62	2,57	2,52	2,62	2,59	2,544	0,428
3	3,508	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	3,05	2,98	3,05	2,98	3,05	3,05	3,022	3,036	0,472
4	3,882	3,59	3,45	3,59	3,59	3,45	3,534	3,59	3,59	3,59	3,45	3,59	3,562	3,548	0,334
5	4,246	3,90	3,98	3,98	3,98	3,98	3,964	3,98	4,05	3,98	3,98	4,05	4,008	3,986	0,260
6	4,526	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,38	4,25	4,38	4,38	4,25	4,38	4,328	4,354	0,172
7	4,903	4,65	4,65	4,59	4,7	4,65	4,648	4,65	4,65	4,65	4,59	4,59	4,626	4,637	0,266
8	4,951	4,78	4,73	4,78	4,78	4,78	4,77	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,78	4,775	0,176
9	5,200	4,88	4,98	4,98	4,91	4,98	4,946	4,98	5,09	5,09	4,98	4,98	5,024	4,985	0,215
10	5,433	5,18	5,09	5,09	5,09	5,18	5,126	5,31	5,23	5,23	5,18	5,23	5,236	5,181	0,252
Jumlah	41,840													38,880	2,959
Rata-rata	4,184													3,888	0,296

LAMPIRAN B HASIL KETIDAKPASTIAN SENSOR

1. Ketidakpastian Hasil Pengukuran (U_{A1})

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

di mana:

σ = standar deviasi

n = banyaknya data

Besarnya σ (*standard deviation*) dapat diperhitungkan melalui tabel berikut:

h (cm)	Debit STD (lt/menit)	Debit Alat (lt/menit)	$(x_i - \bar{x}_i)^2$
5	2.218	1.834	4.219
10	2.972	2.544	1.806
15	3.508	3.036	0.726
20	3.882	3.548	0.116
25	4.246	3.986	0.01
30	4.526	4.354	0.217
35	4.903	4.637	0.561
40	4.951	4.775	0.787
45	5.2	4.985	1.203
50	5.433	5.181	1.672
Jumlah		38.88	11.32
Rata-Rata (\bar{x}_i)		3.888	

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Delta(x_i - \bar{x}_i)^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{11,32}{10 - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{1,258} = 1,122 \text{ lt/menit}$$

sehingga,

$$U_{A1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{A1} = \frac{1,122}{\sqrt{10}}$$

$$U_{A1} = 0,355 \text{ lt/menit}$$

2. Ketidakpastian Pendekatan Regresi (U_{A2})

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}}$$

di mana:

$$SSR = \Delta (y_i - y_{reg})^2$$

$$SSR = 0,28 \text{ lt/menit}$$

Besarnya SSR dapat diketahui melalui perhitungan nilai-nilai untuk persamaan regresi pada tabel berikut

No.	x	y	x.y	x ²	y _{reg}	R	R ²
1	2.218	0.384	0.851	4.92	0.140	0.244	0.060
2	2.972	0.428	1.271	8.83	0.200	0.228	0.052
3	3.508	0.472	1.657	12.31	0.242	0.230	0.053
4	3.882	0.334	1.296	15.07	0.272	0.062	0.004
5	4.246	0.260	1.105	18.03	0.301	-0.041	0.002
6	4.526	0.172	0.781	20.49	0.323	-0.151	0.023
7	4.903	0.266	1.302	24.04	0.353	-0.087	0.008
8	4.951	0.176	0.872	24.51	0.357	-0.181	0.033
9	5.200	0.215	1.119	27.04	0.377	-0.161	0.026
10	5.433	0.252	1.366	29.51	0.395	-0.144	0.021
Jml.	41.840	2.959	11.620	184.70			0.280
Rata2	4.184	0.296					
Nilai b			0.079				
Nilai a			-0.037				

sehingga,

$$U_{A2} = \sqrt{\frac{0,28}{10 - 2}}$$

$$U_{A2} = \sqrt{0,035}$$

$$U_{A2} = 0,187 \text{ lt/menit}$$

3. Ketidakpastian Resolusi (U_{B1})

Karena alat yang digunakan dalam kalibrasi ber-*display* digital dengan resolusi berdasarkan sertifikat kalibrasi atau spesifikasi dari alat tersebut sebesar 0,01 maka U_{B1} dapat diketahui melalui rumus:

$$U_{B1} = \frac{1/2 \text{ resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = \frac{1/2 \cdot 0,01}{\sqrt{3}}$$

$$U_{B1} = 0,003 \text{ lt/menit}$$

4. Ketidakpastian Alat Standar (U_{B2})

$$U_{B2} = \frac{a}{k}$$

(mencari nilai U_{B2} tidak dapat dihitung karena tidak memiliki sertifikat kalibrasi)

5. Ketidakpastian Kombinasi (U_C)

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut (tipe A dan tipe B) harus dikombinasikan/digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi (U_C) adalah:

$$U_C = \sqrt{\Delta(U_{Ai})^2 + \Delta(U_{Bi})^2}$$

$$U_C = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2}$$

$$U_C = \sqrt{0,355^2 + 0,187^2 + 0,003^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,161}$$

$$U_c = 0,401 \text{ lt/menit}$$

6. Derajat Kebebasan Efektif (V_{eff})

$$V_{\text{eff}} = \frac{U_c^4}{\frac{U_{A1}^4}{V_1} + \frac{U_{A2}^4}{V_2} + \frac{U_{B1}^4}{V_3}}$$

Derajat kebebasan (V) dapat diketahui melalui perhitungan berikut:

$V_1 = n - 1$ (karena data diperoleh dari pengukuran berulang sebanyak n kali)

$$V_1 = 10 - 1 = 9$$

sedangkan pada V_2 dan V_3 , data merupakan hasil perkiraan atau estimasi dengan *reliability* (R), sehingga perhitungannya melalui rumus:

$$V = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)^2 \text{ di mana R dalam satuan persen (\%)}$$

$$V = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{10} \right)^2 = 50$$

sehingga,

$$V_{\text{eff}} = \frac{0,401^4}{\frac{0,355^4}{9} + \frac{0,187^4}{9} + \frac{0,003^4}{50}}$$

$$V_{\text{eff}} = \frac{0,026}{1,765 \times 10^{-3} + 0,136 \times 10^{-3} + 1,62 \times 10^{-12}}$$

$$V_{\text{eff}} = 13,677$$

7. Ketidakpastian Diperluas (U_{exp})

$$U_{95} = k \cdot U_c$$

(nilai faktor cakupan (k) diperoleh dari tabel *T-distribution* dengan tingkat kepercayaan 95%, didapatkan $k=1,7644$)

sehingga,

$$U_{95} = (1,7644)(0,401) \\ = 0,707 \text{ lt/menit}$$

Karakteristik Statik

1. Resolusi = 0,01

2. Range = 1,7 – 17 liter

3. Rata-rata *Error* = 0,296 liter/menit

$$4. \text{Error (\%)} = \left| \frac{\text{rata-rata error}}{\text{rata-rata pemb.std}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = \left| \frac{0,296}{4,184} \right| \times 100\%$$

$$\text{Error (\%)} = 7,07\%$$

$$5. \text{Akurasi} = 1 - \left(\text{rata-rata} \frac{(\text{pemb.std} - \text{pemb.alat})}{\text{pemb.std}} \right)$$

$$\text{Akurasi} = 0,918561$$

$$\% \text{Akurasi} = 100 - (0,918561 \times 100\%)$$

$$= 99,08\%$$

$$6. \text{Presisi} = 1 - \left(\text{rata-rata} \frac{(\text{pemb.alat} - \text{pemb.std})}{\text{pemb.alat}} \right)$$

$$\text{Presisi} = 0,908223$$

$$\% \text{Presisi} = 100 - (0,908223 \times 100\%)$$

$$= 99,09\%$$

$$7. \text{Sensitivitas (K)} = \frac{\Delta O}{\Delta I}$$

Di mana output O adalah nilai pembacaan alat (sensor) dan input I adalah nilai pembacaan standar, sehingga:

$$K = \frac{5,181 - 1,834}{5,433 - 2,218} = 1,041$$

8. O Ideal

$$O \text{ ideal} = KI + a$$

$$O \text{ ideal} = KI + (O_{\min} - KI_{\min})$$

$$\text{di mana: } O_{\min} = 1,834$$

$$I_{\min} = 2,218$$

$$O_{ideal} = 1,041(I) + (-0,475)$$

Melalui persamaan tersebut, maka diperoleh O_{ideal} untuk masing-masing titik pengukuran seperti tertera pada tabel berikut

Hasil Perhitungan O_{ideal} Water Flow Sensor	
O_{ideal} (1)	1.834
O_{ideal} (2)	2.619
O_{ideal} (3)	3.177
O_{ideal} (4)	3.566
O_{ideal} (5)	3.945
O_{ideal} (6)	4.237
O_{ideal} (7)	4.629
O_{ideal} (8)	4.679
O_{ideal} (9)	4.938
O_{ideal} (10)	5.181

9. Histerisis :

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

Perhitungan Histerisis Water Flow Sensor					
No	O naik	O turun	O max	O min	H
1	1.808	1.86	5.236	1.808	0.026
2	2.498	2.590			0.046
3	3.050	3.022			-0.014
4	3.534	3.562			0.014
5	3.964	4.008			0.022
6	4.38	4.328			-0.026
7	4.648	4.626			-0.011
8	4.770	4.780			0.005
9	4.946	5.024			0.039
10	5.126	5.236			0.055

$$\tilde{H} = H(I)_{max}$$

$$\%H = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\%$$

$$\%H = \frac{0,0156}{5,236 - 1,808} \times 100\%$$

$$\%H = 0,00455\%$$

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI *BOOSTER PUMP INLET*



Spesifikasi:

Negara Produksi	: China
Nama	: Mesin Pompa Air ESE
Model	: GP-125
<i>Power</i>	: <i>Electric</i>
Pemakaian	: Fluida Cair
Daya Listrik	: 125 watt
Tegangan	: 220 v
Frekuensi	: 50 Hz
Daya Hisap Maksimum	: 9 m
Tinggi Dorong	: 30 m
Tinggi Total Maksimum	: 39 m
Kapasitas Maksimum	: 30 L/min
Suhu Cairan Maksimum	: 35°C
Ukuran Pipa	: 1" x 1"
Dengan sistem <i>thermal protector</i> dan sudah berlabel SNI.	

LAMPIRAN D

DATASHEET ATMEGA8535

Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 512 Bytes Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels for TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x for TQFP Package Only
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega8535L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega8535
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega8535L
 - 0 - 16 MHz for ATmega8535



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 8K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega8535
ATmega8535L

Summary

2502KS-AVR-10/06

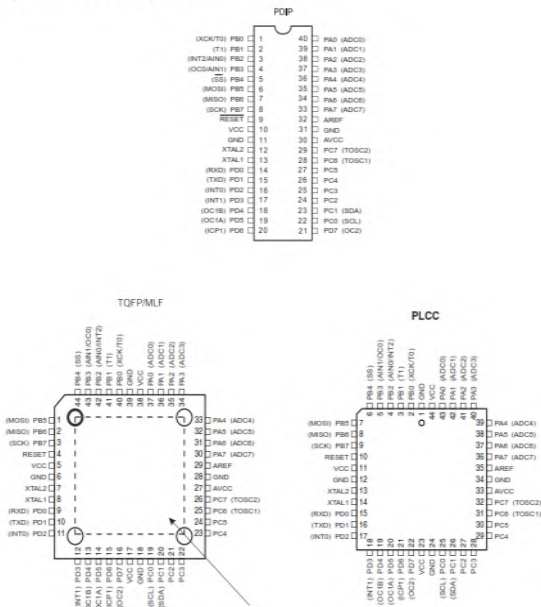


Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega8535



NOTE: MLF Bottom pad should be soldered to ground.

Disclaimer

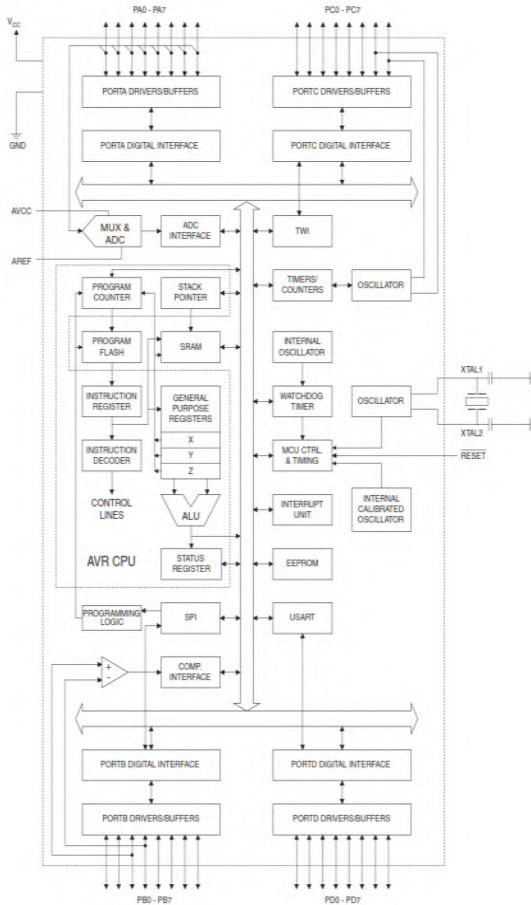
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega8535 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing instructions in a single clock cycle, the ATmega8535 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega8535 provides the following features: 8K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 512 bytes SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer/Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain in TQFP package, a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the asynchronous timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega8535 is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega8535 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, In-Circuit Emulators, and evaluation kits.

AT90S8535 Compatibility

The ATmega8535 provides all the features of the AT90S8535. In addition, several new features are added. The ATmega8535 is backward compatible with AT90S8535 in most cases. However, some incompatibilities between the two microcontrollers exist. To solve this problem, an AT90S8535 compatibility mode can be selected by programming the S8535C fuse. ATmega8535 is pin compatible with AT90S8535, and can replace the AT90S8535 on current Printed Circuit Boards. However, the location of fuse bits and the electrical characteristics differs between the two devices.

AT90S8535 Compatibility Mode

Programming the S8535C fuse will change the following functionality:

- The timed sequence for changing the Watchdog Time-out period is disabled. See "Timed Sequences for Changing the Configuration of the Watchdog Timer" on page 45 for details.
- The double buffering of the USART Receive Register is disabled. See "AVR USART vs. AVR UART – Compatibility" on page 146 for details.

Pin Descriptions

V_{CC}	Digital supply voltage.
GND	Ground.
Port A (PA7..PA0)	<p>Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.</p> <p>Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port B (PB7..PB0)	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 60.</p>
Port C (PC7..PC0)	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p>
Port D (PD7..PD0)	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega8535 as listed on page 64.</p>
RESET	Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V _{CC} , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V _{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.



Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

**About Code
Examples**

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.



Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page	
0x3F (0x3F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	10	
0x3E (0x3E)	SPH	–	–	–	–	–	–	SP9	SP8	12	
0x3D (0x3D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12	
0x3C (0x3C)	OCR0	Timer/Counter0 Output Compare Register								85	
0x3B (0x3B)	GICR	INT1	INT0	INT2	–	–	–	IVSEL	IVCE	49, 69	
0x3A (0x3A)	GIFR	INTF1	INTF0	INTF2	–	–	–	–	–	70	
0x39 (0x39)	TIMSK	OCIE2	TOIE2	TCIE1	OCIE1A	OCIE1B	TOIE1	OCIE0	TOIE0	85, 115, 133	
0x38 (0x38)	TIFR	OCF2	TOV2	ICF1	OCF1A	OCF1B	TOV1	OCF0	TOV0	86, 116, 134	
0x37 (0x37)	SPMCR	SPMIE	RWWSB	–	RWWSRE	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN	228	
0x36 (0x36)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	181	
0x35 (0x35)	MCUCR	SM2	SE	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	32, 68	
0x34 (0x34)	MCUCSR	–	ISC2	–	–	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	40, 69	
0x33 (0x33)	TCCR0	FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00	83	
0x32 (0x32)	TCNT0	Timer/Counter0 (8 Bits)								85	
0x31 (0x31)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								30	
0x30 (0x30)	SPICR	ADTS2	ADTS1	ADTS0	–	ACME	PUD	PSP2	PBR10	59, 88, 135, 203, 223	
0x2F (0x2F)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	FOC1A	FOC1B	WGM11	WGM10	110	
0x2E (0x2E)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	113	
0x2D (0x2D)	TCNT1H	Timer/Counter1 – Counter Register High Byte								114	
0x2C (0x2C)	TCNT1L	Timer/Counter1 – Counter Register Low Byte								114	
0x2B (0x2B)	OCR1AH	Timer/Counter1 – Output Compare Register A High Byte								114	
0x2A (0x2A)	OCR1AL	Timer/Counter1 – Output Compare Register A Low Byte								114	
0x29 (0x29)	OCR1BH	Timer/Counter1 – Output Compare Register B High Byte								114	
0x28 (0x28)	OCR1BL	Timer/Counter1 – Output Compare Register B Low Byte								114	
0x27 (0x27)	ICRH	Timer/Counter1 – Input Capture Register High Byte								114	
0x26 (0x26)	ICRL	Timer/Counter1 – Input Capture Register Low Byte								114	
0x25 (0x25)	TCCR2	FOC2	WGM20	COM21	COM20	WGM21	CS22	CS21	CS20	128	
0x24 (0x24)	TCNT2	Timer/Counter2 (8 Bits)								130	
0x23 (0x23)	OCR2	Timer/Counter2 Output Compare Register								131	
0x22 (0x22)	ASSR	–	–	–	–	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	131	
0x21 (0x21)	WDTCR	–	–	–	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	42	
0x20 ⁽¹⁾ (0x40) ⁽¹⁾	UBRRH	URSEL	–	–	–	–	–	UBRR1 (1.8)		169	
	UCSPC	URSEL	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCS21	UCS20	UCPOL	167	
0x1F (0x3F)	EEA9H	–	–	–	–	–	–	–	EEA9B	19	
0x1E (0x3E)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								19	
0x1D (0x3D)	EEDR	–	–	–	–	–	–	–	–	19	
0x1C (0x3C)	EEDR	–	–	–	–	–	–	–	–	19	
0x1B (0x3B)	PORTA	PORTA7	PORTA6	PORTA5	PORTA4	PORTA3	PORTA2	PORTA1	PORTA0	66	
0x1A (0x3A)	DORA	DDA7	DDA6	DDA5	DDA4	DDA3	DDA2	DDA1	DDA0	66	
0x19 (0x39)	PINA	PINA7	PINA6	PINA5	PINA4	PINA3	PINA2	PINA1	PINA0	66	
0x18 (0x38)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	66	
0x17 (0x37)	DRB	DOB7	DOB6	DOB5	DOB4	DOB3	DOB2	DOB1	DOB0	66	
0x16 (0x36)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	67	
0x15 (0x35)	PORTC	PORTC7	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	67	
0x14 (0x34)	DDRC	DDC7	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	67	
0x13 (0x33)	PINC	PINC7	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	67	
0x12 (0x32)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	67	
0x11 (0x31)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	67	
0x10 (0x30)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	67	
0x0F (0x2F)	SPDR	SPI Data Register								143	
0x0E (0x2E)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	–	SPI2X	143
0x0D (0x2D)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	141	
0x0C (0x2C)	UDR	USART I/O Data Register								164	
0x0B (0x2B)	UCSRA	RXC	TXC	UDRE	FE	DOR	PE	UDX	MPCM	165	
0x0A (0x2A)	UCSRB	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCS22	RXB8	TXB8	166	
0x09 (0x29)	UBRRL	USART Baud Rate Register Low Byte								169	
0x08 (0x28)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	203	
0x07 (0x27)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	213	
0x06 (0x26)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADIFSC	ADIFS1	ADIFS0	221	
0x05 (0x25)	ADCH	ADC Data Register High Byte								222	
0x04 (0x24)	ADCL	ADC Data Register Low Byte								222	
0x03 (0x23)	TWDR	Two-wire Serial Interface Data Register								183	
0x02 (0x22)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	183	
0x01 (0x21)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWS1	TWS0	183	

Register Summary (Continued)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x00 (0x20)	TWBR	Two-wire Serial Interface Bit Rate Register								181

- Notes:
1. Refer to the USART description for details on how to access UBRRH and UCSRC.
 2. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
 3. Some of the status flags are cleared by writing a logical one to them. Note that the CBI and SBI instructions will operate on all bits in the I/O Register, writing a one back into any flag read as set, thus clearing the flag. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.



Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rd,K	Add Immediate to Word	$Rd \leftarrow Rd + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBW	Rd,K	Subtract Immediate from Word	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \& Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \& K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORL	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow \text{NOT } Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow \text{NOT } Rd + 1$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CLR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \& (\text{NOT } K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \& Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \& 0$	Z,N,V	1
SEI	Rd, Rr	Set Register	$Rd \leftarrow \text{NOT } Rd$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \ll 1$	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP	k	Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL	k	Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow \text{STACK}$	None	4
IRET		Interrupt Return	$PC \leftarrow \text{STACK}$	1	4
CPSE	Rd/Rr	Compare, Skip if Equal	$\text{if } (Rd = Rr) \text{ then } PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
CP	Rd/Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd/Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	$\text{if } (Rr)(b)=0 \text{ then } PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	$\text{if } (Rr)(b)=1 \text{ then } PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	$\text{if } (P)(b)=0 \text{ then } PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
SBS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	$\text{if } (P)(b)=1 \text{ then } PC \leftarrow PC + 2 \text{ or } 3$	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	$\text{if } (SREG)(s) = 1 \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	$\text{if } (SREG)(s) = 0 \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRREQ	k	Branch if Equal	$\text{if } (Z = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	$\text{if } (Z = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	$\text{if } (C = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	$\text{if } (C = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	$\text{if } (N = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	$\text{if } (N = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	$\text{if } ((N \oplus V) = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	$\text{if } ((N \oplus V) = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	$\text{if } (H = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	$\text{if } (H = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	$\text{if } (T = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	$\text{if } (T = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	$\text{if } (V = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	$\text{if } (V = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	$\text{if } (I = 1) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	$\text{if } (I = 0) \text{ then } PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd ← Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	RD ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z + 1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P.b	Set Bit in I/O Register	I/O(P.b) ← 1	None	2
CBI	P.b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P.b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z, C, N, V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z, C, N, V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0) ← C, Rd(n+1) ← Rd(n), C ← Rd(7)	Z, C, N, V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7) ← C, Rd(n) ← Rd(n+1), C ← Rd(0)	Z, C, N, V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z, C, N, V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) ← Rd(7..4), Rd(7..4) ← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit Load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
BEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
BEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
BEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
BEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
BES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
BEV		Set Twos Complement Overflow	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
BET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
BEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1



Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/Time)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package ⁽¹⁾	Operation Range
8	2.7 - 5.5V	ATmega8535L-8AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535L-8PC	40P6	
		ATmega8535L-8JC	44J	
		ATmega8535L-8MC	44M1	
		ATmega8535L-8AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535L-8PI	40P6	
		ATmega8535L-8JI	44J	
		ATmega8535L-8MI	44M1	
ATmega8535L-8AU ⁽²⁾	44A			
ATmega8535L-8PU ⁽²⁾	40P6			
ATmega8535L-8JU ⁽²⁾	44J			
ATmega8535L-8MU ⁽²⁾	44M1			
16	4.5 - 5.5V	ATmega8535-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		ATmega8535-16PC	40P6	
		ATmega8535-16JC	44J	
		ATmega8535-16MC	44M1	
		ATmega8535-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		ATmega8535-16PI	40P6	
		ATmega8535-16JI	44J	
		ATmega8535-16MI	44M1	
		ATmega8535-16AU ⁽²⁾	44A	
		ATmega8535-16PU ⁽²⁾	40P6	
		ATmega8535-16JU ⁽²⁾	44J	
		ATmega8535-16MU ⁽²⁾	44M1	

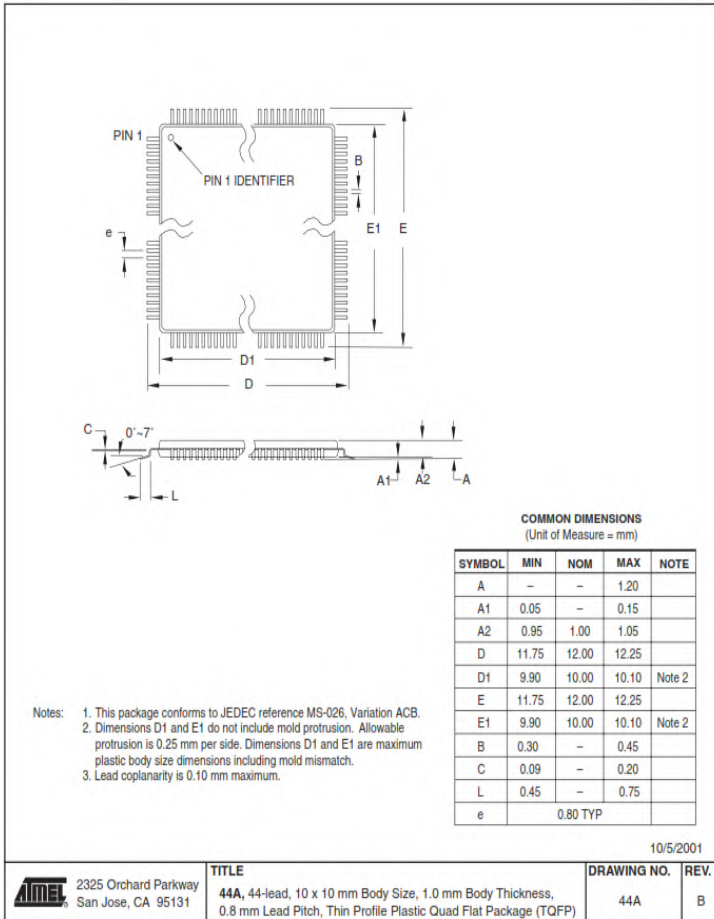
- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities..
 2. Pb-free packaging alternative, complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.

Package Type	
44A	44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flat Package (TQFP)
40P6	40-pin, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
44M1-A	44-pad, 7 x 7 x 1.0 mm body, lead pitch 0.50 mm, Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

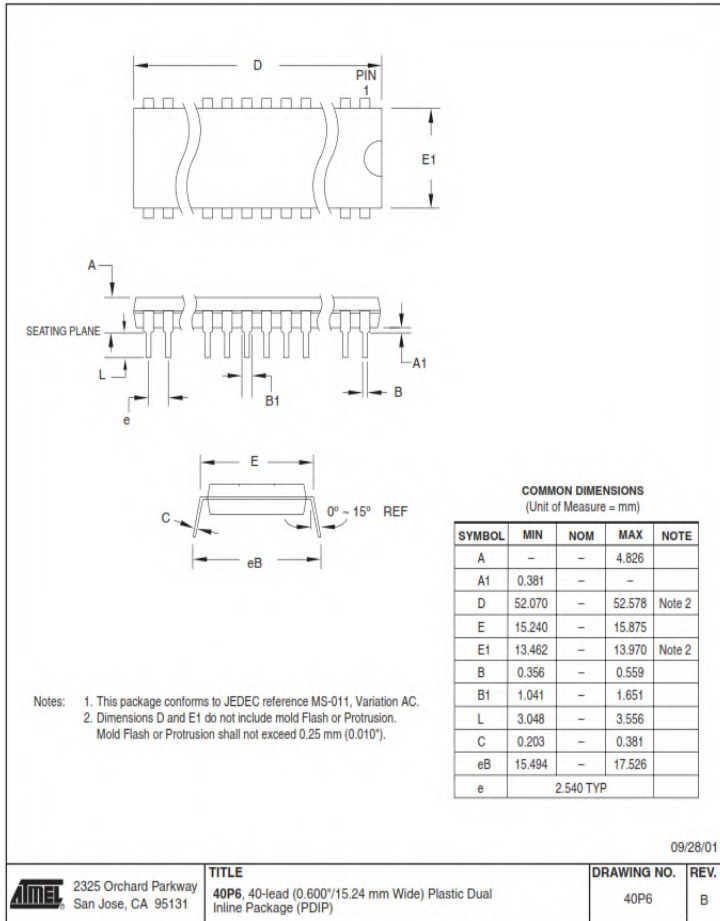


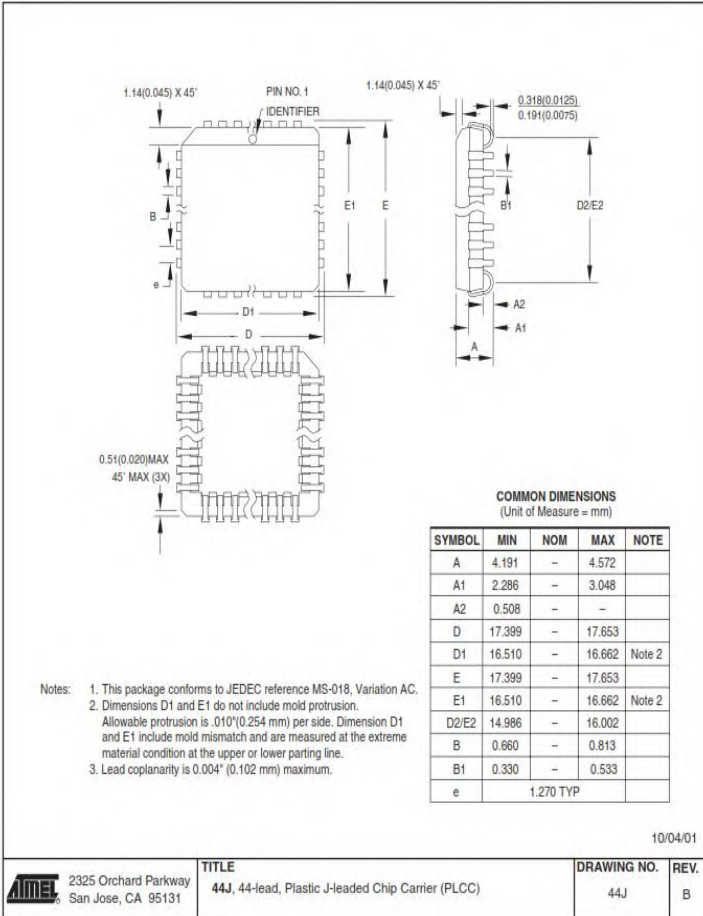
Packaging Information

44A

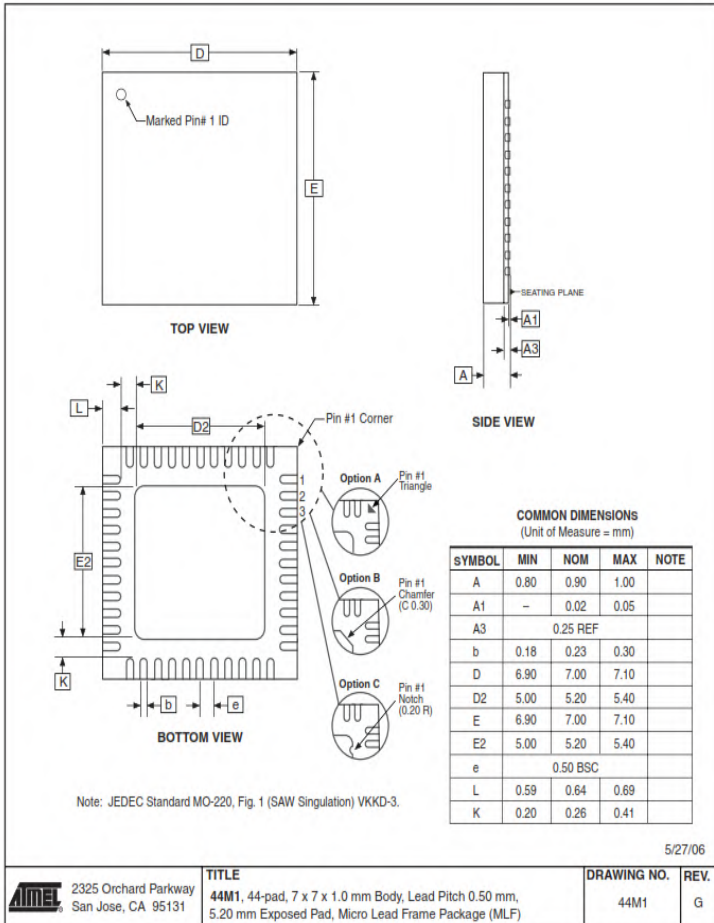


40P6





44M1-A





Errata

ATmega8535 Rev. A and B

The revision letter refer to the device revision.

- First Analog Comparator conversion may be delayed
- Asynchronous Oscillator does not stop in Power-down

1. First Analog Comparator conversion may be delayed

If the device is powered by a slow rising V_{CC} , the first Analog Comparator conversion will take longer than expected on some devices.

Problem Fix/Workaround

When the device has been powered or reset, disable then enable the Analog Comparator before the first conversion.

2. Asynchronous Oscillator does not stop in Power-down

The asynchronous oscillator does not stop when entering Power-down mode. This leads to higher power consumption than expected.

Problem Fix/Workaround

Manually disable the asynchronous timer before entering Power-down.

Datasheet Revision History

Please note that the referring page numbers in this section are referring to this document. The referring revision in this section are referring to the document revision.

**Changes from Rev.
2502J- 08/06 to Rev.
2502K- 10/06**

1. Updated TOP/BOTTOM description for all Timer/Counters Fast PWM mode.
2. Updated "Errata" on page 18.

**Changes from Rev.
2502I- 06/06 to Rev.
2502J- 08/06**

1. Updated "Ordering Information" on page 13.

**Changes from Rev.
2502H- 04/06 to Rev.
2502I- 06/06**

1. Updated code example "USART Initialization" on page 150.

**Changes from Rev.
2502G- 04/05 to Rev.
2502H- 04/06**

1. Added "Resources" on page 6.
2. Updated Table 7 on page 29, Table 17 on page 42 and Table 111 on page 258.
3. Updated "Serial Peripheral Interface – SPI" on page 136.
4. Updated note in "Bit Rate Generator Unit" on page 180.

**Changes from Rev.
2502F- 06/04 to Rev.
2502G- 04/05**

1. Removed "Preliminary" and TBD's.
2. Updated Table 37 on page 69 and Table 113 on page 261.
3. Updated "Electrical Characteristics" on page 255.
4. Updated "Ordering Information" on page 13.

**Changes from Rev.
2502E-12/03 to Rev.
2502G-06/04**

1. MLF-package alternative changed to "Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package QFN/MLF".

**Changes from Rev.
2502E-12/03 to Rev.
2502F-06/04**

1. Updated "Reset Characteristics" on page 37.
2. Updated SPH in "Stack Pointer" on page 12.
3. Updated C code in "USART Initialization" on page 150.
4. Updated "Errata" on page 18.

**Changes from Rev.
2502D-09/03 to Rev.
2502E-12/03**

1. Updated "Calibrated Internal RC Oscillator" on page 29.
2. Added section "Errata" on page 18.



**Changes from Rev.
2502C-04/03 to Rev.
2502D-09/03**

1. Removed "Advance Information" and some TBD's from the datasheet.
2. Added note to "Pinout ATmega8535" on page 2.
3. Updated "Reset Characteristics" on page 37.
4. Updated "Absolute Maximum Ratings" and "DC Characteristics" in "Electrical Characteristics" on page 255.
5. Updated Table 111 on page 258.
6. Updated "ADC Characteristics" on page 263.
7. Updated "ATmega8535 Typical Characteristics" on page 266.
8. Removed CALL and JMP Instructions from code examples and "Instruction Set Summary" on page 10.

**Changes from Rev.
2502B-09/02 to Rev.
2502C-04/03**

1. Updated "Packaging Information" on page 14.
2. Updated Figure 1 on page 2, Figure 84 on page 179, Figure 85 on page 185, Figure 87 on page 191, Figure 98 on page 207.
3. Added the section "EEPROM Write During Power-down Sleep Mode" on page 22.
4. Removed the references to the application notes "Multi-purpose Oscillator" and "32 kHz Crystal Oscillator", which do not exist.
5. Updated code examples on page 44.
6. Removed ADHSM bit.
7. Renamed Port D pin ICP to ICP1. See "Alternate Functions of Port D" on page 64.
8. Added information about PWM symmetry for Timer 0 on page 79 and Timer 2 on page 126.
9. Updated Table 68 on page 169, Table 75 on page 190, Table 76 on page 193, Table 77 on page 196, Table 108 on page 253, Table 113 on page 261.
10. Updated description on "Bit 5 – TWSTA: TWI START Condition Bit" on page 182.
11. Updated the description in "Filling the Temporary Buffer (Page Loading)" and "Performing a Page Write" on page 231.
12. Removed the section description in "SPI Serial Programming Characteristics" on page 254.
13. Updated "Electrical Characteristics" on page 255.

14. Updated "ADC Characteristics" on page 263.

14. Updated "Register Summary" on page 8.

15. Various Timer 1 corrections.

16. Added WD_FUSE period in Table 108 on page 253.

**Changes from Rev.
2502A-06/02 to Rev.
2502B-09/02**

1. Changed the Endurance on the Flash to 10,000 Write/Erase Cycles.



Atmel Corporation

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 487-2600

Regional Headquarters

Europe

Atmel Sari
Route des Arsenaux 41
Case Postale 80
CH-1705 Fribourg
Switzerland
Tel: (41) 26-426-5555
Fax: (41) 26-426-5500

Asia

Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimshatsui
East Kowloon
Hong Kong
Tel: (852) 2721-9778
Fax: (852) 2722-1369

Japan

9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
Tel: (81) 3-3523-3551
Fax: (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Memory

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

Microcontrollers

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, USA
Tel: 1(408) 441-0311
Fax: 1(408) 436-4314

La Chanterrie
BP 70602
44306 Nantes Cedex 3, France
Tel: (33) 2-40-18-18-18
Fax: (33) 2-40-18-19-60

ASIC/ASSP/Smart Cards

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex, France
Tel: (33) 4-42-53-60-00
Fax: (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park
Maxwell Building
East Kilbride G75 0QR, Scotland
Tel: (44) 1355-803-000
Fax: (44) 1355-242-743

RF/Automotive

Theresienstrasse 2
Postfach 3535
74025 Heilbronn, Germany
Tel: (49) 71-31-67-0
Fax: (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906, USA
Tel: 1(719) 576-3300
Fax: 1(719) 540-1759

**Biometrics/Imaging/Hi-Rel MPU/
High Speed Converters/RF Datacom**
Avenue de Rochepleine
BP 123
38521 Saint-Egreve Cedex, France
Tel: (33) 4-76-58-30-00
Fax: (33) 4-76-58-34-80

Literature Requests
www.atmel.com/literature

Disclaimer: The information in this document is provided in connection with Atmel products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property right is granted by this document or in connection with the sale of Atmel products. **EXCEPT AS SET FORTH IN ATMEL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE LOCATED ON ATMEL'S WEB SITE, ATMEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL ATMEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF ATMEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.** Atmel makes no representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Atmel's products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

© 2006 Atmel Corporation. All rights reserved. Atmel®, logo and combinations thereof, Everywhere You Are®, AVR®, and others are the trademarks or registered trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.

LAMPIRAN E

DATASHEET G1" WATER FLOW SENSOR

Note: The color of the item may vary slightly due to photography and your own computer

Impeller: inlaid stainless steel beads, always wearable.

Flow range: 2-60 L/min

Interior diameter: 0.8"

Minimum rated working voltage: DC 4.5-5V-24V

Maximum current: 45 mA(DC 5V)

Working voltage range: DC 5-18 V

Load capacity: 120 mA(DC 5V)

Operating Temp: ±80°C, Operating humidity: 35%-90%RH

Allow compression/Water pressure: 1.20 Mpa below

Storage Temperature: -15~+80°C

Storage humidity: 25%-95%RH

F=4.8 * units of flow (L / min) * time (seconds).

ROHS Compliant

About the Wiring:

Red Connect Positive;

Yellow OUT Connect signal output;

Black GND Connect Negative.

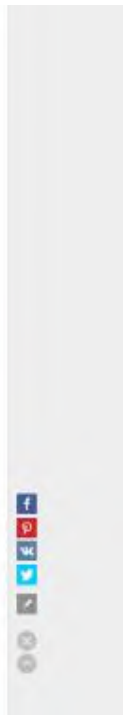
Suitable for water purifier, water heaters, credit card machines, water vending machines, coffee machines, smart card equipment, the boiler and other flow measurement devices!

Caution:

- Prohibits dramatic impact and chemical erosion.
- Prohibits throw or hit.
- Vertical installation, inclination is no more than 5 degrees.
- Media temperature should not exceed 120 degree.

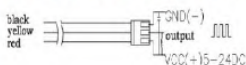
Packaging include

1 x G1" Flowmeter



Wiring Diagram

The external diameter of thread the connections use is 1.4mm.



Output Table

Pulse frequency (Hz) in Horizontal Test= 7.5Q, Q is flow rate in L/min. (Results in +/- 3% range)

Output pulse high level	Signal voltage >4.5 V(input DC 5 V)
Output pulse low level	Signal voltage <0.5V(input DC 5V)
Precision	3% (Flow rate from 1L/min to 10L/min)
Output signal duty cycle	40% ~ 60%

LAMPIRAN F

LISTING PROGRAM CODEVISION AVR

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

//Inisialisasi Variabel
float freq; //menyimpan nilai frekuensi
unsigned int i=0, dur;
//i= jumlah overflow dlm 1 second
//dur= menyimpan nilai register TCNT1
char freqstring[5]; //menyimpan nilai frekuensi sbg string yg
akan ditampilkan di LCD

// Timer1 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM1_OVF] void timer1_ovf_isr(void)
{
    i++;
}

void main(void)
{
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
    Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
    State1=T State0=T
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    // Port B initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
    Func1=In Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTB=0x00;  
DDRB=0x00;
```

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

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

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

```
TCNTIL=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization  
TIMSK=0x04;
```

```
// 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=0x18;  
UCSRC=0x86;  
UBRRH=0x00;  
UBRRL=0x19;
```

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

```
// ADC initialization  
// ADC disabled  
ADCSRA=0x00;
```

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

```

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

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project/Configure/C Compiler/Libraries/Alphanumeric LCD
// menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("WATERFLOW SENSOR");
lcd_gotoxy(2,1);
lcd_putsf("MEASUREMENT");
delay_ms(1000);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("BY: AYUN");
delay_ms(250);

// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
    // Place your code here
    TIMSK=0x04;
}

```

```
TCCR1B=0x07;  
delay_ms(1000);  
TIMSK=0x00;  
TCCR1B=0x00;
```

```
dur=TCNT1;  
freq=((((dur+(i*65536))*60)/7.5)*0.0166;  
TCNT1=0x0000;  
i=0;
```

```
lcd_clear();  
lcd_gotoxy(0,0);  
lcd_putsf("FLOWRATE=");  
lcd_gotoxy(0,1);  
ftoa(freq,2,freqstring);  
lcd_puts(freqstring);  
lcd_gotoxy(6,1);  
lcd_putsf("lt/mnt");
```

```
//Tampilan pd HYPERTERMINAL  
printf("%s lt/menit\n\r", freqstring);  
}  
}
```

LAMPIRAN G

LISTING PROGRAM VISUAL STUDIO

```
Imports MySql.Data
Imports MySql.Data.MySqlClient
Public Class Form2
    Private simpan As Boolean = True
    Dim aryTextFile() As String
    Private myPortlist As String()
    Delegate Sub SetTextCallBack(ByVal [text] As
String)
    Dim sqlConn As New MySqlConnection
    Dim sqlComm As MySqlCommand
    Private baudList As String() = {"300", "600",
"1200", "2400", "4800", "9600", "19200", "38400",
"57600"}
    Private WithEvents myserial As New
IO.Ports.SerialPort
    Private ss, mm, sst, mmt As Integer
    Dim datamasuk As String()
    Private Sub Form2_Load(sender As Object, e As
EventArgs) Handles MyBase.Load
        currentdate.Text = Format(Now,
"ddd,dd/MM/yyyy")
        sqlComm = New MySqlCommand
        sqlConn.ConnectionString =
"server=127.0.0.1;database=ayun;uid=root;pwd="
        Try
            sqlConn.Open()
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try
        findPort()
        If (Not (myPortlist Is Nothing)) Then
            ComboBox1.Items.AddRange(myPortlist)
            ComboBox1.SelectedIndex =myPortlist.Count-1
        End If
        ComboBox2.Items.AddRange(baudList)
        Me.Text = "Serial Reader"
        Button1.Text = "Connect"
    End Sub
```

```

Sub findPort()
    Dim i As Integer = 0
    For Each myport As String In
My.Computer.Ports.SerialPortNames
        ReDim Preserve myPortlist(i)
        myPortlist(i) = myport
        i += 1
    Next
End Sub

Private Sub ComboBox1_SelectedIndexChanged(sender
As Object, e As EventArgs) Handles
ComboBox1.SelectedIndexChanged
    findPort()
    ComboBox1.Items.Clear()
    If (Not (myPortlist Is Nothing)) Then
        ComboBox1.Items.AddRange(myPortlist)
    End If
End Sub

Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button1.Click
    If (Not myserial.IsOpen) Then
        myserial.PortName = ComboBox1.Text
        myserial.BaudRate = CInt(ComboBox2.Text)
        Try
            myserial.Open()
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try
        If (myserial.IsOpen) Then
            Try
                sqlConn.Open()
            Catch ex As Exception
                simpan = False
            End Try
            MsgBox("opened")
            Button1.Text = "Disconnect"
        End If
    ElseIf myserial.IsOpen Then
        myserial.Close()
        If Not myserial.IsOpen Then
            simpan = True
        End If
    End If
End Sub

```



```

        Button1.Text = "Connect"
        MsgBox("closed")
    End If
End If
End Sub

Sub myserial_data() Handles myserial.DataReceived
    Dim BACA As String = myserial.ReadLine
    Me.Invoke(New process(AddressOf olahData),
BACA)
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Timer1.Tick
    currenttime.Text = TimeOfDay
End Sub

Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button3.Click
    Form3.Show()
End Sub

Delegate Sub process(ByVal [data] As String)
Sub olahData(ByVal [BACA] As String)
    datamasuk = BACA.Split
    flowvalue.Text = datamasuk(1)
    RichTextBox1.AppendText(BACA)
    RichTextBox1.ScrollToCaret()

Chart1.Series("Debit").Points.AddXY(Now.ToString("HH:mm
:ss"), Val(BACA))

If simpan Then
    sqlComm = New MySqlCommand
    Try
        With sqlComm
            .Connection = sqlConn
            .CommandText = "INSERT INTO
`flowinlet`(`No`, `Waktu`, `Flowrate`) VALUES ('", " +
Now.ToString("HH:mm:ss") + "', " + datamasuk(1) + "' )"
            .ExecuteNonQuery()
        End With
    End If

```

```
        Catch ex As Exception
            MsgBox(ex.Message)
        End Try
    End If
End Sub

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles Button2.Click
    If MsgBox("Anda yakin ingin keluar?",
vbQuestion + vbYesNo, "Informasi") = vbYes Then
        End
    End If
End Sub
End Class
```

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun *flow monitoring system* pada *miniplant* separator horizontal 3 fasa berbasis ATmega8535 serta analisis data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- a. Telah dibuat *flow monitoring system* pada inlet *miniplant* separator horizontal tiga fasa dengan rata-rata pembacaan nilai laju aliran yang relatif tetap, yaitu berada di sekitar 15 L/menit.
- b. Berdasarkan kalibrasi atau uji alat ukur, karakteristik statik sensor *G1" water flow* dapat memberikan hasil pengukuran yang linier dengan spesifikasi nilai *standard deviation* sebesar 1,122 L/menit, *error* alat ukur atau sensor sebesar 7,07%, ketidakpastian diperluas atau U_{expand} sebesar 0,707 L/menit, nilai akurasi pembacaan sensor sebesar 99,08% dan nilai presisi dari sensor sebesar 99,09%.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni sebagai berikut:

- a. Pemasangan *water flow* sensor pada tubing atau pipa diletakkan secara vertikal untuk meminimalisir adanya *loss* dan memperkecil nilai *error* perhitungan.
- b. Melakukan penambahan *timesampling* pada program *interface Visual Studio* supaya fitur lebih lengkap.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Williams, Michael E. 2003. A Brief Review of Separator Technology. EET Corporation and Williams Engineering Services Company, Inc
- [2] Rakhmawati, Renny dkk. Tanpa Tahun. Konstruksi Bejana Tekan Untuk Separator. Surabaya : PENS
- [3] Pizzi, Nicholas G. 2005. Crude Oil Separation Process Handbook. United State of America : American Water Works Association
- [4] Indriawati, Katherin, Imam Abadi, & Ali Musyafa'. 2007. Penggunaan Teknik Rekonsiliasi Data Dan Sistem Inferensi Fuzzy Untuk Perbaikan Performansi Statistical Process Control. Surabaya : ITS
- [5] Banzi, Massimo. 2011. Getting Started with Arduino Second Edition. United State of America : O'REILLY
- [6] Romagnoli, Jose A, Mabel Cristina Sanchez. 2000. Data Processing and Monitoring for Chemical Process Operations Volume 2. California : Academic Press
- [7] Basuki, Achmad. 2006. Algoritma Pemrograman 2 Menggunakan Visual Basic 6.0. Surabaya : PENS
- [8] Rakhman, Zanuar. 2012. Perancangan dan Pembuatan Sistem Proteksi Kebocoran Air Pada Pelanggan PDAM. Malang : Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang
- [9] Wijaya, Agung Arief. 2010. Prinsip Kerja Water Flow.
- [10] Bentley, John P. 2005. Principles of Measurement Systems - 4th edition. London : Pearson Education Limited
- [11] Permatasari, Adinda. 2014. Perancangan Alat Ukur Debit Air Berbasis ATmega8535. Medan : Universitas Sumatera Utara
- [12] (Anonim). 2003. 8-bit AVR Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash. USA : Atmel Corporation
- [13] Fakhri, Maulana. 2011. Instrumen Pengukur Kalor Jenis Air Berbasis ATmega16. Depok: Universitas Indonesia
- [14] Mudjahidin, Nyoman Dita Pahang Putra. 2010. Rancang Bangun Sistem Informasi Monitoring Perkembangan Proyek di Dinas Bina Marga Berbasis MySql. Surabaya : ITS

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tuban pada tanggal 19 Maret 1996. Pada saat ini penulis bertempat tinggal di Jalan Gresik nomor 234 RT 01 RW 02, Panyuran, Palang, Tuban, Jawa Timur. Pada tahun 2008, penulis telah menyelesaikan pendidikan dasar selama 6 tahun di SDN Panyuran II Tuban. Pada tahun 2010, penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMPN 1 Tuban selama 2 tahun. Pada tahun 2013, penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 Tuban selama 3 tahun. Pada tahun 2016 ini, penulis mampu menyelesaikan pendidikan Diploma di Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis dapat dihubungi melalui alamat email ayun.afroch@gmail.com.