

**PEMBUATAN ALAT UKUR KUANTITAS ALIRAN AIR  
MENGUNAKAN *FLOW* SENSOR BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 328P**

**SKRIPSI**

*untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Sains*



**OLEH:**

**MARDANI**

**1201440/2012**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**PEMBUATAN ALAT UKUR KUANTITAS ALIRAN AIR  
MENGUNAKAN *FLOW* SENSOR BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA 328P**

**SKRIPSI**

*untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Sains*



**OLEH:  
MARDANI  
1201440/2012**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2016**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pembuatan Alat Ukur Kuantitas Aliran Air  
Menggunakan Flow Sensor Berbasis Mikrokontroler  
ATMEGA 328P

Nama : Mardani

NIM/BP : 1201440/2012

Program Studi : Fisika

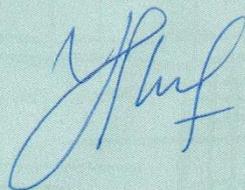
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 12 Agustus 2016

Disetujui oleh:

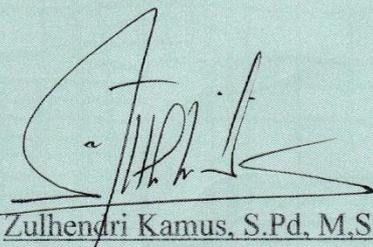
Pembimbing I



Yohandri, M.Si., Ph.D

NIP. 19780521 200604 1 004

Pembimbing II



Zulhendri Kamus, S.Pd, M.Si

NIP. 19751231 200012 1 001

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Mardani  
NIM/BP : 1201440/2012  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

### PEMBUATAN ALAT UKUR KUANTITAS ALIRAN AIR MENGUNAKAN *FLOW* SENSOR BERBASIS MIKTROKONTROLER ATMEGA 328P

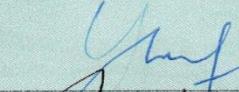
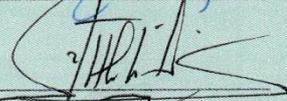
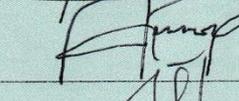
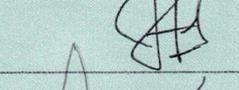
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan skripsi di depan Tim Penguji  
Program Studi Fisika Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 12 Agustus 2016

#### Tim Penguji

1. Ketua : Yohandri, S.Si, M.Si, Ph.D
2. Sekretaris : Zuhendri Kamus, S.Pd, M.Si
3. Anggota : Drs. H. Asrizal, M.Si
4. Anggota : Drs. Hufri, M.Si
5. Anggota : Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si.

#### Tanda Tangan

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang di tulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 12 Agustus 2016

Yang Menyatakan,



Mardani

## ABSTRAK

**Mardani** : Pembuatan Alat Ukur Kuantitas aliran Air Menggunakan *Flow* Sensor Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P

Pengukuran kuantitas air sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Pada umumnya, alat ukur yang digunakan masih analog, seperti gelas ukur untuk mengetahui berapa volume dari suatu cairan. Pengukuran menggunakan gelas ukur harus teliti, karena menggunakan gelas ukur harus dilihat visual mata yang kemungkinan perbedaan pembacaan antara orang satu dengan orang lainnya.

Penelitian ini termasuk ke dalam penelitian eksperimen laboratorium. Teknik pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran secara langsung dan tidak langsung. Data yang diperoleh secara langsung adalah volume air dan lama waktu air mengalir, sedangkan data yang diperoleh secara tidak langsung adalah debit air.

Berdasarkan hasil analisis data dapat diungkapkan beberapa hasil penelitian. Pertama, alat ukur debit air ini menggunakan Mikrokontroler ATMEGA328P yang berfungsi untuk mengolah hasil keluaran dari sensor dan mengubah hasil keluaran sensor dengan keluaran yang diharapkan. Tampilan hasil pengukuran dari alat ukur debit air menggunakan LCD. Sensor yang digunakan adalah *Flow* Sensor yang berfungsi menghitung berapa liter air keluar, berapa debit air dan berapa lama waktu air mengalir. Kedua, alat ukur debit air ini memiliki persentase ketepatan secara berurutan 94,5%, 98,5% dan 97% untuk kecepatan 0,96 m/s, 0,85 m/s dan 0,47 m/s. Untuk persentase ketelitian, pada kecepatan 0,96 m/s dan 0,47 m/s adalah 99% dan 100%.

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa kita curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penelitian berjudul *“Pembuatan Alat Ukur Kuantitas aliran Air Menggunakan Flow Sensor Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P”* ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan, dukungan, serta kerjasama dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Yohandri, M.Si., Ph.D selaku Pembimbing I dan Bapak Zuhendri Kamus, S.Pd., M.Si, selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, arahan, dan memberikan saran-saran kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Drs. H. Asrizal, M.Si, Bapak Drs. Hufri, M.Si, dan Bapak Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si sebagai dosen penguji pada Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. H. Lufri, M.S, sebagai Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Prodi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Drs. Akmam, M.Si, sebagai penasehat akademis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
8. Staff administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
9. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat beberapa kelemahan atau kekurangan. Sehingga peneliti mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk sempurnanya Tugas Akhir ini dimasa mendatang. Terakhir, peneliti berharap semoga Tugas Akhir ini memberi manfaat dalam pengembangan teknologi dan instrumentasi serta menambah khazanah ilmu pengetahuan pembaca.

Padang, Juni 2016

Peneliti

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Pembatasan Masalah .....	2
C. Perumusan Masalah.....	3
D. Pertanyaan Penelitian .....	3
E. Tujuan Penelitian.....	3
F. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
A. Sistem Pengukuran .....	5
B. Spesifikasi Suatu Alat Ukur .....	6
C. Kuantitas aliran air .....	8
E. Persamaan Bernoulli .....	11
F. Aplikasi Aliran Fluida .....	12
G. Komponen Elektronika.....	12
1. <i>Flow</i> Sensor .....	12

2. <i>Power supply</i> .....	15
3. Mikrokontroler ATMEGA328P .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
B. Jenis Penelitian .....	22
C. Prosedur Penelitian .....	28
D. Teknik Pengumpulan Data .....	29
E. Teknik Analisis Data .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
A. Hasil Penelitian.....	32
B. Pembahasan .....	42
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>45</b>
A. Kesimpulan.....	45
B. Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Keterangan dari mekanik dimensi sensor .....	14
Tabel 2. Fungsi Pin Pada LCD .....	20
Tabel 3. Data pengukuran volume dan debit pada kecepatan = 0,47m/s .....	50
Tabel 4. Data ketepatan volume dan debit pada kecepatan 0,47m/s .....	51
Tabel 5. Data pengukuran volume dan debit pada kecepatan = 0,87m/s .....	52
Tabel 6. Data ketepatan volume dan debit pada kecepatan 0,87m/s .....	53
Tabel 7. Data pengukuran volume dan debit pada kecepatan = 0,96m/s ....	54
Tabel 8. Data ketepatan volume dan debit pada kecepatan 0,96m/s .....	55
Tabel 9. Data ketelitian sistem alat ukur debit air dengan Kec.= 0,96m/s dan debit air 0,11 L/s .....	56
Tabel 10. Data ketelitian sistem alat ukur kuantitas aliran air dengan Kec.= 0,47 m/s dan debit air 0,05L/s .....	57

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
Gambar 1.	Pipa dengan luas penampang (A) dan panjang (L) .....	9
Gambar 2.	Aliran fluida pada diameter pipa yang berbeda.....	9
Gambar 3.	Aliran fluida pada ketinggian yang berbeda.....	10
Gambar 4.	Aliran melalui tangki terbuka.....	12
Gambar 5.	Fisik dan skematik instalasi <i>Flow Sensor</i> .....	13
Gambar 6.	Mekanik dimensi <i>Flow Sensor G1/2</i> .....	13
Gambar 7.	Rangkaian <i>power supply</i> .....	15
Gambar 8.	Papan kerja arduino uno rev3 .....	17
Gambar 9.	Bentuk LCD.....	18
Gambar 10.	Rangkaian LCD .....	19
Gambar 11.	Bentuk wadah ukur.....	24
Gambar 12.	Blok diagram alat .....	24
Gambar 13.	Desain Mekanik alat ukur kuantitas aliran air .....	25
Gambar 14.	Diagram alir program .....	27
Gambar 15.	Bentuk fisik alat ukur kuantitas aliran air (a) dilihat dari atas, (b) bagian depan .....	33
Gambar 16.	Tampilan LCD.....	34
Gambar 17.	Grafik hubungan volume terhadap waktu .....	36
Gambar 18.	Grafik hubungan waktu aliran dengan volume air pada kecepatan 0,47 m/s .....	37

Gambar 19. Grafik linieritas volume air dengan waktu pada kecepatan 0,47m/s .....	38
Gambar 20. Grafik hubungan waktu aliran dengan volume air pada kecepatan 0,87 m/s .....	39
Gambar 21. Grafik linieritas volume air dengan waktu pada kecepatan 0,87m/s .....	39
Gambar 22. Grafik hubungan waktu aliran dengan volume air pada kecepatan 0,96 m/s .....	40
Gambar 23. Grafik linieritas volume air dengan waktu pada kecepatan 0,87m/s .....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Skematik Rangkaian Elektronika Pembangun Alat Ukur Kuantitas aliran Air PDAM Digital .....	49
Lampiran 2. Data pengukuran, ketepatan, ketelitian dan persentase.....	50
Lampiran 3. Ketelitian alat ukur kuantitas aliran air .....	56
Lampiran 4. Program pembuatan alat ukur kuantitas aliran air.....	58

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pengukuran Debit air sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pengukuran debit air sungai, pengukuran debit fluida dalam praktikum di laboratorium, pengukuran ketinggian air dalam sebuah bendungan, pengukuran volume air PDAM. Selain dibutuhkan juga mempunyai banyak manfaat. Salah satu manfaatnya yaitu bagi praktikan dapat membuktikan hasil teori dengan pengukuran langsung. Untuk melakukan pengukuran biasanya menggunakan suatu alat ukur. Dimana alat ukur terbagi atas dua, yaitu alat ukur analog dan alat ukur digital.

Pada umumnya, alat ukur yang digunakan masih analog, seperti gelas ukur untuk mengetahui berapa volume dari suatu cairan. Pengukuran menggunakan gelas ukur harus teliti, karena menggunakan gelas ukur harus dilihat visual mata yang kemungkinan perbedaan pembacaan antara orang satu dengan orang lainnya. Oleh karena itu pengembangan alat ukur debit air sangat diperlukan yang dapat menghasilkan debit air secara akurat.

Penelitian tentang meteran debit air sebelumnya telah dilakukan oleh (Armaini, 2011). Melalui penelitian yang dilakukan oleh Fitria, diperoleh suatu alat ukur volume debit air berbasis mikrokontroler AT89S51 dengan sensor photodiode. Dimana data yang dihasilkan ditampilkan pada LCD. Data yang ditampilkan pada LCD berupa volume air dan biaya. Meteran yang telah dibuat diaplikasikan untuk PDAM dimana meteran yang dibuat berbasis sensor

photodiode. Sensor photodiode dapat melakukan cacahan frekuensi dari piringan yang diputar oleh kincir yang dialiri air secara vertikal. Penelitian ini masih memiliki kekurangan yaitu untuk meletakkan kincir harus diberi lubang pada selangnya, sehingga kemungkinan air keluar dari selang. Semakin banyak air yang keluar dari selang, maka semakin besar kemungkinan terjadi kerusakan pada rangkaian. Penelitian lanjutan diperlukan agar alat yang dibuat lebih efisien dan sensor yang digunakan lebih baik dari sensor photodiode.

Berdasarkan masalah yang dipaparkan di atas, maka perlu dirancang sebuah alat ukur kuantitas aliran air dengan spesifikasi desain dan spesifikasi performansi yang lebih baik. Dalam penelitian ini, alat ukur yang dibuat dapat menentukan berapa debit air, volume, kecepatan air dan waktu air mengalir. Alat yang dibuat diaplikasikan untuk praktikum fisika tentang aliran fluida. Oleh karena itu, penelitian ini diberi judul “Pembuatan Alat Ukur Kuantitas aliran Air Menggunakan *Flow* Sensor Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P”.

## **B. Pembatasan Masalah**

Agar penelitian ini lebih terarah, maka peneliti merasa perlu membatasi masalah dalam penelitian ini. Sebagai pembatasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Spesifikasi performansi meliputi identifikasi fungsi setiap bagian pembentuk sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow* Sensor berbasis mikrokontroler ATMEGA328P.
2. Spesifikasi desain meliputi ketepatan dan ketelitian sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow* Sensor berbasis mikrokontroler ATMEGA328P.

3. Sensor yang digunakan adalah *Flow* sensor yang dapat menghitung debit air yang digunakan.

### **C. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Bagaimana spesifikasi performansi dan spesifikasi desain sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow* Sensor berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P?"

### **D. Pertanyaan Penelitian**

Untuk menjawab permasalahan dalam penelitian ini perlu dikemukakan pertanyaan penelitian. Sebagai pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana spesifikasi performansi dari sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow* Sensor berbasis mikrokontroler ATMEGA328P?
2. Bagaimana spesifikasi desain dari sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow* Sensor berbasis mikrokontroler ATMEGA328P?

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow* Sensor berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P. Sedangkan tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Menggambarkan spesifikasi performansi pembuatan sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow Sensor* berbasis mikrokontroler ATMEGA328P.

2. Menggambarkan spesifikasi desain pembuatan sistem alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow Sensor* berbasis mikrokontroler ATMEGA328P.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada:

1. Kelompok bidang kajian elektronika berguna untuk pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
2. Pembaca, untuk memperluas wawasan dan pengetahuan dibidang kajian elektronika dalam upaya pengembangan instrumentasi berbasis elektronika.
3. Peneliti lain, sebagai sumber referensi dalam pengembangan penelitian tentang elektronika dan instrumentasi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Sistem Pengukuran**

Sistem adalah kumpulan dari elemen-elemen yang berinteraksi untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sistem merupakan kumpulan komponen apapun baik fisik yang saling berhubungan satu sama lain dan bekerja sama secara harmonis untuk mencapai satu tujuan tertentu (Istiningsih, 2009). Jadi, sistem adalah tolak ukur dari pencapaian suatu tujuan.

Pengukuran adalah suatu teknik untuk mengkaitkan pada suatu bilangan pada suatu sifat fisis dengan membandingkannya dengan suatu besaran standar yang telah diterima sebagai suatu satuan (Alonso, 1980). Besaran merupakan sesuatu yang dapat diukur yang dinyatakan dengan angka atau nilai yang memiliki satuan. Pengukuran suatu besaran biasanya dilakukan menggunakan alat ukur. Alat ukur dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu alat ukur analog dan digital.

Alat ukur analog merupakan alat ukur yang hasil pengukurannya ditunjukkan oleh jarum pada skala meter. Alat ukur analog adalah sebuah alat yang digunakan untuk menunjukkan nilai dari besaran yang akan diukur pada sebuah skala yang kontinu (Cooper, 1991). Pembacaan dilakukan dengan cara melihat skala yang ditunjukkan langsung oleh alat ukur. Dalam pembacaan skala ini sering terjadi kesalahan, sehingga data pengukuran yang didapatkan kurang tepat.

Alat ukur digital menggunakan jumlah digit tertentu untuk menampilkan hasil pengukuran. Alat ukur digital adalah sebuah alat yang hasil pengukurannya diperlihatkan dalam bentuk angka atau sebagai pengganti defleksi jarum penunjuk pada alat ukur analog (Cooper, 1991). Pemakaian sistem digital ini telah banyak menggantikan sistem analog karena hasil pengukuran menggunakan alat ukur digital lebih mudah dan lebih akurat. Pembacaan alat ukur digital biasanya menggunakan display seven segment, LCD atau dihubungkan ke komputer.

## **B. Spesifikasi Suatu Alat Ukur**

Sistem pengukuran dirancang untuk memenuhi spesifikasi tertentu. Spesifikasi merupakan pendeskripsian secara mendetail tentang produk hasil penelitian. Menurut (Bakri, 2010) “Spesifikasi adalah ukuran (metrik) dan nilai dari ukuran tersebut (nilai metrik)”. Secara umum spesifikasi digolongkan atas dua tipe yaitu spesifikasi performansi dan spesifikasi desain.

### **1. Spesifikasi Performansi**

Spesifikasi performansi mengidentifikasi fungsi-fungsi dari setiap komponen pembentuk sistem. Spesifikasi performansi biasa disebut juga dengan spesifikasi fungsional. Spesifikasi performansi merupakan suatu proses membuat spesifikasi kerja yang akurat dari rancangan yang diperlukan. Spesifikasi performansi yang meliputi kualitas dan kuantitas pembentuk sistem yang dapat memberikan kemudahan dalam penggunaannya (Bakri, 2010).

Untuk mengetahui spesifikasi performansi suatu sistem dapat dilakukan pengamatan dan pengukuran terhadap sistem tersebut. Pengamatan dilakukan terhadap sistem secara keseluruhan, misalnya memotret komponen-komponen yang digunakan, mengukur panjang dan lebar alat untuk mengetahui dimensi sistem, atau mengukur besar input yang diberikan oleh sistem. Sehingga dengan demikian dapat dijelaskan secara rinci spesifikasi performansi dari sistem.

## **2. Spesifikasi Desain**

Spesifikasi desain sering juga disebut sebagai spesifikasi produk. Spesifikasi produk adalah metrik dan nilai metrik yang harus dicapai oleh sebuah produk dan bukan bagaimana produk harus bekerja (Bakri, 2010). Spesifikasi desain tergantung pada sifat alami dari material yang digunakan. Spesifikasi desain menjelaskan tentang karakteristik statik produk, toleransi, bahan pembentuk sistem, ukuran sistem, dan dimensi sistem. Karakteristik statik suatu sistem meliputi akurasi, presisi, resolusi, dan sensitivitas.

Akurasi merupakan kedekatan (*closeness*) nilai yang terbaca pada alat ukur dengan nilai yang sebenarnya. Akurasi ditentukan dengan cara mengkalibrasi sistem pada suatu kondisi operasi tertentu. Sistem yang baik memiliki akurasi mendekati 100%. Presisi didefinisikan sebagai kemampuan suatu alat ukur untuk menghasilkan nilai yang sama pada pengukuran berulang. Presisi ditentukan melalui percobaan berulang, menggunakan sistem yang sama terhadap objek yang sama pada suatu besaran yang sama. Resolusi, yaitu perubahan terkecil yang dapat diukur pada instrumen atau tanggapan respon terkecil dari instrumen tadi.

Sensitivitas, yaitu kepekaan instrumen terhadap impuls yang diberikan (Fraden, 2003).

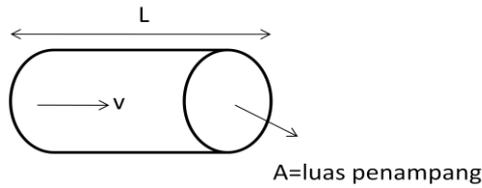
### C. Kuantitas aliran air

Karakteristik-karakteristik tertentu dari suatu fluida tidak tergantung kepada gerakan fluida. Bila seluruh partikel dari fluida dalam keadaan tidak bergerak relatif terhadap suatu sistem koordinat, maka fluida tersebut dinamakan dalam keadaan statis (diam). Suatu fluida dalam keadaan diam atau keadaan kesetimbangan relatif, elemen tersebut tidak menyebabkan gaya geser.

Kuantitas aliran fluida per unit waktu yang mengalir menembus penampang sebarang dinamakan *rate* aliran (debit). Dalam satuan S.I biasanya dalam satuan kubik meter per detik (untuk volume), kilo newton per detik (untuk berat), dan kilogram per detik (untuk massa). Dalam kasus fluida *incompressible*; debit volume sering digunakan, sedangkan untuk aliran *compressible* lebih digunakan debit berat dan massa (Pratikto, 1989).

Aliran fluida dibedakan menjadi dua jenis. Jika aliran fluida mulus, yaitu lapisan-lapisan yang bersebelahan meluncur satu sama lain dengan mulus, aliran tersebut dikatakan sebagai aliran lurus atau laminar. Setiap fluida mengikuti lintasan yang mulus, dan lintasan-lintasan ini tidak saling bersilangan. Aliran turbulen ditandai dengan lingkaran-lingkaran tak tertentu, kecil, dan menyerupai pusaran atau disebut arus eddy atau eddy. Eddy menyerap banyak energi (Giancoli, 1999).

Fluida mengalir melalui sebuah pipa. Pipa biasanya berbentuk silinder dan memiliki luas penampang tertentu, seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pipa dengan luas penampang ( $A$ ) dan panjang ( $L$ )

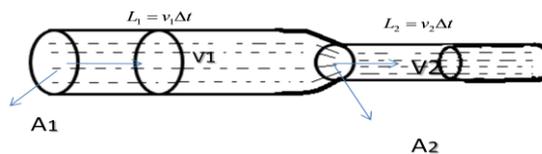
Ketika fluida mengalir dalam pipa sepanjang  $L$ , maka volume yang ada dalam pipa  $V = A.L$  (Saputri, 2009). Laju aliran  $Q$  merupakan luas penampang pipa  $A$  dan kecepatan  $v$  dari fluida yang mengalir melewati pipa. Maka laju fluida dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$Q = A.v \quad (1)$$

Dari Persamaan 1 dapat dilihat laju fluida berbanding lurus dengan luas penampang dan kecepatan aliran fluida.

#### D. Persamaan Kontinuitas

Gambar 2 memperlihatkan sebuah pipa yang memiliki diameter yang berbeda. Fluida mengalir dari pipa yang berdiameter besar ke diameter kecil. Garis putus-putus merupakan garis arus.  $A_1$  merupakan luas penampang pertama,  $A_2$  merupakan luas penampang kedua, dan  $L$  merupakan jarak tempuh fluida. Analogi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Aliran fluida pada diameter pipa yang berbeda

Gambar 2 menunjukkan aliran fluida dari kiri ke kanan ( pipa mengalir dari pipa yang diameter besar ke diameter yang kecil). Pada fluida, kecepatan aliran partikel

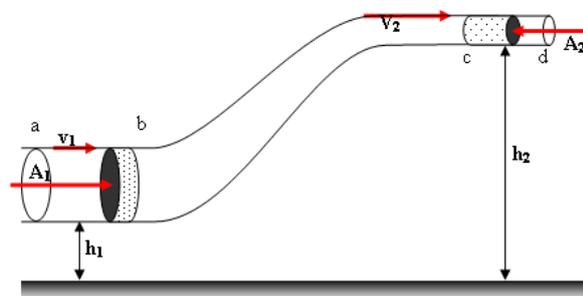
fluida di suatu titik sama dengan kecepatan aliran fluida lain yang melewati titik tersebut. Jika fluida memiliki massa  $m$  masuk pada pipa yang diameternya besar, maka fluida tersebut akan keluar pada pipa yang diameternya kecil dengan massa tetap. Oleh karena itu, diketahui kekekalan massa pada fluida dalam Persamaan 2.

$$\text{Massa } A_1 = \text{Massa } A_2$$

$$\begin{aligned} \rho \cdot A_1 \cdot v_1 \Delta t &= \rho \cdot A_2 \cdot v_2 \Delta t \\ A_1 \cdot v_1 &= A_2 \cdot v_2 \end{aligned} \quad (2)$$

Banyaknya fluida yang mengalir di  $A_1$  sama dengan banyaknya fluida yang mengalir di  $A_2$  (Saputri, 2009).

Sedangkan pada pipa yang memiliki penampang berbeda dan terletak pada ketinggian yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Aliran fluida pada ketinggian yang berbeda

Berdasarkan Gambar 3, fluida yang semula di a dalam waktu  $\Delta t$  detik berpindah di b, dan fluida yang semula di c dalam waktu  $\Delta t$  detik berpindah ke d. Apabila  $\Delta t$  kecil, maka jarak a ke b sangat kecil, sehingga luas penampang di a dan b dianggap sama, yaitu  $A_1$ . Dan begitu juga untuk jarak c ke d sangat kecil, sehingga luas penampang di c ke d dapat dianggap sama, yaitu  $A_2$ . Banyaknya fluida yang masuk ke tabung alir dalam waktu  $\Delta t$  detik adalah :  $\rho \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t$  dan dalam waktu yang sama banyaknya fluida yang keluar dari tabung alir sebanyak

$\rho \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t$ . Oleh karena itu, banyak fluida yang masuk sama dengan banyak fluida yang keluar.

$$\begin{aligned} \rho \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot \Delta t &= \rho \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot \Delta t \\ A_1 \cdot v_1 &= A_2 \cdot v_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Persamaan tersebut dinamakan persamaan Kontinuitas.  $A \cdot v$  merupakan debit fluida sepanjang tabung alir selalu konstan, maka disimpulkan :

$$Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 = \text{konstan} \quad (4)$$

Sehingga untuk debit fluida disemua titik sama (Setiawan, 2009).

### E. Persamaan Bernoulli

Berdasarkan persamaan kontinuitas, laju aliran fluida dapat berubah-ubah sepanjang saluran fluida. Tekanan juga dapat berubah tergantung pada ketinggian seperti pada keadaan statis dan juga tergantung pada laju aliran. Sehingga didapatkan persamaan Bernoulli yang menghubungkan tekanan, laju aliran, dan ketinggian aliran (Irjan & Priyantini, 2009). Persamaan Bernoulli dapat dituliskan:

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (5)$$

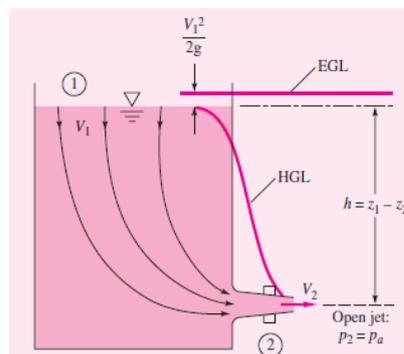
atau

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g h = \text{konstan} \quad (6)$$

Persamaan 6 merupakan persamaan Bernoulli untuk semua titik. Persamaan Bernoulli merupakan bentuk hukum kekekalan energi. Menyatakan bahwa jumlah tekanan, energi kinetik per satuan volume, dan energi potensial per satuan volume mempunyai nilai yang sama pada semua titik sepanjang aliran fluida (Giancoli, 1999).

## F. Aplikasi Aliran Fluida

Salah satu aplikasi aliran fluida adalah laju aliran zat cair dalam tangki terbuka. Aliran zat cair pada sisi tangki terbuka dari titik satu ke titik dua, dimana garis-garis arus sejajar dari titik satu ke titik dua. Aliran melalui tangki terbuka dapat dilihat Gambar 4.



Gambar 4. Aliran melalui tangki terbuka  
(White, 2009)

Persamaan Bernoulli dapat diilustrasikan dari Gambar 4. Dimana pada Gambar 4 kecepatan di titik satu adalah nol. Tekanan di titik satu dan dua adalah tekanan atmosfer. Sehingga didapatkan Persamaan Bernoulli untuk tangki terbuka adalah :

$$z_1 - \frac{v_2^2}{2g} + z_2 = 0 \quad (7)$$

Dari persamaan 7 dapat dicari kecepatan air pada titik 2 ( $v_2$ ).

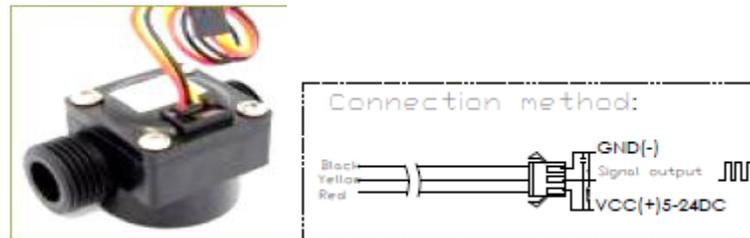
$$v_2 = \sqrt{2gh} \quad (8)$$

## G. Komponen Elektronika

### 1. Flow Sensor

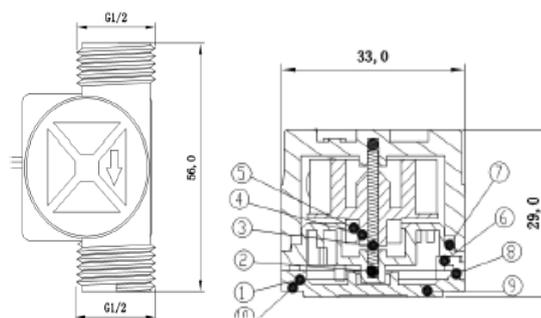
Flow Sensor ini terdiri dari plastik dimana didalamnya terdapat rotor dan sensor efek hall. Saat air mengalir melewati rotor, rotor akan berputar. Kecepatan

putaran air tergantung dengan kecepatan debit air. sensor efek hall akan mengeluarkan output pulsa sesuai dengan besarnya debit air. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG) selain jalur 5V dc dan Ground. Fisik dan skematik instalasi *Flow Sensor* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Fisik dan skematik instalasi *Flow Sensor* (anonim).

Dimana pada Gambar 5 terdapat tiga kabel yang masing-masing kabel mempunyai fungsi yang berbeda. Kabel merah menyatakan vcc dari sumber, kabel kuning yang akan dihubungkan dengan ATMEGA328P. Sedangkan kabel hitam untuk ground. Bentuk mekanik dari *Flow Sensor* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Mekanik dimensi *Flow Sensor* G1/2

Keterangan dari bentuk mekanik *Flow Sensor* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan dari mekanik dimensi sensor

No	Nama	Material
1	Pegangan katup	Serabut gelas PA66+33%
2	Manic-manik baja	Baja tahan karat SUS304
3	Poros	Baja tahan karat SUS304
4	Pendorong	POM
5	Ring magnet	Ferrite
6	Pertengahan ring	Serabut gelas PA66+33%
7	O-seal ring	Karet
8	Electronic seal ring	Karet
9	Tutup	Serabut gelas PA66+33%
10	Sekrup	Baja tahan karat SUS304
11	Kabel	1007 24AWG

(anonim).

*Flow* Sensor dengan tipe YF-S201 bekerja pada tegangan 5V DC-24V DC. Arus maksimum 15mA untuk 5V DC. Air akan mengalir dari rentang 0.5 – 60L/menit. Sensor akan bekerja pada suhu cairan 0<sup>0</sup>C – 80<sup>0</sup>C, kelembaman 35%~90% RH dan tekanan dibawah 1.75Mpa (Datasheet sensor aliran).

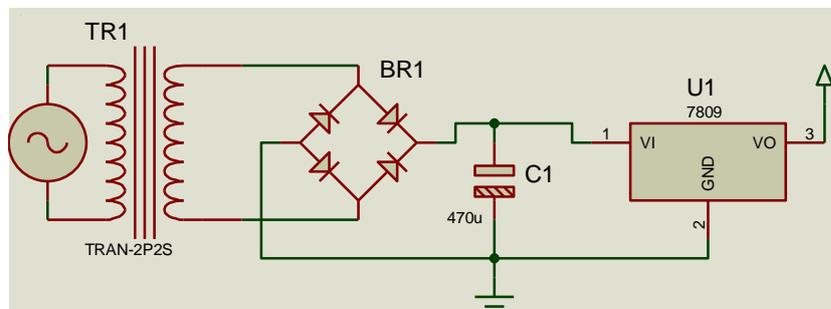
Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena efek Hall. Efek Hall ini didasarkan pada efek medan magnetik terhadap partikel bermuatan yang bergerak. Ketika ada arus listrik yang mengalir pada *device efek Hall* yang ditempatkan dalam medan magnet yang arahnya tegak lurus arus listrik, pergerakan pembawa muatan akan berbelok ke salah satu sisi dan menghasilkan medan listrik. Medan listrik terus membesar hingga gaya Lorentz yang bekerja pada partikel menjadi nol. Perbedaan potensial antara kedua sisi *device* tersebut

disebut potensial Hall. Potensial Hall ini sebanding dengan medan magnet dan arus listrik yang melalui *device* (Prio, 2013.).

## 2. *Power supply*

*Power supply* adalah suatu perangkat yang menyalurkan energi listrik, menurunkan tegangan AC serta mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. *Power supply* merupakan komponen yang dibutuhkan hampir untuk semua peralatan elektronika. Hal ini disebabkan pada umumnya untuk mengoperasikan peralatan elektronika dibutuhkan tegangan DC. *Power supply* dibangun dengan menggunakan IC regulator tegangan.

(Sutrisno, 1999) menyatakan bahwa untuk regulasi tegangan yang tak terlalu besar dapat menggunakan IC tiga terminal yang dikenal dengan 78xx dan 79xx. Rangkaian *power supply* teregulasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian *power supply*

Gambar 7 merupakan salah satu contoh rangkaian *power supply* yang paling sering ditemui dalam dunia elektronika. Hanya dengan menggunakan beberapa komponen inti dari *power supply* yakni satu buah dioda bridge atau 4 buah dioda biasa dan satu buah kapasitor. Tegangan 220 volt dari listrik PLN diturunkan oleh trafo atau transformator penurun tegangan yang menerapkan perbandingan lilitan.

Dimana perbandingan lilitan dari suatu transformator akan mempengaruhi perbandingan tegangan yang dihasilkan. Tegangan yang dihasilkan oleh trafo masih berbentuk gelombang AC dan harus disearahkan dengan menggunakan penyearah. Rangkaian penyearah yang digunakan memanfaatkan 4 buah dioda yang telah dirancang untuk bisa meloloskan kedua siklus gelombang AC menjadi satu arah saja. Pada keluaran dari penyearah dihubungkan dengan kapasitor sebagai penghilang riak gelombang yang telah disearahkan oleh dioda bridge. Sehingga dihasilkan keluaran DC. Disini kita menggunakan IC Regulator. Dimana IC yang dipakai 7809. IC 7809 digunakan untuk menghidupkan ATMEGA328P.

### **3. Mikrokontroler ATMEGA328P**

Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang dapat diprogram dan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogram. Menurut (Yohandri, 2013) mikrokontroler sudah dilengkapi dengan peripheral pendukung sehingga membentuk sebuah komputer lengkap dalam level chip, secara sederhana mikrokontroler adalah sebuah IC yang terdiri atas ROM, RAM, parallel I/O, serial I/O, counter, dan *clock circuit*. Istilah lain dalam menggambarkan mikrokontroler adalah pengontrol yang kecil, karena fungsinya dapat sebagai pengontrol objek, proses atau kejadian.

Arduino Uno adalah kit berbasis mikrokontroler ATMEGA328P. Kit ini memiliki 14 pin input / output digital dan 6 diantaranya adalah pin output PWM, 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB dan tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung kerja mikrokontroler. Arduino

Uno dapat aktif apabila terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan yang bisa diperoleh dari adaptor AC-DC ataupun baterai untuk menggunakannya. Bentuk fisik dari arduino uno seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Papan kerja arduino uno rev3  
( arduino.cc)

Arduino uno dapat beroperasi pada tegangan 7 Volt sampai 12 Volt. Memori pada ATMEGA328P ini memiliki 32 KB dengan 0,5 KB digunakan untuk penanaman program, 2 KB dari SRAM dan 1 KB dari EEPROM. Masing-masing dari 14 pin digital pada arduino uno dapat digunakan sebagai input atau output dan beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal dari 20-50 K $\Omega$ .

Menurut (Helmi & dkk, 2013) arduino memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah:

- a. Arduino telah dilengkapi dengan *bootloader* didalamnya sehingga tidak perlu menggunakan *chip* programmer karena *bootloader* akan menangani *upload* program dari komputer.
- b. Arduino memiliki sarana komunikasi USB, sehingga untuk laptop yang tidak memiliki port komunikasi serial bisa menggunakannya.

- c. *Software* arduino telah dilengkapi dengan *library* yang cukup lengkap sehingga programnya relatif lebih mudah.
- d. Arduino memiliki modul siap pakai seperti ethernet, SD card, dll yang dapat ditancapkan pada *board* arduino.

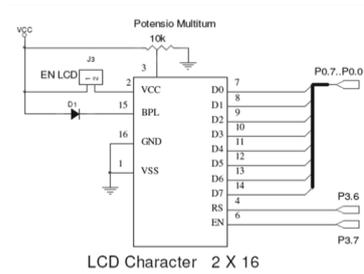
#### 4. LCD

*Liquid Crystal Display* (LCD) merupakan perangkat yang digunakan untuk menampilkan data. LCD memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan perangkat lain untuk menampilkan sebuah data, antara lain hemat energi, ringan dan proses perancangan yang relatif lebih mudah. Disamping itu, LCD mampu menampilkan karakter sesuai dengan yang diinginkan. Bentuk fisik LCD dan rangkaian display LCD dapat dilihat seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Bentuk LCD

Gambar 9 terlihat bahwa LCD terdiri dari 16 Pin. Setiap pin mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Untuk menghubungkan LCD dengan ATMEGA328P harus diberi potensiometer 10K. Guna tahanan disini untuk memperjelas tulisan akan keluar pada LCD. Hubungan LCD dengan ATMEGA328P dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian LCD  
(Triwiyanto, 2009).

Gambar 10 merupakan rangkaian display LCD, display karakter pada LCD ini diatur oleh pin EN, RS dan RW. Jalur EN diset *Enable* untuk memberitahu LCD bahwa data sedang dikirim. Untuk itu, program EN harus dibuat logika *low* “0” dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika *high* “1” dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu (sesuai dengan datasheet dari LCD tersebut) dan berikutnya set EN ke logika *low* “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *register select*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus ( seperti *clear screen*, posisi kursor dan lain-lain ). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data teks yang akan ditampilkan pada display LCD. Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/ Write*. Ketika RW berlogika *low* “0”, maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* “1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* “0” (Triwiyanto, 2009).

Operasi dasar LCD terdiri dari empat kondisi, yaitu instruksi untuk akses proses internal, instruksi untuk menulis data, instruksi untuk membaca kondisi sibuk dan instruksi untuk membaca data. Gabungan instruksi dasar inilah yang

bisa dimanfaatkan untuk mengirim data ke LCD. ketika sistem mulai diaktifkan mikrokontroler akan melakukan inisialisasi. Selama inisialisasi ini akan ditampilkan pesan-pesan yang berhubungan dengan proses tersebut. LCD menampilkan kata-kata pembuka dan menunggu *user* mengaktifkan menu utama. Dimana fungsi dari masing – masing pin pada LCD dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Pin Pada LCD

No	Simbol	Level	Keterangan
1	Vss	-	Dihubungkan ke 0 V (Ground).
2	Vcc	-	Dihubungkan dengan tegangan supply +5V dengan toleransi $\pm 10\%$ .
3	Vee	-	Digunakan untuk mengatur tingkat kontras LCD.
4	RS	H/L	Bernilai logika '0' untuk input instruksi dan bernilai logika '1' untuk input data.
5	R/W	H/L	Bernilai logika '0' untuk proses 'write' dan bernilai logika '1' untuk proses 'read'.
6	E	H	Merupakan sinyal enable. Sinyal ini akan aktif pada falling edge dari logika '1' ke logika '0'.
7	DB0	H/L	Pin data D0
8	DB1	H/L	Pin data D1
9	DB2	H/L	Pin data D2
10	DB3	H/L	Pin data D3
11	DB4	H/L	Pin data D4
12	DB5	H/L	Pin data D5

13	DB6	H/L	Pin data D6
14	DB7	H/L	Pin data D7
15	V+BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan tegangan sebesar 4 – 4,2 V dengan arus 50 – 200 mA
16	V-BL	-	Back Light pada LCD ini dihubungkan dengan ground.

(Didin, 2006).

LCD memerlukan daya yang sangat kecil, tegangan yang dibutuhkan juga rendah yaitu +5 VDC. Panel TN LCD berfungsi untuk pengaturan kekontrasan cahaya pada *display* dan CMOS LCD *drive* sudah terdapat di dalamnya. Semua fungsi *display* dapat dikontrol dengan memberikan instruksi dan dapat dengan mudah dipisahkan oleh MPU. Hal ini membuat LCD berguna untuk *range* yang luas dari terminal *display* unit untuk mikrokomputer dan *display unit measuring gages* (Widodo, 2005).

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Dari pembahasan mengenai alat ukur kuantitas aliran air menggunakan *Flow* Sensor berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P yang telah diuraikan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil penentuan spesifikasi performansi alat ukur kuantitas aliran air terdiri dari rangkaian power supply, rangkaian mikrokontroler ATMEGA328P, *Flow* Sensor, dan lcd. rangkaian power supply berfungsi sebagai catu daya dengan keluaran 9 volt. sensor yang digunakan adalah *Flow* Sensor yang berfungsi sebagai penghitung jumlah debit air, volume air dan kecepatan air. Rangkaian mikrokontroler ATMEGA328P berfungsi untuk mengolah keluaran sensor agar sesuai dengan keluaran yang diharapkan. Keluaran berupa kecepatan air dan debit air akan ditampilkan di LCD.
2. Hasil penentuan spesifikasi desain dari alat ukur kuantitas aliran air ini adalah sebagai berikut :
  - a. Ketepatan dari alat ukur kuantitas aliran air ini cukup baik. Pada kecepatan 0,96 m/s atau kecepatan ketiga didapat ketepatan 0,945. Kecepatan 0,87m/s atau kecepatan kedua didapat ketepatan 0,985. Kecepatan 0,47 m/s atau kecepatan pertama didapat ketepatan 1.

- b. Ketelitian dari alat ukur kuantitas aliran air ini juga cukup baik. Dimana ketelitian rata-rata terendah yang didapat 0,99.

## **B. Saran**

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut :

1. Alat ukur kuantitas aliran air ini bisa digunakan untuk praktikum fisika tentang fluida.
2. Selain bisa ditampilkan lewat LCD, diharapkan alat ukur kuantitas aliran air ini bisa mengirim data ke PC dan menyimpan data secara berkala.
3. Perbaiki mekanik agar tidak terjadi kebocoran saat penggunaan alat ukur.

## DAFTAR PUSTAKA

- anonim. (n.d.). *data sheet*. Retrieved Januari 26, 2016, from superelektronik: [blogspot.com/partelektrik.wordpress.com](http://blogspot.com/partelektrik.wordpress.com).
- Armaini, F. (2011). *Rancang Bangun Alat Ukur Volume Air Berbasis Mikrokontroler At89S51 dengan Sensor Photodiode*. Padang: Universitas Andalas.
- Atmel. (2013). *8-bit AVR® Microcontroller with 32 KB In-System Programmable Flash*. USA: Orchard Parkway.
- Bakri, I. (2010). *Spesifikasi Awal Produk*. Retrieved 11 28, 2015, from <http://www.scribd.com>
- Cooper, W. (1991). *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran (Sahat Takpahan. Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Didin, W. (2006). *Belajar Mudah Mikrokontroler AT89S52 dengan Bahasa Basic Menggunakan BASCOM-8051*. Yogyakarta: Andi.
- Fraden, J. (2003). *Handbook of Modern Sensors*. Newyork: Erlangga.
- Giancoli, D. C. (1999). *Fisika, Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Helmi, G., & dkk. (2013). Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad dan Selenoid Berbasis Mikrokontroler ATMEGA328P. *Jurnal Electrans* , Vol.12 (No.1), Hlm 39-48.
- Irjan, & Priyantini, N. Y. (2009). Pengukuran Kecepatan Arus Air Sungai Berbasis Mikrokontroler AT89S8252. *Jurnal Nuetrino* , Vol.2 (No.1), Hlm. 74-75.

- Istiningsih. (2009). *Pengertian Sistem dan Analisis Sistem*. Jakarta: Universitas Gunadarma.
- Kirkup, L. (1994). *Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data*. Singapore: John Willey & Sons.
- Pratikto, w. &. (1989). *Mekanika Fluida 1*. Yogyakarta: Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- Prio, N. G. (2013.). Sistem Pendeteksi Dini Menggunakan Sensor Kecepatan Air Dan Sensor Ketinggian Air Pada Mikrokontroler ATMEGA328P. *Jurnal Teknik Pomits* , Vol.2 (ISSN: 2337-3539), Hlm. 1-5.
- Ridwan. *Seri Diktat Kuliah, Mekanika Fluida Dasar*. Jakarta: Gunadarma.
- Saputri, S. D. (2009). *Rancang Bangun Venturimeter Berbasis Mikrokontroler*. Depok: UI.
- Setiawan, I. (2009). *Sensor dan Transduser*. Bandung: Undip.
- Sutrisno. (1999). *Elektronika Lanjut Teori dan Penerapan*. Bandung: ITB.
- Triwiyanto. (2009). *Petunjuk Praktikum Microcontroller AT89sXXX Trainer Kit (Edisi V2.0-Update)*. Surabaya: Poltekes Depkes Surabaya.
- White, F. M. (2009). *Fluid Mechanics, Seventh Edition*. Amerika: University of Rhode Island.
- Yohandri. (2013). *Mikrokontroler dan Antar Muka*. Padang: UNP.