



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN VENTURIMETER BERBASIS  
MIKROKONTROLER**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Science**

**SEPTRIANI DWIE SAPUTRI**

**0606040116**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI**

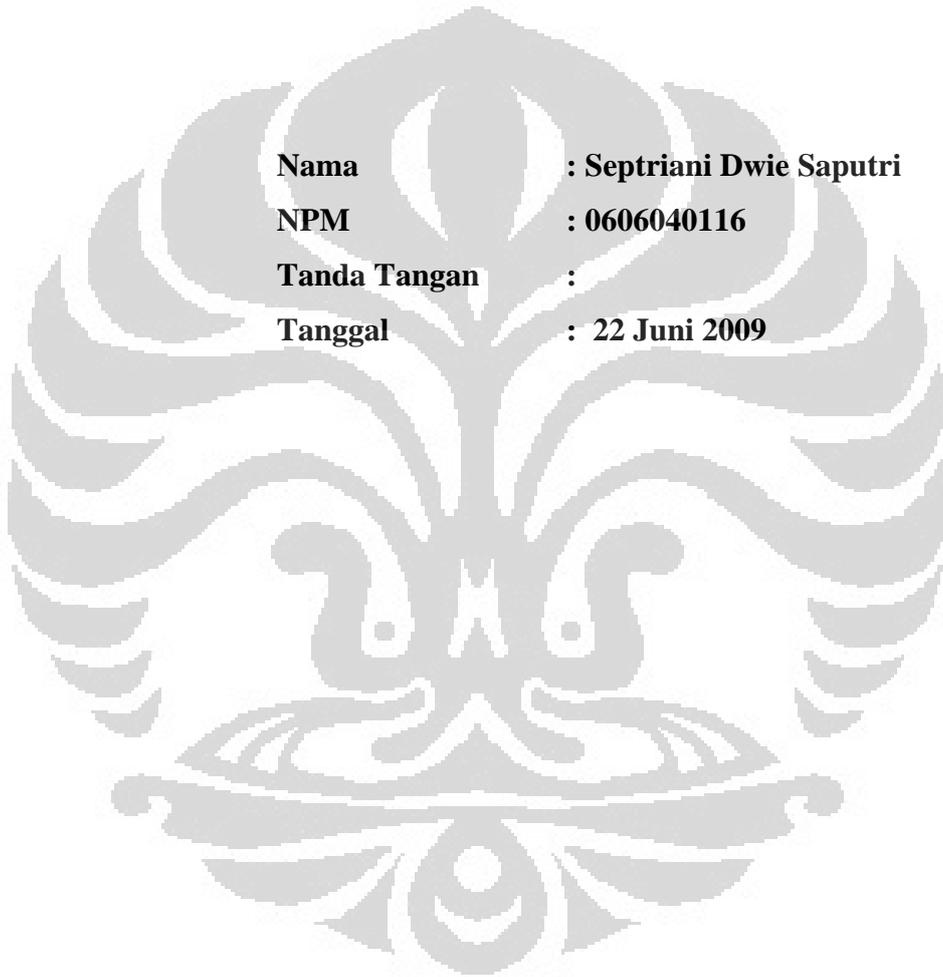
**DEPOK**

**MEI 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Septriani Dwie Saputri**  
**NPM : 0606040116**  
**Tanda Tangan :**  
**Tanggal : 22 Juni 2009**



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Septriani Dwie Saputri

NPM : 0606040116

Program Studi : Fisika

Judul Skripsi : Rancang Bangun Venturimeter berbasis Mikrokontroler

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Science pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Prawito ( )

Pembimbing 2: Drs. Arief Sudarmaji, M.T ( )

Penguji : Adhi Harmoko, M.kom ( )

Penguji : Lingga Hermanto, M Si ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2009

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Jurusan Instrumentasi Pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

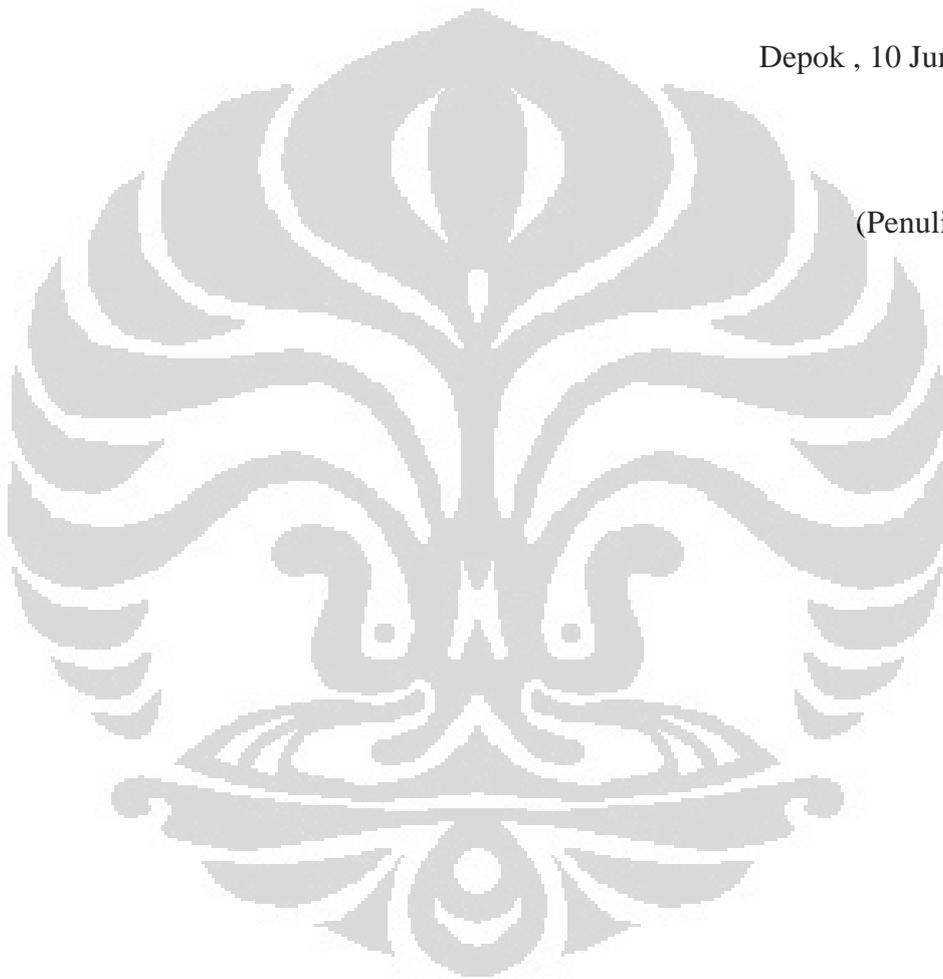
1. Dr. Prawito dan Drs. Arief Sudarmadji, M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membantu proses pengerjaan skripsi ini.
2. Buat orang tuaku mama, papa, ayah dan bunda, mas detri,mba ruly, mba emil dan ade ayu yang telah memberikanku dukungan dan semangat untuk dapat menyelesaikan skripsi ini meskipun agak sedikit tersendat-sendat juga.
3. Suluruh Dosen ekstensi fisika Universitas Indonesia atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
4. Seluruh staff sekretariat ekstensi untuk informasi-informasi yang kadang membingungkan mahasiswanya.
5. Rekan-rekan ekstensi fisika 06 atas kebersamaan yang selama ini tercipta, dan bantuan-bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
6. Rekan-rekan "PONDOK LALITA" kalian emang bisa mengerti kalau penulis sedang skripsi. Maaf jika rumah berantakan karena barang-barang aneh penulis.
7. Sahabat-sahabatku yang berada nan jauh disana, ternyata menjadi sarjana itu tidak gampang ya di fisika instrumentasi, beruntunglah kalian tidak meneruskan kembali disini. Hehehehe.....

8. Serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, saya ucapkan terimakasih.

Mohon maaf jika dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan-kekurangan yang harus diperbaiki. Akhir kata, saya berharap ALLAH SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu khususnya dalam bidang fisika.

Depok , 10 Juni 2009

(Penulis)



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

**Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:**

Nama : Septriani Dwie Saputri  
NPM : 0606040116  
Program Studi : Ekstensi S1 Instrumentasi Elektronika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**VENTURIMETER BERBASIS MIKROKONTROLER**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 23 Juni 2009

Yang menyatakan

( Septriani Dwie Saputri)

## ABSTRAK

Nama : Septriani Dwie Saputri

Program Studi : Fisika

Judul : Rancang Bangun Venturimeter Berbasis Mikrokontroler

Skripsi ini membahas tentang alat untuk mengukur laju aliran fluida yaitu venturimeter. Venturimeter bekerja berdasarkan perbedaan tekanan yang melalui suatu penyempitan penampang, yang dapat kita cari hubungannya dengan kecepatan aliran fluida. Pengukuran tekanan di pipa venturi, dilakukan di dua tempat dengan menggunakan differential pressure sensor. Selain mengukur laju aliran fluida, skripsi ini membahas tentang mengukur massa jenis fluida dengan menggunakan prinsip hidrostatis. Mikrokontroler berperan untuk proses perhitungan dan pengambilan data yang ditampilkan melalui LCD

Kata kunci

Venturimeter, Mikrokontroler

## ABSTARCT

Name :Septriani Dwie Saputri

Study Program: Physics

Title : Venturemeter based on microcontroller

This essay discusses a tool to measure the flow rate fluid the venture meter. Venture meter work based on the difference in pressure you through a constriction section, you can be searched with aspeed flow relationship fluid. The measurement of pressure in the venture tube, is done in two places with the differential pressure sensor. In addition measure flowing rate of fluid, this essay discusses the type of mass fkuid with the principles hydrostatic. Microcontroller contribute to the process of calculation and the data you displayed through the LCD.

Key word:

Venturemeter, Microcontroller

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penulisan.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>2. TEORI DASAR.....</b>	<b>4</b>
2.1 Fluida.....	5
2.2 Konsep Massa Jenis.....	5
2.3 Konsep Tekanan Pada Fluida.....	6
2.4 Pengukuran Tekanan .....	7
2.5 Jenis Aliran Pada Pipa.....	8
2.6 Laju Aliran .....	8
2.7 Venturimeter .....	9
2.8 Laju Aliran Pada Venturimeter.....	11
2.8.1 Persamaan Kontinuitas .....	12
2.8.2 Persamaan Bernoulli.....	14
2.9 Pengukuran Massa Jenis.....	17

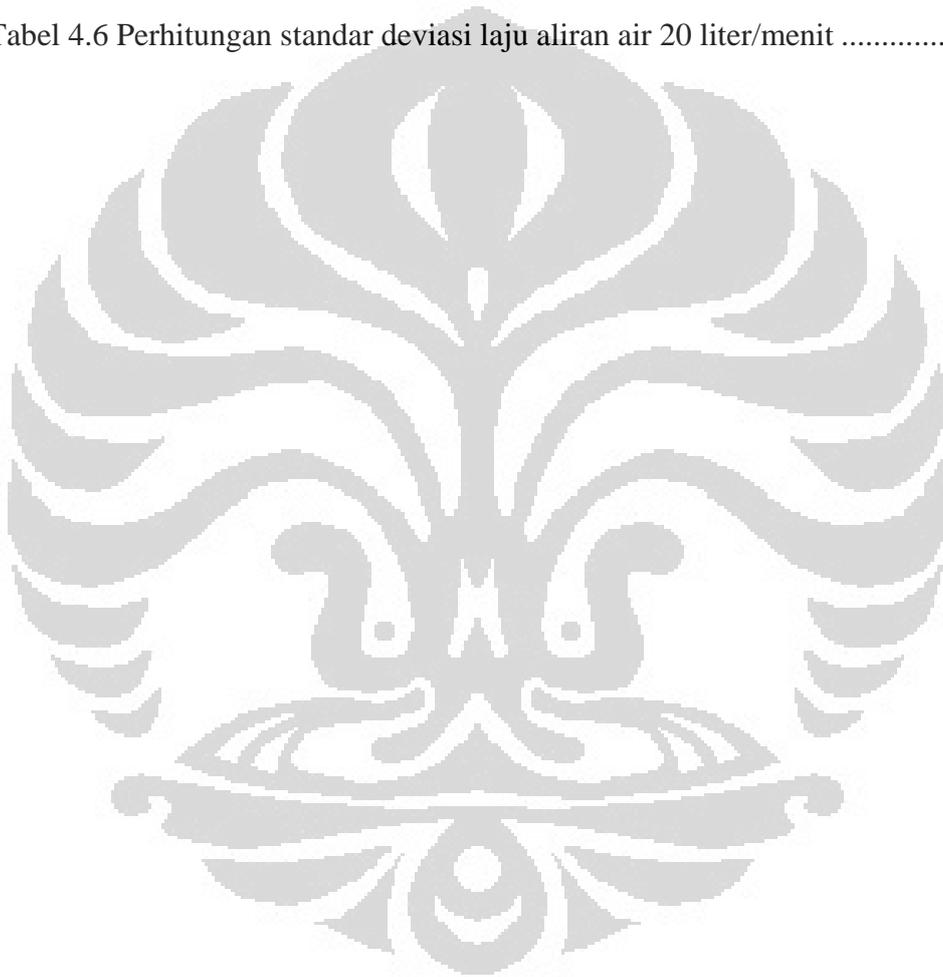
2.10 Metode Tekanan Differensial.....	17
2.11 MPX10DP <i>Differential Pressure Sensor</i> .....	18
2.12 Mikrokontroler AVR.....	19
<b>3. PERANCANGAN HARDWARE DAN SOFTWARE.....</b>	<b>21</b>
3.1 Blok Diagram venturimeter berbasis mikrokontroler .....	21
3.2 Perancangan Hardware.....	22
3.3 Cara Kerja Sistem Rangkaian. ....	24
3.4 Rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16.....	28
3.5 Perancangan software.....	30
<b>4. PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>	<b>32</b>
4.1 Kalibrasi sensor .....	32
4.2 Mengukur Massa Jenis Berbagai fluida .....	34
4.3 Pengujian Sistem.....	35
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan .....	41
5.2 Saran.....	41
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>	<b>42</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Menghitung tekanan pada kedalaman $h$ dalam zat cair.....	7
Gambar 2.2 Manometer tabung terbuka.....	8
Gambar 2.3 Pipa dengan luas penampang ( $A$ ) dan panjang ( $L$ ) .....	9
Gambar 2.4 Manometer pada venturi.....	10
Gambar 2.5 Venturi flow meter .....	10
Gambar 2.6 Venturimeter .....	12
Gambar 2.7 Aliran fluida pada diameter pipa berbeda .....	12
Gambar 2.8 Gerak sebagian fluida dalam penurunan persamaan Bernoulli.....	15
Gambar 2.9 <i>Schematic Pressure sensor</i> .....	18
Gambar 3.1 Blok diagram sistem .....	21
Gambar 3.2 Schematic venturimeter.....	22
Gambar 3.3 Konfigurasi sensor tekanan.....	23
Gambar 3.4 Pengukuran Massa Jenis Fluida .....	23
Gambar 3.5 Konstruksi Mekanik.....	24
Gambar 3.6 Skematik pengkondisi sinyal MPX10DP.....	25
Gambar 3.7 Rangkaian penguat instrumentasi.....	25
Gambar 3.8 Rangkaian penguat diferensial .....	27
Gambar 3.9 Rangkaian pembatas tegangan masuk ke mikrokontroler.....	28
Gambar 3.10 Skematik minimum sistem Atmega 16 .....	29
Gambar 3.11 <i>Flow Chart</i> .....	30
Gambar 4.1 Grafik kalibrasi sensor MPX10DP(massa jenis).....	33
Gambar 4.2 Grafik kalibrasi sensor MPX10DP(venturimeter) .....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan seri mikrokontroler AVR .....	19
Tabel 4.1 Data pengukuran massa jenis fluida.....	34
Tabel 4.2 Data pengukuran laju aliran air 5 liter/menit .....	35
Tabel 4.3 Perhitungan standar deviasi laju aliran air 5 liter/menit .....	36
Tabel 4.4. Perhitungan standar deviasi laju aliran air 10 liter/menit .....	37
Tabel 4.5 Perhitungan standar deviasi laju aliran air 15 liter/menit .....	37
Tabel 4.6 Perhitungan standar deviasi laju aliran air 20 liter/menit .....	38



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan perkembangan ilmu pengetahuan, kebutuhan akan instrumentasi/peralatan dan perlengkapan yang lebih canggih, sederhana akan bertambah. Dalam bidang industri banyak alat-alat yang digunakan untuk menunjang proses produksi. Pemanfaatan energi fluida bertekanan menyusul energi-energi yang lebih dulu ada seperti energi mekanik, energi listrik, energi elektronik, energi udara bertekanan, energi kimia/fisika, serta energi konvensional lainnya seperti air, angin, uap, surya tak pelak lagi menyebabkan makin luasnya penggunaan energi bagi kehidupan manusia. Pemunculan energi baru itu akan memunculkan pula teknologi. Teknologi yang tercipta akan memunculkan teknologi baru.

Penerapan pengukuran aliran fluida dalam mekanika fluida sangat beragam, mulai dari pengukuran laju aliran darah didalam pembuluh darah manusia, samapai kepada pengukuran aliran oksigen cair dalam roket. Banyak proyek penelitian dan proses industri yang bergantung pada pengukuran aliran fluida untuk mendapatkan data-data penting untuk dianalisis, karena aliran fluida merupakan faktor yang menentukan dalam proses itu sendiri.

Diantara sekian banyak metode pengukuran laju aliran yang digunakan dalam mekanika fluida, khususnya pemakaian pada saluran tertutup, jenis alat ukur yang menggunakan metode rintangan (obstruction method) adalah jenis yang paling sering digunakan. Metode ini bekerja berdasarkan beda tekanan yang terjadi pada beda penampang alir. Ada tiga jenis alat ukur ini, yaitu pelat orifis, nosel aliran, dan venturimeter. Ketiga jenis alat ukur beda tekanan ini sering disebut juga sebagai petunjuk laju aliran, didasarkan pada pengukuran perubahan tekanan. Diantara ketiga alat ukur metode rintangan diatas, venturimeterlah yang paling banyak digunakan dalam mengukur laju aliran fluida, seperti pada laboratorium-laboratorium.

Untuk mempermudah pengukuran perubahan tekanan pada venturimeter yang sebelumnya menggunakan manometer, maka dirancanglah sistem

instrumentasi pada venturimeter itu. Dimana perubahan tekanan akan terdeteksi oleh transducer. Sensor yang digunakan adalah sensor tekanan. Sensor tekanan banyak digunakan untuk mengontrol dan memantau ribuan aplikasi setiap harinya. Sensor tekanan juga dapat mengukur secara tidak langsung variable yang lain seperti halnya pada fluida/aliran gas, kecepatan, level air. sensor tekanan dapat berubah-ubah secara drastis dalam teknologi, bentuk, hasil, kcocokan aplikasi dan harga. Ada berbagai macam tipe sensor tekanan, sensor tekanan dapat diklasifikasikan menurut range tekanan yang dapat diukur, range suhu saat bekerja, dan yang paling penting adalah jenis tekanan yang diukur. Salah satunya adalah *differential pressure sensor* yang digunakan dalam alat ukur venturimeter ini. *Differential pressure sensor* mengukur perbedaan antara dua atau lebih tekanan sebagai input, contohnya mengukur tingkat penurunan tekanan sebuah penyaringan minyak. *Differential sensor* juga digunakan untuk mengukur aliran atau ketinggian dalam bejana yang diberikan tekanan udara.

Karena venturimeter memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan dengan orifis dan nosel aliran, maka saya mencoba melakukan penelitian untuk membuat venturimeter.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat alat untuk mengukur debit air menggunakan venturimeter berbasis mikrokontroler.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam skripsi ini adalah pembuatan sistem mekanik venturi meter dan rangkaian elektronik untuk mengukur kelajuan fluida.

## **1.4 Metodologi Penulisan**

Dalam melakukan perancangan, pembuatan dan aplikasi venturi meter berbasis microcontroller serta pengambilan data percobaan, metodologi yang digunakan antara lain:

### **a. Studi literature**

Litaratur-literatur yang digunakan sebagai acuan dalam tugas akhir ini adalah buku, jurnal, artikel, skripsi, catatan serta dari internet. Literature-

literatur tersebut menjadi acuan untuk digunakan dalam proses perancangan dan pengambilan data pengukuran dalam tugas akhir ini.

- b. Perancangan venturi meter beserta instalasi-instalasinya.
- c. Pembuatan program berbasis microcontroller.
- d. Pengujian/pengambilan data dan analisa
- e. Penyusunan laporan.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan laporan skripsi ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB 1 Pendahuluan**

Bab ini membahas tentang latar belakang, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

#### **BAB 2 Teori Dasar**

Bab ini membahas tentang konsep-konsep yang menjadi dasar teori dalam perancangan dan dasar teori untuk perhitungan.

#### **BAB 3 Perancangan alat dan pembuatan program**

Bab ini membahas pembuatan venturimeter dan program menggunakan mikrokontroler.

#### **BAB 4 Metode Pengambilan dan Pengolahan Data**

Bab ini membahas tentang pengambilan data serta pengolahan data.

#### **BAB 5 Kesimpulan dan Saran**

## BAB 2 TEORI DASAR

Fluida didefinisikan sebagai zat yang mengalir yaitu zat gas dan zat cair. Secara umum fluida dibedakan menjadi dua yaitu fluida dinamik dan statis. Fluida static adalah fluida dalam keadaan diam atau tetap. Fluida dinamik adalah fluida dalam keadaan bergerak, gerakan fluida dipandang sebagai fungsi tempat dan waktu. Fluida dinamik erat kaitannya dengan persamaan kontinuitas dan persamaan Bernoulli.

Ada beberapa pengukuran aliran yang dapat dilakukan, diantaranya ada 4 metode yaitu

- Metode langsung
- Metode pembatasan seperti venturi, nosel, orifice.
- Metode linier seperti rotameter, turbin flowmeter ultrasonic, dan lain-lain.
- Metode pembagian seperti pitot tube dan anemometer.

Adapun penulis ingin memakai metode pembatasan. Metode pembatasan ini mengukur perbedaan tekanan diantara dua penampang aliran yang sebanding dengan laju aliran. Perhitungan laju aliran teoritis dapat dilakukan berdasarkan hukum kontinuitas dan persamaan Bernoulli. Alat yang akan dibuat dengan metode pembatasan ini adalah venturimeter. Karena venturimeter memiliki kelebihan-kelebihannya dibandingkan alat ukur metode pembatasan, adapun kelebihan-kelebihannya antara lain:

- Dengan pemasangan dan kalibrasi yang tepat, maka jenis ini memiliki ketelitian yang paling tinggi diantara semua pengukuran aliran yang memiliki metode pengukuran serupa, yaitu nosel aliran dan orifis.
- Jauh kemungkinan tersumbat kotoran.

Dalam konstruksi tabung venturimeter, pertimbangan kepresisian merupakan hal yang mutlak dalam penghalusan terutama bagian leher, karena kehalusan dinding turut mempengaruhi hasil pengukuran tekanan. Semakin halus dinding, akan semakin baik pula laju aliran yang melewatinya, sehingga ada beda tekanan yang ada menggambarkan keadaan sesungguhnya. Berikut teori-teori yang mendasari venturimeter [1].

## 2.1 Fluida

Fluida atau zat cair adalah wujud yang tidak mempunyai bentuk yang tetap, tetapi dapat mengalir dan dapat mengambil bentuk tempat yang diisinya. Dalam suatu fluida mempunyai tiga keadaan dasar, atau fase materi yaitu antara lain padat, cair dan gas. Fase padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap sekalipun suatu gaya yang besar dikerjakan pada benda padat ia tidak dapat dengan mudah berubah bentuknya ataupun volumenya. Fase cair tidak dapat mempertahankan bentuk yang tetap karena ia mengikuti bentuk wadahnya, tetapi pada fase ini tidak dengan mudah dimampatkan. Sehingga volumenya dapat diubah jika dikerjakan pada gaya yang sangat besar. Molekul-molekul didalam fluida mempunyai kebebasan lebih besar untuk bergerak sendiri-sendiri. Dalam zat cair gaya interaksi antara molekul-molekul, yaitu yang disebut kohesi, masih cukup besar, karena jarak antara molekul tidaklah terlalu besar. Akibatnya zat cair masih tampak sebagai kesatuan, sehingga kita masih dapat melihat batas-batas zat cair.

Fase gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap, ia akan berkembang mengisi seluruh wadah. Molekul-molekul gas dapat dianggap sebagai suatu sistem partikel bebas. Gaya kohesi antar molekul-molekul sangatlah kecil, dan interaksi antar molekul terutama adalah oleh tumbukan. Sebagai akibatnya, gas cenderung untuk memenuhi ruang. Disamping itu, gas lebih mudah dimampatkan daripada zat cair. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap, keduanya mempunyai kemampuan mengalir. Dengan demikian kedua-duanya sering secara kolektif disebut sebagai fluida [2].

..

## 2.2 Konsep Massa Jenis

Salah satu sifat penting dari zat adalah kerapatan atau massa jenisnya (*density*). Massa jenis,  $\rho$ , sebuah benda ( $\rho$  adalah huruf kecil dari abjad Yunani “rho”) didefinisikan sebagai massa per satuan volume:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Dimana  $m$  adalah massa benda dan  $V$  merupakan volumenya. Massa jenis merupakan sifat khas dari suatu zat murni.

Satuan SI untuk massa jenis adalah  $\text{kg/m}^3$ . Untuk satuan CGS satuan Massa jenis dinyatakan dalam gram per centimeter kubik ( $\text{gr/cm}^3$ ).

### 2.3 Konsep Tekanan pada Fluida

Dalam ilmu fisika tekanan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas, dimana gaya  $F$  dipahami bekerja tegak lurus terhadap permukaan  $A$ :

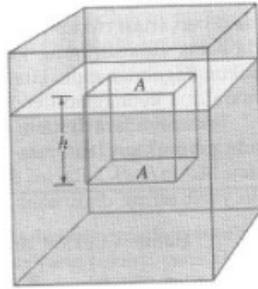
$$\text{Tekanan} = P = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

Satuan SI untuk tekanan adalah  $\text{N/m}^2$ . Satuan ini mempunyai nama resmi **pascal (Pa)**, untuk menghormati Blaise Pascal, yaitu  $1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$ .

Konsep tekanan terutama berguna dalam membahas fluida. Dari fakta eksperimental ternyata *fluida memberikan tekanan ke semua arah*. Sifat penting lainnya dari fluida yang berada dalam keadaan diam adalah bahwa gaya yang disebabkan oleh tekanan fluida selalu bekerja tegak lurus terhadap permukaan yang bersentuhan dengannya.

Sekarang kita menghitung secara kuantitatif, bagaimana tekanan zat cair dengan massa jenis yang serba sama berubah terhadap tekanan. Ambil satu titik yang berada di kedalaman  $h$  di bawah permukaan zat cair (yaitu permukaan berada di ketinggian  $h$  di atas titik ini), seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. Tekanan yang disebabkan zat cair pada kedalaman  $h$  ini disebabkan oleh berat kolom zat cair di atasnya. Dengan demikian gaya yang bekerja pada luas daerah tersebut adalah  $F = mg = \rho Ahg$ , dimana  $Ah$  adalah volume kolom,  $\rho$  adalah massa jenis zat cair (dianggap konstan), dan  $g$  adalah percepatan gravitasi. Tekanan,  $P$ , dengan demikian adalah

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\rho Ahg}{A}$$
$$P = \rho gh \quad (2.3a)$$



Gambar 2.1. Menghitung Tekanan pada Kedalaman  $h$  Dalam Zat Cair

Dengan demikian, tekanan berbanding lurus dengan massa jenis zat cair, dan dengan kedalaman di dalam zat cair. Pada umumnya, *tekanan pada kedalaman yang sama dalam zat cair yang serba sama adalah sama.* (Persamaan 2.3a menyatakan tekanan yang disebabkan oleh zat cair itu sendiri. Jika diberikan tekanan eksternal di permukaan zat cair, maka tekanan ini harus diperhitungkan).

Persamaan 2.3a berlaku untuk fluida yang massa jenisnya konstan dan tidak berubah terhadap kedalaman, yaitu jika fluida tersebut tidak dapat ditekan. Hal ini biasanya merupakan pendekatan yang baik untuk zat cair (walaupun pada kedalaman yang sangat jauh di dalam samudra, massa jenis air bertambah sangat besar terhadap tekanan yang disebabkan oleh berat air di atasnya. Di pihak lain, gas sangat mudah ditekan, dan massa jenisnya dapat berubah cukup besar terhadap kedalaman. Jika perubahan massa jenis hanya kecil saja, persamaan 2.3a dapat digunakan untuk menentukan perbedaan tekanan  $\Delta P$  pada ketinggian yang berbeda, dimana  $\rho$  adalah massa jenis rata-rata:

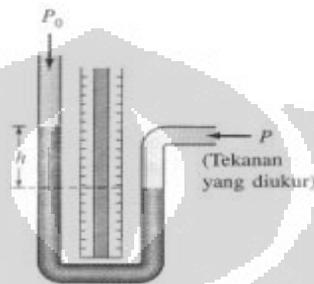
$$\Delta P = \rho g \Delta h \quad (2.3b)$$

#### 2.4 Pengukuran Tekanan

Banyak alat yang dibuat untuk mengukur tekanan, beberapa diantaranya ditunjukkan pada gambar 2.2. Yang paling sederhana adalah *manometer* tabung terbuka dimana tabung berbentuk U yang sebagian diisi dengan zat cair, biasanya air raksa atau air. tekanan  $P$  yang terukur dihubungkan dengan perbedaan tinggi  $h$  dari dua ketinggian zat cair dengan hubungan

$$P = P_0 + \rho g h \quad (2.4)$$

Dimana  $P_0$  adalah tekanan atmosfer (yang bekerja diatas fluida di tabung sebelah kiri) dan  $\rho$  adalah massa jenis zat cair. Perhatikan bahwa nilai  $\rho gh$  adalah “tekanan terukur”-suatu angka sehingga harga  $P$  lebih kecil dari tekanan atmosfer (dan  $h$  bertanda negatif). Biasanya, bukan hasil kali  $\rho gh$  yang dihitung, melainkan hanya ketinggian  $h$  yang ditentukan.



Gambar 2.2 Manometer Tabung Terbuka

### 2.5 Jenis Aliran pada Pipa

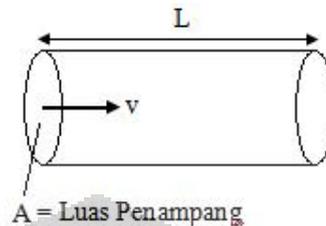
Apabila suatu fluida mengalir dalam suatu saluran dengan kecepatan yang cukup kecil, maka aliran tersebut berlapis-lapis yang bergerak secara sliding relatif terhadap lapisan didekatnya atau lapisan-lapisan yang bersebelahan meluncur satu sama lain dengan mulus. Aliran ini dinamakan aliran laminar. Bila kecepatan aliran diperbesar, gerakan partikel fluida semakin tidak teratur, sehingga terjadi pusaran-pusaran arus. Aliran ini dinamakan aliran turbulen. Aliran transisi merupakan aliran dengan kecepatan diantara laminar dan turbulen.

### 2.6 Laju aliran(debit)

Fluida mengalir dengan kecepatan tertentu, misalnya  $v$  meter per detik. Penampang tabung alir berpenampang  $A$ , maka yang dimaksud dengan dengan debit fluida adalah volume fluida yang mengalir per satuan waktu melalui suatu pipa dengan luas penampang  $A$  dan dengan kecepatan  $v$ .

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2.5)$$

Misalnya fluida mengalir melalui sebuah pipa. Pipa biasanya berbentuk silinder dan memiliki luas penampang tertentu. Pipa tersebut juga memiliki panjang



Gambar 2.3 Pipa dengan luas penampang(A) dan panjang(L)

Ketika pipa mengalir dalam pipa sejauh L, misalnya maka volume fluida yang ada dalam pipa adalah  $v = AL$  ( $v$  = volume fluida,  $A$  = luas penampang dan  $L$  = panjang pipa). Karena mengalir dalam pipa sepanjang L fluida menempuh selang waktu tertentu, maka kita bisa mengatakan bahwa besarnya debit fluida:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{AL}{t}$$

Karena  $v = \frac{s}{t} = \frac{L}{t} \rightarrow L = vt$

Maka  $Q = \frac{A(vt)}{t}$

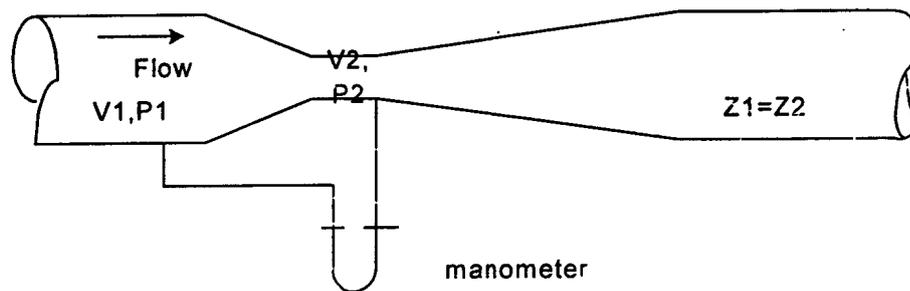
$$Q = Av$$

(2.6)

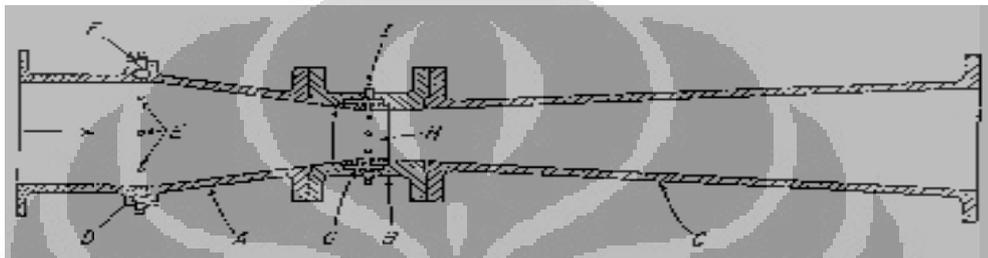
Dengan demikian. Ketika fluida mengalir melalui suatu pipa yang memiliki luas penampang dan panjang tertentu selama selang waktu tertentu, maka besarnya debit fluida ( $Q$ ) tersebut sama dengan luas penampang( $A$ ) dikali dengan kecepatan aliran fluida( $v$ ).

## 2.7 Venturimeter

Contoh meteran venturi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Manometer Pada Venturi



Gambar 2.5 Venturi Flow Meter

- |                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| <b>A</b> : bagian masuk        | <b>E</b> : lubang ke ruang piezometer |
| <b>B</b> : bagian leher        | <b>F</b> : lubang sadap tekanan hulu  |
| <b>C</b> : bagian keluar       | <b>H</b> : pelapis                    |
| <b>D, G</b> : ruang piezometer | <b>I</b> : lubang sadap tekanan hilir |

Meteran ini terbuat dari bagian masuk A yang mempunyai flens, yang terdiri dari bagian pendek berbentuk silinder dan kerucut terpotong; bagian leher B berflens; dan bagian keluar C, juga berflens, dan terdiri dari kerucut terpotong yang panjang. (Flens = penyambung potongan-potongan pipa).

Pada bagian hulu, pada persambungan antara bagian silinder dan bagian yang berbentuk kerucut, terdapat ruang annulus D dan beberapa lubang kecil E yang dibor dari bagian dalam tabung sampai ke ruang annulus itu. Cincin annulus dan lubang-lubang kecil itu merupakan cincin piezometer (*piezometer ring*), yang fungsinya ialah untuk merata-ratakan tekanan-tekanan yang disalurkan oleh setiap

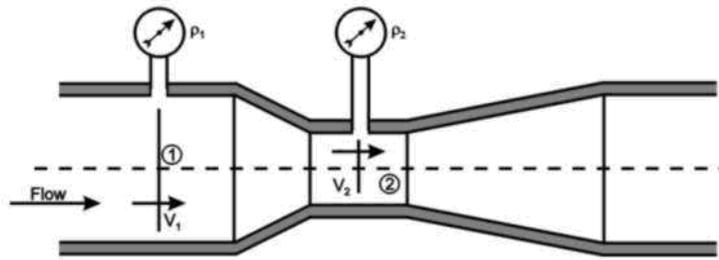
lubang kecil. Tekanan rata-rata itu lalu ditransmisikan melalui sambungan untuk tekanan hulu F.

Pada bagian leher ada lagi sebuah cincin piezometer yang dibentuk dengan ruang annulus integral G dan pelapis H. Pelapis tersebut dibor pula dengan teliti dan diselesaikan hingga membentuk diameter tertentu, karena ketelitian meteran itu akan berkurang bila leher itu tidak dibuat dengan toleransi yang sangat ketat. Tekanan leher itu lalu ditransmisikan melalui penyadap tekanan I. Sebuah manometer atau alat lain untuk mengukur tekanan lalu dipasang di antara lubang sadap F dan I.

Dalam meteran venturi, kecepatan fluida bertambah dan tekanannya berkurang di dalam kerucut sebelah hulu. Penurunan tekanan di dalam kerucut hulu itu lalu dimanfaatkan, sebagaimana diuraikan di bawah nanti, untuk mengukur laju aliran melalui instrumen itu. Kecepatan fluida kemudian berkurang lagi dan sebagian besar tekanan awalnya kembali pulih di dalam kerucut sebelah hilir. Agar pemulihan tekanan itu besar, sudut kerucut hilir C dibuat kecil, sehingga pemisahan lapisan-batas dapat dicegah dan gesekan pun minimum. Oleh karena pada bagian yang penampangnya mengecil tidak ada pemisahan, maka kerucut hulu dapat dibuat lebih pendek daripada kerucut hilir. Gesekannya pun di sini kecil. Dengan demikian ruang dan bahan pun dapat dihemat. Walaupun meteran venturi dapat digunakan juga untuk mengukur gas, namun alat ini biasanya digunakan untuk mengukur zat cair, terutama air, pengolahan di bawah ini terbatas pada fluida *incompressible* [5].

## **2.8 Laju Aliran pada Venturimeter**

Venturimeter bekerja berdasarkan pengukuran beda tekanan yang melalui suatu penyempitan penampang, yang dapat kita cari hubungannya dengan kecepatan aliran fluida. Sehingga dengan mengetahui beda tekanan dan kecepatan alir, maka akan didapatkan jumlah aliran yang melewati venturimeter tersebut. Venturi meter merupakan alat mengukur kelajuan (debit) cairan dalam pipa. Venturi meter dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

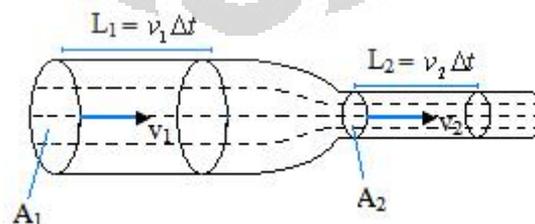


Gambar 2.6 Venturimeter

Gambar diatas menunjukkan venturi meter yang horizontal. Venturimeter terdiri dari sebuah tabung horizontal dengan dua pipa vertical yang mencatat tekanan fluida yang mengalir di dua bagian pipa yang berbeda, pipa normal dan pipa yang menyempit. Venturimeter ini menggunakan prinsip persamaan kontinuitas dan persamaan Bernoulli.

### 2.8.1 Persamaan Kontinuitas

Gambar dibawah ini adalah sebuah pipa yang memiliki diameter yang berbeda. Gambar 2.7 menunjukkan aliran fluida dari kiri ke kanan( fluida mengalir dari pipa yang diameternya besar ke diameter yang kecil). Garis putus-putus merupakan garis arus. Keterangan gambar:  $A_1$  = luas penampang bagian pipa yang berdiameter besar,  $A_2$  = luas penampang bagian pipa yang berdiameter kecil,  $v_1$  = kecepatan aliran fluida pada bagian pipa yang berdiameter besar,  $v_2$ = kecepatan aliran fluida pada bagian pipa yang berdiameter kecil,  $L$ = jarak tempuh fluida.



Gambar 2.7 Aliran Fluida pada Diameter Pipa Berbeda

Pada fluida tunak, kecepatan aliran partikel fluida di suatu titik sama dengan kecepatan aliran partikel fluida lain yang melewati titik itu. Aliran fluida juga tidak saling berpotongan (garis arusnya sejajar). Karena massa fluida yang masuk ke salah satu ujung pipa harus sama dengan massa fluida yang keluar di ujung lainnya. Jika fluida memiliki massa tertentu masuk pada pipa yang diameternya besar, maka fluida tersebut akan keluar pada pipa yang diameternya kecil dengan massa yang tetap.

Selama selang waktu tertentu, sejumlah fluida mengalir melalui bagian pipa yang diameternya besar ( $A_1$ ) sejauh  $L_1$  ( $L_1 = v_1 t$ ). Volume fluida yang mengalir adalah  $V_1 = A_1 L_1 = A_1 v_1 t$ . Nah, Selama selang waktu yang sama, sejumlah fluida yang lain mengalir melalui bagian pipa yang diameternya kecil ( $A_2$ ) sejauh  $L_2$  ( $L_2 = v_2 t$ ). Volume fluida yang mengalir adalah  $V_2 = A_2 L_2 = A_2 v_2 t$ . (sambil lihat gambar di atas).

Pada persamaan kontinuitas untuk fluida tak termampatkan, kerapatan atau massa jenis fluida tersebut selalu sama disetiap titik yang dilaluinya. Massa fluida yang mengalir dalam pipa yang memiliki luas penampang  $A_1$  (diameter pipa yang besar) selama selang waktu tertentu:

$$m_1 = \rho A_1 V_1 t \quad (2.7a)$$

Demikian juga, massa fluida yang mengalir dalam pipa yang memiliki luas penampang  $A_2$  (diameter pipa yang kecil) selama selang waktu tertentu adalah :

$$m_2 = \rho A_2 V_2 t \quad (2.7b)$$

Jadi, pada fluida tak-termampatkan, berlaku persamaan kontinuitas :

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.8)$$

Dimana:

$Q$  = Debit alir ( $m^3/s$ )

$A_1$  = luas pipa normal ( $m^2$ )

$A_2$  = luas pipa menyempit ( $m^2$ )

$V_1$  = kecepatan di pipa normal ( $m/s$ )

$V_2$  = kecepatan di pipa menyempit(m/s)

Persamaan(2.8) menunjukkan bahwa laju aliran volume atau debit selalu sama pada setiap titik sepanjang pipa atau tabung alir. Ketika penampang pipa mengecil, maka laju aliran fluida meningkat, sebaliknya ketika penampang pipa menjadi besar, laju aliran fluida kecil.

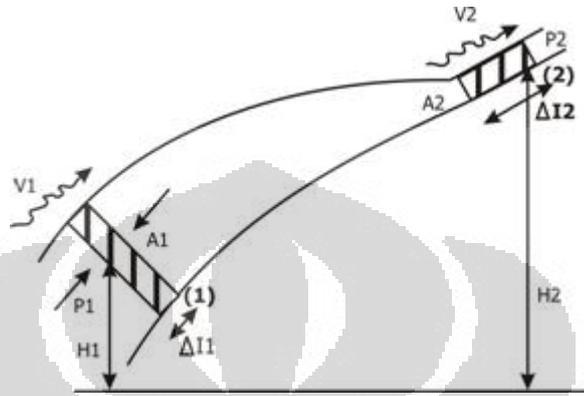
### 2.8.2 Persamaan Bernoulli

Persamaan dasar dalam hidrodinamika telah dapat dirintis dan dirumuskan secara baik, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menjelaskan gejala fisis yang berhubungan dengan dengan aliran air. Persamaan dasar tersebut disebut sebagai persamaan Bernoulli atau teorema Bernoulli, yakni suatu persamaan yang menjelaskan berbagai hal yang berkaitan dengan kecepatan, tinggi permukaan zat cair dan tekanannya. Persamaan yang telah dihasilkan oleh Bernoulli tersebut juga dapat disebut sebagai Hukum Bernoulli, yakni suatu hukum yang dapat digunakan untuk menjelaskan gejala yang berhubungan dengan gerakan zat alir melalui suatu penampang pipa. Hukum tersebut diturunkan dari Hukum Newton dengan berpangkal tolak pada teorema kerja-tenaga aliran zat cair dengan beberapa persyaratan antara lain aliran yang terjadi merupakan aliran *steady* (mantap, tunak), tak berolak (laminier, garis alir *streamline*), tidak kental dan tidak termampatkan.

Persamaan dinyatakan dalam Hukum Bernoulli tersebut melibatkan hubungan berbagai besaran fisis dalam fluida, yakni kecepatan aliran yang memiliki satu garis arus, tinggi permukaan air yang mengalir, dan tekanannya. Bentuk hubungan yang dapat dijelaskan melalui besaran tersebut adalah besaran usaha tenaga pada zat cair.

Selanjutnya apabila pengkajian hukum ini berpangkal tolak pada hukum kekekalan massa seperti yang telah disajikan pada bab terdahulu, dengan menggunakan persyaratan seperti yang telah disajikan di bagian depan maka dalam aliran ini hukum kekekalan massa tersebut lebih mengacu pada hukum kekekalan flux massa. Oleh sebab itu dalam tabung aliran semua partikel zat cair yang lewat melalui pipa/tabung yang memiliki luas penampang tertentu diandaikan memiliki kecepatan pengaliran di satu titik adalah sama pada garis

aliran yang sama. Namun demikian pada titik-titik lainnya dapat memiliki kecepatan yang berbeda. Selanjutnya untuk menurunkan persamaan yang menyatakan Hukum Bernoulli tersebut dapat dikemukakan dengan gambar sebagai berikut.



Gambar 2.8 Gerak sebagian fluida dalam penurunan persamaan Bernoulli

Keterangan gambar:

1.  $h_1$  dan  $h_2$  masing-masing adalah tinggi titik tertentu zat cair dalam tabung/pipa bagian kiri dan bagian kanan.
2.  $V_1$  dan  $v_2$  adalah kecepatan aliran pada titik tertentu dari suatu zat cair kiri dan kanan.
3.  $A_1$  dan  $A_2$  adalah luas penampang pipa bagian dalam yang dialiri zat cair sebelah kiri dan sebelah kanan.
4.  $P_1$  dan  $P_2$  adalah tekanan pada zat cair tersebut dari berturut-turut dari bagian kiri dan kanan.

Gambar di bagian depan merupakan aliran zat cair melalui pipa yang berbeda luas penampangnya dengan tekanan yang berbeda dan terletak pada ketinggian yang berbeda hingga kecepatan pengalirannya juga berbeda. Dalam aliran tersebut diandaikan zat cair tidak termampatkan, alirannya mantap sehingga garis alir merupakan garis yang *streamline*, demikian pula banyaknya volume yang dapat mengalir tiap satuan waktu dari pipa sebelah kiri dan kanan adalah sama.

Dari gambar, dapat dikemukakan bahwa zat cair pada semua titik akan mendapatkan tekanan. Hal ini berarti pada kedua permukaan yang kita tinjau (lihat gambar yang diarsir) akan bekerja gaya yang arahnya ke dalam. Jika bagian ini bergerak dari posisi pertama menuju bagian kedua, gaya yang bekerja pada permukaan pertama akan melakukan usaha terhadap unsur yang ditinjau tadi sedangkan bagian tersebut akan melakukan usaha terhadap gaya yang bekerja pada permukaan sebelah kanan. Selisih antara kedua besaran usaha tersebut sama dengan perubahan energi gerak ditambah energi potensial dari bagian tersebut. Selisih kedua besaran energi tersebut disebut sebagai energi netto. Secara Persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho gh_2 \quad (2.9)$$

atau ditulis secara umum menjadi:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{konstan} \quad (2.10)$$

Persamaan di atas merupakan persamaan yang menyatakan hukum Bernoulli yang menyatakan hubungan antara kecepatan aliran dengan tinggi permukaan air dan tekanannya. Sebagian besar dimanfaatkan dalam bidang teknik dan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan aliran fluida.

Dari persamaan di atas bisa didapatkan persamaan untuk  $V_1$

$$V_1 = \frac{A_2 \times V_2}{A_1} \quad (2.11)$$

Cairan mengalir pada arah mendatar maka  $h_1 = h_2$  sehingga :

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) \quad (2.12)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.11) kedalam persamaan (2.12) maka akan diperoleh:

$$V_2 = \left[ \frac{2(P_1 - P_2) / \rho}{1 - A_2^2 / A_1^2} \right]^{1/2} \quad (2.13)$$

Persamaan karakteristik venturi flowmeter dapat diturunkan dari persamaan Bernoulli dan persamaan kontinuitas untuk tabung venturi yang dipasang horizontal persamaan karakteristiknya dapat ditulis sbb:

$$Q = A_1 \cdot A_2 \sqrt{\frac{2}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}} \sqrt{\Delta P} \quad (2.14)$$

Venturi meter merupakan alat pengukur laju alir yang dapat dipercaya. Lebih jauh lagi, venturi meter menyebabkan kerugian tekanan yang relatif kecil. Karena alasan ini, maka venturimeter digunakan secara luas, umumnya untuk fluida dengan volume yang besar, dan untuk aliran gas.

### 2.9 Pengukuran Massa jenis

Pada pengukuran massa jenis menggunakan prinsip fluida statik, yaitu fluida dalam keadaan diam. Dimisalkan ketinggian kedua tabung vertikal adalah  $h_1$  dan  $h_2$ , karena fluida dalam tabung ini tidak bergerak, maka tekanannya sama dengan

$$P_1 = \rho g h_1 \text{ dan } P_2 = \rho g h_2, \text{ selisih tekanan diantara kedua tabung adalah} \\ P_1 - P_2 = \rho g (h_1 - h_2) \quad (2.15)$$

### 2.10 Metode tekanan diferensial

Jenis pengukur-aliran yang paling luas digunakan adalah yang tergantung pada pengukuran tekanan diferensial. Pada prinsipnya, beda luas penampang melintang dari aliran dikurangi yang mengakibatkan naiknya kecepatan, sehingga menaikkan pula energy gerakan atau gerakan kinetis.

Karena energy tidak dapat dihilangkan, kenaikan energy kinetis diperoleh dari energy tekanan, sehingga tekanan fluida berkurang, bagian berkurangnya tekanan, yang diketahui atau beda tekanan diukur, sehingga memungkinkan dihitungnya kecepatan arus.

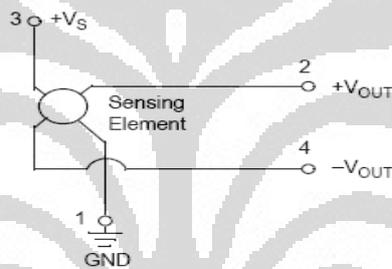
Apabila fluida bergerak melewati penghantar yang seragam dengan kecepatan sangat rendah, gerakan partikel masing-masing umumnya sejajar di sepanjang garis dinding penghantar. Kalau laju aliran meningkat, titik dicapai apabila gerakan partikel menjadi lebih acak dan kompleks. Kecepatan kira-kira

dimana perubahan ini terjadi dinamakan kecepatan kritis dan aliran pada tingkat kelajuan yang lebih tinggi dinamakan *turbulen* dan pada tingkat kelajuan yang rendah dinamakan *laminar* [1].

### 2.11 MPX10DP Differential Pressure Sensor

Sensor tekanan *MPX10 series silicon piezoresistive* memberikan output tegangan yang linear dan akurat terhadap tekanan yang diberikan.

Output tegangan dari *differential* atau *gauge* sensor meningkat dengan terjadinya peningkatan tekanan pada *pressure side* (P1) relative terhadap *vacuum side* (P2). Begitupun sebaliknya tegangan output meningkat pada *vacuum side* dan relative terhadap *pressure side*.



Gambar 2.9 Schematic Pressure sensor

### 2.12 Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler AVR merupakan salah satu jenis arsitektur mikrokontroler yang menjadi andalan atmel. Arsitektur ini dirancang memiliki berbagai kelebihan dan merupakan penyempurnaan dari arsitektur mikrokontroler-mikrokontroler yang sudah ada.

Berbagai jenis mikrokontroler AVR telah di produksi atmel dan digunakan didunia sebagai mikrokontroler yang bersifat low cost dan high performance. Di

Indonesia mikrokontroler AVR, banyak dipakai karena fiturnya yang lengkap, mudah untuk didapatkan, dan harganya yang relative terjangkau.

Antar seri mikrokontroler AVR memiliki berbagai tipe dan fasilitas, namun kesemuanya memiliki arsitektur yang sama, dan juga instruksi yang relative berbeda. Berikut table perbandingan beberapa seri mikrokontroler AVR buatan ATMEL

Tabel 2.1 Perbandingan Seri Mikrokontroler AVR

Seri	Flash (KBytes)	RAM (Bytes)	EEPROM (KBytes)	Pin I/O	Timer 16-bit	Timer 8-bit	UART	PWM	ADC 10-bit	SPI	ISP
ATmega8	8	1024	0.5	23	1	1	1	3	6/8	1	Ya
ATmega8535	8	512	0.5	32	2	2	1	4	8	1	Ya
ATmega16	16	1024	0.5	32	1	2	1	4	8	1	Ya
ATmega162	16	1024	0.5	35	2	2	2	6	8	1	Ya
ATmega32	32	2048	1	32	1	2	1	4	8	1	Ya
ATmega128	128	4096	4	53	2	2	2	8	8	1	Ya
ATtiny12	1	-	0.0625	6	-	1	-	-	-	-	Ya
ATtiny2313	2	128	0.125	18	1	1	1	4	-	1	Ya
ATtiny44	4	256	0.25	12	1	1	-	4	8	1	Ya
ATtiny84	8	512	0.5	12	1	1	-	4	8	1	Ya

Keterangan:

- Flash adalah suatu jenis Read Only Memory yang biasanya diisi dengan program hasil buatan manusia yang harus dijalankan dengan mikrokontroler.
- RAM(Random Access Memory) merupakan memory yang membantu CPU untuk penyimpanan data sementara dan pengolahan data ketika program sedang running.

- EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) adalah memori untuk penyimpanan data secara permanen oleh program yang sedang running.
- Port I/O adalah kaki untuk jalur keluar atau masuk sinyal sebagai hasil keluaran maupun hasil masukan bagi program.
- Timer adalah modul dalam hardware yang bekerja untuk menghitung waktu/pulsa.
- UART ( Universal Asynchronous Receive Transmit) adalah jalur komunikasi data khusus secara asynchronous.
- PWM (pulse Width Modulation) adalah fasilitas untuk membuat modulasi pulsa.
- ADC (Analog to Digital Converter) adalah fasilitas untuk dapat menerima sinyal analog dalam range tertentu untuk kemudian dikonversi menjadi suatu nilai digital dalam range tertentu.
- SPI (Serial Peripheral Interface) adalah jalur komunikasi data khusus secara serial synchronous.
- ISP (In System Programming) adalah kemampuan khusus mikrokontroler untuk dapat diprogram langsung dalam system rangkaiannya dengan membutuhkan pin yang minimal.

Di Indonesia banyak beredar mikrokontroler dari berbagai pabrik diantaranya: atmel, Microchip, dan mororolla. Namun dari semuanya tersebut terbagi dua jenis/tipe mikrokontroler, yaitu:

- Tipe CISC atau Complex Instruction Set Computing yang lebih kaya instruksi tetapi fasilitas internal secukupnya saja (seri AT89 memiliki 255 instruksi)
- Tipe RISC atau Reduced Instruction Set Computing yang justru lebih kaya fasilitas internalnya tetapi jumlah instruksi secukupnya (seri PIC16F hanya sekitar 30-an instruksi, seri AVR ada sekitar 118) [2].

## BAB 3

### PERANCANGAN HARDWARE DAN SOFTWARE

Pada bab ini berisi perancangan hardware dan software, dalam perancangan hardware dan software ini ada beberapa tahapan yang harus dikerjakan sehingga dapat menyempurnakan alat venturimeter berbasis mikrokontroller menggunakan diferensial sensor tekanan. Adapun tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat dibawah ini:

#### 3.1 Blok Diagram Venturimeter Berbasis Mikrokontroler

Cara kerja venturimeter berbasis mikrokontroler ini bisa dilihat pada gambar dibawah ini. Sensor satu dan sensor dua adalah jenis diferensial sensor tekanan. Input menerima besaran yang akan diukur dan menghasilkan sebuah sinyal elektris yang sebanding dengan pengkondisi sinyal.



Gambar 3.1. blok diagram Venturimeter berbasis Mikrokontroler

Baik sensor satu dan sensor dua adalah sensor untuk mendeteksi perbedaan tekanan. Dimana kedua sensor dihubungkan dengan rangkaian pengkondisi sinyal. Output tegangan sensor satu dan sensor dua pada rangkaian pengkondisi sinyal didapatkan dengan terukurnya perbedaan tekanan pada masing-masing sensor. Untuk sensor satu yang terpasang pada tabung venturi, output tegangan yang dihasilkan sebanding dengan perbedaan tekanan yang terukur pada sensor, lalu akan dikonversi dalam bentuk digital oleh ADC di mikrokontoler.

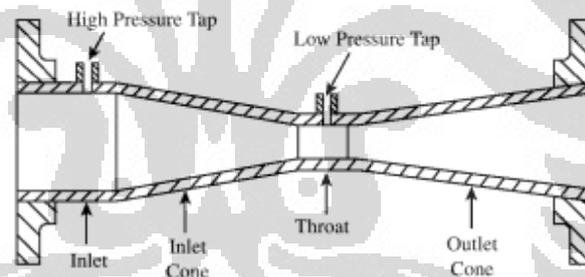
Begitu juga Sensor dua yang terpasang untuk mengukur massa jenis, Output pada sensor ini berupa tegangan yang sebanding dengan perbedaan tekanan yang

terukur pada sensor, lalu dikonversi dalam bentuk digital oleh ADC pada mikrokontroler.

Nilai ADC yang didapatkan dari masing-masing sensor, dipakai oleh mikrokontroler untuk perhitungan dalam mengukur massa jenis fluida ( $\rho$ ) dan laju aliran fluida ( $Q$ ). Hasil dari perhitungan tersebut akan ditampilkan di LCD  $16 \times 2$

### 3.2 Perancangan Hardware

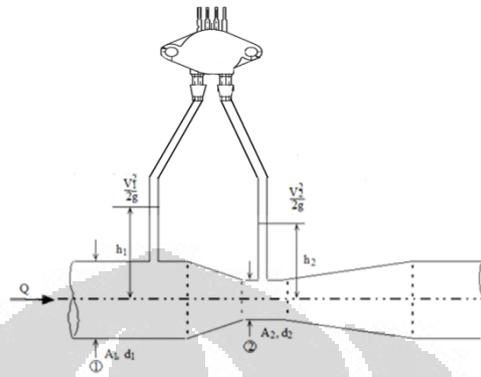
Perancangan sistem dari venturimeter berbasis mikrokontroler ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan yang pertama adalah pembuatan tabung venturi. Tabung venturi terdiri dari inlet, throat, dan outlet. Ukuran pada bagian inlet dan sudut-sudut yang harus diperhatikan pada pembuatan tabung venturi ini. Sudut yang dibentuk dari inlet terhadap inlet cone yaitu  $21^\circ \pm 1^\circ$ . Sedangkan pada outlet cone sudut yang dibentuk  $7^\circ$ . Perbandingan diameter pipa ( $D$ ) dengan diameter throat ( $d$ ) antara 0.00-0.85[6].



Gambar 3.2. skematik venturimeter

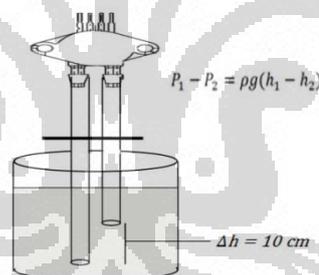
Pemasangan diferensial sensor tekanan di tabung venturi bisa dilihat pada gambar 3.3. Pada tabung venturi baik pada diameter besar maupun diameter kecil dipasangkan selang keatas yang langsung berhubungan dengan diferensial sensor tekanan. Diferensial sensor tekanan ini mendeteksi perbedaan tekanan yang ada pada kedua selang di diameter besar dan diameter kecil. Tekanan besar terdeteksi pada diameter yang besar, bahwa pada diameter besar kecepatan aliran kecil sehingga tekanan besar begitu juga dengan tekanan udara menjadi lebih besar

begitu juga sebaliknya pada diameter kecil kecepatan aliran lebih besar sehingga tekanan menjadi kecil dan tekanan udara yang terdeteksi sensor pun kecil.



Gambar 3.3 Konfigurasi sensor tekanan

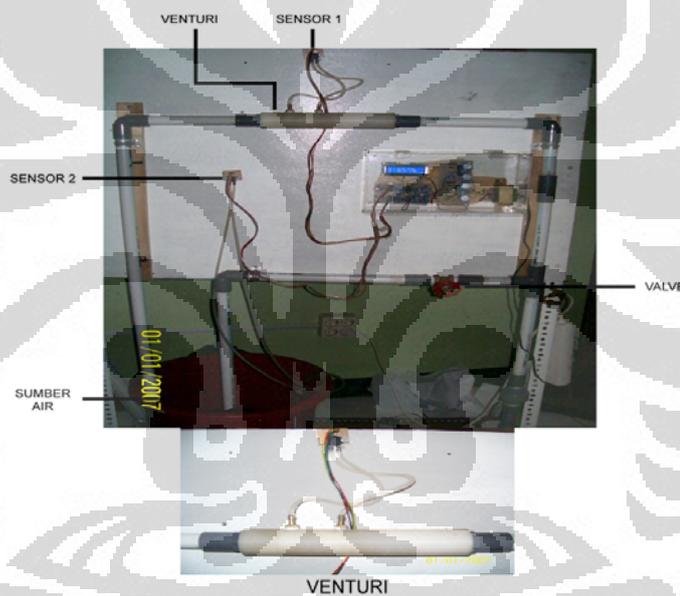
Tahapan kedua yaitu pembuatan konstruksi untuk mengukur massa jenis fluida. Seperti gambar dibawah ini



Gambar 3.4 Pengukuran Massa jenis fluida

Adapun metode pengukuran untuk mengukur massa jenis fluida menggunakan prinsip hidrostatis. Berdasarkan rumus fluida statik menyatakan  $P_1 - P_2 = \rho g(h_1 - h_2)$ , sehingga untuk menghitung massa jenis ( $\rho$ ) sama dengan  $P_1 - P_2 / g(h_1 - h_2)$ , perbedaan tekanan dapat di deteksi dengan menggunakan diferensial pressure sensor. Pemasangan diferensial pressure sensor bisa dilihat seperti pada gambar diatas. Jika perbedaan tekanan didapat , untuk menghitung massa jenis juga diperlukan satu besaran lagi yang perlu diketahui. Untuk itu penulis menetapkan perbedaan ketinggiannya. Perbedaan ketinggian ini penulis buat menggunakan selang yang perbedaan ketinggiannya telah ditetapkan 10cm.

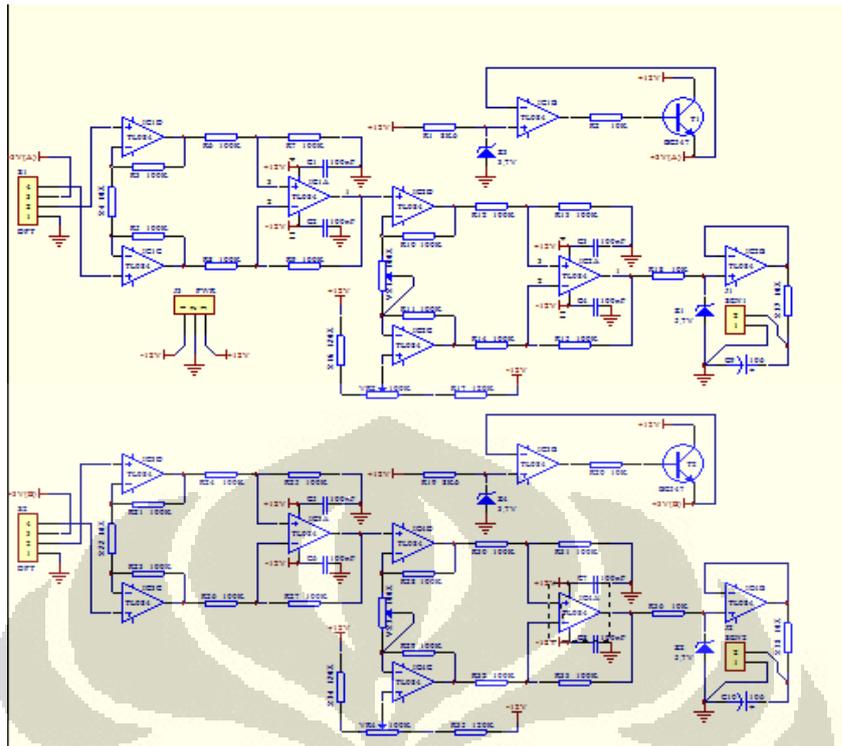
Setelah semua tahapan dikerjakan kemudian dirangkai menjadi suatu sistem alat ukur laju aliran atau debit fluida. Menghubungkan tabung venturi dengan peralon yang dirangkai seperti pada gambar dibawah ini. Penampungan fluida terhubung dengan pompa yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dari penampungan ke semua sistem aliran termasuk tabung venturi. Fluida yang mengalir tadi akan ditampung kembali ke tempat yang sama dengan penampungan fluida yang awal. Dalam sistem ini juga terdapat valve, valve ini berfungsi untuk mengatur kecepatan aliran yang melewati tabung venturi. Sedangkan sensor pertama dan kedua telah dibahas sebelumnya.



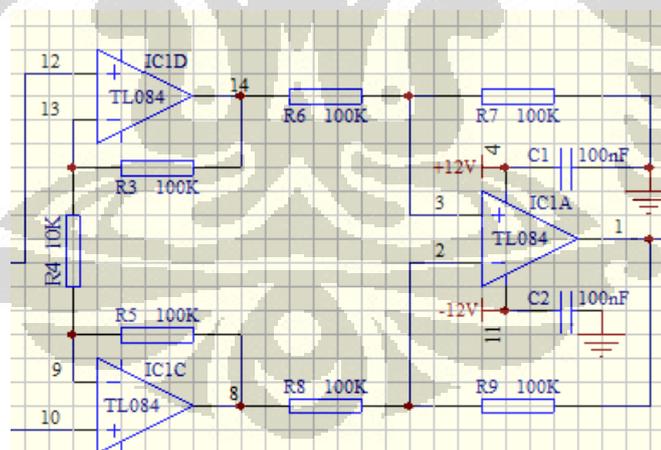
Gambar 3.5. Konstruksi Mekanik

### 3.3 Cara Kerja Sistem Rangkaian

Rangkaian yang ada pada gambar dibawah ini adalah pengkondisi sinyal, menggunakan differential pressure sensor.



Gambar 3.6 Skematik pengkondisi sinyal MPX10DP



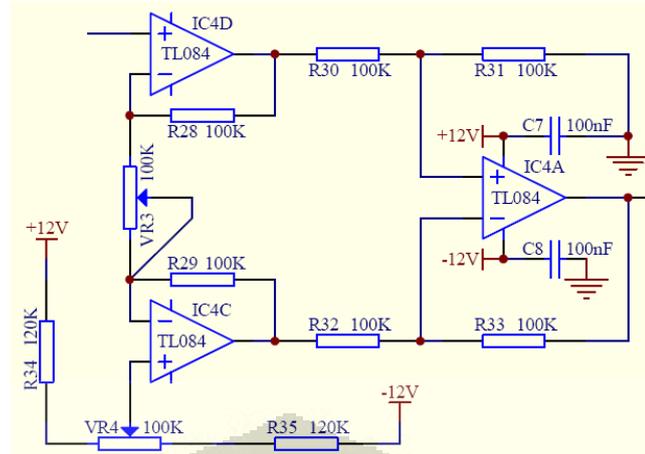
Gambar 3.7 Rangkaian Penguat Instrumentasi

Salah satu kegunaan *op-amp* sebagai penguat adalah menguatkan sinyal-sinyal lemah yang berasal dari sensor. Karena sinyal yang dikuatkan sangat lemah maka diperlukan *op-amp* yang memiliki CMRR yang besar serta harus dilakukan kompensasi untuk menghilangkan tegangan *offset*. Rangkaian *op-amp* yang digunakan untuk menguatkan sinyal ini disebut penguat instrumentasi.

Bagian pertama dari rangkaian ini terdiri dari dua buah input *op-amp* yang berfungsi sebagai *preamplifier*. Tegangan *input* yang masuk berupa sinyal *common mode* bersiklus tegangan positif yang masuk ke masing-masing kaki *non-inverting* dari *op-amp*, maka sebagai hasilnya berupa tegangan yang sama dengan tegangan input *op-amp* tersebut. Oleh karena mempunyai tegangan yang sama sepanjang kaki –kaki input dan kaki-kaki output preamplifier yakni sepanjang  $R_3$ ,  $R_4$ , dan  $R_5$ . Sehingga pada masing-masing *input preamplifier* akan bertindak sebagai *voltage follower*. Tidak seperti pada bagian kedua, dimana harga hambatan  $R_6$  sampai  $R_9$  harus mendekati sama untuk meminimalisasi penguatan *common mode*, pada bagian *preamplifier* harga toleransi resistor tidak berpengaruh pada penguatan *common mode*. Karena sinyal tegangan *input* diferensial sebagai penggerak kaki-kaki *non-inverting op-amp* berharga sama atau berbeda fase, salah satu *op-amp* akan berharga positif dan yang lainnya berharga negative. Dengan mempunyai fase tegangan yang sama dan yang berbeda fase sepanjang jalur  $R_3$ ,  $R_4$ , dan  $R_5$  maka titik tegangan pada  $R_4$  akan berharga nol dengan mengacu pada tegangan referensi *ground*. Dengan kata lain, pada hambatan  $R_4$  merupakan *virtual ground* bagi sinyal diferensial. Sebagai alasannya, setiap *input op-amp* merupakan rangkaian *non-inverting amplifier* dengan bagian pertama mempunyai penguatan tegangan diferensial sebesar, dengan persamaan:

$$A = \frac{R_3}{R_4} + 1 \quad (3.1)$$

Output dari rangkaian instrumentasi *amplifier* akan dikuatkan kembali oleh rangkaian penguat instrumentasi beserta *differential amplifier* untuk menghasilkan perbedaan tegangan diantara *span* dan *zero* dari sensor. Pada dasarnya rangkaian dari penguat instrumentasi yang kedua akan sama halnya dengan rangkaian penguat instrumentasi yang pertama. Akan tetapi terdapat perbedaan dimana terdapat pengaturan besarnya referensi penguatan tegangan pada rangkaian belans-nya serta pada pengaturan pengesetan referensi nol dari rangkaian. Pengaturan-pengaturan tersebut berupa *span* dan *zero* rangkaian yang akan mempengaruhi besarnya penguatan referensi pada *output* sensor.

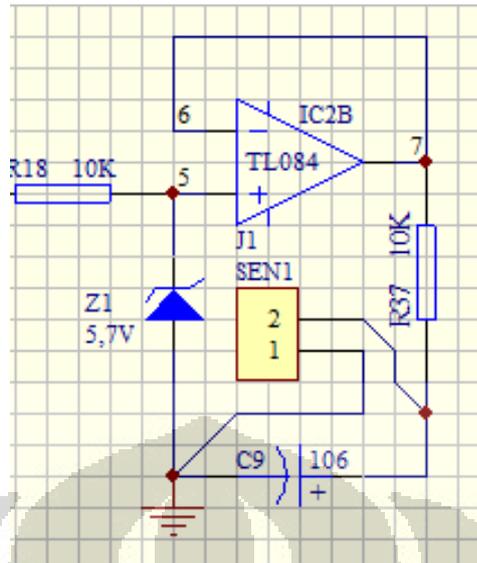


Gambar 3.8 Rangkaian Penguat diferensial

Rangkaian ini terdiri dari sebuah penguat instrumentasi serta penguat diferensial. Letak perbedaan utama dengan rangkaian yang pertama yaitu adanya pengaturan tinggi rendahnya suatu penguatan tegangan hasil *output* dari rangkaian yang pertama. Pengaturan tersebut dinamakan pengaturan *span*. Salah satu perbedaannya yaitu pada pengaturan *zero*. Dimana, pada pengaturan *zero* ini dilakukan untuk membuat kondisi output rangkaian pengkondisi sinyal menjadi nol. Pengaturan *zero* ini dilakukan untuk proses pengkalibrasian dari sensor. Pengaturan *span* dan *zero* tersebut terletak pada rangkaian penguat instrumentasi. Sedangkan rangkaian penguat diferensial berguna untuk menguatkan kembali tegangan diferensial. Karena pada rangkain ini mempunyai karakteristik tegangan *input* sinyal yang kecil sedangkan sinyal *input common mode* yang besar, akibatnya CMRR dari rangkaian menjadi parameter kritis perhitungan. Adapun penguatan tegangan pada rangkaian penguatan diferensial dengan persamaan:

$$A_v = -\frac{R_{13}}{R_{12}} = -\frac{R_{15}}{R_{14}} \quad (3.2)$$

$$V_{out} = A_v \cdot V_{in}$$

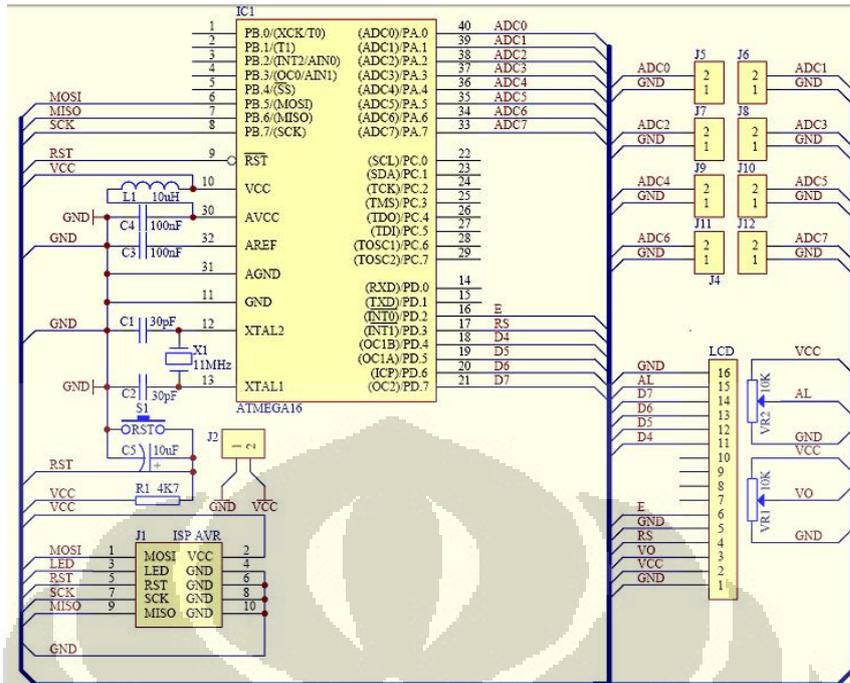


Gambar 3.9 Rangkaian Pembatas Tegangan masuk ke Mikrokontroler

Dan rangkaian yang terakhir digunakan untuk pengamanan bila output tegangan terlalu tinggi. Karena jika tegangan terlalu tinggi maka akan merusak mikrokontroler, oleh karena itu maksimal tegangan adalah 5,7v.

### 3.4 Rangkaian Sistem Minimum mikrokontroler ATMEGA 16

Dalam rangkaian sistem minimum ini menggunakan ATMEGA16, dimana dalam IC ini terdapat 4 buah port, yaitu port A, port B, port C, dan port D. dalam rangkaian ini juga sudah dilengkapi ISP AVR sehingga memudahkan untuk mendownload program. Dengan adanya ISP ini proses download menjadi lebih mudah. Rangkaian ini juga terdapat Kristal yang digunakan untuk membangkitkan frekuensi tinggi.

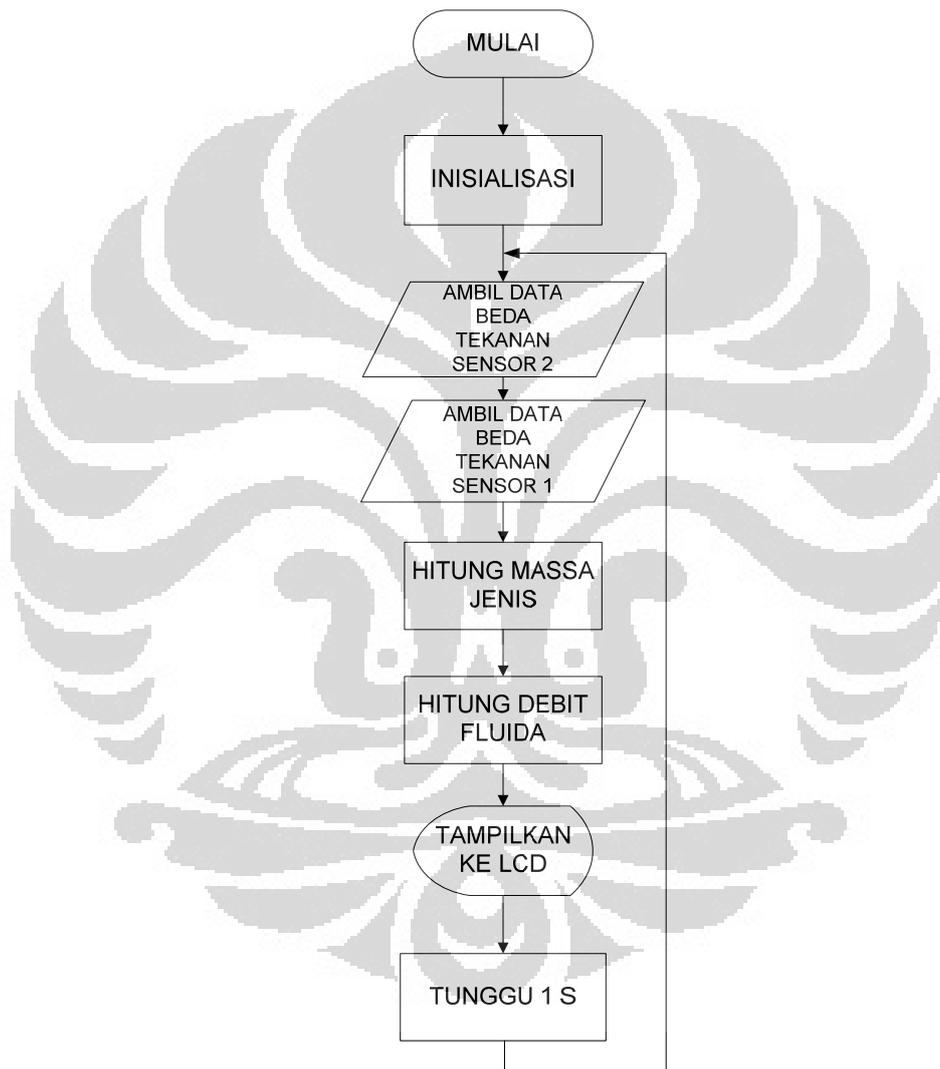


Gambar 3.10 Skematik minimum sistem ATmega 16

Mikrokontroler adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data biner(digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut : Alamat (*address*), Data, Pengendali, Memori (*RAM* *atau* *ROM*), dan bagian *input-Output*. Atmega 16 merupakan mikrokontroller CMOS 16-bit berdaya rendah yang memiliki arsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). Setiap instruksi, dengan menggunakan mikrokontroller Atmega 16 dapat dieksekusi dalam satu siklus clock osilator, dan keluarannya bisa mencapai hampir sekitar 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) per MHz, sehingga konsumsi daya bisa optimal dan kecepatan proses eksekusi menjadi maksimal. Mikrokontroller Atmega16 mempunyai 40 kaki, yang masing-masing kaki atau pin mempunyai fungsi dan kegunaan masing-masing yaitu sebagai ADC, interrupt, jalur komunikasi dan sebagai pin paralel, setiap pinnya terdiri dari 8 jalur yaitu dari jalur 1 sampai 8. Masing-masing pin mempunyai keistimewaan atau kegunaan masing-masing yaitu, PinA sebagai ADC, PinB sebagai jalur download, PinD sebagai jalur penerima dan pengirim untuk komunikasi.

### 3.5 Perancangan Software

Flow chart yang ada pada gambar dibawah ini dibuat agar dapat mempermudah penulis dalam proses pembuatan program untuk mengukur laju aliran fluida. Perancangan software ini menggunakan *basic compiler AVR*, untuk lebih jelasnya tentang perancangan software bisa dilihat dari *flow chart* dibawah ini:



Gambar 3.11 *Flow Chart*

Program dimulai, setelah itu menginisialisasikan, baik itu jenis IC, crystal yang digunakan, konstanta-konstanta yang akan dipakai dalam proses perhitungan dan pendeklarasian. Lalu program berjalan ke pengambilan data nilai ADC pada sensor dua. Nilai ADC ini berfungsi untuk memanipulasi perbedaan tekanan yang terdeteksi pada sistem pengukuran massa jenis yang telah digambarkan sebelumnya. Setelah itu ke pengambilan data nilai ADC pada sensor pertama. Sama halnya dengan sensor kedua, nilai ADC ini berfungsi untuk memanipulasi perbedaan tekanan yang ada pada tabung venturi. Program kemudian lanjut ke perhitungan massa jenis. Setelah massa jenis didapatkan dengan mengetikkan rumus pada program. Setelah menghitung massa jenis, kemudian menghitung debit fluida. Rumus debit fluida ini juga diketikkan dalam program dengan memasukkan nilai dari massa jenis yang telah didapatkan pada program hitung massa jenis.

Setelah semua program dijalankan, keluarannya akan ditampilkan di LCD  $16 \times 2$ , Q untuk debit, dan R untuk rho atau massa jenis, tunggu 1 ms dan kembali lagi ke pengambilan data ADC demikian seterusnya.

## BAB 4

### PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA

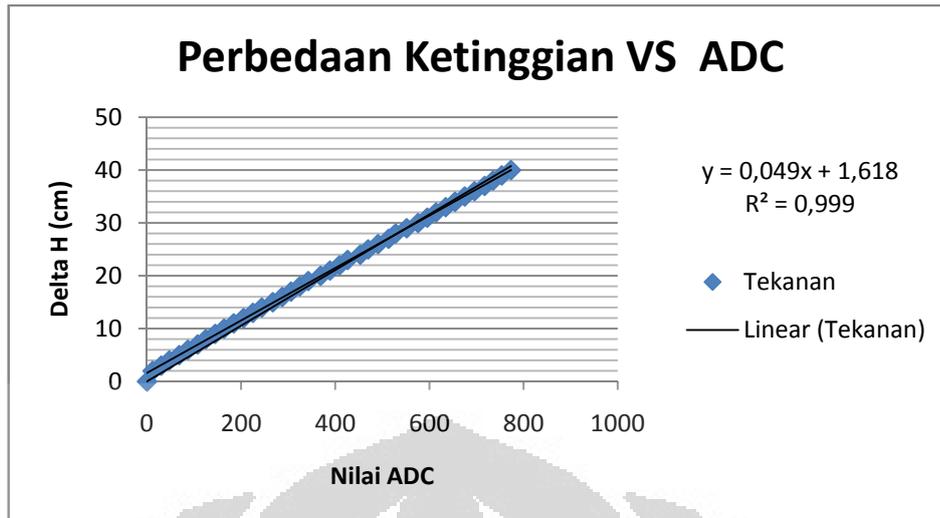
Dalam Bab 4 ini membahas tentang pengambilan data, pengolahan data dan analisa data berdasarkan kerja dari hardware dan software yang telah dibuat. Pengujian –pengujian tersebut meliputi:

- Pengujian respon dari sensor yang digunakan
- Pengujian untuk mengukur massa jenis
- Pengujian untuk mengukur laju aliran fluida

#### 4.1 Kalibrasi sensor

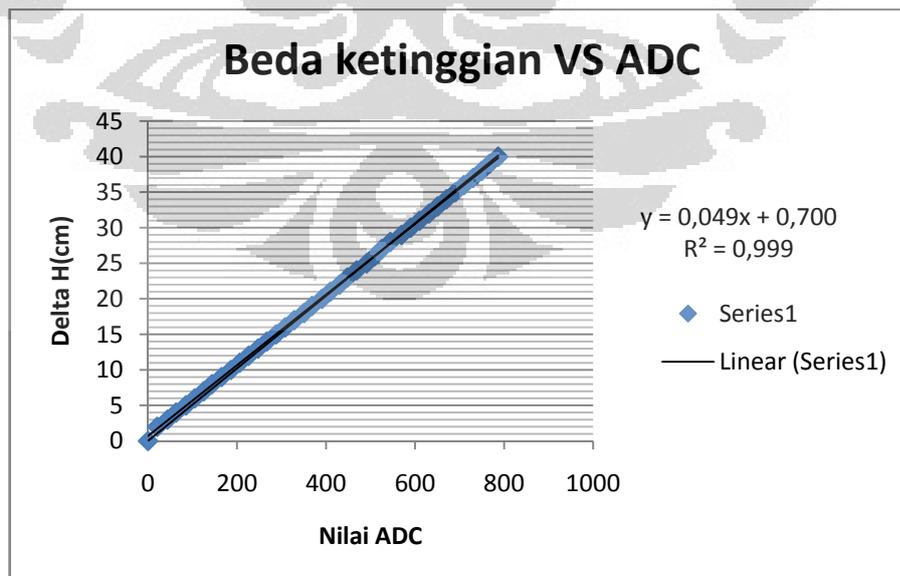
Pada proses kalibrasi sensor ini diharapkan dapat membuktikan tingkat kelinieran sensor tersebut, meskipun data sheet yang terdapat pada sensor tersebut telah menyatakan bahwa sensor tersebut mempunyai tingkat linearity yang bagus. Untuk itu, saya mencoba membuktikannya dengan beberapa kali proses. Pengujian menggunakan manometer U yang terbuat dari selang dan ditempelkan pada sebuah kayu yang vertikal. Lalu disalah satu selang itu dihubungkan dengan alat yang berbentuk huruf T yang mana dua lubang lain disambungkan ke dua buah *differential pressure sensor* dan alat tensi untuk memberikan tekanan.

Percobaan dilakukan langsung pada kedua sensor MPX10DP sebanyak 5 kali pengambilan data. Adapun data yang didapatkan berdasarkan atas perbedaan ketinggian dengan nilai ADC. Hasil yang diperoleh bisa dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.1 Grafik kalibrasi sensor MPX10DP (massa jenis)

Penulis mengambil data ADC dengan perbedaan ketinggian dari 0 cm hingga 40 cm. Hasil yang didapatkan seperti grafik diatas. Sensor bekerja linier hal itu terbukti dengan semakin besar perbedaan ketinggian atau delta H semakin besar juga nilai ADC yang didapatkan. Pada gambar 4.1 ini adalah kalibrasi sensor yang digunakan untuk mengukur massa jenis fluida. Yang mana hasil persamaan garisnya  $y = 0.049x + 1.618$



Gambar 4.2 Grafik Kalibrasi Sensor MPX10DP(venturimeter)

Hal serupa juga dilakukan pada kalibrasi sensor di venturimeter. Perbedaan ketinggian atau delta H diambil dari 0 cm sampai 40 cm. grafik yang didapatkan juga linier. Terbukti dengan perbedaan ketinggian dengan nilai adc berbanding lurus. Semakin besar perbedaan ketinggian atau delta h maka semakin besar pula ADC yang didapatkan. Persamaan yang didapatkan adalah  $y = 0.049x + 0.700$ . Gambar grafik diatas merupakan karakteristik dari diferensial sensor tekanan MPX10DP.

#### 4.2 Mengukur Massa jenis dari berbagai fluida

Metode mengukur massa jenis fluida telah dibahas pada bab sebelumnya. Pada bab ini pengambilan data untuk massa jenis berbagai fluida seperti minyak sayur, bensin, air dan oli dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap cairan. Berikut hasil yang diperoleh setelah melakukan pengujian:

Tabel 4.1 Data Pengukuran Massa Jenis Fluida

Fluida	Percb 1 (gr/cm <sup>3</sup> )	Percb 2 (gr/cm <sup>3</sup> )	Percb 3 (gr/cm <sup>3</sup> )	Percb 4 (gr/cm <sup>3</sup> )	Percb 5 (gr/cm <sup>3</sup> )	Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
air	0.93	0.94	0.95	0.93	0.94	0.93
Bensin	0.71	0.66	0.67	0.66	0.66	0.672
Oli	0.84	0.83	0.82	0.83	0.84	0.832
Minyak Sayur	0.87	0.87	0.87	0.87	0.85	0.866

Menurut literature untuk massa jenis air adalah 1gr/cm<sup>3</sup>, oli 0.8 gr/cm<sup>3</sup>, minyak sayur 0.8 gr/cm<sup>3</sup>, bensin 0.68 gr/cm<sup>3</sup>. Seperti contoh pada air yang massa jenisnya 1 gr/cm<sup>3</sup>. Pengukuran yang penulis dapatkan 0.93 gr/cm<sup>3</sup> hal ini bisa terjadi karena pengaruh temperature air itu sendiri mempengaruhi hasil pengukuran untuk massa jenis air ini. Sehingga hasil yang didapatkan tidak sesuai. Demikian juga dengan oli dan minyak sayur. Setiap minyak sayur dan oli dengan merek yang berbeda beda pun akan memiliki massa jenis yang tidak sama. Tergantung kekentalan pada minyak sayur dan oli tersebut.

Kesalahan literature yang didapatkan untuk masing-masing cairan dapat dicari dengan rumus seperti dibawah ini

$$\text{kesalahan literatur} = \frac{\rho_{perc} - \rho_{literatur}}{\rho_{literatur}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Untuk air didapat kesalahan literature sebesar 7%, untuk bensin kesalahan literatur sebesar 1%, kesalahan literature untuk minyak sayur sebesar 8% sedangkan kesalahan literature untuk oli sebesar 3%

### 4.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem pada venturimeter berbasis mikrokontroler ini hanya menggunakan air. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur secara manual dan membandingkan dengan data yang terbaca di LCD. Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat berjalan dengan baik atau tidak. Pengambilan data dilakukukan dengan mengukur laju aliran 5 liter/menit, 10 liter/menit, 15 liter/menit dan 20 liter/menit.

Data yang didapat sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data pengukuran laju aliran air 5 liter/menit

Q yang tampil di LCD (liter/menit)	Q yang terukur (liter/menit)
5.35	5
5.98	5
6.02	5
6.21	5
5.74	5
3.47	5
7.56	5
5.23	5
6.51	5
5.85	5

Untuk menghitung standar deviasi laju aliran air, digunakan rumus

$$F = X^* + \left[ \frac{\sum_i f_i (x_i - \bar{x})}{N} \frac{Z-A}{K} \right] \quad (4.2)$$

dan

$$S = \left[ \frac{\sum_i f_i (x_i - \bar{x})^2 - (\sum_i f_i (x_i - \bar{x}))^2}{N(N-1)} \right]^{1/2} \frac{Z-A}{K} \quad (4.3)$$

Hasil akhir  $X = F \pm S$

Dengan menggunakan data laju aliran (liter/menit), maka dapat dihitung nilai deviasinya yaitu :

Z = Nilai terbesar

A = Nilai terkecil

K =  $3.3 \log N + 1$ , dimana N adalah jumlah data

Dari rumus Z-A/K maka didapatkan interval dengan nilai 1, sehingga dapat dibuat tabel seperti dibawah ini,

Tabel 4.3 Perhitungan Standar Deviasi Laju Aliran air 5 liter/menit

Range Laju aliran	$X_i$	$f_i$	$x_i$	$\bar{x}$	$x_i - \bar{x}$	$f_i(x_i - \bar{x})$	$f_i(x_i - \bar{x})^2$
3.45 – 4.45	3.95	1	0	2	-2	-2	4
4.46 – 5.46	4.96	2	1	2	-1	-2	2
5.47 – 6.47	5.97	5	2	2	0	0	0
6.48 – 7.48	6.98	1	3	2	1	1	1
7.49 – 8.49	7.99	1	4	2	2	2	4
$\Sigma$		10				-1	11

$X^*$  = nilai  $X_i$  dengan frekuensi terbesar yaitu 5.97

$$F = 5.87$$

$$S = 0.32$$

Sehingga didapat nilai akhir yaitu,

*Laju aliran = 5.87±0.32 liter/menit*

$$\text{Kesalahan Relatif} = \frac{\text{Standar deviasi}}{\text{nilai rata-rata laju aliran}} \times 100\% \quad (4.4)$$

Kesalahan relatif yang didapatkan untuk pengukuran laju aliran sebesar 5 liter/menit adalah 5.47%.

Tabel 4.4 Perhitungan standar deviasi untuk laju aliran air 10 liter/menit

Range Laju aliran	$X_i$	$f_i$	$x_i$	$\bar{x}$	$x_i - \bar{x}$	$f_i(x_i - \bar{x})$	$f_i(x_i - \bar{x})^2$
9.12 – 9.82	9.47	2	0	1	-1	-2	2
9.83 – 10.53	10.18	3	1	1	0	0	0
10.54 – 11.24	10.89	1	2	1	1	1	1
11.25 – 11.95	11.6	2	3	1	2	4	32
11.96 – 12.66	12.31	2	4	1	3	6	18
$\Sigma$		10				9	53

$X^*$  = nilai  $X_i$  dengan frekuensi terbesar yaitu 10.18

$F = 10.81$

$S = 0.39$

Sehingga didapat nilai akhir yaitu,

*Laju aliran = 10.81±0.39 liter/menit*

Kesalahan relatif yang didapatkan untuk pengukuran laju aliran sebesar 15 liter/menit adalah 1.8%.

Tabel 4.3 Perhitungan standar deviasi untuk laju aliran air 15 liter/menit

Range Laju Aliran	$X_i$	$f_i$	$x_i$	$\bar{x}$	$x_i - \bar{x}$	$f_i(x_i - \bar{x})$	$f_i(x_i - \bar{x})^2$
13.12 – 14.12	13.62	2	0	2	-2	-4	8
14.13 – 15.13	14.63	2	1	2	-1	-2	2
15.14 – 16.14	15.64	4	2	2	0	0	0
16.15 – 17.15	16.65	0	3	2	1	0	0
17.16 – 18.16	35.32	2	4	2	2	4	8
$\Sigma$		10				-2	18

$X^*$  = nilai  $X_i$  dengan frekuensi terbesar yaitu 15.64

$$F = 15.44$$

$$S = 0.4$$

Sehingga didapat nilai akhir yaitu,

$$\text{Laju aliran} = 15.44 \pm 0.4 \text{ liter/menit}$$

Kesalahan relatif yang didapatkan untuk pengukuran laju aliran sebesar 15 liter/menit adalah 2.6%.

Tabel 4.4 Perhitungan standar deviasi untuk laju aliran air 20 liter/menit

Range Laju Aliran	$X_i$	$f_i$	$x_i$	$\bar{x}$	$x_i - \bar{x}$	$f_i(x_i - \bar{x})$	$f_i(x_i - \bar{x})^2$
18.15 – 19.15	18.65	2	0	2	-2	-4	8
19.16 – 20.16	19.66	2	1	2	-1	-2	2
20.17 – 21.17	20.67	4	2	2	0	0	0
21.18 – 22.18	21.68	0	3	2	1	0	0
22.19 – 23.19	22.69	2	4	2	2	4	8
$\Sigma$		10				-2	18

$X^*$  = nilai  $X_i$  dengan frekuensi terbesar yaitu 20.67

$$F = 20.44$$

$$S = 0.46$$

Sehingga nilai akhir yaitu,

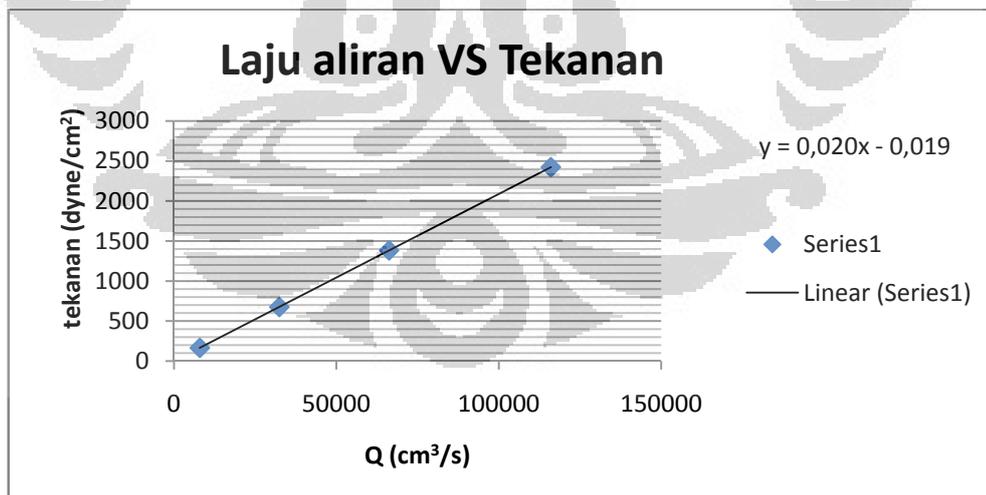
$$\text{Laju aliran} = 20.44 \pm 0.46 \text{ liter/menit}$$

Kesalahan relatif yang didapatkan untuk pengukuran laju aliran sebesar 20 liter/menit adalah 2.26%.

Tabel 4.5 Data hubungan laju aliran air terhadap perbedaan tekanan

Q (cm <sup>3</sup> /s)	$\Delta P$ (dyne/cm <sup>2</sup> )
89	165.38
180	676.52
257.33	1383.1
340.67	2423.59

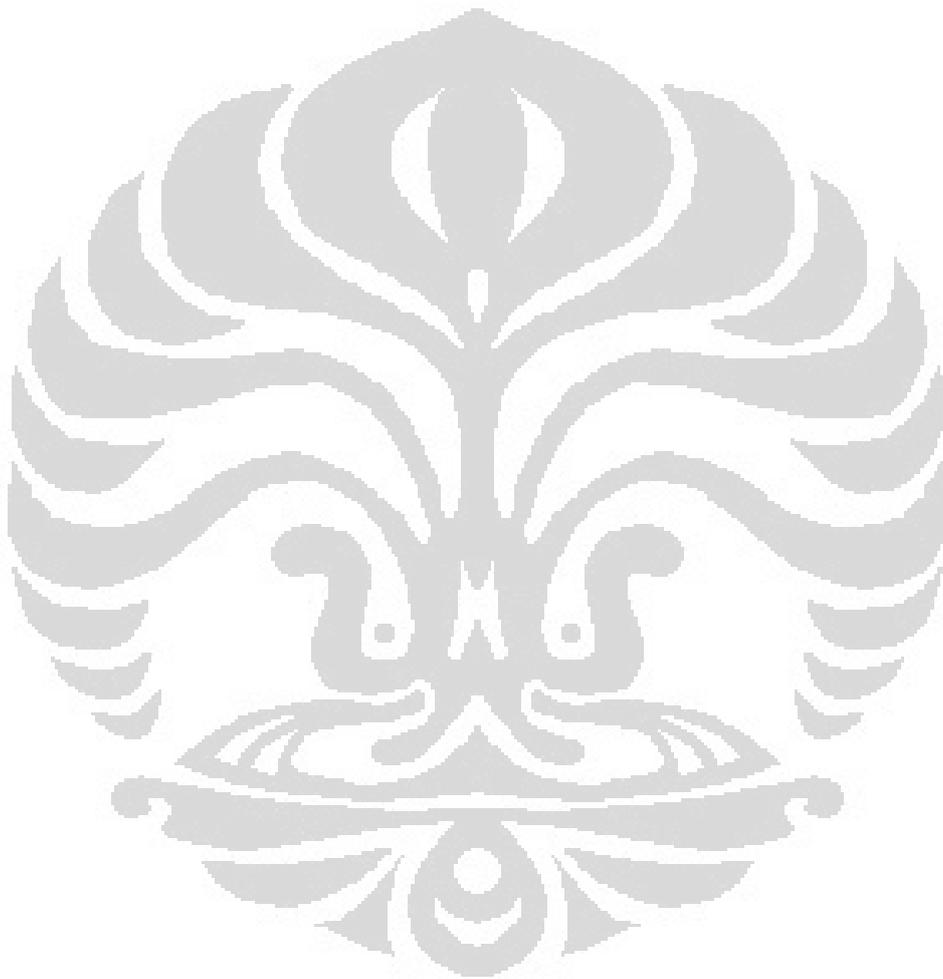
Dari data percobaan yang di atas maka hubungan debit fluida dengan perbedaan tekanan sebagai berikut:



Gambar 4.3 Hubungan Laju aliran terhadap tekanan

Semakin besar perbedaannya maka semakin besar pula kuadrat laju aliran fluida. Pengujian terhadap alat ukur laju aliran (debit) yang kecil ini telah sesuai dengan teori yang ada, bahwa perbedaan tekanan mempengaruhi kuadrat debit

fluidanya. Setelah dilakukan percobaan terhadap pengambilan debit air selama satu menit, untuk debit fluida yang sangat besar tidak baik hal itu disebabkan karena venturimeter tidak cocok untuk debit fluida yang besar dan kecepatan aliran yang besar yang akan mengakibatkan turbulen. Venturimeter digunakan untuk aliran yang laminer saja.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh penulis setelah melakukan percobaan dan penelitian pada alat yang dibuat dan saran-saran yang perlu diperhatikan yang nantinya dapat menyempurnakan kembali alat tersebut sehingga mendapat hasil yang lebih baik.

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang penulis peroleh adalah:

1. Karakteristik *differential pressure sensor MPX10DP* yang didapatkan pada proses kalibrasi adalah linier.
2. Berdasarkan percobaan pada tabung venturi, tekanan tinggi berada pada diameter yang besar sedangkan tekanan rendah ada pada diameter yang kecil.
3. Hubungan tekanan berbanding lurus dengan kuadrat laju aliran (debit) fluida.
4. Kesalahan literature untuk pengukuran massa jenis fluida kecil, hal itu berarti alat pengukuran massa jenis bekerja sesuai.
5. Untuk laju aliran yang besar, percobaan yang dilakukan penulis pada venturimeter ini tidak didapatkan hasil yang baik.

#### 5.2 Saran

Adapun saran-saran yang akan diberikan penulis agar hasil penelitian dapat dilakukan sebagai penelitian lebih lanjut dengan hasil yang sempurna. Berikut saran dari penulis:

1. Membuat power supply yang stabil sehingga dalam pengambilan data bisa lebih akurat lagi.
2. Mencegah timbulnya rembesan-rembesan air pada sistem venturimeter.

## DAFTAR ACUAN

1. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi. (2003). *Mekanika Fluida* (Ed 1). Jakarta: Erlangga.
2. Munson, Donald F. Young, Theodore H. Okiishi. (2005). *Mekanika Fluida* (Ed 4). Jakarta: Erlangga.
3. A.C. Srivastava. (1987). *Teknik Instrumentasi* (sutanto & suwito, Penerjemah.). Jakarta: penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
4. PRASIMAX. *Mikrokontroler AVR*.
5. De Nevers, Noel. *Fluids Mechanics for Chemical Engineering*. McGraw-Hill. International edition. 1991.
6. Olson, A.T. (1974). *Applied Fluid Dynamics Handbook*. J Fluid Eng



Program Venturimeter

```
$regfile = "m16DEF.dat"
```

```
$crystal = 11059200
```

```
Config Lcd = 16 * 2
```

```
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portd.4 , Db5 = Portd.5 , Db6 = Portd.6 , Db7 = Portd.7 , E =  
Portd.2 , Rs = Portd.3
```

```
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
```

```
Const Grav = 980
```

```
Const Delta_h = 10
```

```
Const A1 = 45.58
```

```
Const A2 = 5.06
```

```
Dim Adc_v As Word
```

```
Dim Adc_rho As Word
```

```
Dim Delta_p_v As Single
```

```
Dim Delta_p_rho As Single
```

```
Dim Rho As Single
```

```
Dim Flow As Single
```

```
Dim A12 As Single
```

```
Dim A22 As Single
```

```
Dim Nilai1 As Single
```

```
Dim Nilai2 As Single
```

```
Dim Flow_lcd As String * 10
```

```
Dim Rho_lcd As String * 10
```

```
Main_prog:
```

```
Rho_lcd = "0"
```

```
Flow_lcd = "0"
```

```
Cursor Off
```

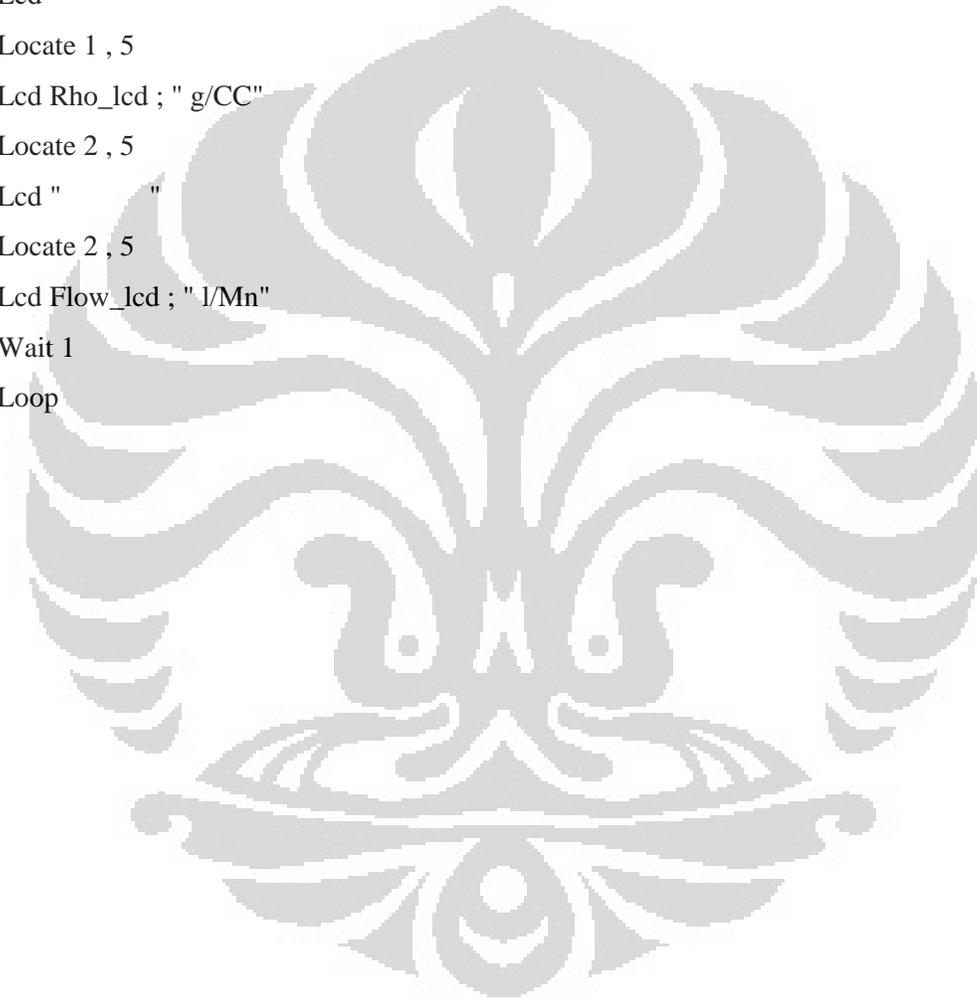
```
Cls
```

```

Locate 1 , 1
Lcd " FLOW METER "
Locate 2 , 1
Lcd " VENTURI SYSTEM "
Wait 2
Locate 1 , 1
Lcd "      "
Locate 1 , 1
Lcd "R = " ; Rho_lcd ; " g/CC"
Locate 2 , 1
Lcd "      "
Locate 2 , 1
Lcd "Q = " ; Flow_lcd ; " l/Mn"
Start Adc
Do
  Adc_rho = Getadc(1)
  Adc_v = Getadc(3)
  Adc_v = Adc_v - 60
  Delta_p_rho = 0.051 * Adc_rho
  Delta_p_rho = Delta_p_rho * Grav
  Delta_p_v = 0.051 * Adc_v
  Delta_p_v = Delta_p_v * Grav
  Rho = Delta_p_rho / Grav
  Rho = Rho / Delta_h
  A12 = A1 * A1
  A22 = A2 * A2
  Nilai1 = A12 - A22
  Nilai1 = Rho * Nilai1
  Nilai1 = 2 / Nilai1
  Nilai1 = Sqr(nilai1)
  Nilai1 = Nilai1 * A1
  Nilai1 = Nilai1 * A2
  Nilai2 = Sqr(delta_p_v)

```

```
Flow = Nilai1 * Nilai2
Flow = Flow * 0.001
Flow = Flow * 60
Rho_lcd = Fusing(rho , "#.##")
Flow_lcd = Fusing(flow , "#.##")
Locate 1 , 5
Lcd "      "
Locate 1 , 5
Lcd Rho_lcd ; " g/CC"
Locate 2 , 5
Lcd "      "
Locate 2 , 5
Lcd Flow_lcd ; " l/Mn"
Wait 1
Loop
```



Data pengujian kalibrasi diferensial sensor tekanan MPX10DP untuk mengukur laju aliran(Q) fluida.

Delta H	Data 1	Data 2	Data 3	Rata-rata
0	0	0	0	0
2	20	21	21	20.66667
3	43	44	44	43.66667
4	63	64	62	63
5	85	86	84	85
6	105	106	104	105
7	124	125	127	125.33333
8	142	144	145	143.66667
9	165	165	166	165.33333
10	188	186	185	186.33333
11	205	206	207	206
12	225	227	226	226
13	247	248	247	247.33333
14	266	267	268	267
15	287	289	288	288
16	306	310	309	308.33333
17	329	329	328	328.66667
18	350	351	350	350.33333
19	368	369	369	368.66667
20	391	392	390	391
21	410	408	410	409.33333
22	430	431	430	430.33333
23	447	448	449	448
24	469	468	469	468.66667
25	493	491	490	491.33333
26	512	510	506	509.33333
27	526	526	523	525
28	545	546	542	544.33333
29	570	569	570	569.66667
30	591	589	590	590
31	608	610	613	610.33333
32	632	632	630	631.33333
33	653	650	649	650.66667
34	670	671	670	670.33333

35	690	690	691	690.3333
36	706	712	711	709.6667
37	730	731	730	730.3333
38	749	750	750	749.6667
39	769	767	766	767.3333
40	785	789	786	786.6667

Data pengujian kalibrasi diferensial sensor tekanan MPX10DP untuk mengukur massa jenis fluida, yaitu nilai ADC dengan perbedaan ketinggian

delta H	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5	Rata-rata
0	0	0	0	0	0	0
2	7	6	15	17	15	12
3	28	29	34	32	28	30.2
4	45	43	52	53	44	47.4
5	68	69	71	70	64	68.4
6	85	86	86	92	85	86.8
7	108	107	106	110	108	107.8
8	125	123	124	129	123	124.8
9	144	142	144	149	145	144.8
10	161	161	165	169	163	163.8
11	178	182	186	190	185	184.2
12	202	203	206	206	209	205.2
13	222	220	228	227	228	225
14	240	240	246	248	246	244
15	266	264	271	268	268	267.4
16	288	282	289	287	291	287.4
17	308	303	302	307	310	306
18	326	322	319	329	327	324.6
19	344	338	337	345	349	342.6
20	371	365	368	372	368	368.8
21	390	386	388	390	390	388.8
22	408	405	410	410	412	409
23	427	424	426	425	429	426.2
24	450	457	450	456	452	453
25	473	466	470	470	470	469.8
26	490	490	488	494	492	490.8

27	515	509	512	515	516	513.4
28	533	525	526	528	529	528.2
29	551	548	553	554	552	551.6
30	579	576	574	573	577	575.8
31	598	593	596	594	596	595.4
32	618	610	614	613	615	614
33	635	631	634	636	637	634.6
34	657	656	651	653	655	654.4
35	674	674	675	675	677	675
36	697	695	698	695	694	695.8
37	718	718	715	717	718	717.2
38	737	734	730	739	735	735
39	752	751	754	757	754	753.6
40	773	774	773	773	773	773.2



Data pengukuran laju aliran air (Q)

Q yang tampil di LCD (liter/menit)	Q yang terukur (liter/menit)
5.35	5
5.98	5
6.02	5
6.21	5
5.74	5
3.47	5
7.56	5
5.23	5
6.51	5
5.85	5

Q yang tampil di LCD (liter/menit)	Q yang terukur (liter/menit)
10.98	10
10.43	10
9.25	10
12.04	10
10.17	10
10.39	10
9.14	10
11.57	10
11.45	10
11.64	10

Q yang tampil di LCD (liter/menit)	Q yang terukur (liter/menit)
13.91	15
15.94	15
14.87	15
15.76	15
15.05	15
13.14	15
15.72	15
15.45	15
17.42	15
17.26	15

Q yang tampil di LCD (liter/menit)	Q yang terukur (liter/menit)
20.04	20
20.35	20
20.23	20
19.43	20
22.65	20
23.07	20
18.16	20
20.19	20
18.96	20
20.72	20

