



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN VENTURIMETER BERBASIS
MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

ASHAAD MUKMIN

0606039700

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ashaad Mukmin

NPM : 0606039700

Tanda Tangan : 

Tanggal : 30 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ashaad Mukmin

NPM : 0606039700

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 : Dr. Martarizal

()

Penguji : Dr. BEF Da Silva

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada ALLOH 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.

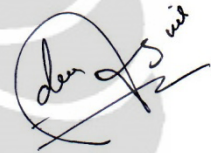
Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Prawito dan Drs. Arief Sudarmadji, M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membantu proses pengerjaan skripsi ini.
2. Buat Istri Saya tercinta, Sri Kartikanoer S, dan Anak saya Malihah Lillaty Azima Mukmin, yang selalu mensupport dan menemani saya dalam pengerjaan skripsi ini.
3. Buat orang tuaku Abah, Mamie dan Kaka ku Mba Neng yang telah memberikanku dukungan dan semangat untuk dapat menyelesaikan skripsi ini meskipun agak sedikit tersendat-sendat juga.
4. Mertua ku, Mamah, Ayah, dan The' Wina yang selalu mendukung dan menanyakan tugas akhir penulis.
5. Suluruh Dosen ekstensi fisika Universitas Indonesia atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
6. Seluruh staff sekretariat ekstensi untuk informasi-informasi yang kadang membingungkan mahasiswanya.
7. Rekan-rekan ekstensi fisika 06 Mr Atom dan lain lain atas kebersamaan yang selama ini tercipta, dan bantuan-bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Mr. Mark dan Mr. Tony yang telah memberikan semangat dan waktu luang untuk dapat mengerjakan skripsi ini, walaupun sambil bekerja.

9. 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 ALLOH 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 , 30 Juni 2011



(Penulis)

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

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

Nama : Ashaad Mukmin
NPM : 0606039700
Program Studi : Ekstensi S1 Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demikian 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 : Juni 2011
Yang menyatakan



(Ashaad Mukmin)

ABSTRAK

Nama : Ashaad Mukmin

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 : Ashaad Mukmin

Study Program: Physics

Title : Venturimeter 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 fluid with the principles hydrostatic. Microcontroller contribute to the process of calculation and the data you displayed through the LCD.

Key word:

Venture meter, 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
1. PENDAHULUAN.....	1
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
2. TEORI DASAR.....	4
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 Persamaan Bernoulli	11
2.8.1 Persamaan Kontinuitas	14

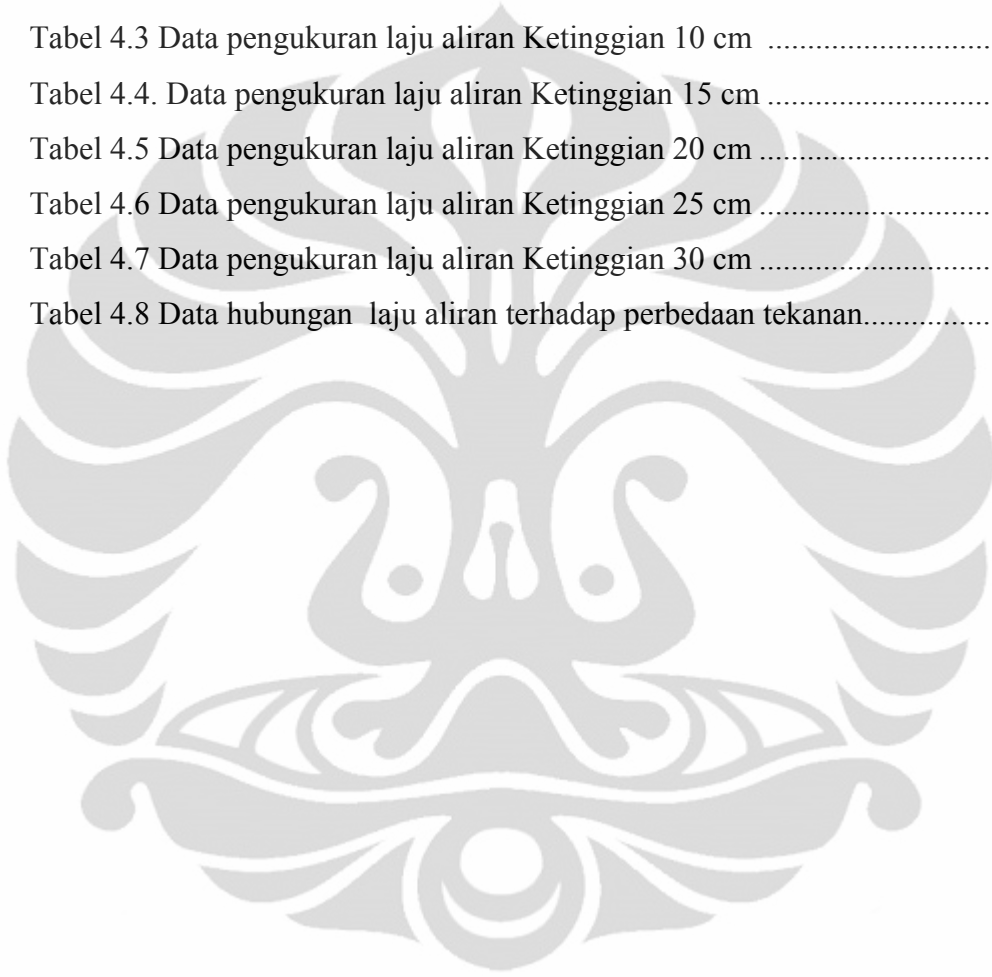
2.8.2 Laju Aliran Pada Venturimeter	16
2.9 Pengukuran Massa Jenis.....	17
2.10 Metode Tekanan Differensial.....	17
2.11 MPX10DP <i>Differential Pressure Sensor</i>	18
2.12 Mikrokontroler AVR.....	18
3. PERANCANGAN HARDWARE DAN SOFTWARE.....	21
3.1 Blok Diagram venturimeter berbasis mikrokontroler	21
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
4. PENGAMBILAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	32
4.1 Kalibrasi sensor	32
4.2 Mengukur Massa Jenis fluida	34
4.3 Pengujian Sistem.....	34
5. KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR ACUAN.....	39

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 Gerak sebagian fluida dalam penurunan persamaan Bernoulli	12
Gambar 2.7 Aliran fluida pada diameter pipa berbeda	15
Gambar 2.8 Venturimeter.....	16
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
Gambar 4.3 Hubungan laju aliran terhadap tekanan.....	37

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 Ketinggian 5 cm	35
Tabel 4.3 Data pengukuran laju aliran Ketinggian 10 cm	35
Tabel 4.4. Data pengukuran laju aliran Ketinggian 15 cm	35
Tabel 4.5 Data pengukuran laju aliran Ketinggian 20 cm	36
Tabel 4.6 Data pengukuran laju aliran Ketinggian 25 cm	36
Tabel 4.7 Data pengukuran laju aliran Ketinggian 30 cm	36
Tabel 4.8 Data hubungan laju aliran terhadap perbedaan tekanan.....	36



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, sehingga 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, kococokan 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 venturimeter dan rangkaian elektronik untuk mengukur kelajuan fluida.

1.4 Metodologi Penulisan

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

a. Studi literatur

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

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

- b. Perancangan venturimeter beserta instalasi-instalasinya.
- c. Pembuatan program berbasis mikrokontroler.
- 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 statis 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, ρ , sebuah benda (ρ 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 kg/m^3 . Untuk satuan CGS satuan Massa jenis dinyatakan dalam gram per centimeter kubik (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 :

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

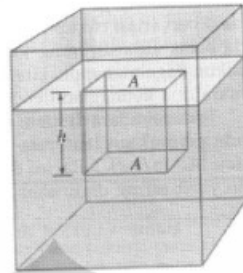
Satuan SI untuk tekanan adalah N/m^2 . Satuan ini mempunyai nama resmi **pascal (Pa)**, untuk menghormati Blaise Pascal, yaitu $1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$.

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, ρ 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 ΔP pada ketinggian yang berbeda, dimana ρ adalah massa jenis rata-rata:

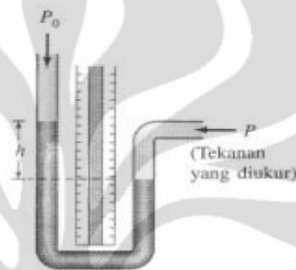
$$\Delta P = \rho g \Delta h \quad (2.3b)$$

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

$$P = P_0 + \rho gh \quad (2.4)$$

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



Gambar 2.2 Manometer Tabung Terbuka

2.5 Jenis Aliran pada Pipa

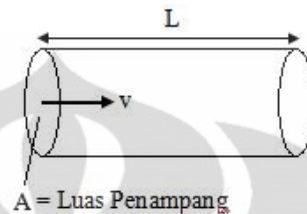
Apabila suatu fluida mengalir dalam suatu saluran dengan kecepatan yang cukup kecil, maka aliran tersebut berlapis-lapis yang bergerak secara sliding relatif terhadap lapisan didekatnya atau lapisan-lapisan yang bersebelahan meluncur satu sama lain dengan mulus. Aliran ini dinamakan aliran laminar. Bila 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:

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

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

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

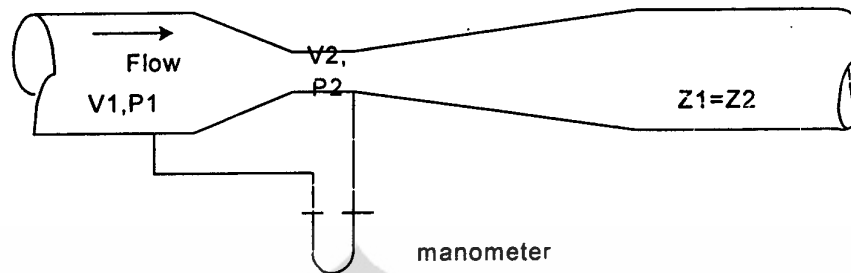
$$Q = Av$$

(2.6)

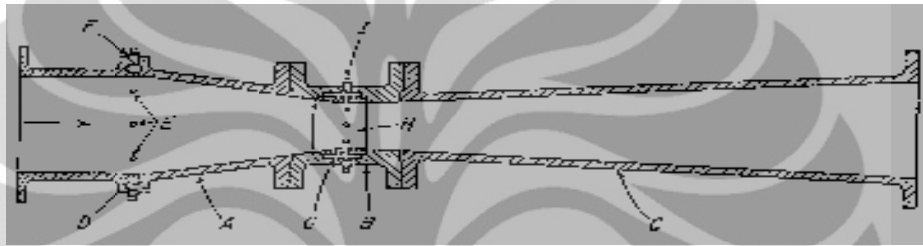
Dengan demikian. Ketika fluida mengalir melalui suatu pipa yang memiliki luas penampang dan panjang tertentu selama selang waktu tertentu, maka besarnya debit fluida (Q) tersebut sama dengan luas penampang(A) dikali dengan kecepatan aliran fluida(v).

2.7 Venturimeter

Contoh meteran venturi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Manometer Pada Ventruri



Gambar 2.5 Venturi Flow Meter

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| A : bagian masuk | E : lubang ke ruang piezometer |
| B : bagian leher | F : lubang sadap tekanan hulu |
| C : bagian keluar | H : pelapis |
| D, G : ruang piezometer | I : 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 bahanpun 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].

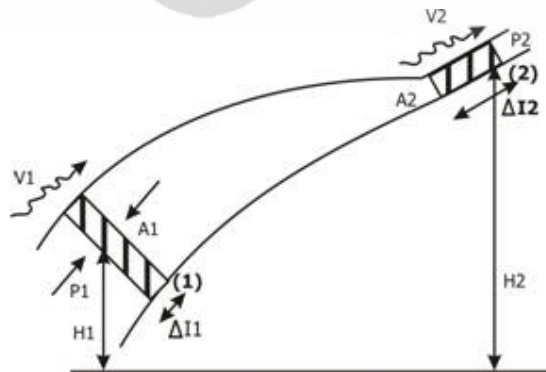
2.8 Persamaan Bernoulli

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 2.6 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 diatas 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 diatas 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:

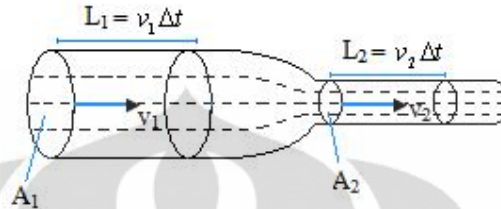
$$Q = A_1 \cdot A_2 \sqrt{\frac{2}{\rho(A_1^2 - A_2^2)}} \sqrt{\Delta P} \quad (2.14)$$

Venturimeter merupakan alat pengukur laju alir yang dapat dipercaya. Lebih jauh lagi, venturimeter 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.

2.8.1 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 $L_1(L_1=v_1t)$. Volume fluida yang mengalir adalah $V_1 = A_1L_1 = A_1v_1t$. Nah, Selama selang waktu yang sama, sejumlah fluida yang lain mengalir melalui bagian pipa yang diameternya kecil (A_2) sejauh L_2 ($L_2 = v_2t$). Volume fluida yang mengalir adalah $V_2 = A_2L_2 = A_2v_2t$. (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)

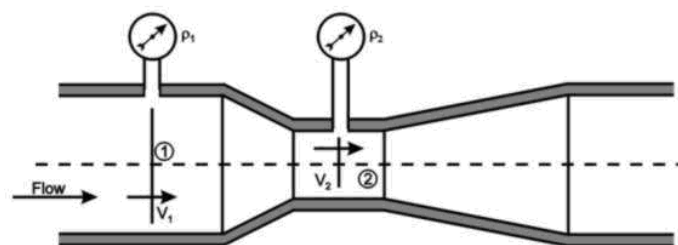
V_1 = kecepatan di pipa normal (m/s)

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 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. Venturimeter merupakan alat mengukur kelajuan (debit) cairan dalam pipa. Venturimeter dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.8 Venturimeter

Gambar diatas menunjukkan venturimeter yang horizontal. Venturimeter terdiri dari sebuah tabung horisontal dengan dua pipa vertikal 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.

2.9 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 energi gerakan atau gerakan kinetis.

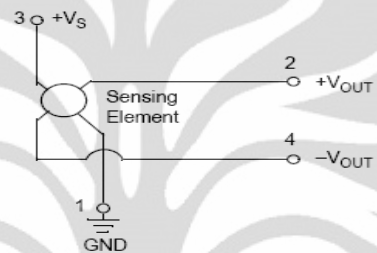
Karena energi tidak dapat dihilangkan, kenaikan energi kinetis diperoleh dari energi tekanan, sehingga tekanan fluida berkurang, bagian berkurangnya tekanan, yang diketahui atau beda tekanan diukur, sehingga memungkinkan dihitungnya kecepatan arus.

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 *laminer* [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 memori 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].

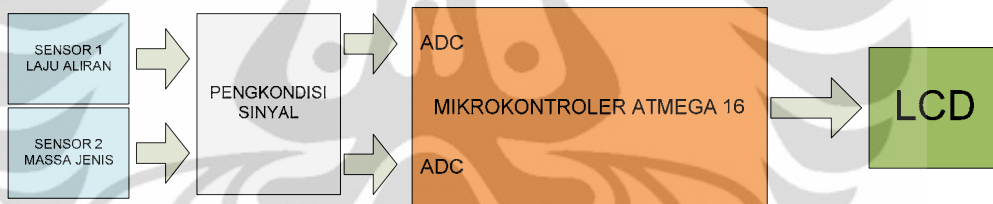
BAB 3

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 mikrokontroler 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 mikrokontroler.

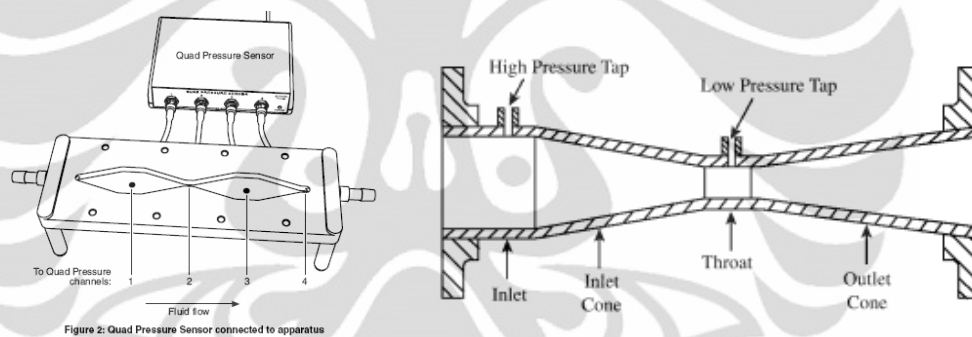
Begitu juga Sensor dua yang terpasang untuk mengukur massa jenis, Output pada sensor ini berupa tegangan yang sebanding dengan perbedaan tekanan yang

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 (ρ) dan laju aliran fluida (Q). Hasil dari perhitungan tersebut akan ditampilkan di LCD 16×2

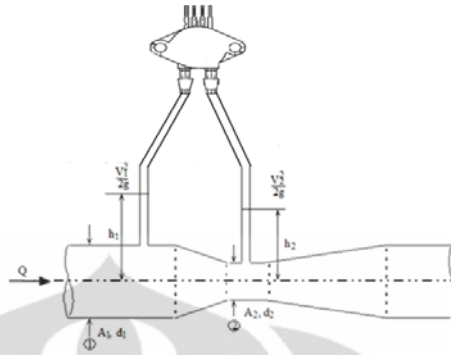
3.2 Perancangan Hardware

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. Luas Penampang yg dibuat pada Inlet 3cm x 2cm, sedangkan luas penampang pada throat yang digunakan untuk mendeteksi tekanan rendah adalah 1cm x 2cm.



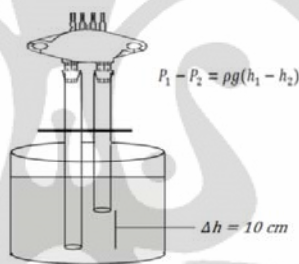
Gambar 3.2. skematik venturimeter

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 (ρ) 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 ketinggian. 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

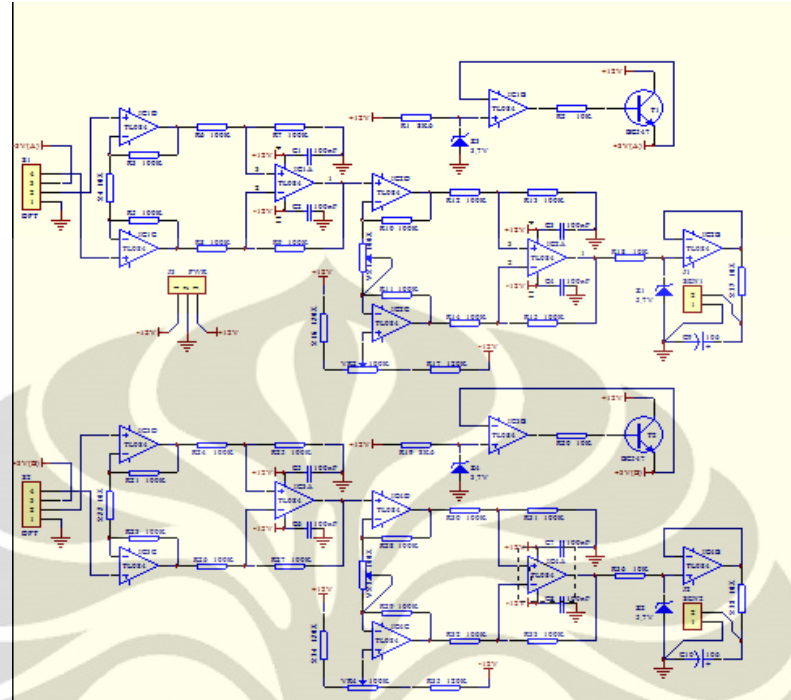
fluida terhubung dengan pompa yang berfungsi untuk mengalirkan fluida dari penampungan ke semua sistem aliran termasuk tabung venturi. Fluida yang mengalir tadi akan ditampung kembali ke tempat yang sama dengan penampungan fluida yang awal.



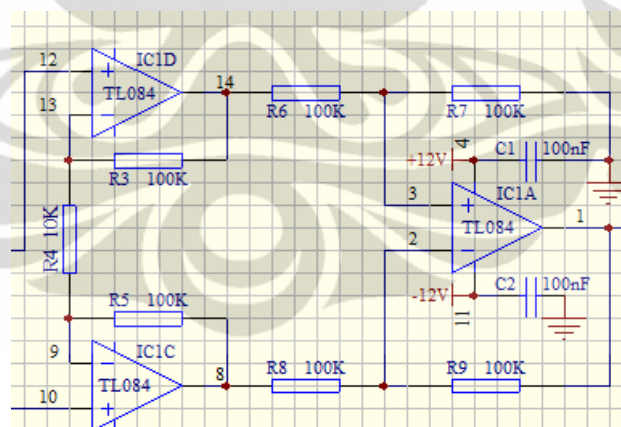
Gambar 3.5. Konstruksi Mekanik

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

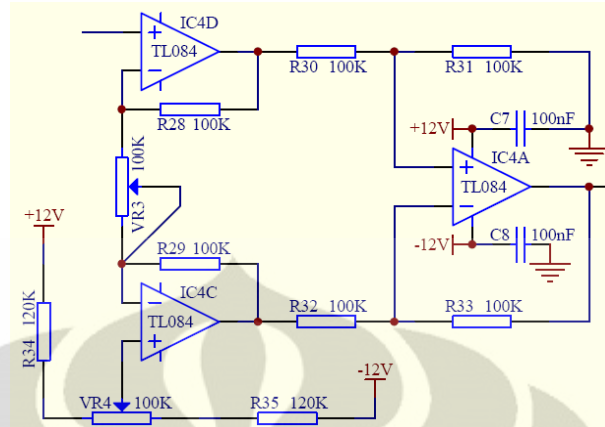
Salah satu kegunaan *op-amp* sebagai penguat adalah menguatkan sinyal-sinyal lemah yang berasal dari sensor. Karena sinyal yang dikuatkan sangat lemah maka diperlukan *op-amp* yang memiliki CMRR yang besar serta harus dilakukan kompensasi untuk menghilangkan tegangan *offset*. Rangkaian *op-amp* yang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

Universitas Indonesia

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.

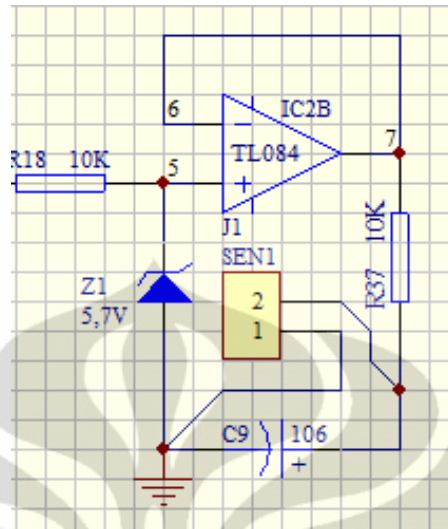


Gambar 3.8 Rangkaian Penguat diferensial

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:

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

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

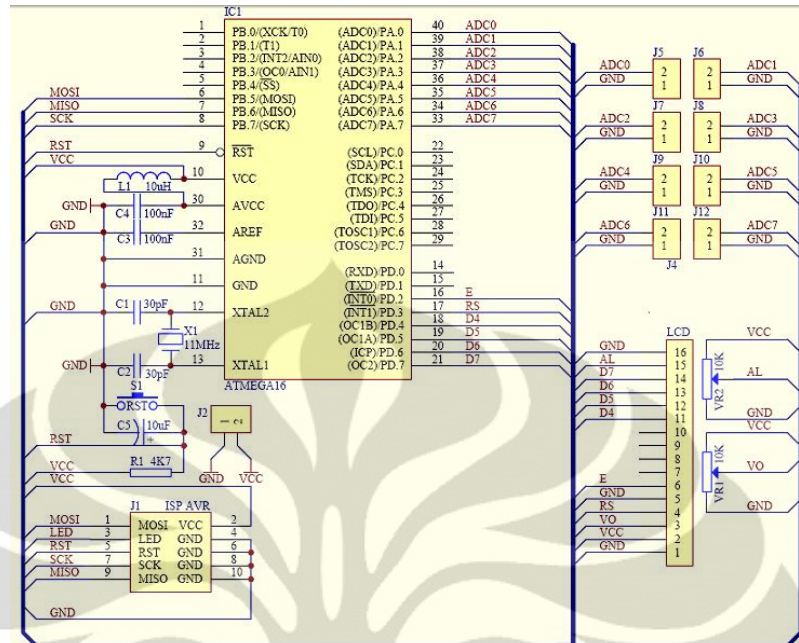


Gambar 3.9 Rangkaian Pembatas Tegangan masuk ke Mikrokontroler

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.

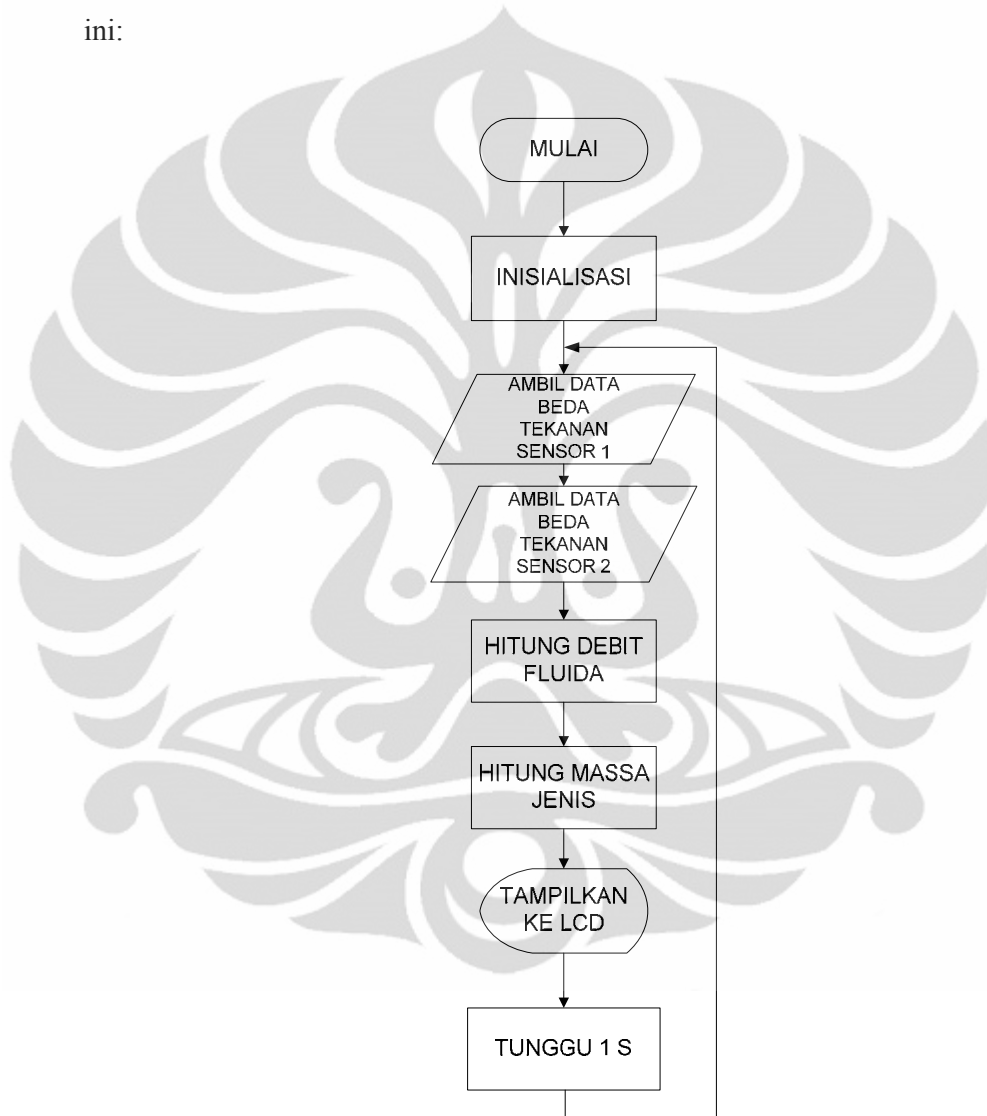


Gambar 3.10 Skematik minimum sistem ATmega 16

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 mikrokontroler 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. Mikrokontroler 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 16×2 , 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

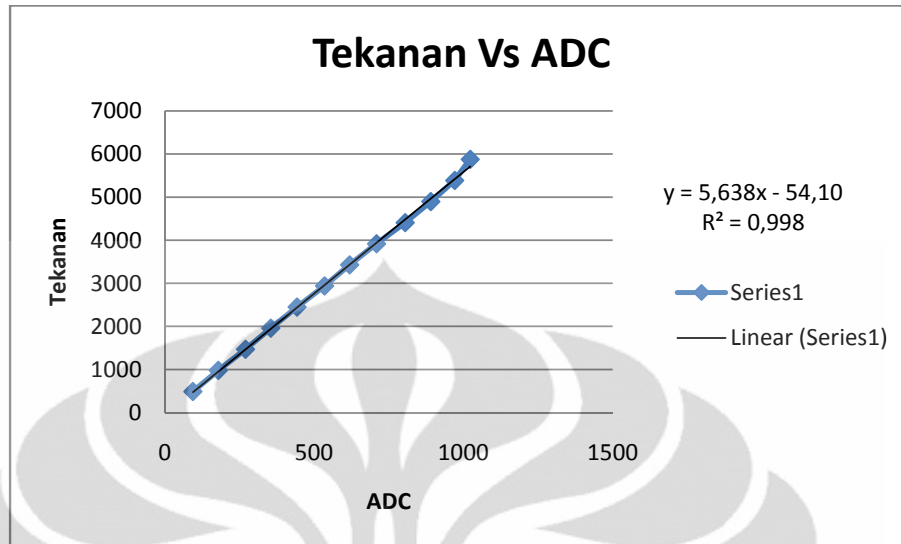
Dalam Bab 4 ini membahas tentang pengambilan data, pengolahan data dan analisa data berdasarkan kerja dari hardware dan software yang telah dibuat. Pengujian – pengujian tersebut meliputi:

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

4.1 Kalibrasi sensor

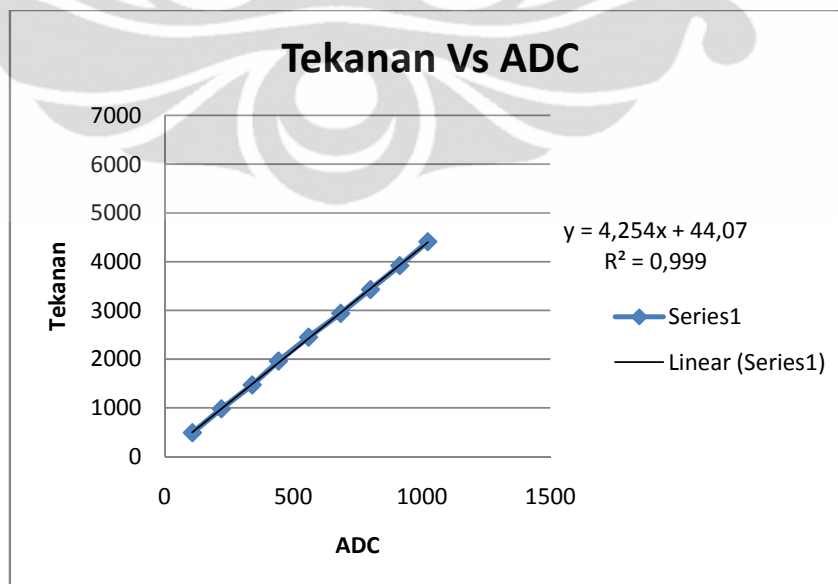
Pada proses kalibrasi sensor ini diharapkan dapat membuktikan tingkat kelinieran sensor tersebut, meskipun data sheet yang terdapat pada sensor tersebut telah menyatakan bahwa sensor tersebut mempunyai tingkat linearity yang bagus. Untuk itu, saya mencoba membuktikannya dengan beberapa kali proses. Pengujian menggunakan manometer U yang terbuat dari selang dan ditempelkan pada sebuah mistar yang vertikal. Lalu disalah satu selang itu dihubungkan dengan mistar dengan keadaan setimbang, dan satu lubang lagi disambungkan ke *differential pressure sensor* dan mengatur ketinggian 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 60 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 $y = 5.638x + 54.10$



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 60 cm. Tekanan didapatkan juga semakin besar, dan 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 dan tekanan yang didapatkan. Persamaan yang didapatkan adalah $y = 4.254x + 44.07$ Gambar grafik diatas merupakan karakteristik dari diferensial sensor tekanan MPX10DP.

4.2 Mengukur Massa jenis fluida

Metode mengukur massa jenis fluida telah dibahas pada bab sebelumnya. Pada bab ini pengambilan data hanya untuk massa jenis fluida air sebanyak 5 kali pada setiap cairan. Berikut hasil yang diperoleh setelah melakukan pengujian:

Tabel 4.1 Data Pengukuran Massa Jenis Fluida

Fluida	Percb 1 (Kg/m ³)	Percb 2 (Kg/m ³)	Percb 3 (Kg/m ³)	Percb 4 (Kg/m ³)	Percb 5 (Kg/m ³)	Rata-rata (Kg/m ³)
Air	1114	1116	1114	1114	1112	1118

Menurut literatur untuk massa jenis air adalah 1Kg/m³. Seperti contoh pada air yang massa jenisnya 1 gr/cm³. Pengukuran yang penulis dapatkan 1114 Kg/cm³ hal ini bisa terjadi karena pengaruh temperatur dan tekanan yang keluar dari pompa air itu sendiri mempengaruhi hasil pengukuran untuk massa jenis air ini. Sehingga hasil yang didapatkan tidak sesuai. Didapatkan kesalahan literatur pada pengukuran massa jenis air ini sebesar 1.1 % yang berasal dari rumus dibawah ini.

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

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 dilakukan dengan mengukur laju aliran 1 liter/menit,

dengan ketinggian yang berbeda beda mulai dari 5 cm, 10 cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm, sehingga terukur nilai laju cairan tersebut.

Tabel 4.2 Data pengukuran laju aliran air ketinggian 5 Cm

Ketinggian (h) (cm)	Q LCD Lt/ Mnt	Q aktual Lt/ Mnt	ΔP (Pa)	ρ (kg/m ³)
5	1	1.7	214	1114
5	1	1.75	223	1117
5	1	1.8	220	1120
5	1	1.8	214	1114
5	1	1.7	212	1112

Tabel 4.3 Data pengukuran laju aliran air ketinggian 10 Cm

Ketinggian (h) (cm)	Q LCD Lt/ Mnt	Q aktual Lt/ Mnt	ΔP (Pa)	ρ (kg/m ³)
10	2	2.5	332	1112
10	2	2.4	336	1116
10	2	2.5	328	1114
10	2	2.4	336	1117
10	2	2.3	335	1112

Tabel 4.4 Data pengukuran laju aliran air ketinggian 15 Cm

Ketinggian (h) (cm)	Q LCD Lt/ Mnt	Q aktual Lt/ Mnt	ΔP (Pa)	ρ (kg/m ³)
15	2	2.6	470	1114
15	2	2.7	473	1112
15	2	2.8	468	1112
15	2	2.8	472	1114
15	2	2.75	473	1112

Tabel 4.5 Data pengukuran laju aliran air ketinggian 20 Cm

Ketinggian (h) (cm)	Q LCD Lt/ Mnt	Q actual Lt/ Mnt	ΔP (Pa)	ρ (kg/m ³)
20	2	3	624	1112
20	2	2.9	628	1116
20	2	3.1	626	1114
20	2	3	624	1112
20	2	3.1	628	1118

Tabel 4.6 Data pengukuran laju aliran air ketinggian 25 Cm

Ketinggian (h) (cm)	Q LCD Lt/ Mnt	Q aktual Lt/ Mnt	ΔP (Pa)	ρ (kg/m ³)
25	3	3.6	775	1114
25	3	3.5	778	1114
25	3	3.45	775	1112
25	3	3.5	778	1116
25	3	3.7	776	1112

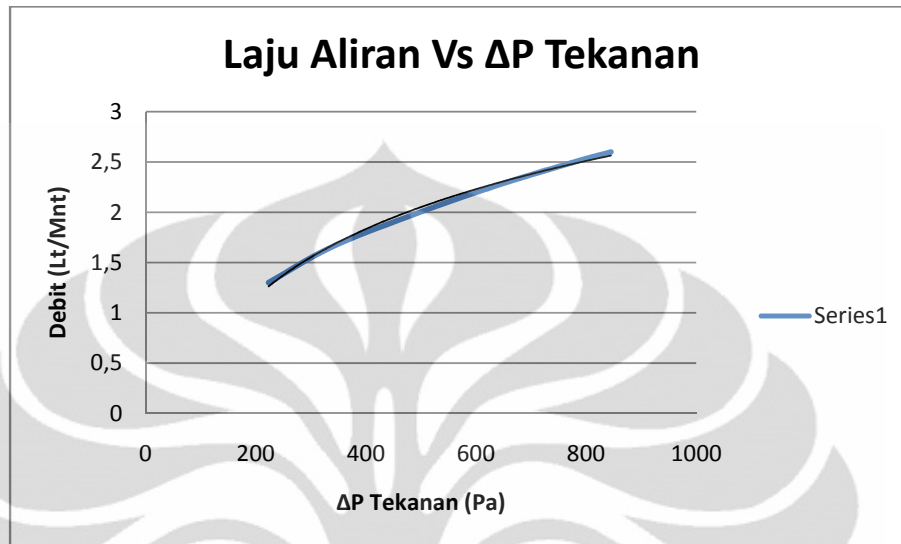
Tabel 4.7 Data pengukuran laju aliran air ketinggian 30 Cm

Ketinggian (h) (cm)	Q LCD Lt/ Mnt	Q aktual Lt/ Mnt	ΔP (Pa)	ρ (kg/m ³)
30	3	3.9	835	1116
30	3	3.85	830	1114
30	3	3.8	828	1112
30	3	3.9	830	1114
30	3	3.9	845	1118

Tabel 4.8 Data Hubungan laju aliran terhadap perbedaan tekanan

Q (Lt/Mnt)	ΔP (Pa)
1.3	223
1.65	336
1.95	473
2.25	628
2.5	778
2.6	845

Dari data percobaan diatas maka hubungan debit fluida dengan perbedaan tekanan sebagai berikut :



Gambar 4.3 Hubungan laju aliran terhadap tekanan

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

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 kuadrat laju aliran (debit) fluida.
4. Kesalahn Literatur untuk pengukuran masa jenis fluida kecil, hal itu berarti alat pengukuran massa jenis bekerja dengan sesuai.
5. Untuk pengukuran laju aliran yang besar, percobaan yang dilakukan penulis pada venture ini tidak dapat 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*. McGraww-Hill. International edition. 1991.
6. Olson, A.T. (1974). *Applied Fluid Dynamics Handbook*. J Fluid Eng
7. PASCO scientific, Instruction Manual. *Venturi Apparatus ME 8598*.



Program Venturimeter :

```
$regfile = "M16def.dat"
```

```
$crystal = 11059200
```

```
$baud = 115200
```

```
Config Lcd = 20 * 4 'LCD 4 x 20
```

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

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

```
Dim Ulang As Bit
```

```
Dim Adc_value As Word
```

```
Dim Dp1 As Single
```

```
Dim Dp3 As Single
```

```
Dim Rho As Single
```

```
Dim Debit1 As Single
```

```
Dim Dp1_int As Word
```

```
Dim Rho_int As Word
```

```
Dim Debit1_int As Word
```

```
Main_program:
```

```
Cursor Off
```

```
Cls
```

```
Locate 1 , 1
```

```
Lcd "SISTEM DALAM PROSES "
```

```
Locate 2 , 1
```

```
Lcd "DELTA_P= 10000 Pa"
```

```
Locate 3 , 1
```

```
Lcd "DEBIT = 60000 L/Mnt"
```

```
Locate 4 , 1
```

```
Lcd "RHO = 1000 Kg/m^3"
```

```
Start Adc
```

```
Start Timer0
```

```
Do
  Adc_value = Getadc(0)
  Dp1 = 4.254 * Adc_value
  Dp1 = Dp1 + 44.07
  Dp1 = Round(dp1)
  Dp1_int = Dp1
```

```
  Adc_value = Getadc(2)
  Dp3 = 5.638 * Adc_value
  Dp3 = Dp3 + 54.1
  Rho = Dp3 / 0.98
  Rho = Round(rho)
  Rho_int = Rho
```

```
  Debit1 = 9 * Dp1
  Debit1 = Debit1 / Rho
  Debit1 = Sqr(debit1)
  Debit1 = Round(debit1)
  Debit1_int = Debit1
```

```
  Locate 2 , 10
  Lcd "      "
  Locate 2 , 10
  Lcd Dp1_int ; " Pa"
  Locate 3 , 10
  Lcd "      "
  Locate 3 , 10
  Lcd Debit1_int ; " L/Mnt"
  Locate 4 , 10
  Lcd "      "
  Locate 4 , 10
  Lcd Rho_int ; " Kg/m^3"

  Waitms 100
Loop
```

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

Delta H	Data 1	Data 2	Data3	Rata- rata
0	0	0	0	0
5	107	102	108	105.6666667
10	220	220	222	220.6666667
15	340	343	341	341.3333333
20	442	444	442	442.6666667
25	559	557	554	556.6666667
30	684	682	683	683
35	800	810	807	805.6666667
40	914	916	920	916.6666667
45	1023	1020	1023	1022
50	1023	1023	1023	1023
55	1023	1023	1023	1023
60	1023	1023	1023	1023

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

Delta H	Data 1	Data 2	Data3	Rata- rata
0	0	0	0	0
5	94	102	96	97.33333333
10	179	189	182	183.3333333
15	270	270	272	270.6666667
20	355	353	354	354
25	443	441	443	442.3333333
30	535	536	539	536.6666667
35	619	619	621	619.6666667
40	709	801	800	770
45	805	806	805	805.3333333
50	891	895	893	893
55	971	973	973	972.3333333
60	1023	1023	1023	1023



10 kPa Uncompensated Silicon Pressure Sensors

The MPX10 series silicon piezoresistive pressure sensors provide a very accurate and linear voltage output, directly proportional to the applied pressure. These standard, low cost, uncompensated sensors permit manufacturers to design and add their own external temperature compensation and signal conditioning networks. Compensation techniques are simplified because of the predictability of Freescale's single element strain gauge design.

Features

- Low Cost
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge Design
- Ratiometric to Supply Voltage
- Differential and Gauge Options
- Durable Epoxy Unibody Element or Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package

MPX10 Series

0 to 10 kPa (0 to 1.45 psi)
35 mV Full Scale Span
(Typical)

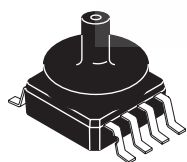
Application Examples

- Air Movement Control
- Environmental Control Systems
- Level Indicators
- Leak Detection
- Medical Instrumentation
- Industrial Controls
- Pneumatic Control Systems
- Robotics

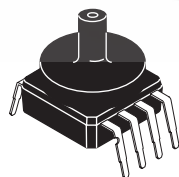
ORDERING INFORMATION

Device Name	Package Options	Case No.	# of Ports				Pressure Type			Device Marking
			None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute		
Unibody Package (MPX10 Series)										
MPX10D	Tray	344	•					•		MPX10D
MPX10DP	Tray	344C			•			•		MPX10DP
MPX10GP	Tray	344B		•		•				MPX10GP
Small Outline Package (MPXV10G Series)										
MPXV10GC6U	Rail	482A		•			•			MPXV10G
MPXV10GC7U	Rail	482C		•			•			MPXV10G

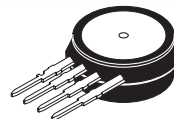
SMALL OUTLINE PACKAGE



MPXV10GC6U
CASE 482A-01

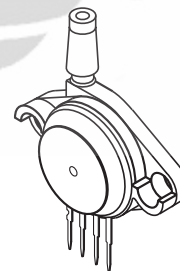


MPXV10GC7U
CASE 482C-03

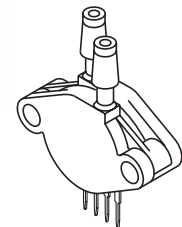


MPX10D
CASE 344-15

UNIBODY PACKAGE



MPX10GP
CASE 344B-01



MPX10DP
CASE 344C-01

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 3.0 \text{ Vdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P1 > P2$)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Units
Differential Pressure Range ⁽¹⁾	P_{OP}	0	—	10	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_S	—	3.0	6.0	V_{DC}
Supply Current	I_O	—	6.0	—	mAdc
Full Scale Span ⁽³⁾	V_{FSS}	20	35	50	mV
Offset ⁽⁴⁾	V_{OFF}	0	20	35	mV
Sensitivity	$\Delta V/\Delta P$	—	3.5	—	mV/kPa
Linearity	—	-1.0	—	1.0	% V_{FSS}
Pressure Hysteresis (0 to 10 kPa)	—	—	± 0.1	—	% V_{FSS}
Temperature Hysteresis	—	—	± 0.5	—	% V_{FSS}
Temperature Coefficient of Full Scale Span	TCV_{FSS}	-0.22	—	-0.16	% $V_{FSS}/^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Offset	TCV_{OFF}	—	± 15	—	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Temperature Coefficient of Resistance	TCR	0.21	—	0.27	% $Z_{IN}/^\circ\text{C}$
Input Impedance	Z_{IN}	400	—	550	Ω
Output Impedance	Z_{OUT}	750	—	1250	Ω
Response Time ⁽⁵⁾ (10% to 90%)	t_R	—	1.0	—	ms
Warm-Up Time ⁽⁶⁾	—	—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁷⁾	—	—	± 0.5	—	% V_{FSS}

- 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
- Device is ratiometric within this specified excitation range. Operating the device above the specified excitation range may induce additional error due to device self-heating.
- Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
- Offset (V_{OFF}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
- Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the pressure is stabilized.
- Offset stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

Maximum Ratings

Table 2. Maximum Ratings⁽¹⁾

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P_{MAX}	75	kPa
Burst Pressure (P1 > P2)	P_{BURST}	100	kPa
Storage Temperature	T_{STG}	-40 to +125	°C
Operating Temperature	T_A	-40 to +125	°C

1. Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

Figure 1 shows a schematic of the internal circuitry on the stand-alone pressure sensor chip.

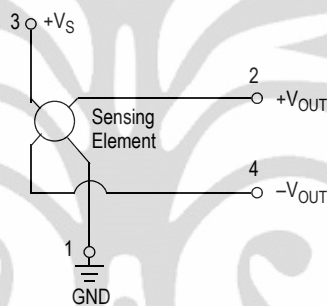


Figure 1. Uncompensated Pressure Sensor Schematic

Voltage Output versus Applied Differential Pressure

The output voltage of the differential or gauge sensor increases with increasing pressure applied to the pressure side (P1) relative to the vacuum side (P2). Similarly, output

voltage increases as increasing vacuum is applied to the vacuum side (P2) relative to the pressure side (P1).

Temperature Compensation

Figure 2 shows the typical output characteristics of the MPX10 series over temperature.

Because this strain gauge is an integral part of the silicon diaphragm, there are no temperature effects due to differences in the thermal expansion of the strain gauge and the diaphragm, as are often encountered in bonded strain gauge pressure sensors. However, the properties of the strain gauge itself are temperature dependent, requiring that the device be temperature compensated if it is to be used over an extensive temperature range.

Temperature compensation and offset calibration can be achieved rather simply with additional resistive components, or by designing your system using the MPX2010D series sensor.

LINEARITY

Linearity refers to how well a transducer's output follows the equation: $V_{out} = V_{off} + \text{sensitivity} \times P$ over the operating pressure range (Figure 3). There are two basic methods for calculating nonlinearity: 1) end point straight line fit or 2) a least squares best line fit. While a least squares fit gives the

"best case" linearity error (lower numerical value), the calculations required are burdensome.

Conversely, an end point fit will give the "worst case" error (often more desirable in error budget calculations) and the calculations are more straightforward for the user.

Freescale's specified pressure sensor linearities are based on the end point straight line method measured at the midrange pressure.

Figure 4 illustrates the differential or gauge configuration in the basic chip carrier (Case 344). A silicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the silicon diaphragm.

The MPX10 series pressure sensor operating characteristics and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media other than dry air may have adverse effects on sensor performance and long term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application. Refer to application note AN3728, for more information regarding media compatibility.

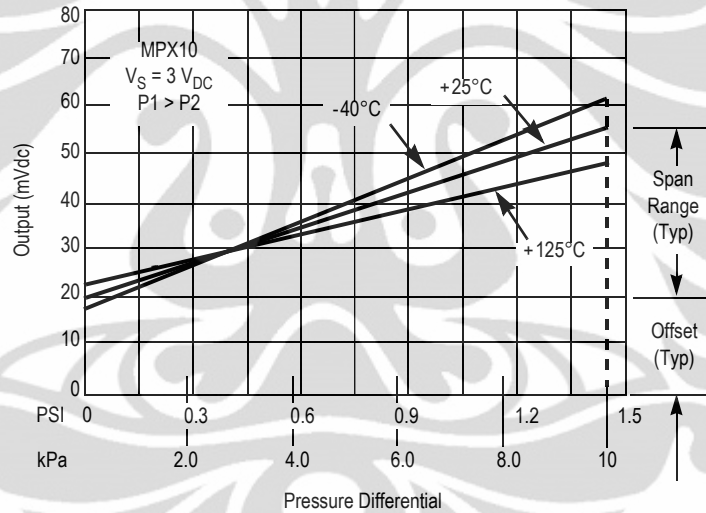


Figure 2. Output vs. Pressure Differential

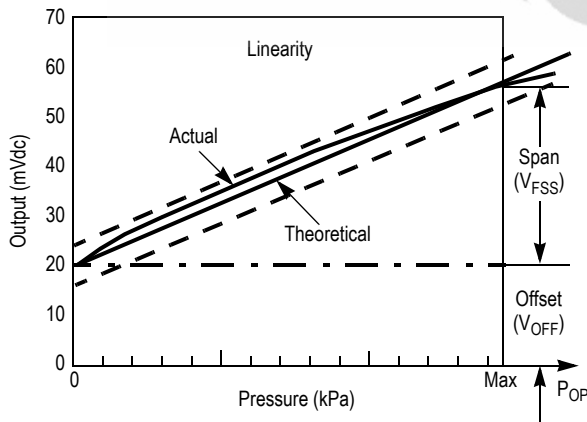


Figure 3. Linearity Specification Comparison

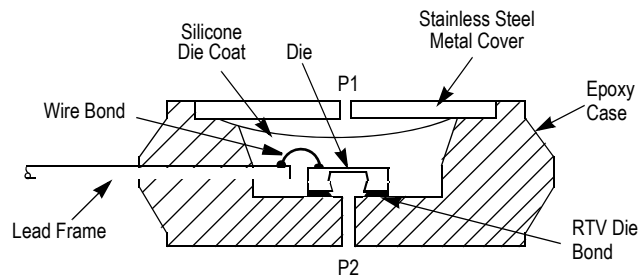


Figure 4. Unibody Package – Cross-Sectional Diagram (Not to Scale)

PRESSURE (P1)/VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE

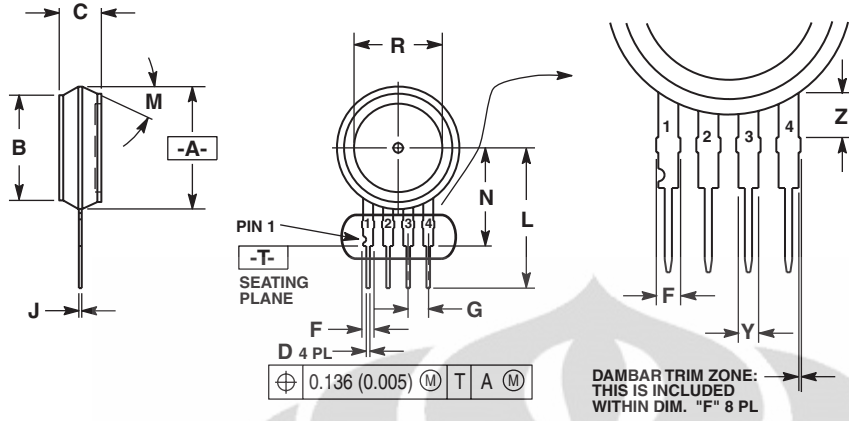
Freescale designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing silicone gel which isolates the die from the environment. The pressure sensor is designed to operate with positive differential pressure applied, $P1 > P2$.

The Pressure (P1) side may be identified by using the following table.

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX10D	344	Stainless Steel Cap
MPX10DP	344C	Side with Part Marking
MPX10GP	344B	Side with Port Attached
MPXV10GC6U	482A	Side with Port Attached
MPXV10GC7U	482C	Side with Port Attached



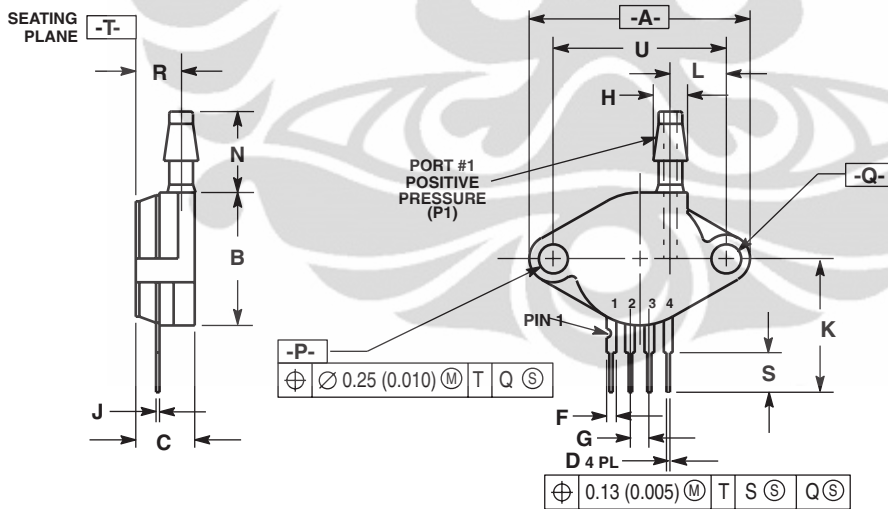
PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION -A- IS INCLUSIVE OF THE MOLD STOP RING. MOLD STOP RING NOT TO EXCEED 16.00 (0.630).

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.595	0.630	15.11	16.00
B	0.514	0.534	13.06	13.56
C	0.200	0.220	5.08	5.59
D	0.016	0.020	0.41	0.51
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.014	0.016	0.36	0.40
L	0.695	0.725	17.65	18.42
M	30° NOM		30° NOM	
N	0.475	0.495	12.07	12.57
R	0.430	0.450	10.92	11.43
Y	0.048	0.052	1.22	1.32
Z	0.106	0.118	2.68	3.00

CASE 344-15
ISSUE AA
UNIBODY PACKAGE

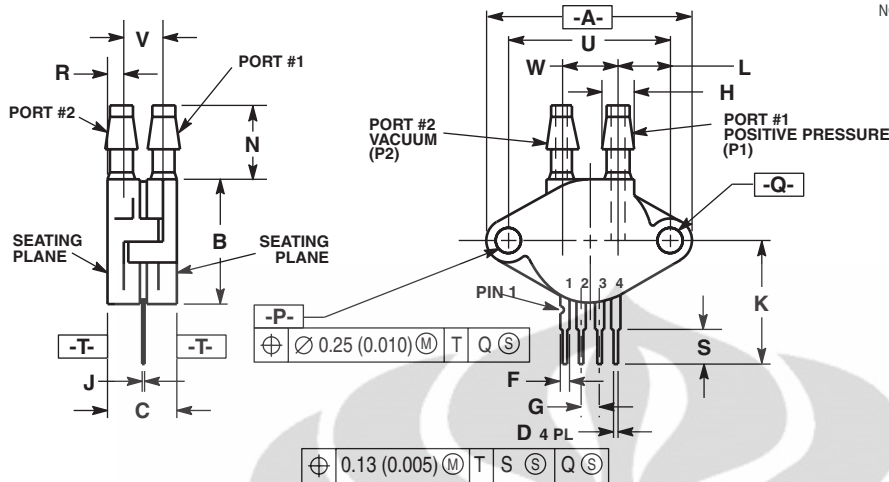


- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.145	1.175	29.08	29.85
B	0.685	0.715	17.40	18.16
C	0.305	0.325	7.75	8.26
D	0.016	0.020	0.41	0.51
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.182	0.194	4.62	4.93
J	0.014	0.016	0.36	0.41
K	0.695	0.725	17.65	18.42
L	0.290	0.300	7.37	7.62
N	0.420	0.440	10.67	11.18
P	0.153	0.159	3.89	4.04
Q	0.153	0.159	3.89	4.04
R	0.230	0.250	5.84	6.35
S	0.220	0.240	5.59	6.10
U	0.910 BSC		23.11 BSC	

CASE 344B-01
ISSUE B
UNIBODY PACKAGE

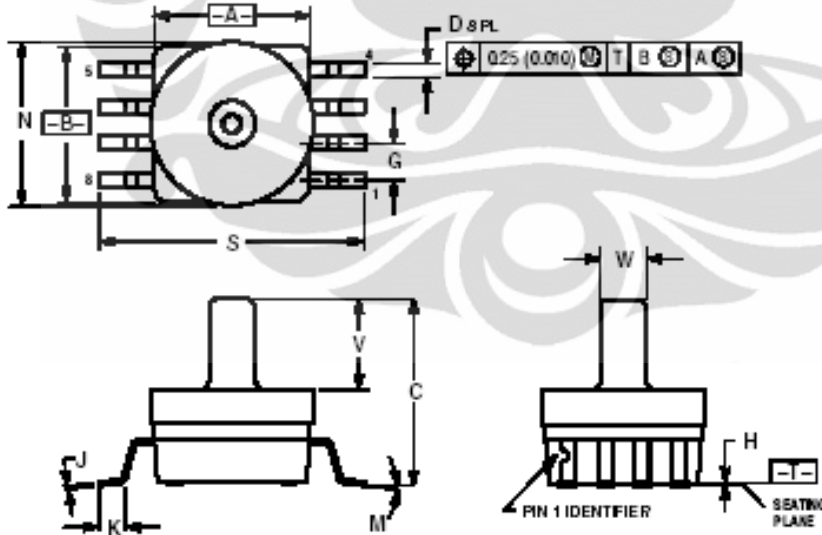
PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.145	1.175	29.08	29.85
B	0.685	0.715	17.40	18.16
C	0.405	0.435	10.29	11.05
D	0.016	0.020	0.41	0.51
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.182	0.194	4.62	4.93
J	0.014	0.016	0.36	0.41
K	0.695	0.725	17.65	18.42
L	0.290	0.300	7.37	7.62
N	0.420	0.440	10.67	11.18
P	0.153	0.159	3.89	4.04
Q	0.153	0.159	3.89	4.04
R	0.063	0.083	1.60	2.11
S	0.220	0.240	5.59	6.10
U	0.910 BSC		23.11 BSC	
V	0.248	0.278	6.30	7.06
W	0.310	0.330	7.87	8.38

CASE 344C-01
ISSUE B
UNIBODY PACKAGE

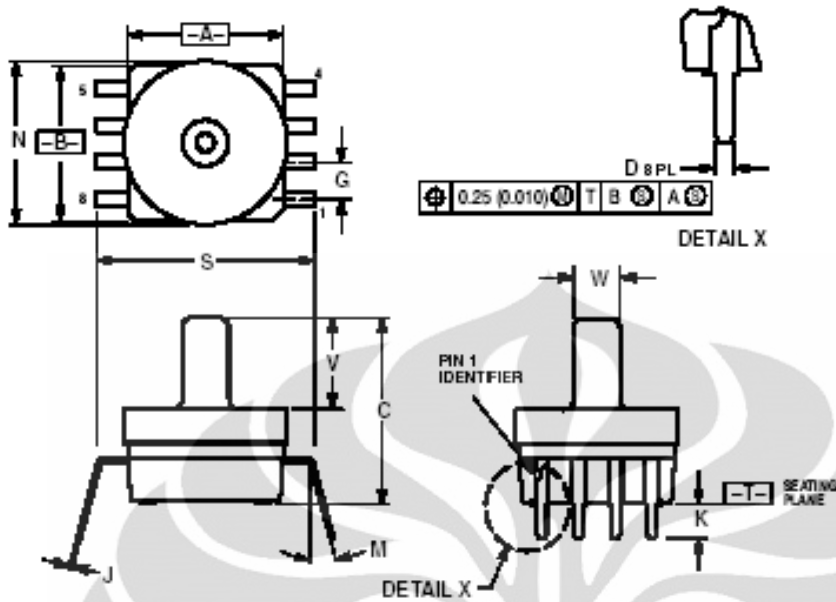


- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006).
 5. ALL VERTICAL SURFACES 5° TYPICAL DRAFT.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.415	0.425	10.54	10.79
B	0.415	0.425	10.54	10.79
C	0.500	0.520	12.70	13.21
D	0.036	0.042	0.91	1.07
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.000	0.010	0.00	0.25
J	0.009	0.011	0.23	0.28
K	0.061	0.071	1.55	1.80
M	0°	7°	0°	7°
N	0.444	0.448	11.26	11.38
S	0.702	0.725	18.01	18.41
V	0.245	0.255	6.22	6.48
W	0.115	0.125	2.93	3.17

CASE 482A-01
ISSUE A
SMALL OUTLINE PACKAGE

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006).
 5. ALL VERTICAL SURFACES 5° TYPICAL DRAFT.
 6. DIMENSIONS TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.415	0.425	10.54	10.79
B	0.415	0.425	10.54	10.79
C	0.500	0.520	12.70	13.21
D	0.028	0.034	0.66	0.864
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.009	0.011	0.23	0.28
K	0.100	0.120	2.54	3.05
M	0°	15°	0°	15°
N	0.444	0.448	11.28	11.38
S	0.540	0.580	13.72	14.72
V	0.245	0.255	6.22	6.48
W	0.115	0.125	2.92	3.17

CASE 482C-03
ISSUE B

SMALL OUTLINE PACKAGE

How to Reach Us:

Home Page:

www.freescale.com

Web Support:

<http://www.freescale.com/support>

USA/Europe or Locations Not Listed:

Freescale Semiconductor, Inc.
Technical Information Center, EL516
2100 East Elliot Road
Tempe, Arizona 85284
1-800-521-6274 or +1-480-768-2130
www.freescale.com/support

Europe, Middle East, and Africa:

Freescale Halbleiter Deutschland GmbH
Technical Information Center
Schatzbogen 7
81829 Muenchen, Germany
+44 1296 380 456 (English)
+46 8 52200080 (English)
+49 89 92103 559 (German)
+33 1 69 35 48 48 (French)
www.freescale.com/support

Japan:

Freescale Semiconductor Japan Ltd.
Headquarters
ARCO Tower 15F
1-8-1, Shimo-Meguro, Meguro-ku,
Tokyo 153-0064
Japan
0120 191014 or +81 3 5437 9125
support.japan@freescale.com

Asia/Pacific:

Freescale Semiconductor China Ltd.
Exchange Building 23F
No. 118 Jianguo Road
Chaoyang District
Beijing 100022
China
+86 010 5879 8000
support.asia@freescale.com

For Literature Requests Only:

Freescale Semiconductor Literature Distribution Center
P.O. Box 5405
Denver, Colorado 80217
1-800-441-2447 or +1-303-675-2140
Fax: +1-303-675-2150
LDCForFreescaleSemiconductor@hibbertgroup.com

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use Freescale Semiconductor products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits or integrated circuits based on the information in this document.

Freescale Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Freescale Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Freescale Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters that may be provided in Freescale Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals", must be validated for each customer application by customer's technical experts. Freescale Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Freescale Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Freescale Semiconductor product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Freescale Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Freescale Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Freescale Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part.

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc. All other product or service names are the property of their respective owners.

© Freescale Semiconductor, Inc. 2008. All rights reserved.

