

**PENGUKURAN KONSTANTA LAPLACE  
BERBASIS MIKROKONTROLER**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Memperoleh  
Gelar Sarjana Fisika**

oleh

**RIKA NOVARINA  
0706196752**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS INDONESIA  
2009**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

**Nama : Rika Novarina**

**NPM : 0706196752**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 1 Desember 2009**

## LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Rika Novarina

NPM : 0706196752

Departemen : Fisika

Peminatan : Ekstensi Fisika Instrumentasi

Tanggal Sidang : 1 Desember 2009

Judul Skripsi : Pengukuran Konstanta Laplace Berbasis Mikrokontroler

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dr. Prawito**

Pembimbing I

**Drs. Arief Sudarmaji, M.T.**

Pembimbing II

**Dr. Sastra Kusuma Wijaya**

Penguji I

**Dr. rer. nat. Martarizal**

Penguji II

Dr. Santoso Soekirno

Ketua Departemen Fisika

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT beserta Nabi Muhammad SAW, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Walaupun dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis menemukan berbagai macam kesulitan, tetapi Allah SWT senantiasa memberikan tetesan rahmat-Nya sehingga semua rintangan dan tantangan dapat dilalui dengan ridha-Nya.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**PENGUKURAN KONSTANTA LAPLACE BERBASIS MIKROKONTROLER**” bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Ekstensi Fisika Instrumentasi, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

Dalam melaksanakan Tugas Akhir sampai penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Kedua Orang tuaku yang tercinta, H.Nursaman Dani dan Ny.H Murni serta kedua adikku tersayang Syamsu rijal dan Aswar sani.
2. Dr. Prawito selaku Ketua Jurusan program Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA, UI.
3. Drs. Arief Sudarmaji, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Dosen-dosen pengajar Jurusan Instrumentasi Elektronika dan Industri.
5. Sahabat-sahabatku tersayang.
6. Seluruh rekan-rekan
7. Seluruh keluarga besar FMIPA UI.

Universitas Indonesia

Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Semoga penulisan ilmiah ini benar-benar dapat memberikan kontribusi positif dan menimbulkan sikap kritis kepada para pembaca khususnya dan masyarakat pada umumnya untuk senantiasa terus memperoleh wawasan dan ilmu pengetahuan di bidang teknologi.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki penulis, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga penyusunan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, Desember 2009

Penulis

**Universitas Indonesia**

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk membuat suatu alat ukur konstanta Laplace ( $\gamma$ ) yang dapat melakukan perhitungan secara otomatis dengan memakai tabung besi sebagai wadah dan gas udara sebagai objek yang diteliti. Alat ukur konstanta Laplace ini berbasis mikrokontroler ATMEGA 16, merupakan suatu alat yang menggunakan sensor tekanan (MPX 5700) dan sensor temperature (LM 35) untuk penyensoran suhunya. Berdasarkan hasil uji coba yang sudah dilakukan, baik kinerja dari sensor tekanan dan sensor temperature maupun kinerja dari rangkaian secara keseluruhan berjalan dengan baik. Hasil yang didapat yaitu perubahan tegangan sesuai dengan tekanan yang terukur. Sedangkan hasil pengujian dari rangkaian secara keseluruhan yaitu dapat menampilkan tekanan dan suhu yang terukur pada LCD.

Kata Kunci : Sensor, Tekanan, Suhu, Mikrokontroler

## ABSTRACT

Was carried out by the research to make an implement measure the Laplace constant ( $\gamma$ ) that could carry out the calculation automatically by using the tube of the iron as the forum and air gas as the object that was researched. The implement measured the constant Laplace this have as a base mikrokontroler ATMEGA 16, was an implement that menggunakan the pressure censored (MPX 5700) and the censored temperature (LM 35) for his temperature censorship. Was based on results of the test that has been carried out, both the achievement from the pressure censored and the censored temperature and the achievement from the series on the whole went well. Results that were received that is the change in the tension in accordance with the pressure that terukur. Sedangkan results of the testing of the series on the whole that is could put forward the pressure and the temperature that were measured to LCD.

Key Word : the Censored, Pressure, Temperatur, Mikrokontroler

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul .....	i

**Universitas Indonesia**

Halaman Pernyataan Orisinil .....	ii
Halaman Pengesahan .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir .....	vi
Abstrak / abstract.....	vii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Gambar .....	xii
Daftar Tabel .....	xiv

<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Deskripsi Singkat .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
1.5 Metode Penulisan .....	4
<b>BAB 2. TEORI DASAR .....</b>	<b>5</b>
2.1 Tekanan .....	5
2.2 Sistem thermodynamika .....	6
2.3 Proses Thermodynamika gas .....	8
2.3.1 Proses Isotermal (suhu selalu konstan) .....	8
2.3.2 Proses Isokorik (volume selalu konstan).....	9
2.3.3 Proses Isobarik (tekanan selalu konstan.....	10
2.3.4 Proses Adiabatik .....	10
2.4 Hukum – hukum dasar thermodynamika .....	12
2.5 Penerapan Hukum thermodynamika .....	12
2.5.1 Kapasitas Kalor gas.....	14
2.5.2 Menentukan konstanta Laplace.....	15
2.6 Sensor .....	18
2.6.1 Sensor Temperatur .....	19
2.6.2 Sensor Tekanan .....	21

2.7 Solenoid valve .....	25
2.7.1 Kerja Solenoid valve .....	25
2.8 LCD (Liquid Crystal Display) .....	26
2.9 Keypad .....	27
2.10 Mikrocontroller ATMEGA16 .....	28
2.10.1 Port sebagai input/output digital .....	30
2.10.2 Timer .....	32
<b>BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM .....</b>	<b>39</b>
3.1 Gambaran Umum .....	39
3.2 Blok diagram rangkaian .....	40
3.3 Konstruksi mekanik .....	41
3.4 Konstruksi rangkaian .....	43
3.4.1 Rangkaian Minimum System .....	44
3.4.2 Rangkaian Driver .....	45
3.4.3 Rangkaian sensor tekanan dan temperature .....	47
3.5 Perancangan Software .....	48
3.5.1 Flowchart Subrutin Keypad .....	53
3.5.2 Flowchart subrutin Input angka .....	54
<b>BAB 4. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>48</b>
4.1 Pengujian Keypad .....	48
4.2 Pengujian Nilai Adc .....	51
4.3 Sensor Tekanan dan Sensor Temperatur .....	52
4.3.1 Pengujian sensor tekanan pada tekanan awal (po) 1,5 bar .....	52
4.3.2 Pengujian sensor tekanan pada tekanan awal (po) 2,5 bar .....	57
4.2.3 Pengujian sensor tekanan pada tekanan awal (po) 4,5 bar .....	60
<b>BAB 5. KESIMPULAN .....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran .....	66
DAFTAR ACUAN .....	67
LAMPIRAN .....	68



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Blok diagram sistem.....	2
Gambar 2.1. Bagan Tekanan.....	6
Gambar 2.2 Skema sistem termodinamika. ....	6
Gambar 2.3. Proses isothermal. ....	8
Gambar 2.4. Proses Isokhorik. ....	9
Gambar 2.5. Proses Isobarik. ....	10
Gambar 2.6. Proses adiabatik. ....	11
Gambar 2.7 Konversi tanda untuk besaran-besaran termodinamika .....	13
Gambar 2.8. Bentuk Fisik LM 35 .....	19
Gambar 2.9. Grafik akurasi LM35 terhadap suhu.....	21
Gambar 2.10 Solenoid Keadaan Off.....	24
Gambar 2.11 Solenoid Keadaan On.....	24
Gambar 2.12 LCD.....	24
Gambar 2.13 Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin .....	28
Gambar 2.14 Blok Diagram Mikrokontroler ATmega16.....	29
Gambar 2.15 Blok diagram timer/counter. ....	31
Gambar 3.1. Blok diagram sistem.....	33
Gambar 3.2 (a) Penampang Samping Rancang Bangun Konstanta Laplace .....	34
Gambar 3.2 (b) Penampang Atas Rancang Bangun Pengukuran Konstanta Laplace .....	34
Gambar 3.4 Rangkaian Minimum system.....	36
Gambar 3.5. Bagan Rangkaian driver .....	38
Gambar 3.6. Bagan rangkaian sensor tekanan dan temperatur .....	39
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Temperatur dan Tekanan.. ....	40
Gambar 3.8. Flowchart secara keseluruhan .....	44
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> sub routine keypad.....	46
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> sub routine Input angka .....	47

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konstanta Laplace.....	15
Tabel 2.2 Konfigurasi pin port.....	30
Tabel 4.1 Data keypad 4x4.....	49
Tabel. 4.2 Data tampilan keypad pada lcd.....	50
Tabel 4.3 Data Tekanan yang dihasilkan terhadap Tegangan dan Adc_value .....	51
Tabel 4.4 Data Konstanta Laplace pada tekanan 2.5 bar dengan Time delay 5s.....	53
Tabel 4.5 Data Konstanta Laplace pada tekanan 2.5 bar dengan Time delay 6s.....	54
Tabel 4.6 Data Konstanta Laplace pada tekanan 2.5 bar dengan Time delay 7s.....	56
Tabel 4.7 Data Konstanta Laplace pada tekanan 3.5 bar dengan Time delay 5s.....	57
Tabel 4.8 Data Konstanta Laplace pada tekanan 3.5 bar dengan Time delay 6s.....	58
Tabel 4.9 Data Konstanta Laplace pada tekanan 3.5 bar dengan Time delay 7s.....	59
Tabel 4.10 Data Konstanta Laplace pada tekanan 4.5 bar dengan Time delay 5s .	61
Tabel 4.11 Data Konstanta Laplace pada tekanan 4.5 bar dgn Time delay 6s .....	62
Tabel 4.12 Data Konstanta Laplace pada tekanan 4.5 bar dgn Time delay 7s .....	63

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini penulis membahas latar belakang pembuatan skripsi, tujuan penelitian, batasan masalah, deskripsi singkat, sistematika penulisan serta metode penulisan.

### **1.1 Latar Belakang**

Ilmu pengetahuan alam (sains) merupakan ilmu yang diperoleh melalui pengamatan dan penelitian terhadap alam serta gejala-gejala alam. Sains itu sendiri pada hakikatnya berkaitan dengan cara mencari tahu dan memahami tentang alam secara sistematis, sehingga sains bukan hanya penguasaan tentang kumpulan pengetahuan berupa fakta-fakta, konsep, prinsip saja tetapi juga merupakan suatu proses penemuan.

Fisika adalah satu bagian dari sains yang membahas tentang fenomena dan proses nyata yang menjadi masalah-masalah yang ada di alam. Dasar analisa Kapasitas Kalor Gas adalah kesetimbangan tekanan dan volum dalam system yang terisolasi dari lingkungan. Jika suatu sistem tidak menunjukkan terjadinya perubahan, maka sistem tersebut dapat dikatakan berada pada status keseimbangan.

Pada Umumnya kalor jenis merupakan sifat bahan yang dimiliki oleh zat baik itu padat, cair maupun gas. Sifat dari kalor jenis inilah yang pada nantinya menentukan apakah benda tersebut bagus atau tidak dalam proses pemanasan.

Pada Umumnya kalor jenis adalah sifat dari zat atau energi panas yang terkandung dalam zat untuk memanaskan masin sehingga mesin dapat bekerja. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Jika suhunya tinggi maka kalor yang dikandung oleh benda sangat besar, begitu juga sebaliknya jika suhunya rendah maka kalor yang dikandung sedikit.

Kalor jenis gas ( $c$ ) dinyatakan dalam per satuan mol. Kalor jenis didefinisikan sebagai banyaknya kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 mol gas sebesar 1 derajat celcius. Kalor jenis dapat berupa kalor gas udara pada volume tetap ( $c_v$ ) dan pada tekanan tetap ( $c_p$ ).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur nilai konstanta Laplace gas udara .

## 1.3 Batasan masalah

Dalam pembuatan skripsi ini penulis membatasi masalah yaitu mencari nilai konstanta laplace dengan menggunakan gas berupa udara.

## 1.4 Deskripsi Singkat



Gambar 1.1 Blok diagram sistem

Apabila pada suatu wadah yang tertutup di masukkan gas udara pada tekanan dan volume yang tetap maka gas akan menempati seluruh ruangan sampai mencapai ke keadaan yang setimbang. Selain itu, Akibat adanya tekanan yang berasal dari kompressor maka wadah akan terus memanans pada temperatur tertentu sehingga apabila solenoid valve dibuka maka temperatur yang berada pada wadah akan keluar ke lingkungan dan akan menurun sesuai dengan temperatur lingkungan. Selain itu tekanan akan mendekati tekanan atmosfer dalam interval waktu yang sangat singkat sehingga terjadi proses adiabatik.

Jika energi dalam sistem bertambah maka suhu juga bertambah. Sebaliknya, jika energi dalam sistem berkurang maka suhu sistem berkurang.

Pada bagian mekanik dipasang masing-masing sensor temperatur dan sensor tekanan.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka skripsi ini dibagi menjadi beberapa bab, yaitu :

### **BAB 1. Pendahuluan**

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari skripsi ini.

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

Teori dasar berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literature yang berhubungan dalam perancang bangunan dan elektronika.

### **BAB 3. Perancangan Sistem**

Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari semua elektronik yang terlibat

### **BAB 4. Data Percobaan dan Analisa**

Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal

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

Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.

## **1.6 Metode Penulisan**

### **a. Study Literatur**

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dengan mengacu kepada buku-buku pegangan, data *sheet*, internet, makalah-makalah dan lain-lain.

### **b. Perancangan Alat**

Penulis berusaha untuk membuat suatu rancangan sistem mekanik serta *hardware* yang ingin dibuat di dalam penelitian, berdasarkan bahan-bahan yang ada untuk dapat dianalisa kembali.

### **c. Pembuatan Alat**

Pada bagian ini berisi mengenai proses perencanaan rancang bangun dari sistem mekanik yang dibuat. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya, sedangkan untuk bagian software akan dibahas program yang digunakan dalam sistem pengendalinya.

### **d. Pengujian Sistem**

Pada bagian ini merupakan proses pengujian dari proyek yang dibuat, dengan tujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari alat yang dibuat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

### **e. Pengambilan Data**

Setelah alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu sistem sehingga dapat dilihat apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan benar, sehingga penulis dapat melakukan pengambilan data.

### **f. Penulisan Penelitian**

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

## BAB 2

### TEORI DASAR

Dalam melakukan penelitian banyak hal yang harus kita pelajari mengenai teori-teori yang berkaitan pada proyek yang akan dikerjakan. Adapun teori-teori yang digunakan, antara lain :

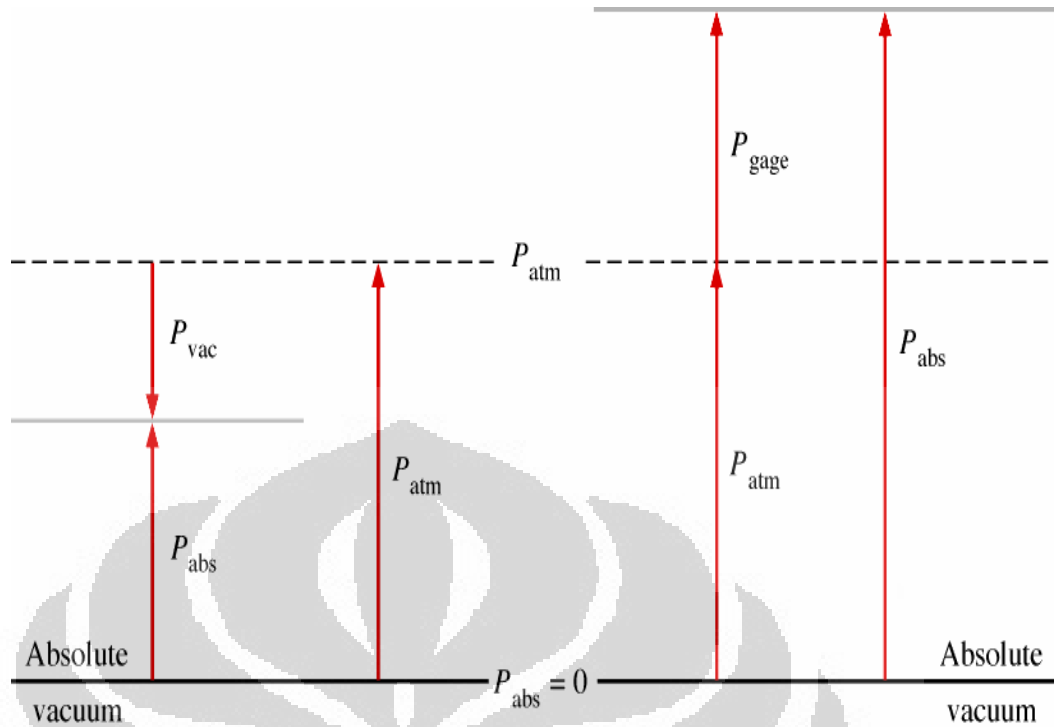
#### 2.1 Tekanan

Tekanan merupakan salah satu property yang terpenting dalam termodinamika, dan didefinisikan sebagai gaya tekan suatu fluida (cair atau gas) pada satu satuan unit luas area. Istilah tekanan pada benda padat disebut tegangan (stress). Satuan tekanan adalah Pa (Pascal), yang didefinisikan sebagai:

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Karena satuan Pascal terlalu kecil, maka dalam analisis termodinamika sering digunakan satuan kilopascal (1 kPa = 10<sup>3</sup> Pa), atau megapascal (1 MPa = 10<sup>6</sup> Pa). Satuan tekanan yang cukup dikenal adalah satuan bar (barometric), atau atm (standard atmosphere), sebagai berikut. 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa = 0,1 Mpa = 100kPa — 1 atm = 101. 325 Pa = 101,325 kPa = 1, 01325 bar Pengukuran tekanan dengan menggunakan referensi tekanan nol absolut disebut tekanan absolut (ata), sedang tekanan manometer (ato) adalah tekanan relatif terhadap tekanan atmosfer.

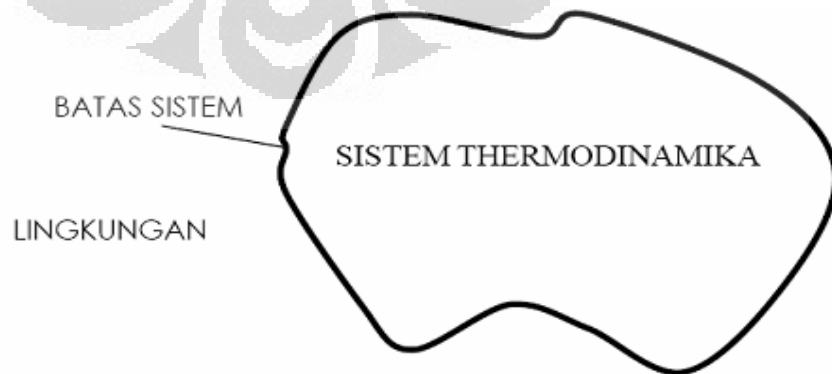
Tekanan vakum adalah tekanan dibawah 1 atm, yaitu perbedaan antara tekanan atmosfer dengan tekanan absolut, seperti ditunjukkan dalam Gambar berikut :



Gambar 2.1 Bagan tekanan

## 2.2 Sistem termodinamika

Suatu sistem Termodinamika adalah suatu masa atau daerah yang dipilih untuk dijadikan objek analisis. Daerah sekitar sistem tersebut disebut sebagai lingkungan. Batas antara sistem dengan lingkungan disebut batas sistem (Boundary), seperti yang terlihat pada gambar 1.1. Dalam aplikasinya batas sistem merupakan bagian dari sistem maupun lingkungannya, dan dapat tetap atau dapat berubah posisi atau bergerak.



Gambar 2.2 Skema sistem termodinamika



Klasifikasi sistem termodinamika berdasarkan pada sifat batas sistem-lingkungan dan perpindahan materi, kalor dan entropi antara sistem dan lingkungan.

Ada tiga jenis sistem berdasarkan jenis pertukaran yang terjadi antara sistem dan lingkungan:

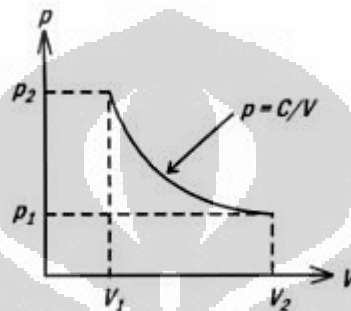
- sistem terisolasi: tak terjadi pertukaran panas, benda atau kerja dengan lingkungan. Contoh dari sistem terisolasi adalah wadah terisolasi, seperti tabung gas terisolasi.
- sistem tertutup: terjadi pertukaran energi (panas dan kerja) tetapi tidak terjadi pertukaran benda dengan lingkungan. Rumah hijau adalah contoh dari sistem tertutup di mana terjadi pertukaran panas tetapi tidak terjadi pertukaran kerja dengan lingkungan. Apakah suatu sistem terjadi pertukaran panas, kerja atau keduanya biasanya dipertimbangkan sebagai sifat pembatasnya, seperti
  - pembatas adiabatik: tidak memperbolehkan pertukaran panas.
- sistem terbuka: terjadi pertukaran energi (panas dan kerja) dan benda dengan lingkungannya. Sebuah pembatas memperbolehkan pertukaran benda disebut permeabel. Samudra merupakan contoh dari sistem terbuka.

Dalam kenyataan, sebuah sistem tidak dapat terisolasi sepenuhnya dari lingkungan, karena pasti ada terjadi sedikit pencampuran, meskipun hanya penerimaan sedikit penarikan gravitasi. Dalam analisis sistem terisolasi, energi yang masuk ke sistem sama dengan energi yang keluar dari sistem.

## 2.3 Proses Termodinamika gas

### 2.3.1 Proses Isothermal (suhu selalu konstan)

Proses isothermal berasal dari bahasa Yunani yang berarti proses perubahan variabel keadaan sistem pada suhu tetap. Dari pernyataan tersebut kita dapat melukiskan grafik hubungan antara tekanan  $P$  dan volume  $V$  yaitu :



Gambar 2.3 Proses isothermal

Gambar diatas memperlihatkan tekanan dan volume sistem berubah sepanjang lintasan, sedangkan temperturnya tetap. Karena  $T$  konstan maka

$$PV = nRT = C = \text{konstan}$$

Atau 
$$P = \frac{C}{V} \dots\dots\dots(2.1)$$

Karena perubahan volume  $V$  tidak linier, maka kita tidak dapat menggunakan rumus  $W = p\Delta V = p(V_2 - V_1)$ , tetapi dengan menggunakan pendekatan diferensial-integral.

$$dW = p dV = \frac{nRT}{V} dV \dots\dots\dots(2.2)$$

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT}{V} dV$$

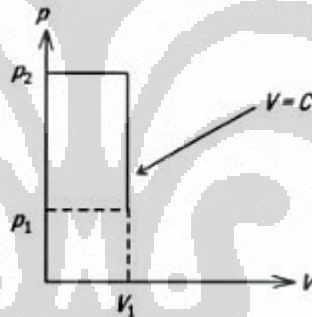
$$W = nRT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$$

$$W = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \dots\dots\dots(2.3)$$

**2.3.2 Proses Isokorik (volume selalu konstan)**

Dalam proses Isokorik, volume sistem dijaga agar selalu konstan. Karena volume sistem selalu konstan, maka sistem tidak bisa melakukan kerja pada lingkungan. Demikian juga sebaliknya, lingkungan tidak bisa melakukan kerja pada sistem.

Dari pernyataan tersebut kita dapat melukiskan grafik hubungan antara tekanan P dan volume V yaitu :



Gambar 2.4 Proses Isokhorik

Volume (V) gas konstan, sehingga :

$$\frac{P}{T} = \frac{nR}{V} = \text{konstan} \dots\dots\dots(2.4)$$

Karena volume gas tidak berubah ( $\Delta V=0$ ), maka usaha yang dilakukan oleh gas sama dengan nol.

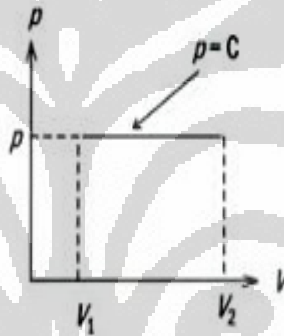
$$W = p\Delta V = p \times 0$$

$$W = 0 \dots\dots\dots(2.5)$$

Pada proses isokorik (volume konstan), kalor (Q) yang ditambahkan pada sistem digunakan untuk menaikkan energi dalam sistem.

### 2.3.3 Proses Isobarik (tekanan selalu konstan)

Dalam proses Isobarik, tekanan sistem dijaga agar selalu konstan. Karena yang konstan adalah tekanan, maka perubahan energi dalam ( $\Delta U$ ), kalor (Q) dan kerja (W) pada proses isobarik tidak ada yang bernilai nol. Dengan demikian, persamaan hukum pertama termodinamika tetap utuh seperti semula. Kita dapat melukiskan grafik hubungan antara tekanan P dan volume V seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Proses Isobarik

Karena p konstan, maka  $\frac{p}{T} = \frac{nR}{V}$  ..... (2.6)

Usaha yang dilakukan gas adalah :

$$W = p\Delta V = p(V_2 - V_1) \dots\dots\dots(2.7)$$

### 2.3.4 Proses Adiabatik

Dalam proses adiabatik, tidak ada kalor yang ditambahkan pada sistem atau meninggalkan sistem ( $Q = 0$ ). Proses adiabatik bisa terjadi pada sistem tertutup yang terisolasi dengan baik. Untuk sistem tertutup yang terisolasi dengan baik, biasanya tidak ada kalor yang dengan seenaknya mengalir ke dalam sistem atau

meninggalkan sistem. Proses adiabatik juga bisa terjadi pada sistem tertutup yang tidak terisolasi. Untuk kasus ini, proses harus dilakukan dengan sangat cepat sehingga kalor tidak sempat mengalir menuju sistem atau meninggalkan sistem.

Apabila sistem ditekan dengan cepat (kerja dilakukan terhadap sistem), maka kerja bernilai negatif. Karena  $W$  negatif, maka  $U$  bernilai positif (energi dalam sistem bertambah). Sebaliknya jika sistem berekspansi atau memuai dengan cepat (sistem melakukan kerja), maka  $W$  bernilai positif.

Karena  $W$  positif, maka  $U$  bernilai negatif (energi dalam sistem berkurang). Hubungan tekanan dan Volume dapat dinyatakan dengan rumus berikut :

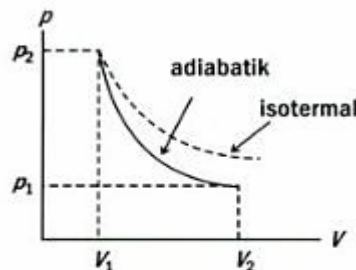
$$PV^\gamma = \text{Konstan}$$

$$\text{Atau } P = C/V^\gamma \dots\dots\dots (2.8)$$

Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa grafik hubungan tekanan ( $P$ ) dengan volume ( $V$ ) mirip dengan grafik hubungan tekanan dan suhu pada proses isothermal tetapi lebih curam. Usaha yang dilakukan gas pada proses adiabatik dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W = \frac{P_1V_1 - P_2V_2}{\gamma - 1} \dots\dots\dots (2.9)$$

Adapun grafiknya proses adiabatik yaitu :



Gambar 2.6 Proses adiabatik

## 2.4 Hukum-Hukum Dasar Termodinamika

Terdapat Tiga Hukum Dasar yang berlaku di dalam sistem termodinamika, yaitu:

- **Hukum Pertama** Termodinamika

Hukum ini terkait dengan kekekalan energi. Hukum ini menyatakan perubahan energi dalam dari suatu sistem termodinamika tertutup sama dengan total dari jumlah energi kalor yang disuplai ke dalam sistem dan kerja yang dilakukan terhadap sistem.

- **Hukum kedua** Termodinamika

Hukum kedua termodinamika terkait dengan entropi. Hukum ini menyatakan bahwa total entropi dari suatu sistem termodinamika terisolasi cenderung untuk meningkat seiring dengan meningkatnya waktu, mendekati nilai maksimumnya.

- **Hukum ketiga** Termodinamika

Hukum ketiga termodinamika terkait dengan temperatur nol absolut. Hukum ini menyatakan bahwa pada saat suatu sistem mencapai temperatur nol absolut, semua proses akan berhenti dan entropi sistem akan mendekati nilai minimum. Hukum ini juga menyatakan bahwa entropi benda berstruktur kristal sempurna pada temperatur nol absolut bernilai nol.

## 2.5 Penerapan Hukum Termodinamika

Pada hukum termodinamika I berisi pernyataan tentang hukum kekekalan energi. Hukum ini menggambarkan percobaan yang menghubungkan usaha yang dilakukan pada sistem ( $W$ ), Panas yang ditambahkan atau dikurangkan pada sistem ( $Q$ ), dan energi internal sistem ( $U$ ).

Hasil Percobaan Joule menyatakan bahwa jumlah panas yang ditambahkan dan usaha yang dilakukan pada sistem sama dengan perubahan energi internal pada sistem.

Pernyataan tersebut dikenal dengan Hukum 1 Termodinamika. Secara Matematis dituliskan sebagai berikut :

$$Q + (-W) = \Delta U$$

Atau 
$$Q = \Delta U + W \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

Q = Kalor (J)

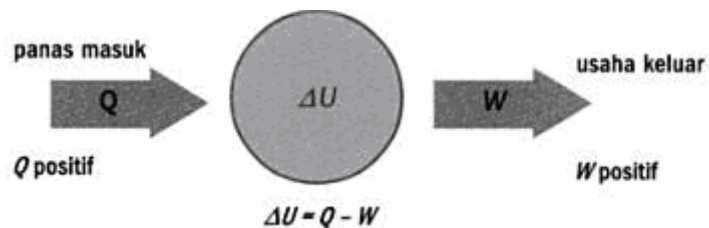
W = Usaha (J)

U = Perubahan energi dalam (J)

Keterangan :

- Kalor bernilai positif jika diberikan pada sistem, dan bernilai negatif jika keluar dari sistem.
- Usaha (W) bernilai positif jika usaha dilakukan pada sistem (gas mengembang), dan bernilai negatif jika usaha dilakukan pada sistem untuk menekan gas.

Pernyataan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.7 Konversi tanda untuk besaran-besaran termodinamika

### 2.5.1 Kapasitas Kalor Gas

Suhu suatu gas dapat dinaikkan dalam kondisi yang bermacam-macam contohnya pada tekanan dan volume konstan. Pada tiap kondisi tersebut, panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu sebesar satu satuan suhu yang berbeda-beda. Dengan kata lain, suatu gas mempunyai bermacam-macam kapasitas panas tetapi hanya dua yang mempunyai arti praktis, yaitu kapasitas kalor pada volume konstan ( $C_v$ ) dan kapasitas kalor pada tekanan konstan ( $C_p$ ).

Kapasitas kalor pada volume tetap ( $C_v$ ) didefinisikan sebagai kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat sebesar satu kelvin pada volume konstan. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C_v = \frac{Q_v}{\Delta T} \text{ atau } Q_v = C_v \Delta T \dots\dots\dots(2.11)$$

Bila kalor ditambahkan kepada gas pada volume tetap, maka tidak ada usaha yang dilakukan oleh atau pada gas. Proses yang ditambahkan pada proses isokhorik sama dengan pertambahan energi dalam gas.

$$Q_v = \Delta U \dots\dots\dots(2.12)$$

Mengingat persamaan (11):

$$Q_v = C_v \Delta T$$

Maka

$$\Delta U = C_v \Delta T$$

$$\frac{3}{2} nR \Delta T = C_v \Delta T$$



Jadi kapasitas kalor pada proses isokhorik (volume tetap )

$$C_v = \frac{3}{2} nR \dots\dots\dots(2.13)$$

Kapasitas kalor pada tekanan tetap ( $C_p$ ) didefinisikan sebagai kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu suatu zat sebesar sebanyak satu kalori pada tekanan konstan

$$C_p = \frac{Q_p}{\Delta T} \text{ atau } Q_p = C_p \Delta T \dots\dots\dots(2.14)$$

Bila kalor ditambahkan ke gas pada tekanan tetap, kalor yang diberikan digunakan untuk menaikkan energi dalam gas untuk melakukan usaha.

Berdasarkan persamaan (2.10), maka:

$$Q_p = \Delta U + W$$

$$Q_p = Q_v + W$$

$$C_p \Delta T = C_v + p \Delta V$$

$$C_p \Delta T = C_p \Delta T + nR \Delta T$$

$$C_p = C_v + nR = \frac{3}{2} nR + nR$$

$$C_p = \frac{5}{2} nR \dots\dots\dots(2.15)$$

### 2.5.2 Menentukan Konstanta Laplace

Konstanta Laplace didefinisikan sebagai perbandingan kapasitas kalor gas pada tekanan tetap dengan kapasitas kalor gas pada volume tetap. Secara matematis dituliskan sebagai :

$$\Gamma = \frac{C_p}{C_v} \dots\dots\dots(2.16)$$

### 1. Konstanta Laplace Gas Monoatomik

Kapasitas kalor gas pada gas monoatomik pada volume konstan dan pada tekanan konstan masing-masing dapat diperlihatkan sesuai dengan persamaan (2.13) dan (2.15) yaitu :

$$C_v = \frac{3}{2} nR$$

$$C_p = \frac{5}{2} nR$$

Jadi konstanta laplace pada gas monoatomik sesuai dengan persamaan (16) adalah sebesar :

$$\Gamma = \frac{\frac{5}{2} nR}{\frac{3}{2} nR} = \frac{5}{3} = 1,67$$

### 2. Konstanta Laplace Gas Diatomik

Pembahasan  $C_v$  dan  $C_p$  pada gas diatomik dibagi menjadi tiga keadaan ,yaitu pada suhu rendah,suhu sedang dan suhu tinggi

Tabel 2.1 Konstanta Laplace

No	Suhu	$C_v$	$C_p$	$\gamma$
1	Rendah	$3/2 nR$	$5/2 nR$	1,62
2	Sedang	$5/2 nR$	$7/2 nR$	1,4
3	Tinggi	$7/2 nR$	$9/2 nR$	1,28

Atau , Untuk mencari nilai konstanta laplace, dapat juga dilihat dari proses yang terjadi yaitu :

1. Proses adiabatik

$$PV^\gamma = \text{Konstan}$$

$$BV^\gamma = P_0V_0^\gamma \dots\dots\dots(2.17)$$

2. Proses isothermis

$$PV = P_0V_0$$

$$P^\gamma V^\gamma = P_0^\gamma V_0^\gamma \dots\dots\dots(2.18)$$

Sehingga

$$\frac{P^\gamma V^\gamma = P_0^\gamma V_0^\gamma}{BV^\gamma = P_0V_0^\gamma}$$

$$\frac{P^\gamma}{B} = \frac{P_0^\gamma}{P_0}$$

$$\frac{P^\gamma}{P_0^\gamma} = \frac{B}{P_0}$$

$$\left(\frac{P}{P_0}\right)^\gamma = \frac{B}{P_0}$$

$$\gamma = \frac{\text{Log}(B/P_0)}{\text{Log}(P/P_0)} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

$\gamma$  = Konstanta Laplace

B = Selisih tekanan udara antara ditabung dan dilingkungan (Pa)

P<sub>0</sub> = Tekanan awal (Pa)

P = Tekanan Akhir (Pa)

## 2.6 Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi/ mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya (Petruzella, 2001).

Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan secara elektronik berfungsi mengubah besaran fisik (misalnya : temperatur, gaya, kecepatan putar-an) menjadi besaran listrik yang proposional. Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan ini harus memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas yaitu :

**a. Linieritas**

Konversi harus benar-benar proposional, jadi karakteristik konversi harus linier.

**b. Tidak tergantung temperatur**

Keluaran konverter tidak boleh tergantung pada temperatur di sekelilingnya, kecuali sensor suhu.

**c. Kepekaan**

Kepekaan sensor harus dipilih sedemikian rupa, sehingga pada nilai-nilai masukan yang ada dapat diperoleh tegangan listrik keluaran yang cukup besar.

**d. Waktu tanggapan**

Waktu tanggapan adalah waktu yang diperlukan keluaran sensor untuk mencapai nilai akhirnya pada nilai masukan yang berubah secara mendadak. Sensor harus dapat berubah cepat bila nilai masukan pada sistem tempat sensor tersebut berubah.

**e. Batas frekuensi terendah dan tertinggi**

Batas-batas tersebut adalah nilai frekuensi masukan periodik terendah dan tertinggi yang masih dapat dikonversi oleh sensor secara benar. Pada kebanyakan aplikasi disyaratkan bahwa frekuensi terendah adalah 0Hz.

**f. Stabilitas waktu**

Untuk nilai masukan (input) tertentu sensor harus dapat memberikan keluaran (output) yang tetap nilainya dalam waktu yang lama.

### g. Histerisis

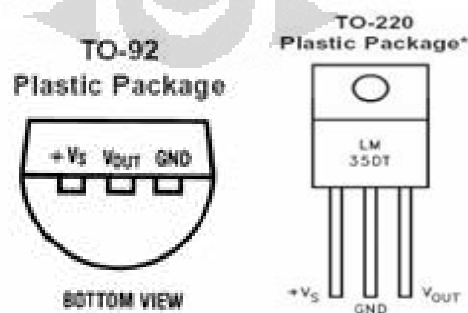
Gejala histerisis yang ada pada magnetisasi besi dapat pula dijumpai pada sensor. Misalnya, pada suatu temperatur tertentu sebuah sensor dapat memberikan keluaran yang berlainan.

Empat sifat diantara syarat-syarat dia atas, yaitu linieritas, ketergantungan pada temperatur, stabilitas waktu dan histerisis menentukan ketelitian sensor .

#### 2.6.1 Sensor Temperatur

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60  $\mu\text{A}$  hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5  $^{\circ}\text{C}$  pada suhu 25  $^{\circ}\text{C}$  .



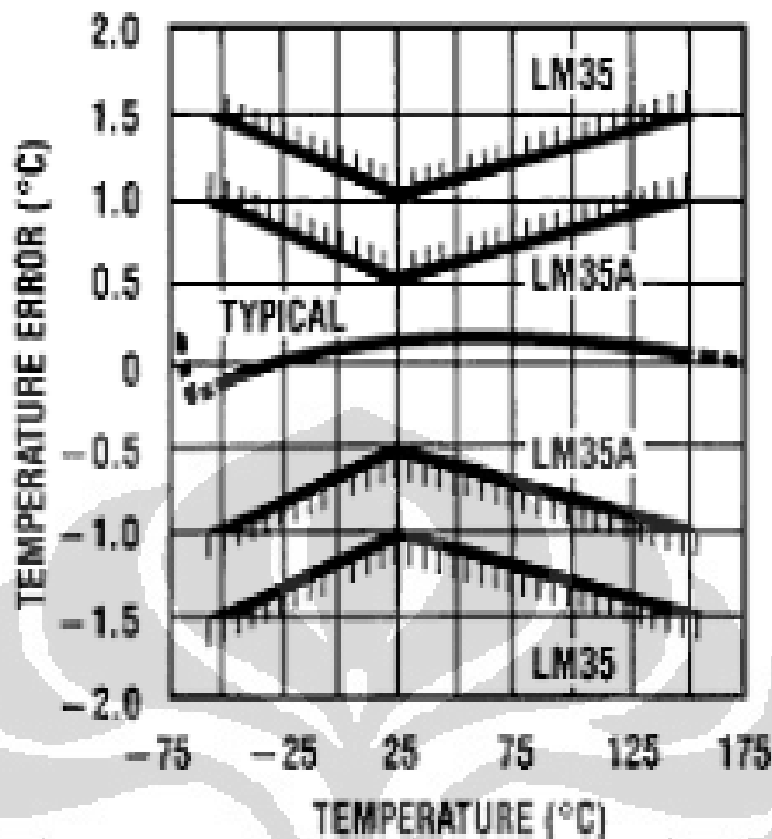
Gambar 2.8 Bentuk Fisik LM 35

Gambar diatas menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah 3 pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau  $V_{out}$  dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} * 10 \text{ mV} \dots\dots\dots(2.20)$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1 °C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar 0,01 °C karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya . Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35.

- Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/ °C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
- Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C seperti terlihat pada gambar 2.2.
- Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
- Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA.
- Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 °C pada udara diam.
- Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
- Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar  $\pm \frac{1}{4}$  °C.



Gambar 2.9 Grafik akurasi LM35 terhadap suhu

### 2.6.2 Sensor tekanan

Sebuah sensor tekanan biasanya bertindak sebagai transduser; itu menghasilkan sinyal sebagai fungsi dari tekanan yang dipaksakan. Untuk keperluan artikel ini, seperti sinyal listrik. Sensor tekanan digunakan untuk pengendalian dan pemantauan dalam ribuan aplikasi sehari-hari.

Sensor tekanan juga dapat digunakan untuk mengukur variabel lain secara tidak langsung seperti fluida / aliran gas, kecepatan, permukaan air, dan ketinggian.. Sensor-sensor tekanan alternatif dapat disebut transduser tekanan, tekanan pemancar, tekanan pengirim, tekanan indikator dan piezometers, manometers, di antara nama-nama lain.

Sensor-sensor tekanan dapat bervariasi secara drastis di bidang teknologi, desain, kinerja, kesesuaian dan biaya aplikasi. Ada juga kategori sensor tekanan yang dirancang untuk mengukur dalam modus dinamis untuk menangkap kecepatan yang sangat tinggi perubahan tekanan. Contoh aplikasi untuk jenis sensor ini akan berada di mengukur tekanan pembakaran dalam silinder mesin atau turbin gas. Sensor ini biasanya dibuat dari piezoelektrik bahan-bahan seperti kuarsa.

Beberapa sensor-sensor tekanan, seperti yang ditemukan di beberapa kamera penegakan lalu lintas, fungsi dalam biner (on / off) cara, yaitu, saat tekanan diterapkan pada sebuah sensor tekanan, sensor tindakan untuk menyelesaikan atau memutuskan suatu rangkaian listrik.

Dalam hal jenis tekanan, sensor tekanan dapat dibagi menjadi lima kategori:

- **Sensor tekanan absolut**

Sensor ini mengukur tekanan relatif terhadap vakum sempurna tekanan (0 PSI atau tidak ada tekanan). Tekanan atmosfer, adalah 101,325 kPa (14,7 PSI) di permukaan laut dengan mengacu pada vakum.

- **Sensor tekanan gauge**

Sensor ini digunakan dalam berbagai aplikasi karena dapat dikalibrasi untuk mengukur tekanan relatif terhadap tekanan atmosfer tertentu pada lokasi tertentu. Sebuah alat pengukur tekanan ban adalah contoh dari indikasi tekanan gauge. Ketika alat pengukur tekanan ban dibaca 0 PSI, ada benar-benar 14,7 PSI (tekanan atmosfer) dalam ban.

- **Sensor tekanan Vacuum**

Sensor ini digunakan untuk mengukur tekanan lebih kecil dari tekanan atmosfer di lokasi tertentu. Hal ini memiliki potensi untuk menyebabkan kebingungan seperti industri dapat merujuk kepada sebuah sensor vakum



sebagai salah satu yang dirujuk ke salah satu tekanan atmosfer (yaitu mengukur tekanan gauge Negatif) atau relatif ke absolut vakum.

- **Sensor tekanan diferensial**

Sensor ini mengukur perbedaan antara dua atau lebih tekanan diperkenalkan sebagai masukan kepada unit penginderaan, misalnya, mengukur penurunan tekanan di saringan minyak. Tekanan diferensial juga digunakan untuk mengukur tingkat aliran atau kapal bertekanan.

- **Sealed sensor tekanan**

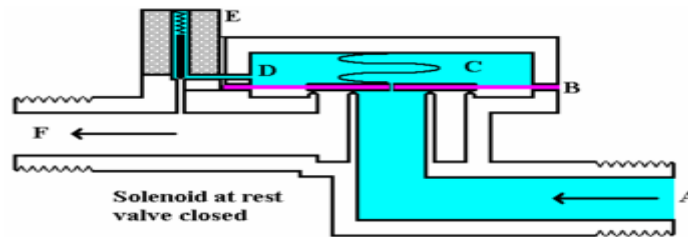
Sensor ini sama dengan tekanan gauge sensor kecuali bahwa sebelumnya dikalibrasi oleh produsen untuk mengukur tekanan relatif terhadap tekanan permukaan laut (14,7 PSI).

## **2.7 Solenoid**

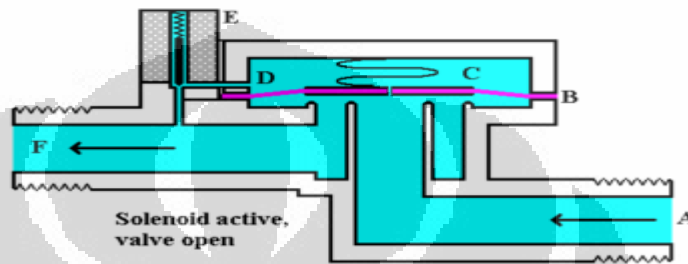
Solenoid tidak jauh berbeda dengan sebuah motor dc, yang bergerak jika dipicu oleh tegangan. Tegangan yang dibutuhkan oleh solenoid adalah 24 volt. Solenoid adalah kumparan yang dibangkitkan dengan tenaga listrik, berupa tegangan. Dalam penentuan solenoid harus mengetahui jenis apa yang dibutuhkan. Solenoid type valve untuk gas merupakan solenoid yang bekerja seperti keran yang dapat membuka secara otomatis jika solenoid mendapatkan supply tegangan.

### **2.7.1 Cara Kerja Solenoid Valve**

Pada solenoid valve, solenoid digunakan sebagai system pengisian. Pada type ini ada dua buah lubang, yang pertama sebagai input, yang kedua sebagai output. Saat solenoid tidak ada tegangan maka solenoid akan bersifat normally close, atau solenoid tertutup. Maka gas yang masuk pada titik A tidak dapat lewat, karena C dan D menutup gas yang akan melewati solenoid. Ketika solenoid mendapat tegangan maka B dan E akan memicu D dan C untuk membuka. Maka gas akan melewati solenoid melalui lubang output F.



Gambar 2.10 Solenoid Keadaan Off



Gambar 2.11 Solenoid Keadaan On

## 2.8 LCD (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal diterjemahkan sebagai kristal cair. Kristal dibagi atas dua bentuk padat dan cair. Padat dan cair merupakan dua sifat benda yang berbeda. Molekul-molekul benda padat tersebar secara teratur dan posisinya tidak berubah-ubah, sedangkan molekul-molekul zat cair letak dan posisinya tidak teratur karena dapat bergerak acak ke segala arah.. Fase ini atau fase kristal memiliki sifat-sifat padat dan cair secara bersama-sama. Molekul-molekulnya memiliki arah yang sama seperti sifat padat, tetapi molekul-molekul itu dapat bergerak bebas seperti pada cairan. Fase kristal cair ini berada lebih dekat dengan fase cair karena dengan sedikit penambahan temperatur (pemanasan) fasenya langsung berubah menjadi cair. Sifat ini menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap temperatur. Sifat inilah yang menjadi dasar utama pemanfaatan Kristal cair dalam teknologi.

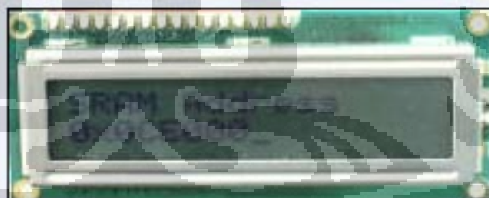
Jenis kristal cair yang digunakan dalam pengembangan teknologi LCD adalah tipe *nematic* (molekulnya memiliki pola tertentu dengan arah tertentu). Tipe yang paling sederhana adalah *twisted nematic* (TN) yang memiliki struktur molekul

Universitas Indonesia

yang terpilin secara alamiah . Struktur TN terpilin secara alamiah sebesar 90° Struktur TN ini dapat dilepas pilinannya (*untwist*) dengan menggunakan arus listrik. Lcd telah banyak berkembang dan banyak digunakan dalam tekhnologi.

Lcd merupakan sebuah display yang berperan sebagai informasi data keluaran dari mikro. Lcd mempunyai 8 data line, tetapi dapat dikendalikan dengan “mode ekonomis”, yaitu dengan menggunakan 4 line teratas dari dataline. Hal ini dapat menghemat 4 pin I.O microcontroller. Data mode adalah keadaan awal pin. Ini maksudnya masing-masing pin dapat dipilih untuk pin lcd. Pilihan ini memberikan kemudahan pada pilihan konfigurasi i/o pada mikrokontroller.

Melalui pin lcd ini dapat memberikan tampilan data yang telah ditulis dalam program bascom. Dalam peakaian lcd hal yang sangat perlu adalah menset config lcd pada pin yang diinginkan. Penggunaan lcd lebih menyederhanakan tampilan karena tampilan yang dikeluarkan tida perlu lagi dalam bentuk bit, dibandingkan dengan seven segmen. Rangkaian lcd pada miroontroller hanya menyabung port pada port miroontroller. Kelebihan pemakaian lcd selaian lebih mudah, tampilan yang dihasilkanpun lebih baik.



Gambar 2.12 LCD (Liquid Crystal Display)

## 2.9 Keypad

Saat pembuatan suatu alat agar mudah dalam pemerintahan kita memerlukan setidaknya suatu komponen yang memberikan data keluaran yang dapat diterima mikrokontroller sebagai input. Seperti push buttom, limit switch, sensor, keypad, dan lain-lain. Dalam hal ini penulis menggunakan keypad guna memberikan data perintah untuk mikrokontroller sebagai penentuan langkah-langkah yang diinginkan.

Keypad memiliki berbagai jenis type, ada single key, matrix 3 X 4, 4 X 4, dan sebagainya. Keypad 4 X 4 adalah 4 baris dan 4 kolom. Dari jenis-jenis keypad yang ada memiliki karakteristik tersendiri. Karakter keypad menentukan data-data yang dikeluarkan, dari masing-masing keypad memiliki nilai keluaran data yang berbeda. Data-data yang dihasilkan akan mempengaruhi bekerja atau tidaknya sebuah keypad. Karena bekerja atau tidaknya keypad akan mempengaruhi berjalannya suatu program. Jika data keypad yang dihasilkan tidak sesuai dengan program maka program tidak dapat bekerja. Keypad memiliki 8 pin, dari kedelapan pin ini memiliki data antar tombol. Pada pembahasan data pengamatan akan penulis tampilkan bilangan biner yang terjadi pada tombol keypad yang penulis gunakan.

Keypad merupakan pengabungan tombol-tombol push button yang dirangkai menjadi sebuah aklor yang mampu memberikan nilai output. Keypad dalam kinerjanya seperti saklar yang memiliki hubungan nilai hambatan, ketika salah satu tombol keypad tertekan maka akan ada dua hambatan yang akan terhubung. Dalam pencarian data kita perlu menghubungkan bit-bit yang ada pada keypad, saat ada satu tombol keypad yang ditekan maka akan ada dua hambatan yang terhubung. Saat dua hambatan yang terhubung maka keypad menghasilkan nilai output yang dapat diterima mikrokontroller. Saat data diterima mikrokontroller maka program akan bekerja sesuai dengan yang diperintahkan

## **2.10 Mikrocontroller ATMEGA16**

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATMega16. ATMega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk

mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses. Mikrokontroler jenis Beberapa keistimewaan dari AVR ATmega16 antara lain :

#### *1. Advanced RISC Architecture*

- *130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution*
- *32 x 8 General Purpose Fully Static Operation*
- *Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz*
- *On-chip 2-cycle Multiplier*

#### *2. Nonvolatile Program and Data Memories*

- *8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash*
- *Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits*
- *512 Bytes EEPROM*
- *512 Bytes Internal SRAM*
- *Programming Lock for Software Security*

#### *3. Peripheral Features*

- *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Mode*
- *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes*
- *One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode*
- *Real Time Counter with Separate Oscillator*
- *Four PWM Channels*
- *8-channel, 10-bit ADC*
- *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
- *Programmable Serial USART*

#### *4. Special Microcontroller Features*

- *Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection*
- *Internal Calibrated RC Oscillator*
- *External and Internal Interrupt Sources*
- *Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Powerdown,*

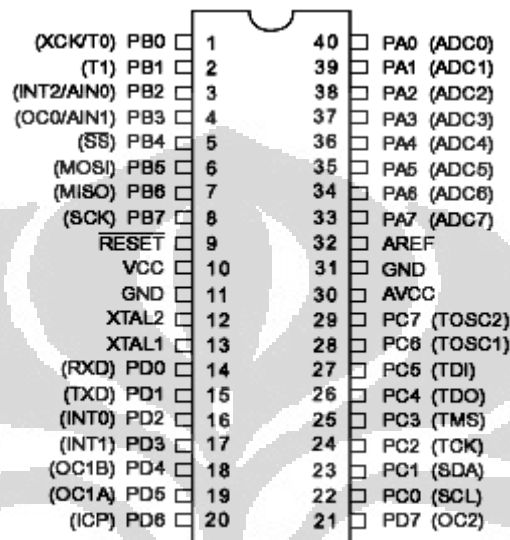
*Standby and Extended Standby*

#### *5. I/O and Package*

- 32 Programmable I/O Lines
- 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad MLF

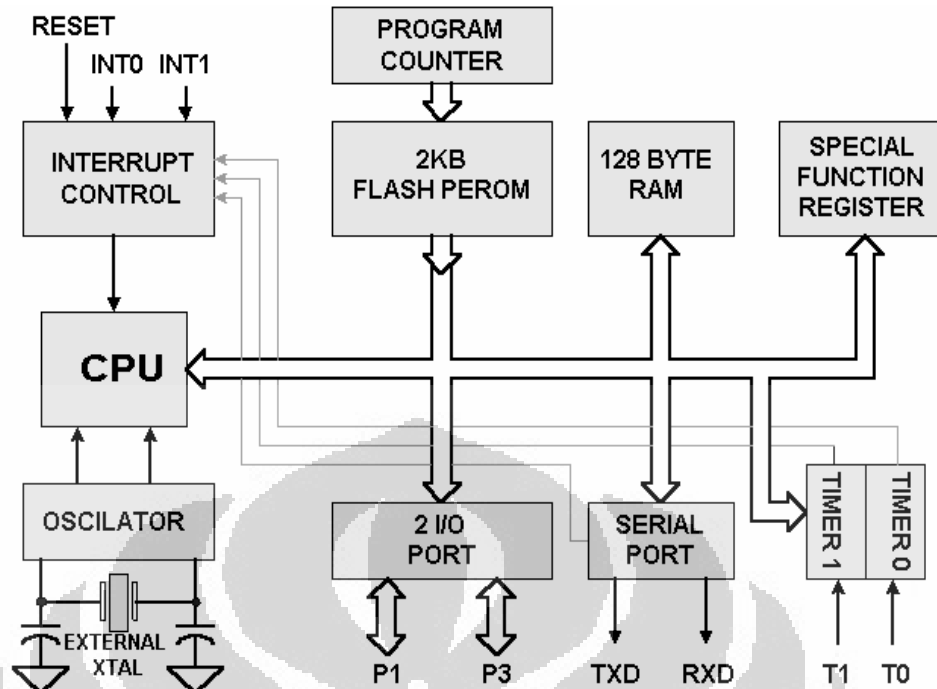
#### 6. Operating Voltages

- 4.5 - 5.5V for Atmega16



Gambar 2.13 Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin DIP

Pin-pin pada ATmega16 dengan kemasan 40-pin DIP (*dual inline package*) ditunjukkan oleh gambar 1. Guna memaksimalkan performa, AVR menggunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data). Adapun blok diagram dari IC ATmega16 ini adalah :



Gambar 2.14 Blok Diagram Mikrokontroler ATmega16

### 2.10.1 Port sebagai input/output digital

ATmega16 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu  $DDx_n$ ,  $PORTx_n$ , dan  $PINx_n$ . Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit  $DDx_n$  terdapat pada I/O address  $DDRx$ , bit  $PORTx_n$  terdapat pada I/O address  $PORTx$ , dan bit  $PINx_n$  terdapat pada I/O address  $PINx$ . Bit  $DDx_n$  dalam register  $DDRx$  (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila  $DDx_n$  diset 1 maka  $Px$  berfungsi sebagai pin output. Bila  $DDx_n$  diset 0 maka  $Px$  berfungsi sebagai pin input. Bila  $PORTx_n$  diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*,  $PORTx_n$  harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi reset. Bila  $PORTx_n$  diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila  $PORTx_n$  diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* ( $DDx_n=0$ ,  $PORTx_n=0$ ) ke kondisi *output high* ( $DDx_n=1$ ,  $PORTx_n=1$ ) maka harus ada

kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (DDxn=0, PORTxn=1) atau kondisi *output low* (DDxn=1, PORTxn=0).

Biasanya, kondisi pull-up enabled dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dengan sebuah *pull-up*. Jika ini bukan suatu masalah, maka bit PUD pada register SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua *pull-up* dalam semua port. Peralihan dari kondisi *input dengan pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus menggunakan kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) atau kondisi output high (DDxn=1, PORTxn=0) sebagai kondisi transisi.

Tabel 2.2 Konfigurasi pin port

DDxn	PORTxn	PUD (In SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

Bit 2 – PUD : *Pull-up Disable*

Bila bit diset bernilai 1 maka *pull-up* pada port I/O akan dimatikan walaupun register DDxn dan PORTxn dikonfigurasi untuk menyalakan *pull-up* (DDxn=0, PORTxn=1).

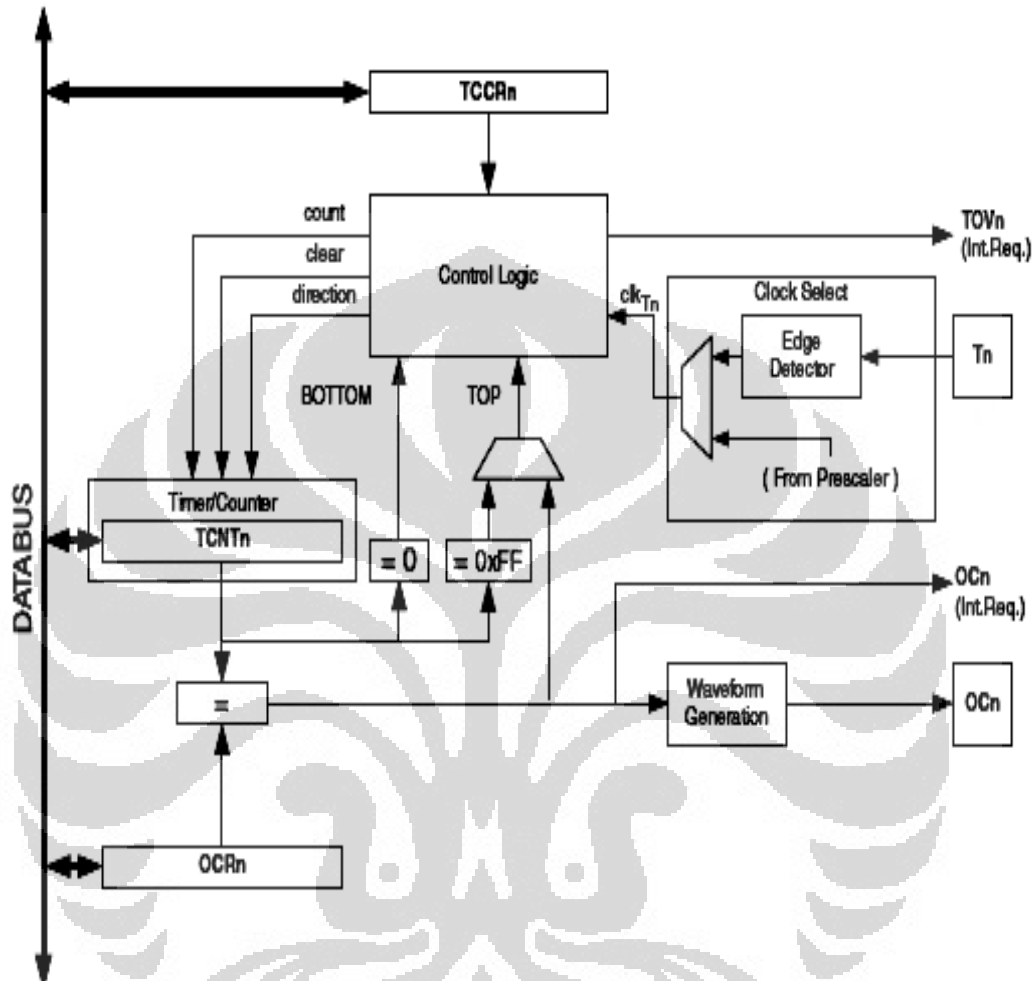
### 2.10.2 Timer

Timer/counter adalah fasilitas dari ATmega16 yang digunakan untuk perhitungan pewaktuan. Beberapa fasilitas *channel* dari timer counter antara lain: *counter channel* tunggal, pengosongan data timer sesuai dengan data pembanding, bebas *-glitch*, tahap yang tepat *Pulse Width Modulation (PWM)*, pembangkit frekuensi, *event counter external*..

Gambar diagram *block* timer/counter 8 bit ditunjukkan pada gambar 2. Untuk penempatan pin I/O telah di jelaskan pada bagian I/O di atas. CPU dapat diakses



register I/O, termasuk dalam pin-pin I/O dan bit I/O. *Device* khusus register I/O dan lokasi bit terdaftar pada deskripsi timer/counter 8 bit.



Gambar 2.15 Blok diagram timer/counter

## BAB 3

### PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini penulis ingin membahas secara menyeluruh apa yang tercakup dalam pembuatan mekanik, cara kerja alat dan sistem serta cara kerja pembuatan alat secara umum. Serta mengenai fungsi alat dan blok diagram secara keseluruhan serta cara kerjanya secara rinci dalam tiap-tiap sub bab.

#### 3.1 Gambaran Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing konstruksi mekanik, *hardware* serta *software* yang digunakan penulis dalam penyusunan alat ukur konstanta laplace berbasis mikrokontroler. Pada system yang bekerja pada alat ini memanfaatkan software dari Bascom-AVR (Basic Compiler – AVR) yang menjadi pengatur lalu lintas dari system alat ini. Bascom berperan sebagai program yang memerintahkan agar system dapat bekerja, bascom hanyalah software yang kemudian tersimpan di Atmega16. Pada bab ini akan dibahas mengenai fungsi alat dan blok diagram secara keseluruhan serta cara kerjanya secara rinci dalam tiap-tiap sub bab. Pada prinsipnya alat ini berfungsi untuk menghitung nilai konstanta laplace pada tekanan dan volume tetap.

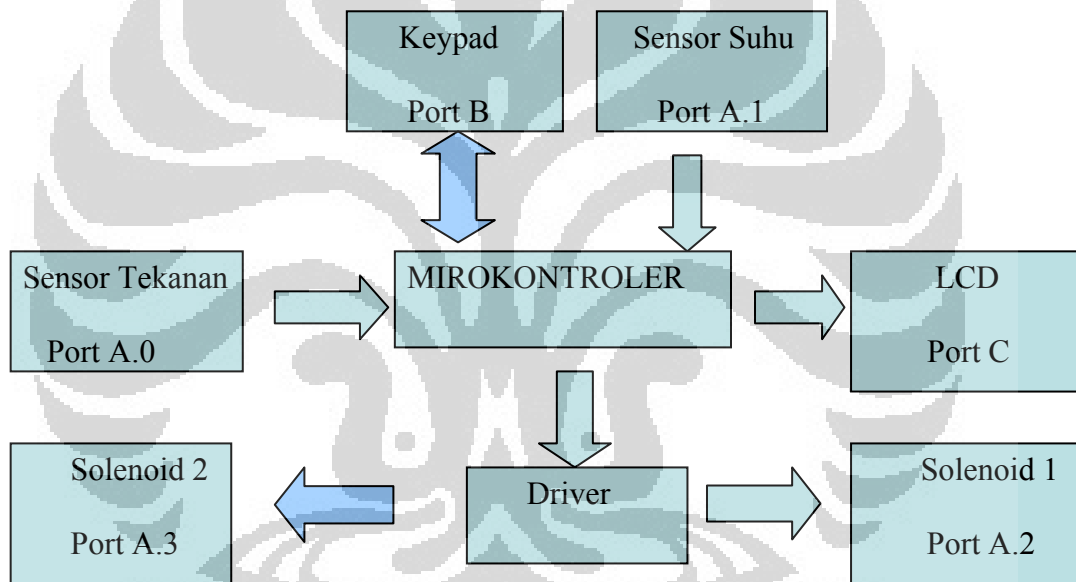
Pemakaian alat dimulai dengan cara mengatur kondisi wadah sedemikian rupa sehingga temperatur wadah sama dengan temperatur lingkungan. Kemudian memasukkan nilai tekanan yang diinginkan melalui sebuah keypad pada suatu wadah berupa tabung yang tertutup. Apabila tekanan yang diinginkan telah tercapai maka mikrocontroller akan secara otomatis membuat solenoid valve (outlet) terbuka. Pembukaan solenoid valve mengakibatkan pembacaan temperatur pada sistem mengalami penurunan seiring dengan perubahan tekanan yang mengalami penurunan.

Penurunan nilai tekanan yang keluar melalui solenoid akan mencapai nilai yang konstan setelah suhu akhir sama dengan suhu lingkungan. Untuk Menghitung

nilai dari Konstanta Laplace maka dapat mempergunakan rumus yang diberikan sebelumnya dan output akan didisplaykan melalui sebuah Lcd yang memiliki karakter 4 baris.

Perancangan pada bab ini menggunakan perangkat keras meliputi beberapa bagian yaitu: bagian pengontrol utama yaitu Mikrokontroler sebagai otak pengendali, sinyal masukan yaitu berupa nilai tekanan yang diinginkan yang diinputkan melalui keypad, sedangkan sinyal keluaran yaitu nilai dari konstanta Laplace yang didisplaykan melalui Lcd.

### 3.2 Blok Diagram Rangkaian



Gambar 3.1 Blok Diagram sistem

Berdasarkan Blok diagram diatas, nilai input yaitu berupa tekanan awal ( $P_0$ ) akan ditekan melalui sebuah keypad yang berada pada port b, setiap kenaikan atau penurunan dari tekanan akan dideteksi oleh sensor temperatur dan tekanan. Sensor tekanan dan sensor sensor temperatur masing masing bertipe bertipe MPX 5700 GP dan Sensor LM 35. Sensor Tekanan ini bertipe Gate pressure dimana tekanan yang terukur yaitu berupa tekanan yang ada didalam tabung ditambah dengan nilai tekanan pada lingkungan( 1bar). Apabila nilai tekanan semakin naik maka temperatur yang terukur akan semakin panas



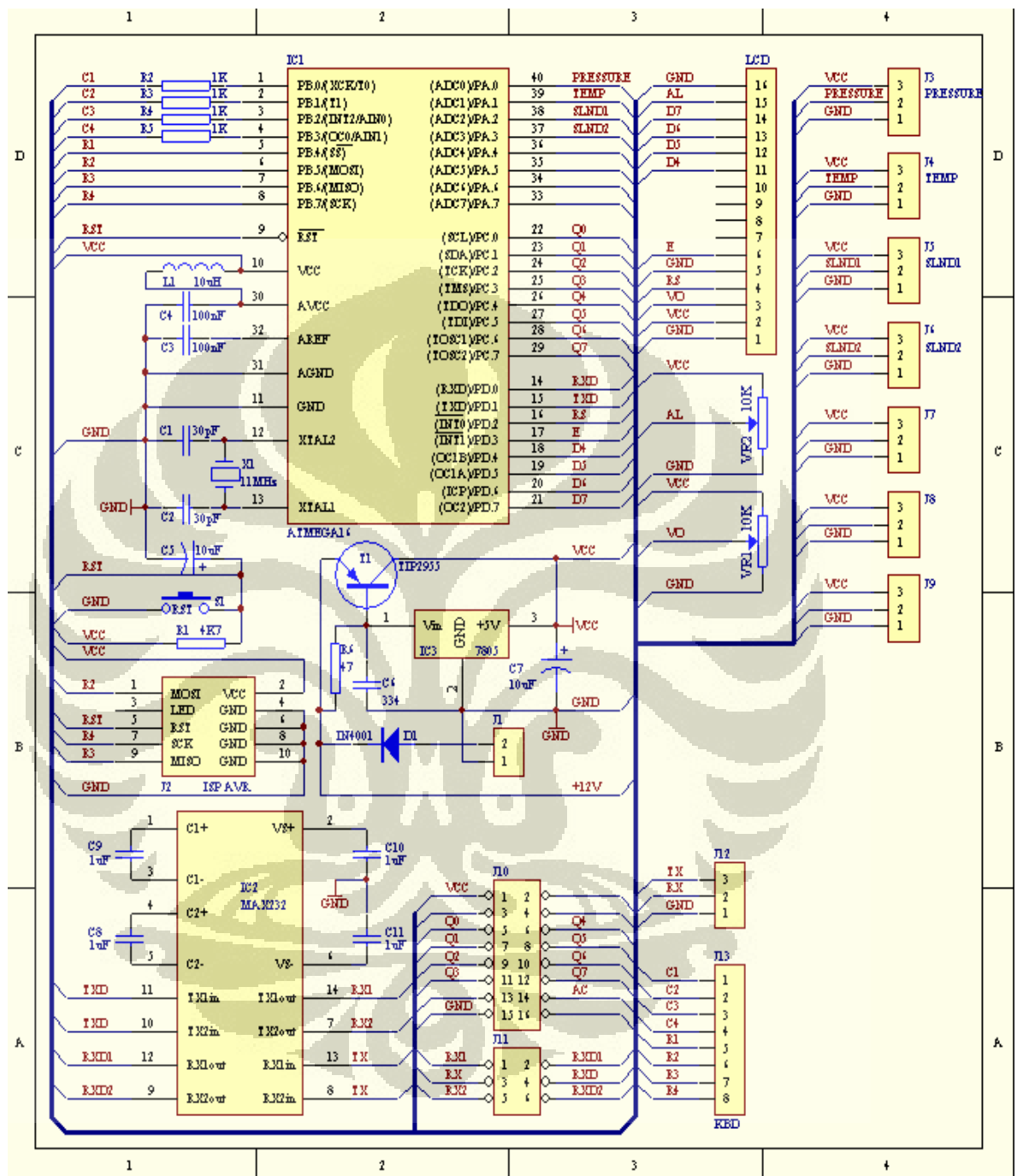
Pada Konstruksi mekanik ini penulis menggunakan sebuah tabung dengan ukuran panjang sebesar 40 cm dengan ketebalan tabung sebesar 8mm dan Penutup tabung yang terbuat dari plat besi dengan diameter sebesar 20cm. Pemilihan ukuran tabung ini didesign agar mampu menahan tekanan tinggi yang akan di inputkan kedalam tabung. Pada tabung tersebut (tepatnya terpasang di penutup tabung) terdapat suatu rangkaian sensor LM 35 yang dipasang pada bahan isolator yaitu berupa PE. Pemilihan Bahan isolator ini dimaksudkan untuk mencegah hubungan singkat antara rangkaian yang digunakan terhadap pengguna karena pada penutup ini dipasang suatu rangkain pada bagian bawah penutup. Untuk menghubungkan output sensor dari LM 35 ke minsis mikrocontroller maka di PE dipasang 3 buah Jack banana yang terdiri dari Vcc, ground, output LM 35, Sedangkan rangkaian sensor tekanan diletakkan diluar wadah dan untuk pembacaan nilai tekanannya maka pada plat penutup tabung dipasang suatu saluran yang menggunakan selang yang menghubungkan antara tabung dengan sensor tekanan. Selain itu juga, dipasang 2 buah solenoid valve yang berfungsi sebagai saklar on-off yang akan dipicu dari rangkaian driver yang memiliki tegangan sebesar 24 volt. Selonoid ini masing – masing terdiri dari dua lubang yaitu input dan output yang memiliki diameter 1,5 cm. Selonoid pertama digunakan sebagai saluran masuknya gas udara yang berasal dari kompressor sedangkan selonoid kedua digunakan sebagai saluran pengeluaran udara. Selain itu juga, dipasang pressure gauge yang digunakan sebagai alat ukur tekanan udara yang memiliki range nilai dari 0 – 10 bar. Ketika gas udara dimasukkan kedalam tabung maka pembacaan dari sensor tekanan dan sensor temperatur akan dijadikan parameter input pada mikrocontroller yang pada akhirnya akan didapatkan nilai konstanta laplace.

### **3.4 Konstruksi Rangkaian**

Pada konstruksi ini adalah pembuatan driver untuk mensinkronisasikan antara hardware dan software. Dalam perancangan driver ini maka yang digunakan hanya sebatas pada hardware yang memerlukan driver guna menjalankan hardware tersebut. Driver yang penulis gunakan adalah driver motor dan rangkaian minimum system untuk pengendali mikrikontroller untuk Atmega16.

**Universitas Indonesia**

### 3.4.1 Rangkaian Minimum System



Gambar 3.4 Rangkaian Minimum System

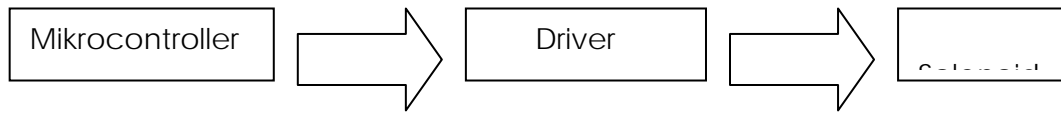
Rangkaian minimum sistem ini terdiri dari jalur ISP programmer, rangkaian reset mikrokontroler dan ISP programmer, kristal, 4 buah header 1x10 yang terhubung ke port I/O-nya mikrokontroler, dan delapan buah terminal keluaran.

Sebagai otak dari sistem ini menggunakan mikrokontroler produk dari atmel keluarga AVR seri ATmega 16. IC mikrokontroler ATmega 16 ini memiliki 40 pin dengan 32 pin I/O, 8K byte *flash memory*, dan 512K EEPROM. Pada rangkaian minimum system ini, pinA.0 mikrokontroler digunakan sebagai input dari sensor tekanan (MPX 5700GP) pada J3, pin A.1 digunakan sebagai input sensor temperatur yaitu LM35 pada J4, pinA.1 digunakan sebagai output solenoid 1 yang digunakan sebagai saluran masuknya udara ke sistem yaitu pada J5. Selain itu juga, output yang digunakan sebagai saluran tempat keluarnya udara dari sistem (wadah) ke lingkungan yaitu pin A.7 yaitu pada J6. Sedangkan pinD.0 dan pinD.1 digunakan untuk komunikasi ke PC (*Personal Computer*).

Pada minsis juga dibuat rangkaian keypad yang berada pada pin B yang terdiri dari 4 kolom dan 4 row (kolom dan baris). Pembacaan dari keypad ini menggunakan metode *scanning*. Sedangkan untuk Lcd digunakan pada Port C. Pada rangkaian LCD ini yang digunakan yaitu 4 bit data (D4-D7) dan 4 bit untuk mengatur karakteristik LCD yaitu tingkat kecerahan (*brightness*) pada pin AL, tingkat kontras pada pin V0 serta Enable dan Reset (pada pin E dan pin Rs).

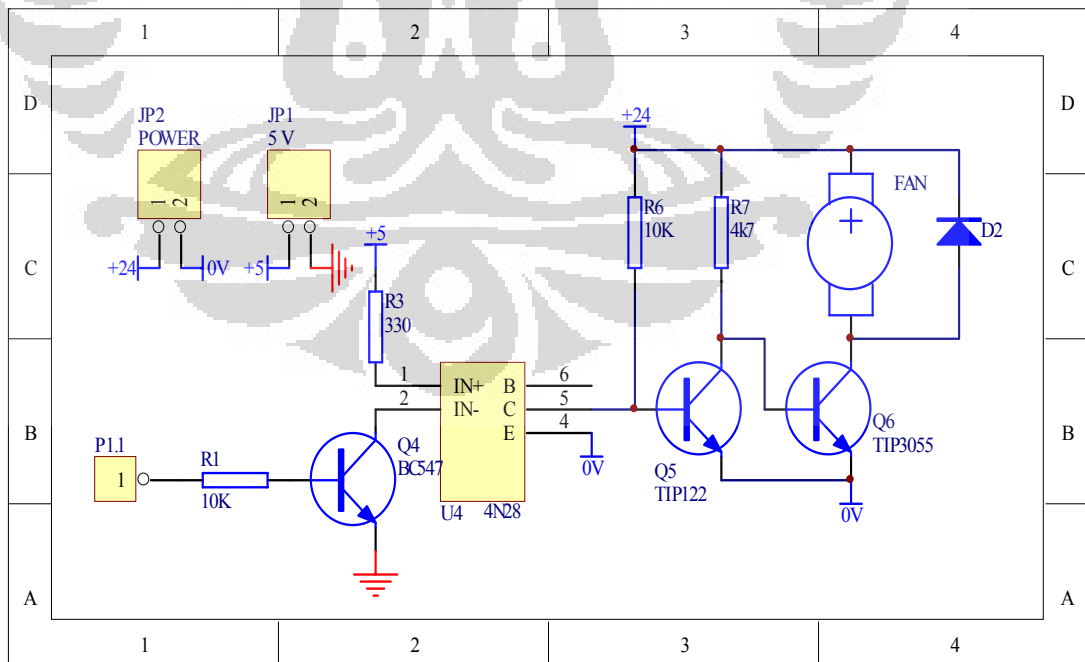
ADC internal pada ATmega16 merupakan ADC 10 bit yang bernilai 1024. Pada minimum sistem ini port A di gunakan untuk input nilai-nilai analog. ADC internal ini digunakan untuk input dari sensor serta masukan / data lain yang digunakan. Prinsip kerja ADC sendiri ialah memberi tegangan masukan pada Port yang tersedia pada ATmega16. ADC memerlukan daya sebesar 5 volt pada pin Vcc (Vref) dan GND dihubungkan dengan ground, dengan  $V_{ref} = \frac{1}{2} V_{cc}$ . Biasanya Vref bernilai 2.56 V, dari beberapa indikasi yang dimiliki oleh ADC kita dapat mengetahui berapa volt tegangan yang dibutuhkan oleh ADC untuk menaikkan 1 byte

### 3.4.2 Rangkaian Driver



Gambar 3.5 Bagan Rangkaian driver

Pada Bagan rangkaian diatas, pada driver terdapat output (port) yang terhubung ke mikrokontroler dimana driver akan aktif apabila dipicu dari mikrocontroller yaitu dengan logika 1. Dan akan non aktif apabila diberikan logika 0. Driver tersebut digunakan sebagai penggerak dari solenoid dimana solenoid yang digunakan yaitu solenoid dc 24 volt sebanyak 2 buah. Skematik dari driver motor dapat dilihat dibawah ini :

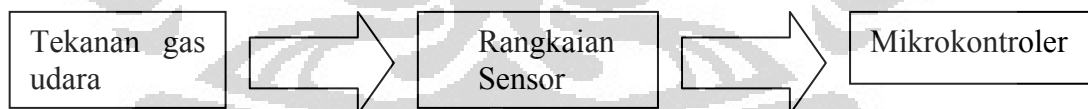


Gambar 3.6 Rangkaian Driver



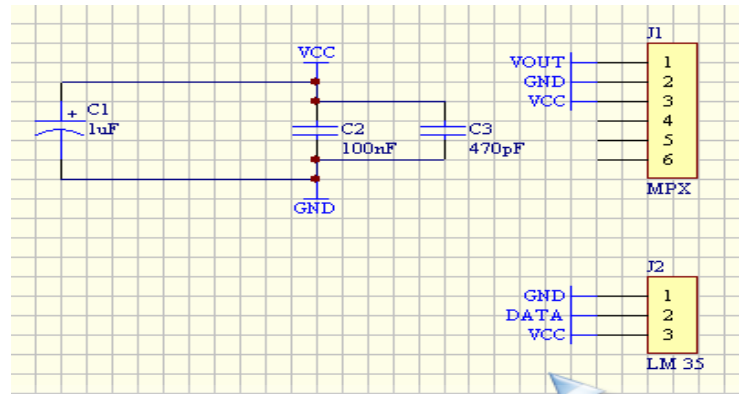
Pada rangkaian driver diatas, JP2 merupakan suply 24 volt untuk mengaktifkan solenoid. Sedangkan JP1 merupakan tegangan suply yang diberikan ke mikrocontroller. Apabila ouput P11 (Port 1) diberikan logika 1 maka basis dari transistor BC 547 akan berlogika 1 dan ouput yang dihasilkan di emitor yaitu berlogika 0. Pin 1 dan pin 2 pada IC 4n28 (optocoupler) merupakan tegangan yang masuk ke optocoupler sehingga apabila emitor berlogika 0 maka arus akan mengalir ke optocoupler dan output yang dihasilkan oleh optocoupler pada pin colector yaitu berlogika 0. Kemudian akan mengalir ke basis Q5 (TIP 212) dan mengakibatkan terjadi arus cut off ( $I_c \neq I_e$ ).Maka tegangan akan dialirkan melalui Q5 pada colector sebesar 24v dan mengalir ke basis Q6 dan mengakibatkan arus saturasi dimana  $I_c = I_e$  yang menghasilkan output yang berlogika 0 pada colector dan mengalir ke anoda pada solenoid (kaki minus).Untuk mengaktifkan mengaktifkan solenoid,maka pada katoda diberika suply tegangan sebesar 24 volt. Dioda digunakan sebagai penyearah.

### 3.4.3 Rangkaian Sensor Tekanan dan Temperatur



Gambar 3.7 Bagan rangkain sensor tekanan dan temperatur

Pada bagan rangkaian sensor diatas, tekanan yang berasal dari kompressor yang berupa gas udara akan dibaca oleh sensor tekanan dan sensor temperatur yang terhubung oleh mikrokontroler setiap kenaikan dan penurunan gas udara yang diberikan kedalam tabung.



Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Temperatur dan Tekanan

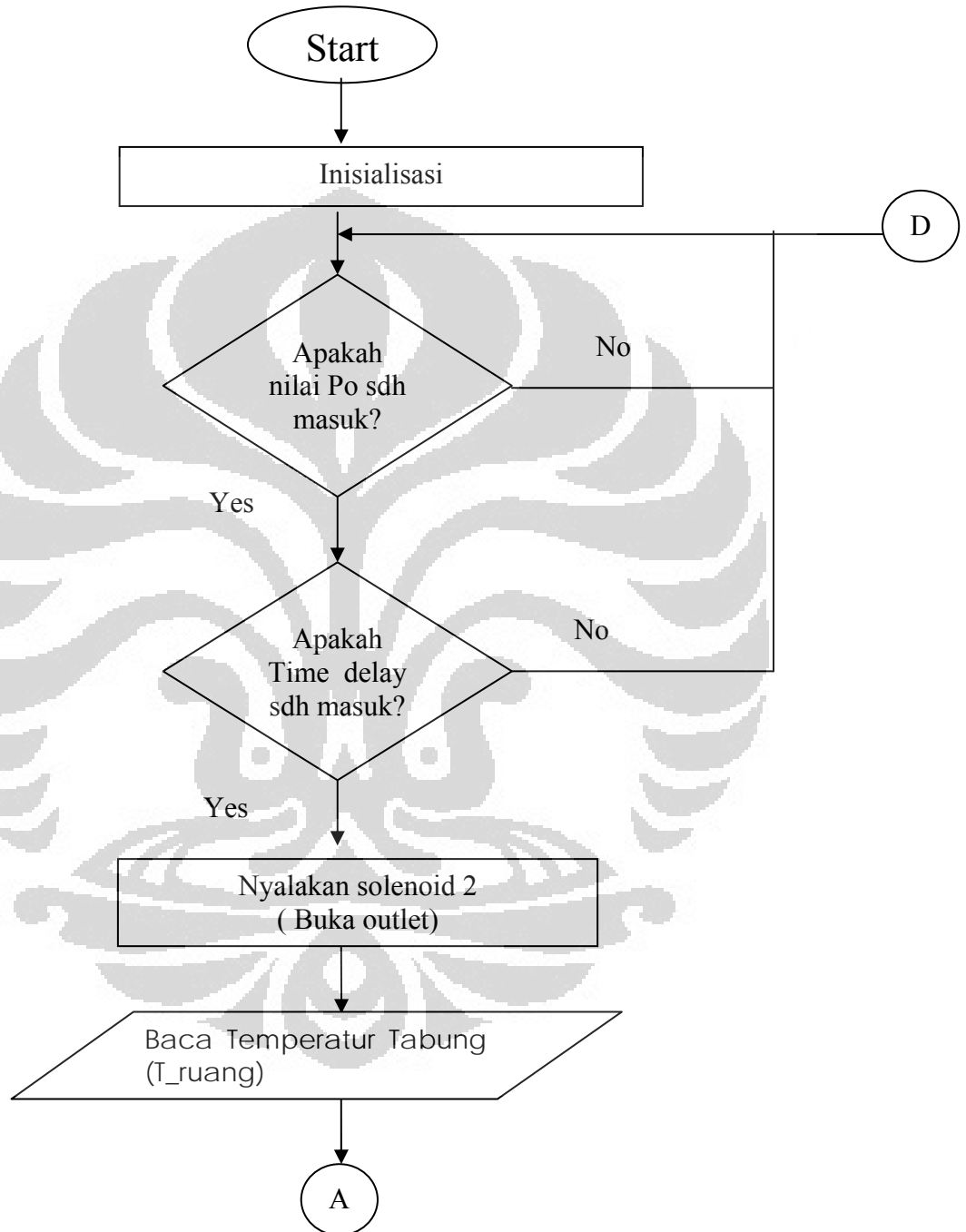
Pada rangkaian diatas, sensor LM 35 terdiri dari Vcc, ground dan output dimana akan aktif bila di suply tegangan sebesar 5 volt. Nilai Output dari sensor LM 35 ini berupa analog yang bersifat linier sehingga tidak memerlukan lagi rangkaian amplifier. Sedangkan pada sensor tekanan yang bertipe MPX 5700 GP menggunakan rangkaian yang terdiri dari kapasitor yang berguna sebagai filter tegangan untuk menjadikan tegangan lebih stabil yang terdiri dari Vcc, ground dan output yang nantinya data output yang berupa tegangan dihubungkan dengan adc mikrocontroller.

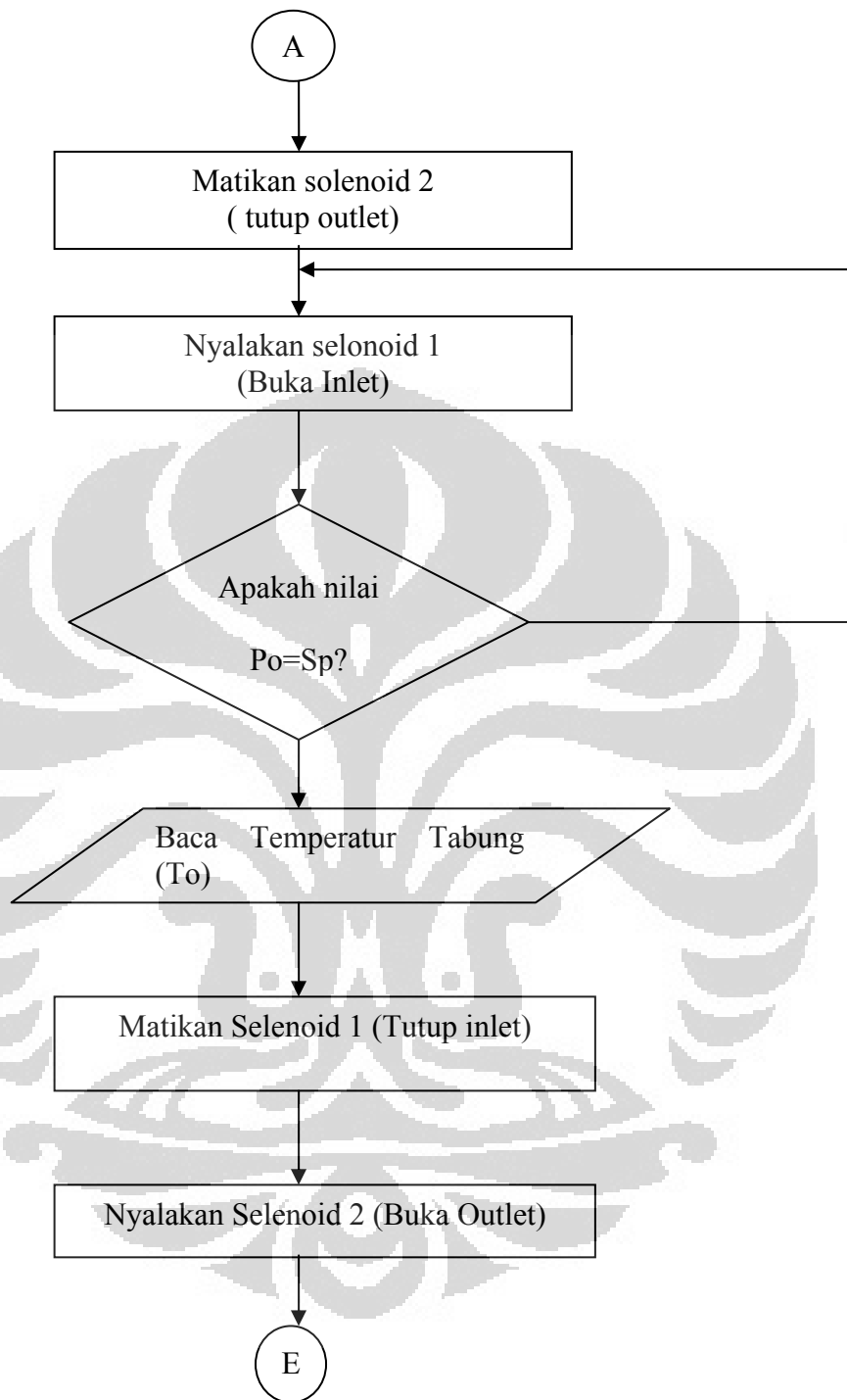
### 3.5 Perancangan Software

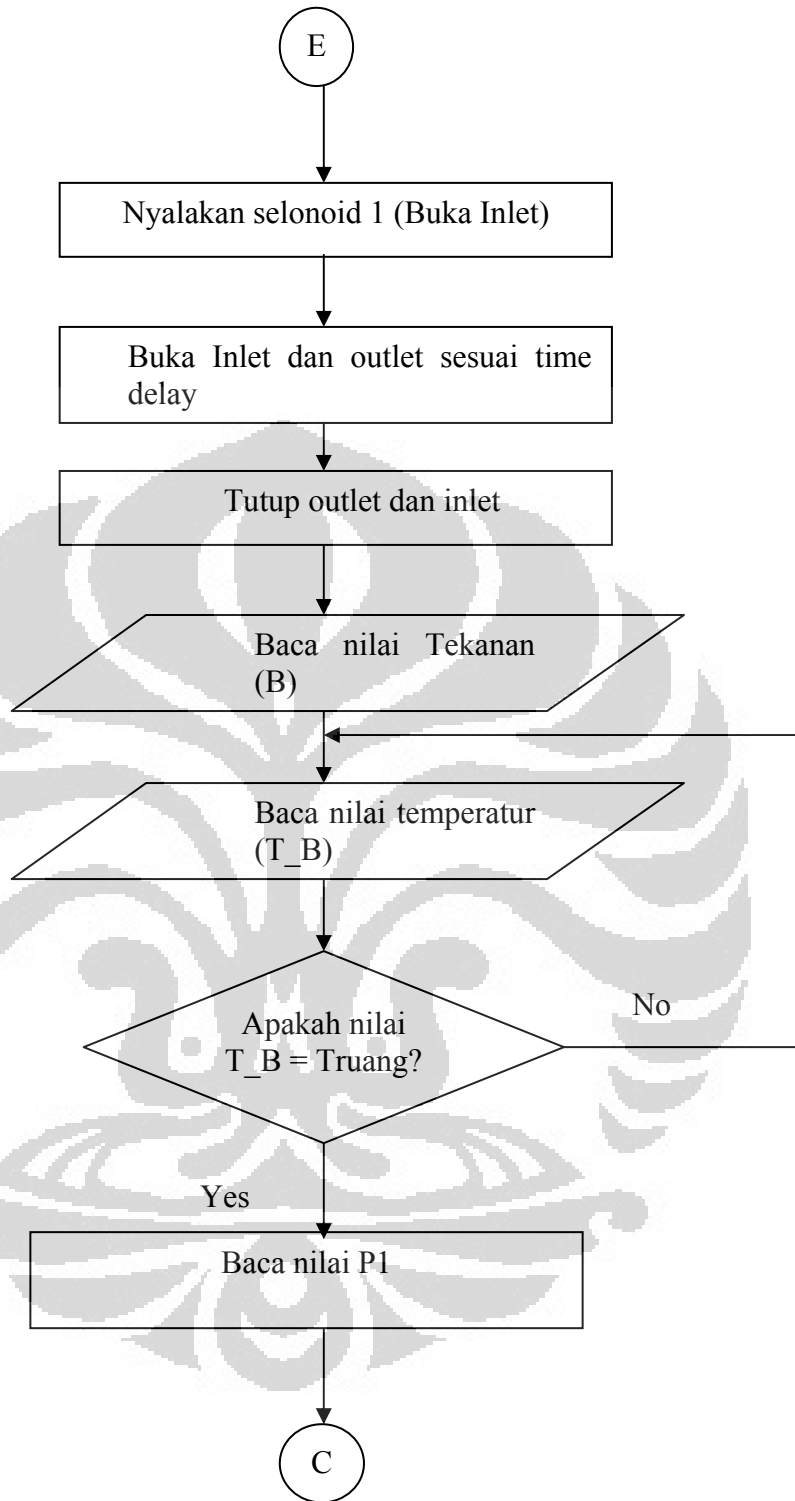
Pada bagian ini akan dijelaskan tentang perancangan *software* dari sistem yang telah dibuat.

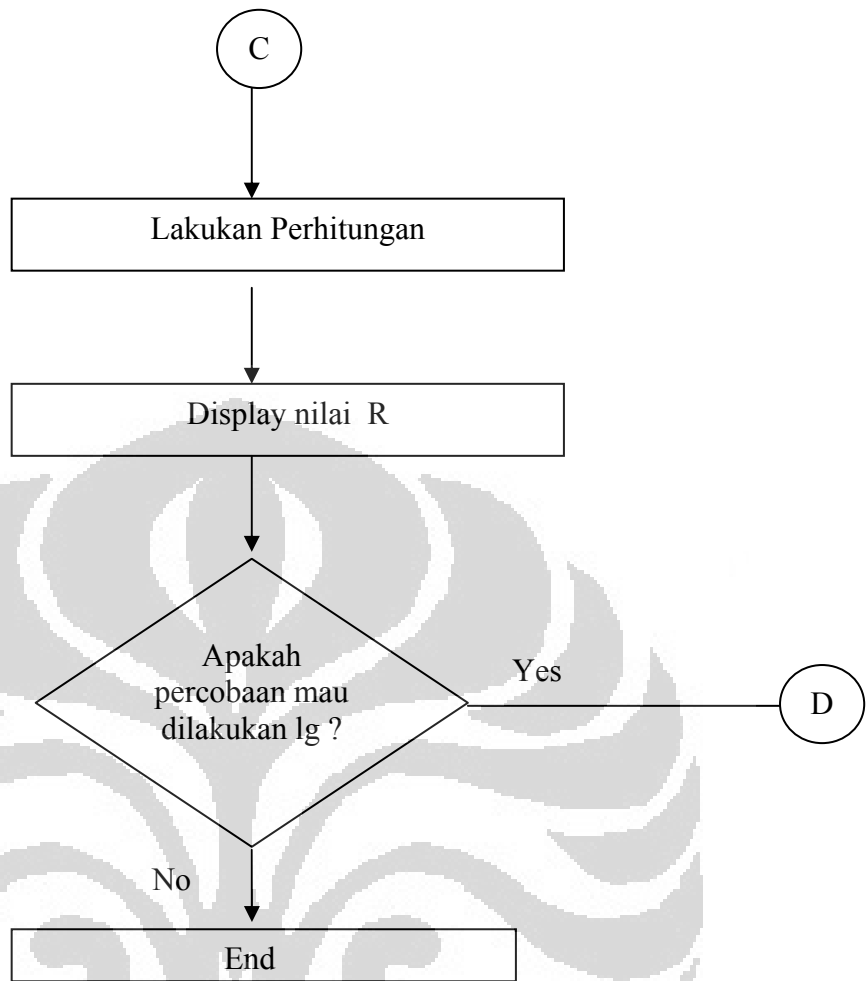
### 3.5.1 Flowchart Secara Global

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang perancangan *software* dari sistem yang telah dibuat. Adapun Flowchartnya yaitu :









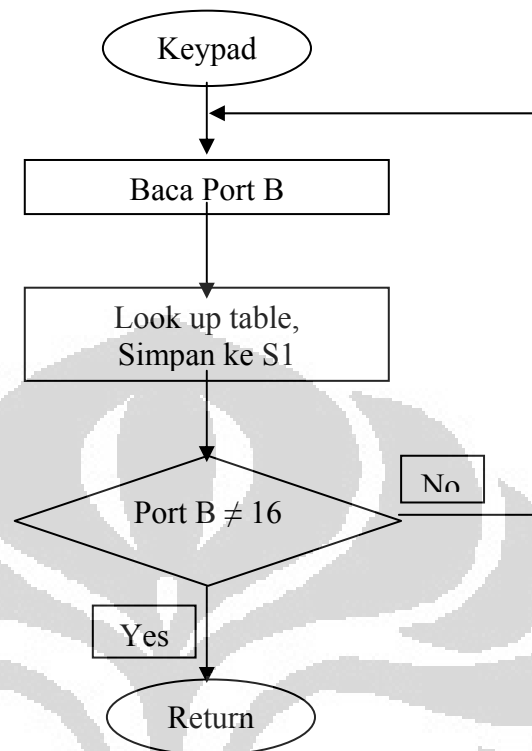
Gambar 3.8 Flowchart sistem keseluruhan

Cara kerja flowchart diatas yaitu :

Pada tahap awal, semua variabel di inisialisasikan terlebih dahulu. Kemudian dari kompresor yang ditekan melalui keypad dimasukkan sejumlah tekanan awal yang diinginkan. Apabila belum dimasukkan maka program ini akan looping terus sampai nilai tekanan dimasukkan melalui keypad. Hal ini juga berlaku untuk memasukkan nilai time delay yang ditekan melalui keypad. Time delay ini digunakan untuk memvariasikan seberapa lama outlet/saluran pengeluaran udara dibuka (Hal ini dilakukan karena solenoid yang digunakan memiliki saluran udara yang kecil sedangkan pengeluaran udara yang harus dilakukan harus cepat sehingga seolah-olah tidak adanya pertukaran kalor dengan lingkungan). Setelah

nilai tekanan awal ( $P_0$ ) sudah masuk dan nilai time delay sudah masuk kemudian outlet dibuka. Pembukaan outlet ini bertujuan untuk menyamakan temperatur didalam wadah ( $T_{\text{ruang}}$ ) dengan temperatur lingkungan. Kemudian outlet ditutup dan inlet dibuka untuk memasukkan gas udara kedalam wadah. Untuk mengetahui seberapa besar tekanan yang ada didalam wadah, maka nilai  $P_0$  dibandingkan dengan set point. Apabila sudah mencapai set point maka temperatur tabung akan terbaca dan inlet akan tertutup sedangkan apabila belum mencapai set point maka pada wadah akan terisi terus sejumlah gas udara sampai mencaai set point. Kemudian setelah inlet tertutup, untuk melakukan proses adiabatik maka outlet dan inlet dibuka dalam waktu yang bersamaan dan dengan waktu yang singkat (time delay singkat). Sehingga pada Lcd akan tertampil nilai tekanan ( $P_b$ ) dan nilai Temperatur ( $T_b$ ). Pembukaan inlet dan outlet ini menyebabkan penurunan nilai tekanan dan temperatur yang pada awalnya telah mencapai maksimal. Penurunan nilai temperatur ini kemudian akan mengalami kenaikan (kenaikan temperatur terjadi karena adanya sedikit kalor yang masuk kedalam wadah) dan dibandingkan dengan temperatur wadah ( $T_{\text{ruang}}$ ) sehingga telah terjadi proses isothermis dimana Temperatur awal ( $T_{\text{ruang}}$ ) harus sama dengan temperatur akhir ( $T_b$ ). Setelah  $T_b$  sama dengan temperatur ruang maka akan didapatkan nilai tekanan akhir yang konstan yaitu  $P_1$ . Dan pada akhirnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan konstanta Laplace sesuai dengan rumus yang telah diberikan.

### 3.5.2 Flowchart Sub Routine Keypad

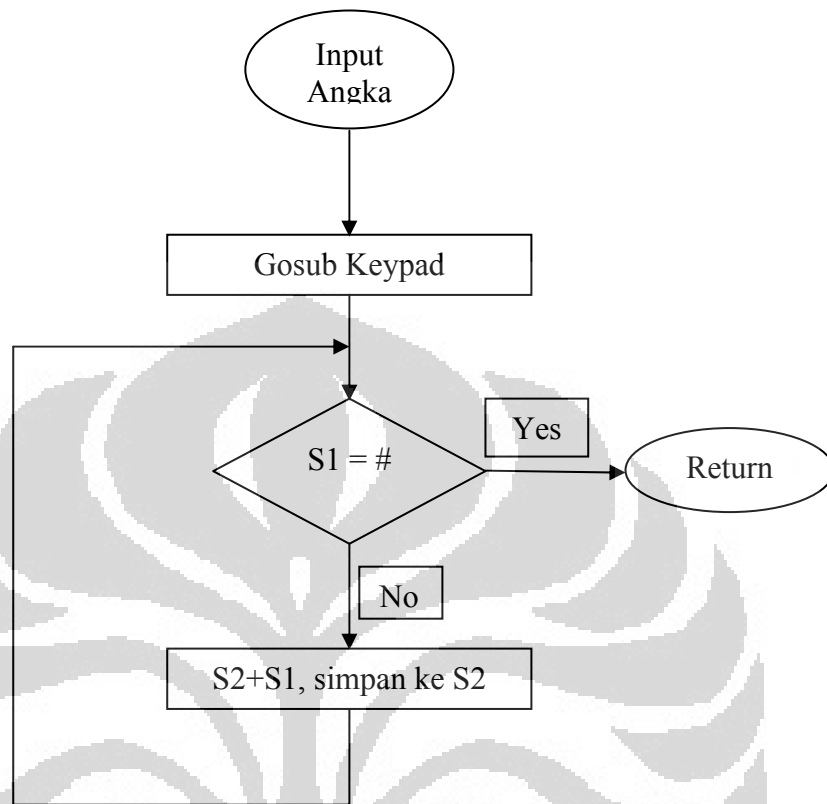


Gambar 3.9 Flowchart sub routine keypad

Pada sub rutin keypad ini, keypad diletakkan di Port B. Apabila keypad ditekan maka akan terbaca di port B dan kemudian dibandingkan terhadap value dari keypad yang menggunakan perintah look up string dan disimpan di S1. Apabila pada port B belum terbaca atau keypad belum ditekan maka program ini akan looping terus menerus sampai keypad ditekan. Pembacaan nilai keypad sebelum ditekan yaitu sebesar 16. Apabila keypad telah ditekan, maka berlanjut ke program berikutnya (return).



### 3.5.3 Flowchart Sub Routine Input Angka



Gambar 3.10 *Flowchart* sub routine Input angka

Pada subroutin ini, input angka akan dibaca melalui penekanan pada keypad dan akan disimpan di S1. Apabila S1 = tanda kres (#) maka nilainya akan sama dengan penekanan enter yang berarti hanya satu angka saja yang dimasukkan. Apabila akan dimasukkan dua angka, maka nilai S1 harus ditambahkan dengan nilai S2 (Keypad ditekan pada saat yang kedua kalinya) dan disimpan di S2. Pada program, apabila S1 dan s2 ditekan maka akan terbaca di pogram berupa string bukan proses penambahan.

## BAB 4

### HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian-pengujian tersebut meliputi :

- Pengujian Data Keypad
- Pengujian Nilai ADC
- Pengujian Sensor Tekanan dan Sensor Temperatur

#### 4.1 Pengujian Data Keypad

Saat pembuatan suatu alat agar mudah dalam pemerintahan kita memerlukan setidaknya suatu komponen yang memberikan data keluaran yang dapat diterima mikrokontroller sebagai input. Seperti push button, limit switch, sensor, keypad, dan lain-lain. Dalam hal ini penulis menggunakan keypad guna memberikan data perintah untuk mikrokontroller sebagai penentuan langkah-langkah yang diinginkan.

Pada data ini seperti penulis sampaikan pada bab sebelumnya, bahwa akan penulis tampilkan data keypad berupa bit yang terbaca. Dengan memakai multimeter dapat diketahui data yang terhubung ketika tombol ditekan. Seperti yang diketahui keypad ini merupakan kumpulan *push button* yang dijadikan satu.

Keypad yang dipakai adalah matriks 4x4, sehingga ada sedikitnya 16 variasi bit yang mewakili seluruh tombol pada keypad. Dengan menggunakan multimeter kita dapat mengetahui pada bit berapa tombol pada keypad akan bekerja (on). Saat tombol tertentu pada keypad ditekan, multimeter mengecek satu per satu port pada keypad. Bila hambatannya membesar berarti untuk tombol tersebut kondisi bit-nya bisa kita ketahui dengan metode binary. Pengecekan ini berguna untuk inisialisasi data keypad kedalam mikrokontroler. Dapat diperhatikan gambar berikut ini, gambar berikut ini bertujuan supaya dapat melihat mana yang terhubung dengan salah satu *push button*-nya.

Seperti yang terlihat diatas bahwa keypad memiliki 4 baris dan 4 kolom. Jadi keypad ini memiliki 8 bit. Jika sw1 ditekan maka baris satu akan terhubung dengan kolom 1, selanjutnya perhatikan table berikut.

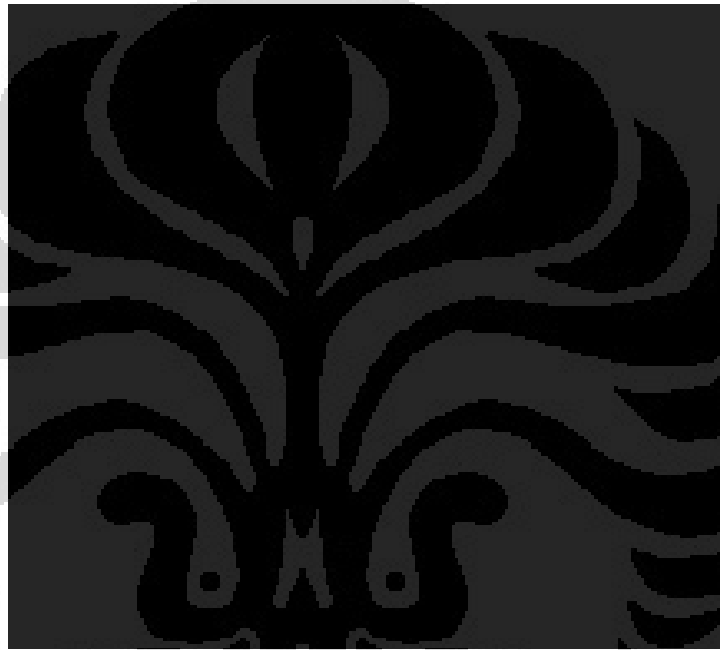
Tabel 4.1. Data keypad 4x4



Dari data yang terdapat pada tabel selanjutnya kita dapat melanjutkan pemrograman keypad pada mikrokontroler. Kebanyakan kendala yang dihadapi pada pemrograman keypad adalah salah membaca data binary yang diinisialisasi

ke dalam mikrokontroler. Pembacaan data binary di mulai dari sebelah kanan sebanyak 4 bit, kemudian sisa 4 bit sebelah kiri juga dibaca dari sebelah kanan. Jika berhasil menginisialisasi data tersebut ke dalam mikrokontroller, jika kita menekan tombol pada keypad maka tampilan yang muncul di LCD akan sesuai dengan inisialisasi. Berikut adalah daftar table setelah inisialisasi keypad ke mikrokontroler.

Tabel 4.2 Data tampilan keypad pada LCD



Jadi jika diperhatikan bahwa hal ini menunjukkan karakteristik dari keypad yang sama halnya dengan push button atau saklar.

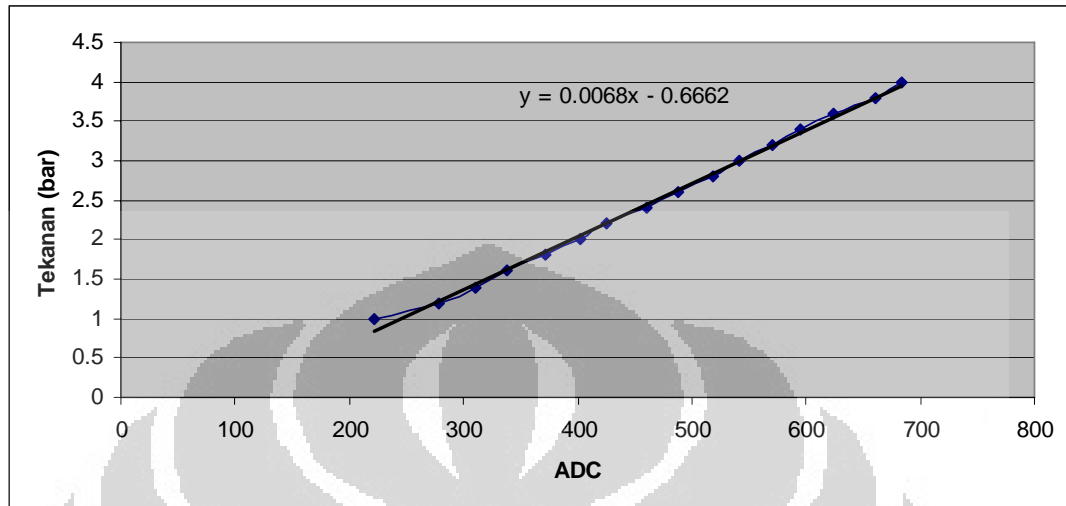
## 4.2 Pengujian Nilai ADC

Sensor tekanan yang dipakai yaitu memiliki daerah kerja sebesar 1-7 bar. Dengan tegangan output yaitu 0v – 4,7v. Pada saat tekanan awal (Po) dimasukkan kedalam wadah melalui kompresor maka akan didapatkan nilai output tegangan yaitu berkisar antara 0v – 4,7 v. Namun kita tidak mengetahui nilai tegangan yang akan terukur diantara 0v– 4,7 v untuk itu dipergunakan adc\_value yang terdapat pada mikrokontroler untuk mempermudah mengetahui tegangan yang dihasilkan. Nilai adc\_value tersebut dapat dilihat dibawah ini :

Tabel. 4.3 Data tekanan yang dihasilkan terhadap tegangan dan ADC\_Value

Tekanan (bar)	Tegangan (v)	ADC_Value
1	1.1	222
1.2	1.36	279
1.4	1.52	310
1.6	1.65	338
1.8	1.82	372
2	1.97	403
2.2	2.08	426
2.4	2.25	460
2.6	2.39	488
2.8	2.52	518
3	2.66	541
3.2	2.79	570
3.4	2.92	595
3.6	3.05	624
3.8	3.23	661
4	3.35	684

Berdasarkan data diatas maka dapat dibuat suatu fungsi transfer nilai adc\_value terhadap tekanan yaitu:



Gambar 4.1 Grafik fungsi transer Tekanan terhadap Adc\_value

Dari Grafik dapat disimpulkan bahwa, Kenaikan nilai tekanan sebanding dengan kenaikan nilai adc\_value. Hal ini membuktikan bahwa sensor tekanan tersebut memiliki tegangan output yang linier.

### 4.3 Pengujian Sensor Tekanan dan Temperatur

Pengujian sensor tekanan ini meliputi pengambil data tekanan awal, tekanan akhir, selisih tekanan lingkungan terhadap wadah dan nilai konstanta laplace.

#### 4.3.1 Pengujian sensor tekanan pada Tekanan awal (P0) 2.5 bar dengan variasi time delay 5s -7s

Pada pengujian sensor tekanan kali ini digunakan time delay sebesar 5s-7s dengan tujuan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada waktu time delay ini. Adapun tabelnya yaitu :

Tabel. 4.4 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal (Po) sebesar 1.5 bar dengan time delay 5s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\gamma$
5	35.2	1.5	0.26	0.13	1.394
5	31.8	1.5	0.27	0.14	1.357
5	31.8	1.5	0.27	0.15	1.35
5	31.3	1.5	0.16	0.14	1.06
5	31.3	1.5	0.27	0.14	1.377
5	32.7	1.5	0.25	0.15	1.291
5	32.3	1.5	0.16	0.14	1.082
5	31.8	1.5	0.27	0.16	1.324
5	32.7	1.5	0.25	0.14	1.324
5	31.8	1.5	0.12	0.15	0.899

Keterangan :

t = Time delay (s)

T = Temperatur awal setelah mencapai set point (°C)

Po = Tekanan awal (bar)

P = Tekanan akhir setelah T1=T0 (bar)

B = Selisih tekanan lingkungan dan wadah (bar)

$\gamma$  = Konstanta laplace

Untuk percobaan ini , perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta Laplace pada percobaan pertama dengan tekanan awal sebesar 1,5 bar yaitu dengan menggunakan persamaan (2.19) , adalah :

$$\gamma = \frac{\text{Log}(B / P_o)}{\text{Log}(P / p_o)}$$

$$\gamma = \frac{\text{Log}(1.13 / 2.5)}{\text{Log}(1.26 / 2.5)}$$

$$\gamma = \frac{\text{Log}(0.452)}{\text{Log}(0.504)}$$

$$\gamma = \frac{-0.344}{-0.297} = 1.158$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 1.5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan ( $T_b$ ) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 1.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 2.5 bar.

Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 5s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan. Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 10 kali, maka rata-rata nilai konstanta laplace yang dihasilkan yaitu sebesar : 1.102.

Setelah diketahui nilai konstanta laplace yang dilakukan untuk time delay selama 5s dan tekanan awal sebesar 1.5 bar, maka dilakukan kembali percobaan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada tekanan 1.5 bar dan time delay 6s. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan mendekati nilai literatur konstanta laplace yang ada di udara atau tidak.

Tabel. 4.5 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal ( $P_0$ ) 1.5 bar dengan time delay 6s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\gamma$
6	33.2	1.5	0.20	0.10	1.426
6	33.7	1.5	0.19	0.10	1.457
6	33.1	1.5	0.24	0.09	1.325
6	33.6	1.5	0.22	0.10	1.425
6	32.7	1.5	0.20	0.09	1.426
6	32.8	1.5	0.19	0.09	1.368
6	32.5	1.5	0.21	0.09	1.383
6	33.8	1.5	0.23	0.08	1.521
6	33.5	1.5	0.21	0.09	1.423
6	33.8	1.5	0.22	0.08	1.468



Untuk percobaan ini, perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta Laplace pada percobaan pertama dengan tekanan awal sebesar 1,5 bar dengan dapat menggunakan persamaan (2.19) sehingga dihasilkan konstanta Laplace ( $\gamma$ ) sebesar : 1.118. Sedangkan rata-rata konstanta Laplace pada lcd yaitu :  $\gamma$  (rata-rata) = 1.422

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 1,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan (B) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing-masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 1.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm (1 bar) sehingga menjadi 2.5 bar.

Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 6s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan. Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 10 kali, maka rata-rata nilai konstanta Laplace yang dihasilkan yaitu sebesar :1.144.

Setelah diketahui nilai konstanta Laplace yang dilakukan untuk time delay selama 6s dan tekanan awal sebesar 1.5 bar, maka dilakukan kembali percobaan untuk mengetahui nilai konstanta Laplace pada tekanan 1.5 bar dan time delay 7s. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan mendekati nilai literatur konstanta Laplace yang ada di udara atau tidak. Berikut ini adalah tabel percobaannya yaitu :

Tabel. 4.6 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal ( $P_0$ ) 1.5 bar dengan time delay 7s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\Gamma$
7	35.6	1.5	0.20	0.18	1.609
7	36.3	1.5	0.19	0.18	1.611
7	36.1	1.5	0.19	0.16	1.598
7	36.0	1.5	0.22	0.17	1.621
7	36.4	1.5	0.20	0.17	1.626
7	35.5	1.5	0.19	0.16	1.547
7	35.8	1.5	0.19	0.16	1.587
7	35.8	1.5	0.17	0.17	1.595
7	35.9	1.5	0.21	0.17	1.621
7	35.9	1.5	0.20	0.17	1.619

Dengan menggunakan persamaan (2.19), maka nilai konstanta laplace ( $\gamma$ ) yang dihasilkan pada percobaan pertama adalah sebesar : 1.221.

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 1,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan ( $T_b$ ) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 1.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 2.5 bar.

Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 7s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan. Untuk Percobaan selama 10 kali, maka rata-rata konstanta laplace yang dihasilkan adalah : 1.214. Sedangkan rata-rata konstanta laplace pada lcd yaitu :  $r(\text{rata-rata}) = 1.603$

#### 4.1.1 Pengujian sensor tekanan pada Tekanan awal (P0) 2.5 bar dengan variasi time delay 5s -7s

Pada pengujian sensor tekanan kali ini digunakan time delay sebesar 5s-7s dengan tujuan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada waktu time delay ini.

Tabel. 4.7 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal (P0) 3.5 bar dengan time delay 5s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\gamma$
5	37.6	2.5	0.53	0.45	1.108
5	31.8	2.5	0.44	0.43	1.009
5	31.8	2.5	0.61	0.49	1.149
5	31.3	2.5	0.53	0.41	1.169
5	31.3	2.5	0.44	0.44	1.223
5	32.7	2.5	0.41	0.43	0.973
5	32.3	2.5	0.28	0.29	0.989
5	31.8	2.5	0.44	0.39	1.059
5	32.7	2.5	0.34	0.41	0.909
5	31.8	2.5	0.28	0.29	0.983

Pada percobaan ini , perhitungan yang dilakukan berdasarkan persamaan (2.19) untuk mendapatkan nilai konstanta Laplace pada percobaan pertama dengan tekanan awal sebesar 2,5 bar yaitu sebesar : 1.064. Sedangkan Rata-rata konstanta Laplace pada LCD yaitu :  $\gamma$  (rata-rata) = 1.057

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 2,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan (Tb) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya

adalah tekanan pada wadah sebesar 2.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 3.5 bar.

Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 5s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan.

Setelah diketahui nilai konstanta laplace yang dilakukan untuk time delay selama 5s dan tekanan awal sebesar 2.5 bar, maka dilakukan kembali percobaan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada tekanan 2.5 bar dan time delay 6 s. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan mendekati nilai literatur konstanta laplace yang ada di udara atau tidak. Berikut ini adalah tabel percobaannya yaitu :

Tabel. 4.8 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal ( $P_0$ ) 2.5 bar dengan Time delay 6s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\gamma$
6	36.7	2.5	0.38	0.35	1.039
6	37.7	2.5	0.44	0.34	1.231
6	37.1	2.5	0.35	0.34	1.156
6	37.5	2.5	0.42	0.33	1.286
6	36.9	2.5	0.42	0.35	1.231
6	36.2	2.5	0.45	0.33	1.089
6	37.1	2.5	0.35	0.34	1.186
6	37.2	2.5	0.37	0.35	1.268
6	37.2	2.5	0.41	0.35	1.257
6	37.2	2.5	0.41	0.33	1.278

Untuk percobaan ini , perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta Laplace pada percobaan pertama dengan tekanan awal sebesar 2,5 bar yaitu sebesar : 1.064

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 2,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan ( $T_b$ ) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak

diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 2.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 3.5 bar.

Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 6s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan. Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 10 kali, maka rata-rata nilai konstanta laplace yang dihasilkan yaitu sebesar :1.047 sedangkan Rata-rata konstanta Laplace yaitu :  $r(\text{rata-rata}) = 1.202$

Setelah diketahui nilai konstanta laplace yang dilakukan untuk time delay selama 6s dan tekanan awal sebesar 2.5 bar, maka dilakukan kembali percobaan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada tekanan 2.5 bar dan time delay 7s. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan mendekati nilai literatur konstanta laplace yang ada di udara atau tidak. Berikut ini adalah tabel percobaannya yaitu :

Tabel. 4.9 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal ( $P_0$ ) 2.5 bar dengan time delay 7s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\gamma$
7	39.2	2.5	0.36	0.25	1.418
7	39.2	2.5	0.37	0.25	1.422
7	38.4	2.5	0.37	0.27	1.404
7	38.1	2.5	0.34	0.26	1.358
7	38.6	2.5	0.37	0.26	1.421
7	38.4	2.5	0.35	0.25	1.401
7	38.4	2.5	0.36	0.25	1.396
7	38.2	2.5	0.36	0.26	1.365
7	39.1	2.5	0.32	0.27	1.407
7	38.7	2.5	0.36	0.26	1.391

Untuk percobaan ini, perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta Laplace pada percobaan pertama dengan tekanan awal sebesar 3,5 bar yaitu : 1.055

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 2,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan ( $T_b$ ) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 2.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 3.5 bar.

Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 7s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan.

Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 10 kali, maka rata-rata nilai konstanta laplace yang dihasilkan yaitu sebesar : 1.079 sedangkan rata-rata konstanta laplace pada Lcd yaitu :  $\gamma$  (rata-rata) = 1.398

#### **4.1.2 Pengujian sensor tekanan pada Tekanan awal (P0) 3.5 bar dengan variasi time delay 5s -7s**

Pada pengujian sensor tekanan kali ini digunakan time delay sebesar 5s-7s dengan tujuan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada waktu time delay ini.

Tabel. 4.10 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal ( $P_0$ ) 3.5 bar dengan time delay 5s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\Gamma$
5	36.7	3.5	0.80	0.94	0.892
5	36.4	3.5	0.79	0.93	0.875
5	37.2	3.5	0.81	0.95	0.841
5	38.6	3.5	0.80	0.96	0.965
5	37.7	3.5	0.80	0.95	0.864
5	36.8	3.5	0.79	0.96	0.838
5	38.4	3.5	0.80	0.98	0.962
5	36.7	3.5	0.80	0.97	0.826
5	37.3	3.5	0.81	0.97	0.861
5	37.8	3.5	0.79	0.96	0.921

Untuk percobaan ini, perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta Laplace pada percobaan pertama dengan tekanan awal sebesar 3,5 bar yaitu : 0.918.

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 3,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan ( $T_b$ ) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 3.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 4.5 bar. Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 5s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan.

Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 10 kali, maka rata-rata nilai konstanta laplace yang dihasilkan yaitu sebesar :0.908 sedangkan rata-rata konstanta laplace pada lcd yaitu :  $\gamma$  (rata-rata) = 0.884

Setelah diketahui nilai konstanta laplace yang dilakukan untuk time delay selama 5s dan tekanan awal sebesar 3.5 bar, maka dilakukan kembali percobaan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada tekanan 3.5 bar dan time delay 6s. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan mendekati nilai literatur konstanta laplace yang ada di udara atau tidak. Berikut ini adalah tabel percobaannya yaitu :

Tabel. 4.11 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal ( $P_0$ ) 3.5 bar dengan time delay 6s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\gamma$
6	40.6	3.5	0.64	0.58	0.913
6	40.4	3.5	0.68	0.57	0.985
6	40.8	3.5	0.64	0.58	1.008
6	40.8	3.5	0.65	0.56	1.142
6	40.7	3.5	0.63	0.56	1.078
6	40.1	3.5	0.64	0.55	0.987
6	40.1	3.5	0.66	0.55	0.954
6	40.7	3.5	0.66	0.56	1.008
6	40.8	3.5	0.68	0.57	1.152
6	40.8	3.5	0.66	0.57	1.052

Perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta Laplace pada percobaan pertama dengan tekanan awal sebesar 4,5 bar menggunakan persamaan (2.19) maka didapatkan konstanta laplace sebesar : 1.036

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 3,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan ( $T_b$ ) yang ditampilkan di Lcd berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 3.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 4.5 bar. Selain itu, perbedaan



perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 5s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan. Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 10 kali, maka rata-rata nilai konstanta laplace yang dihasilkan yaitu sebesar :1.055 sedangkan rata-rata konstanta laplace pada lcd yaitu :  $\gamma$  (rata-rata) = 1.027

Setelah diketahui nilai konstanta laplace yang dilakukan untuk time delay selama 6s dan tekanan awal sebesar 3.5 bar, maka dilakukan kembali percobaan untuk mengetahui nilai konstanta laplace pada tekanan 3.5 bar dan time delay 7s. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah nilai yang dihasilkan mendekati nilai literatur konstanta laplace yang ada di udara atau tidak. Berikut ini adalah tabel percobaannya yaitu :

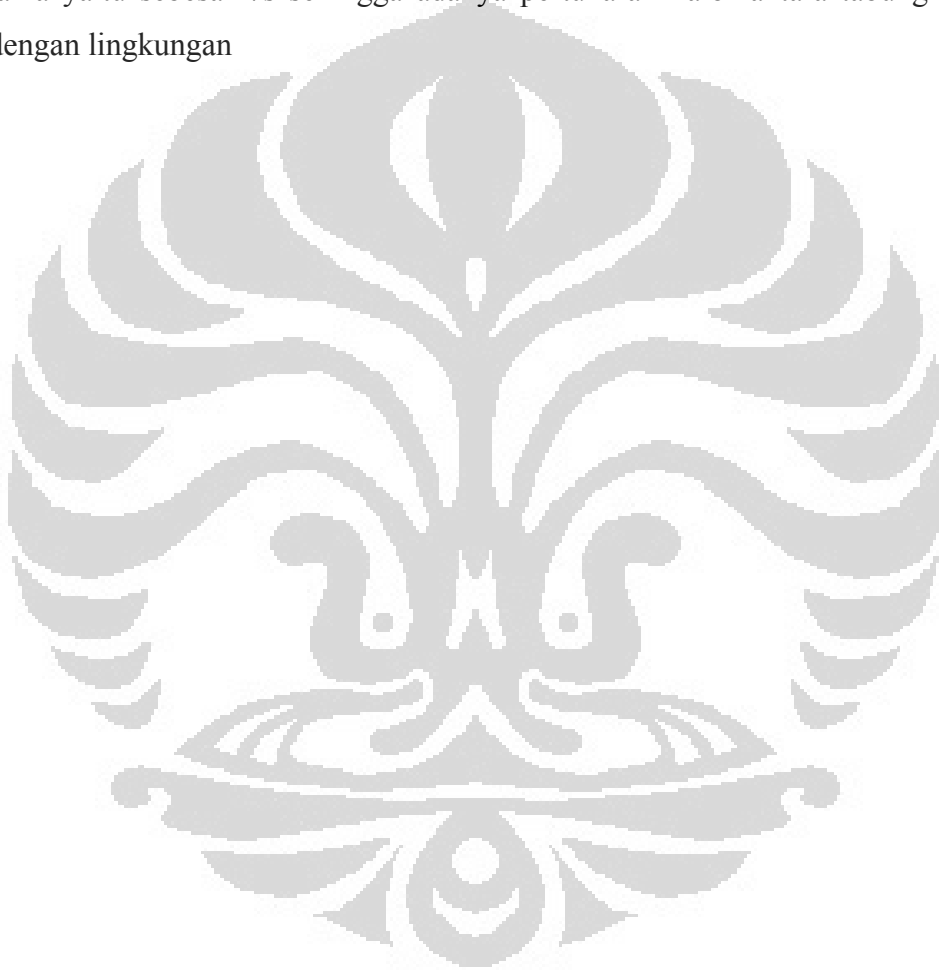
Tabel. 4.12 Data nilai konstanta laplace pada tekanan awal (Po) 3.5 bar dengan time delay 7s

t(s)	T(°C)	Po(bar)	P(bar)	B(bar)	$\gamma$
7	42.5	3.5	0.57	0.32	1.391
7	42.2	3.5	0.51	0.32	1.357
7	41.7	3.5	0.63	0.33	1.350
7	40.7	3.5	0.58	0.32	1.021
7	41.8	3.5	0.55	0.31	1.283
7	41.8	3.5	0.55	0.32	1.291
7	40.7	3.5	0.58	0.31	1.082
7	42.0	3.5	0.52	0.31	1.324
7	42.0	3.5	0.52	0.32	1.324
7	40.1	3.5	0.54	0.32	1.005

Untuk perhitungannya dapat menggunakan persamaan (19) maka didapatkan nilai konstanta laplacenya. Setelah dilakukan perhitungan sebanyak 10 kali, maka rata-rata nilai konstanta laplace yang dihasilkan yaitu sebesar :1.155 sedangkan Rata-rata konstanta Laplace yaitu :  $\gamma$  (rata-rata) = 1.242

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk tekanan awal 3,5 bar, nilai yang ditampilkan pada Lcd berbeda dengan metode perhitungan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena nilai tekanan (Tb) yang ditampilkan di Lcd

berkisar antara 0 bar-0.9 bar. Hal ini tidak mungkin terjadi karena udara tidak diekspansi seluruhnya ke udara. Sehingga untuk mengatasi hal tersebut, pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada masing- masing tekanan yang terukur. Penambahan nilai ini dikarenakan tekanan yang terukur sesungguhnya adalah tekanan pada wadah sebesar 3.5 bar ditambah dengan tekanan pada lingkungan sebesar 1 atm( 1 bar) sehingga menjadi 4.5 bar. Selain itu, perbedaan perhitungan ini juga disebabkan karena pembukaan solenoid valve yang terlalu lama yaitu sebesar 7s sehingga adanya pertukaran kalor antara tabung (wadah) dengan lingkungan



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka :

- 1) Proses adiabatik juga bisa terjadi pada sistem tertutup yang tidak terisolasi. Untuk kasus ini, proses harus dilakukan dengan sangat cepat sehingga kalor tidak sempat mengalir menuju sistem atau meninggalkan sistem.
- 2) Pada Tekanan awal ( $P_0$ ) 2,5 bar dengan variasi waktu 5s – 7s, pada percobaan maka didapatkan konstanta laplace rata-rata sebesar :

Waktu(s)	$\gamma$ rata(Percobaan)	$\gamma$ rata(Perhitungan)
5	1.245	1.102
6	1.422	1.144
7	1.603	1.214

Perbedaan hasil ini dikarenakan pengukuran yang dilakukan pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada setiap hasil pengukuran dan dilakukan perhitungan secara manual. Sedangkan pada Percobaan hanya yang terukur pada wadah saja.

- 3) Pada tekanan awal ( $P_0$ ) 3.5 bar maka :

Waktu(s)	$\gamma$ rata (Percobaan)	$\gamma$ rata (Perhitungan)
5	1.057	1.022
6	1.202	1.047
7	1.398	1.079

Universitas Indonesia

Perbedaan hasil ini dikarenakan pengukuran yang dilakukan pada perhitungan ditambahkan nilai sebesar 1 bar pada setiap hasil pengukuran dan dilakukan perhitungan secara manual. Sedangkan pada Percobaan hanya yang terukur pada wadah saja.

4) Pada tekanan awal ( $P_0$ ) 3.5 bar maka :

Waktu(s)	$\gamma$ rata (Percobaan)	$\gamma$ rata (Perhitungan)
5	0.884	0.908
6	1.027	1.055
7	1.242	1.155

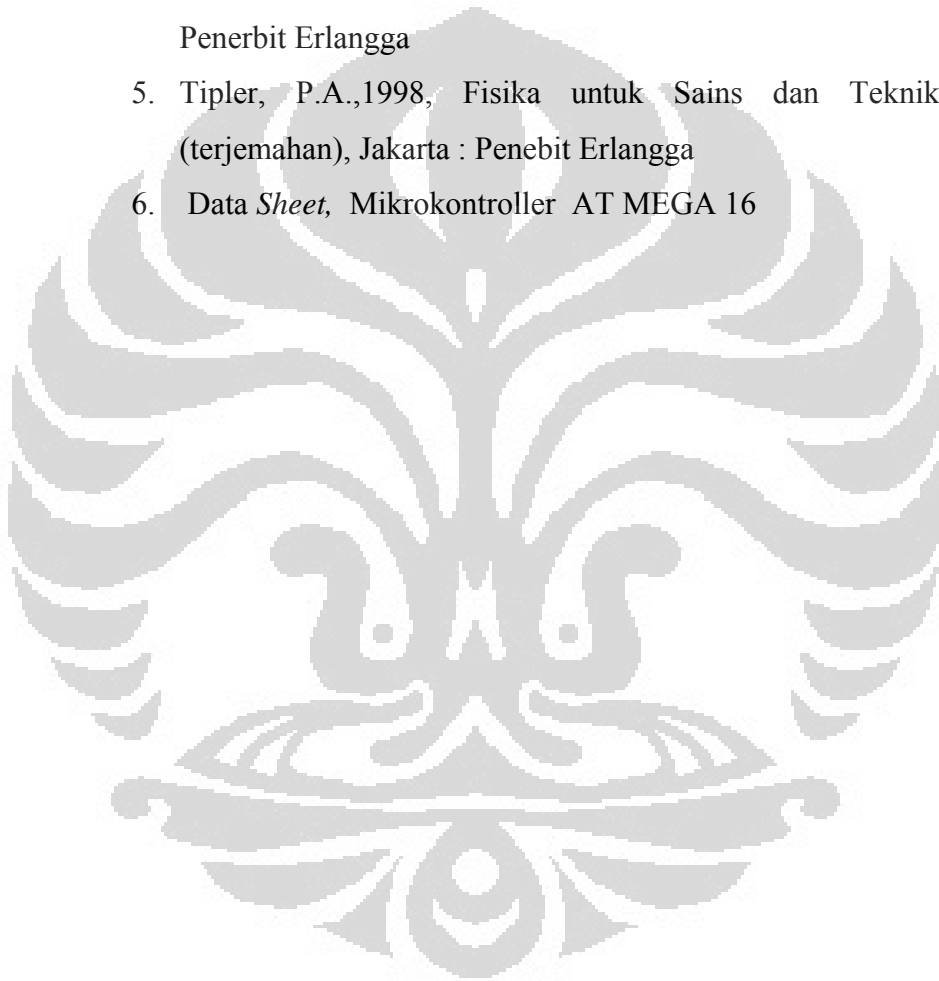
## 5.2 SARAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka disarankan

1. Menggunakan solenoid yang memiliki saluran yang besar sehingga proses bisa berlangsung dengan cepat dan seolah-olah tidak ada kalor yang keluar.
2. Menggunakan wadah yang dapat menahan tekanan tinggi sehingga apabila melakukan percobaan tidak mengalami kendala yang tidak diinginkan.

## DAFTAR ACUAN

1. Zemansky,Sears.2002.Fisika untuk Universitas1(Mekanika,Panas, dan Bunyi).Jakarta : Binacipta
2. Halliday,David.1985.Fisika Jilid 1 (Terjemahan): Edisi Ketiga.Jakarta : Erlangga
3. Data *Sheet*, IC LM35
4. Giancoli, Douglas C., 2001, Fisika Jilid I (terjemahan), Jakarta: Penerbit Erlangga
5. Tipler, P.A.,1998, Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan), Jakarta : Penebit Erlangga
6. Data *Sheet*, Mikrokontroller AT MEGA 16



## LAMPIRAN

\$regfile = "m16def.DAT"

\$crystal = 8000000

\$baud = 19200

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

Config Lcd = 20 \* 4

Deflcdchar 1 , 14 , 17 , 17 , 17 , 14 , 32 , 32 , 32 ' replace ? with number (0-7)

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

Config Kbd = Portb , Delay = 200

Config Porta.3 = Output

Config Porta.2 = Output

Inlet Alias Porta.2

Outlet Alias Porta.3

Dim S1 As String \* 1

Dim S2 As String \* 4

Dim Pressure As Single

Dim Pressure\_1 As String \* 4

Dim P\_env As String \* 4

Dim Adc\_value As Word

Dim Key\_value As Word

Dim Temp As String \* 4

Dim Temp\_0 As Single

Dim T1\_s As String \* 4

Dim T\_envrnmnt As Single

Dim T\_envrnmnt\_s As String \* 5

Dim T\_b As String \* 5

Dim Sp As Single

Dim Sp\_s As String \* 3

Dim S As Single

Dim B As Single

Dim P0 As Single

Dim P0\_s As String \* 4

Dim P\_s As String \* 4

Dim P\_tabung As String \* 5

Dim T0 As Single

Dim T0\_s As String \* 5

Dim B\_s As String \* 5

Dim R\_s As String \* 5

Dim A As Single

Dim V As Single

Dim P As Single

Dim C As Single

Dim D As Word

Dim E As Single

Dim F As Single

Dim G As Single

Dim Array As Byte

Dim R(10) As Single

Dim R\_hasil(10) As Single

Dim R\_total As Single

Dim R\_rata As Single

Dim N\_data As Byte

Dim Time\_delay As Word

Start Adc

Cursor Off



Awal:

Reset Inlet

'TUTUP INLET'

Set Outlet

'BUKA OUTLET'

Cls

Lcd "PENGUKURAN KONSTANTA"

Locate 2 , 1

Lcd " LAPLACE BERBASIS"

Locate 3 , 1

Lcd " MIKROKONTROLLER"

Locate 4 , 1

Lcd " RIKA NOVARINA"

Wait 1

Do

Cls

Lcd "TEKAN A = MULAI"

Gosub Keypad

Loop Until S1 = "A"

Gosub Baca\_tekanan

Gosub Baca\_suhu

T\_envrnmnt = G

T\_envrnmnt\_s = Fusing(t\_envrnmnt , "##.##")

Cls

Lcd " SUHU DAN TEKANAN"

Locate 2 , 1

Lcd "ENVRNMNT (D : ENTER)"

Locate 3 , 1

Lcd "T ENVRNMNT: " ; T\_envrnmnt\_s ; " " ; Chr(1) ; "C"

Locate 4 , 1

Lcd "P ENVRNMNT: " ; Pressure\_1 ; " BAR"

Do

Gosub Keypad

```

Loop Until S1 = "D"

Reset Outlet                                'TUTUP OUTLET'

Do

Cls

Lcd "MASUKAN SP TEKANAN"

Gosub Input_angka

Sp_s = S2

Sp = Val(s2)

S2 = ""

P0 = Sp

Cls

Lcd "SETPOINT TEKANAN :"

Locate 2 , 1

Lcd Sp ; " BAR"

Locate 3 , 1

Lcd "A=OK   X=RE-INPUT"

Gosub Keypad

If S1 = "A" Then

Exit Do

```

```
Else

End If

Loop

Do

Cls

Lcd "MASUKAN TIME DELAY"

Gosub Input_angka

Time_delay = Val(s2)

S2 = ""

Cls

Lcd "TIME DELAY = "

Locate 2 , 1

Lcd Time_delay ; " S"

Locate 3 , 1

Lcd "A=OK   X=RE-INPUT"

Gosub Keypad

If S1 = "A" Then

Exit Do
```

```
Else

End If

Loop

Do

Cls

Lcd "MASUKAN n DATA :"

Gosub Input_angka

N_data = Val(s2)

S2 = ""

Cls

Lcd "n DATA = "

Locate 2 , 1

Lcd N_data ; " KALI"

Locate 3 , 1

Lcd "A=OK   X=RE-INPUT"

Gosub Keypad

If S1 = "A" Then

Exit Do
```

Else

End If

Loop

Cls

Lcd "SP TEKANAN : " ; Sp\_s ; " BAR"

Locate 2 , 1

Lcd "TIME DELAY : " ; Time\_delay ; " S"

Locate 3 , 1

Lcd "n DATA : " ; N\_data ; " KALI"

Wait 3

Cls

Reset Outlet

'TUTUP OUTLET'

Set Inlet

'BUKA INLET'

For N\_data = 1 To N\_data

Do

Locate 1 , 1

```

Lcd "SP TEKANAN: " ; Sp_s ; " BAR"           'SETPOINT TEKANAN'

Locate 2 , 1

Lcd "           "

Gosub Baca_tekanan

Locate 2 , 1

Lcd "PV TEKANAN: " ; Pressure_1 ; "BAR

Locate 3 , 1

Lcd "T ENVRNMNT: " ; T_envrnmnt_s ; " " ; Chr(1) ; "C"

Locate 4 , 1

Lcd "           "

Gosub Baca_suhu

Locate 4 , 1

Lcd "PV T : " ; Temp ; " " ; Chr(1) ; "C"

If Pressure >= Sp Then

Gosub Baca_suhu

T0_s = Temp

Reset Inlet                               'INLET DITUTUP'

Waitms 50

```

Cls

Lcd "TEKAN A = BUKA VALVE"

Do

Gosub Keypad

Loop Until S1 = "A"

Set Inlet

Set Outlet

Waitms Time\_delay

Reset Outlet

'OUTLET DITUTUP'

Reset Inlet

Gosub Baca\_tekanan

B = Pressure

B\_s = Fusing(b , "##.##")

Gosub Baca\_suhu

T\_b = Temp

Exit Do

Else

End If



Waitms 200

Loop

Cls

Do

Locate 1 , 1

Lcd "T ENVRNMNT: " ; T\_envrnmnt\_s ; " " ; Chr(1) ; "C"

Locate 2 , 1

Lcd " " "

Gosub Baca\_suhu

Locate 2 , 1

Lcd "PV T : " ; Temp ; " " ; Chr(1) ; "C"

Locate 3 , 1

Lcd "SP TEKANAN: " ; Sp ; " BAR"

Locate 4 , 1

Lcd " " "

Gosub Baca\_tekanan

Locate 4 , 1

Lcd "PV TEKANAN: " ; Pressure\_1 ; "BAR"

Waitms 200

Loop Until G <= T\_envrnmnt

Gosub Baca\_suhu

T1\_s = Temp

Gosub Baca\_tekanan

P = Pressure

P\_s = Pressure\_1

Cls

Lcd "P ENVRNMNT= " ; P\_env ; " BAR"

Locate 2 , 1

Lcd "P0=" ; P0 ; " BAR"

Locate 3 , 1

Lcd "P=" ; P\_s ; " BAR"

Locate 4 , 1

Lcd "B=" ; B\_s ; " BAR"

Do

Gosub Keypad

Loop Until S1 = "B"

Cls

Lcd "T ENVRNMNT=" ; T\_envrnmnt ; " " ; Chr(1) ; "C"

Locate 2 , 1

Lcd "T0=" ; T0\_s ; " " ; Chr(1) ; "C"

Locate 3 , 1

Lcd "T1=" ; T1\_s ; " " ; Chr(1) ; "C"

Locate 4 , 1

Lcd "T\_B=" ; T\_b ; " " ; Chr(1) ; "C"

Do

Gosub Keypad

Loop Until S1 = "C"

$S = B / P_0$

$A = \text{Log}_{10}(s)$

$V = P / P_0$

$C = \text{Log}_{10}(v)$

Incr Array

$R\_hasil(array) = A / C$

$R\_s = \text{Fusing}(r\_hasil(array), \text{"#.###"})$

Cls

Lcd "r KE " ; Array ; " = " ; R\_s

$R\_total = R\_total + R\_hasil(array)$

Do

Gosub Keypad

Loop Until S1 = "D"

Next N\_data

$R\_rata = R\_total / N\_data$

Cls

Lcd "r RATA-RATA : "

Locate 2 , 1

Lcd R\_rata

R\_total = 0

Array = 0

N\_data = 0

Locate 4 , 1

Lcd "TEKAN D : LANJUT"

Do

Gosub Keypad

Loop Until S1 = "D"

Goto Awal

Keypad:

Key\_value = Getkbd()

If Key\_value = 16 Then

Goto Keypad

Else

S1 = Lookupstr(key\_value , Value)

End If

Return

Baca\_tekanan:

Adc\_value = Getadc(0)

Pressure = 0.0068 \* Adc\_value

Pressure = Pressure - 0.6662

Pressure\_1 = Fusing(pressure , "#.##")

Return

Baca\_suhu:

D = Getadc(1)

E = D \* 5

F = E \* 100

G = F / 1023

Temp = Fusing(g , "##.#")

Return

Input\_angka:

Do

Gosub Keypad

If S1 = "D" Then

Exit Do

Else

S2 = S2 + S1

Lowerline

Lcd S2

End If

Loop

Return

Value:

Data "1" , "4" , "7" , "." , "2" , "5" , "8" , "0" , "3" , "6" , "9" , "#" , "A" , "B" ,  
"C" , "D"