

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Sumardi dan Anggraini (2012) melakukan penelitian dengan judul “Perancangan dan Pembuatan *Prototype Instrument* Kekuatan Nafas untuk *Diagnosis* Penderita Asma”. Pada penelitian ini, alat yang dibuat dirancang menggunakan sensor tekanan *MPX5100GP* untuk mengetahui besarnya volume udara yang dikeluarkan setelah inspirasi pertama (*FVC*) dan besarnya volume udara yang dikeluarkan setelah inspirasi maksimal (*FEVI*). Sistem ini terdiri atas sensor tekanan, penguat *non-inverting*, *microcontroller* *ATMega16* untuk proses pengambilan data *FEVI* dan *FVC*. *Input* data dari *microcontroller* dikirim ke *PC* menggunakan komunikasi *serial*, dan digunakan sebagai *input program* *Borland Delphi 7* untuk memproses data *FEVI/FVC%*, yang digunakan sebagai *parameter* untuk mendiagnosa asma. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan yang diperoleh memiliki nilai kesalahan (*error*) maksimal *FEVI/FVC %* yang di dapat dari pengukuran *instrument* kekuatan napas adalah sebesar 25,08% [6].

Iqlima (2013) melakukan penelitian dengan judul “Perancangan Alat Ukur Volume Udara Pernapasan Manusia”. Pada penelitian yang dilakukan oleh iqlima alat yang dirancang menggunakan sensor tekanan yang akan menghitung volume aliran udara yang melalui sebuah corong. Sistem ini terdiri atas sensor tekanan, penguat *non-inverting*, *microcontroller* *ATMega8*, dan komputer sebagai penampil hasil pengukuran. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan yang diperoleh memiliki nilai kesalahan pengujian tertinggi yaitu sebesar 18.24 %.

Sedangkan nilai kesalahan rata-rata pengujian keseluruhan alat yang didapatkan sebesar 7.3 % [7].

Haq, Kemalasari, dan Wijayanto (2009) melakukan penelitian dengan judul “ Pengolahan Sinyal *Respirasi* dengan *FIR* untuk Analisa Volume dan Kapasitas *Pulmonary*. Pada penelitian ini alat yang dirancang menggunakan sensor tekanan *MPX5100*, penguat *non inverting*, *microcontroller* *ATMega16* dan *PC* dengan program *visual basic* sebagai penampil hasil analisa volume paru-paru dan kapasitas *pulmonary*. Hasil pengujian sistem diperoleh nilai kesalahan (*error*) sebesar 10.953% - 37.81% untuk kondisi normal/*rileks* [8].

## 2.2 Mekanisme Pernapasan

Pernapasan adalah suatu proses memasukkan oksigen( $O_2$ ) ke dalam tubuh dan mengeluarkan karbondioksida( $CO_2$ ). Dalam pernapasan terdapat 2 fase dan 2 metode yang digunakan dalam proses tersebut, yaitu fase inspirasi dan fase ekspirasi. Sedangkan metode yang digunakan dalam pernapasan yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut [2]. Mekanisme pernapasan manusia dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Mekanisme Pernapasan

### **2.2.1 Pernapasan Dada**

Pernapasan dada adalah pernapasan yang melibatkan otot-otot antar tulang rusuk. Pada proses pernapasan dada terdapat dua mekanisme pernapasan yang digunakan yaitu inspirasi dan ekspirasi. Fase inspirasi pada pernapasan dada merupakan suatu proses memasukkan oksigen kedalam tubuh yang menyebabkan berkontraksinya otot antar tulang rusuk sehingga rongga dada membesar. Hal ini menyebabkan tekanan dalam rongga dada menjadi lebih kecil daripada tekanan luar, sehingga udara luar akan masuk ke paru-paru. Sedangkan fase ekspirasi pada pernapasan dada merupakan proses mengeluarkan karbondioksida yang mengakibatkan kembalinya otot-otot antar tulang rusuk ke posisi semula sehingga rongga dada mengecil. Hal ini menyebabkan tekanan dalam rongga dada menjadi lebih besar daripada tekanan luar, sehingga udara yang terdapat di dalam paru-paru akan keluar [2].

### **2.2.2 Pernapasan Perut**

Pernapasan perut adalah pernapasan yang melibatkan aktifitas otot-otot *diafragma* yang membatasi rongga perut dan rongga dada. Mekanisme pada pernapasan perut dapat dibedakan menjadi dua yaitu fase inspirasi dan fase ekspirasi. Fase inspirasi pada pernapasan perut yaitu proses memasukkan oksigen kedalam tubuh yang mengakibatkan otot *diafragma* berkontraksi sehingga *diafragma* menjadi datar. Hal ini menyebabkan rongga dada menjadi besar dan udara akan masuk ke dalam paru-paru. Sedangkan fase ekspirasi pada pernapasan perut merupakan proses mengeluarkan karbondioksida yang mengakibatkan kembalinya otot-otot *diafragma* ke posisi semula yaitu melengkung ke atas. Hal

ini menyebabkan rongga dada menjadi kecil dan udara yang ada dalam paru-paru akan keluar [2].

## **2.3 Volume dan Kapasitas Paru-Paru**

### **2.3.1 Volume Paru-Paru**

Volume paru-paru merupakan proses yang digunakan dalam mengukur jumlah udara untuk fungsi tertentu. Volume paru-paru dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

1. Volume tidal adalah jumlah volume udara yang dapat dimasukkan dan dikeluarkan oleh paru-paru setiap pernapasan normal, jumlahnya kira-kira  $\pm 500$  ml.
2. Volume cadangan inspirasi adalah volume udara saat menghirup napas maksimal sampai akhir volume tidal, biasanya mencapai 3.300 ml pada usia muda laki-laki dan 1.900 ml pada usia muda perempuan.
3. Volume cadangan ekspirasi adalah volume udara saat menghembuskan napas maksimal sampai akhir tidal volume biasanya mencapai 1.000 ml pada usia muda laki-laki dan 700 ml pada usia muda perempuan.
4. Residual volume adalah volume udara yang masih tetap berada dalam paru-paru setelah sebelumnya menghembuskan napas secara maksimal. Jumlah volume tersebut kira-kira sebesar  $\pm 1.100$  ml[2].

### **2.3.2 Kapasitas Paru-Paru**

Kapasitas paru-paru adalah penjumlahan dari satu atau lebih volume paru-paru yang dibagi menjadi 4 bagian yaitu:

1. Kapasitas inspirasi merupakan jumlah udara yang dapat dihirup oleh seseorang mulai dari ekspirasi normal dan pengembangan paru sampai

dengan jumlah udara maksimal. Kapasitas inspirasi ini merupakan penjumlahan dari volume tidal dan volume cadangan inspirasi, jumlahnya sebesar  $\pm 3500$  ml untuk laki-laki dan  $\pm 2400$  untuk perempuan.

2. Kapasitas residu fungsional adalah jumlah udara yang tersisa dalam paru-paru setelah inspirasi normal. Kapasitas residu fungsional ini merupakan penjumlahan dari volume cadangan ekspirasi dan volume residu, jumlahnya sebesar  $\pm 2.300$  ml.
3. Kapasitas vital adalah jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah terlebih dahulu mengisi paru-paru secara maksimal dan kemudian mengeluarkan udara tersebut sebanyak-banyaknya. Kapasitas vital ini merupakan penjumlahan dari volume tidal, volume cadangan inspirasi dan volume cadangan ekspirasi, jumlahnya sebesar  $\pm 4600$  ml.
4. Kapasitas paru total adalah jumlah udara maksimal yang dapat mengembangkan paru sebesar mungkin dengan inspirasi sekuat mungkin. Kapasitas paru total ini adalah penjumlahan dari kapasitas inspirasi ditambah volume residu, jumlahnya sebesar  $\pm 5800$  ml [2].

#### **2.4 Spirometry**

*Spirometry* merupakan suatu metode sederhana yang dapat mengukur sebagian terbesar volume dan kapasitas paru-paru. *Spirometry* merekam secara *grafis* atau digital volume ekspirasi paksa dan kapasitas vital paksa. Volume Ekspirasi Paksa (VEP) atau *Forced Expiratory Volume (FEV)* adalah volume dari udara yang dihembuskan dari paru-paru setelah inspirasi maksimal dengan usaha paksa minimal, dan diukur pada jangka waktu tertentu. Kapasitas Vital paksa atau

*Forced Vital Capacity* (FVC) adalah volume total dari udara yang dihembuskan dari paru-paru setelah inspirasi maksimal yang diikuti oleh ekspirasi paksa minimal. Pemeriksaan dengan *Spirometry* ini penting untuk pengkajian fungsi *ventilasi* paru secara lebih mendalam. Dalam pengujian paru-paru, terdapat dua golongan gangguan fungsi paru yaitu gangguan fungsi paru *obstruktif* (hambatan aliran udara) dan *restriktif* (hambatan pengembangan paru). Seseorang dianggap mempunyai gangguan fungsi paru *obstruktif* bila nilai VEP1/KVP kurang dari 70% dan menderita gangguan fungsi paru *restriktif* bila nilai kapasitas vital kurang dari 80% dibanding dengan nilai *standart*. Prosedur yang paling umum digunakan adalah seseorang menarik nafas secara maksimal dan menghembuskannya secepat dan selengkap mungkin dan nilai KVP dibandingkan terhadap nilai normal dan nilai prediksi berdasarkan usia, tinggi badan dan jenis kelamin [5]. Alat pengujian paru-paru atau yang disebut dengan *spirometry* dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 *Spirometry*

## 2.5 Sensor Tekanan *MPX5100GP*

*MPX5100GP* adalah *Strain Gauge* jenis *piezoresistif transducer* berbahan *silicon* yang terintegrasi dalam sebuah *chip*, bekerja pada tekanan 0 kPa sampai

100 kPa (0 psi sampai 14.5 psi) atau 15 kPa sampai 115 kPa (2.18 psi sampai 16.68 psi) dengan tegangan *output* 0.2 volt sampai 4.7 volt. Sensor tekanan *MPX5100GP* dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Sensor Tekanan *MPX5100GP*

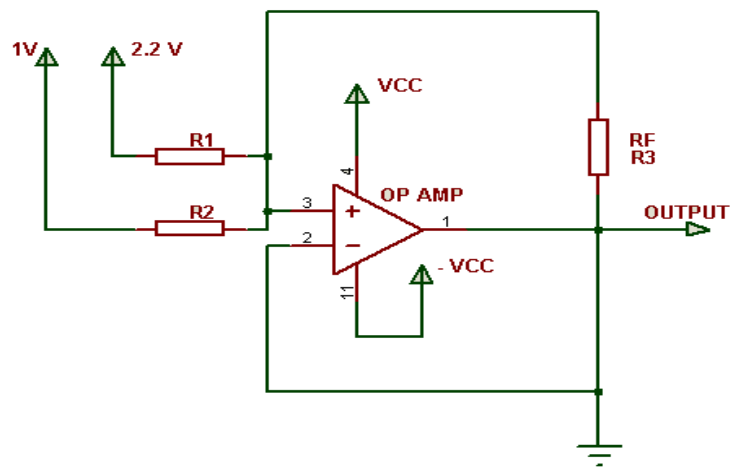
Sensor tekanan ini di desain untuk aplikasi *range* yang lebar, terutama bekerja pada *microcontroller* atau *microprocesor* dengan *analog/digital input*, terbuat dari elemen *transducer* tunggal yang dikombinasikan menggunakan teknik *micromachining* dengan logam film tipis dan diproses secara *bipolar* untuk menghasilkan *output* sinyal *analog* level tinggi yang akurat dan proporsional untuk aplikasi tekanan [9]. Adapun konfigurasi pin-pin pada kaki sensor *MPX5100GP* dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Sensor Tekanan *MPX5100GP*

No.	Nama
1.	<i>Vout</i>
2.	<i>Ground</i>
3.	<i>Vs</i>
4.	<i>N/C</i>
5.	<i>N/C</i>
6.	<i>N/C</i>

## 2.6 *Summing Amplifier*

*Summing Amplifier* adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menjumlahkan dua buah atau lebih tegangan listrik. Rangkaian ini dibuat dengan menggunakan IC Op-Amp yang memiliki banyak kegunaan dan aplikatif. Rangkaian *summing amplifier* dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Rangkaian *Summing Amplifier*

Rangkaian *summing* ini juga sebenarnya sama dengan *operational amplifier* lainnya, hanya saja bedanya pada pengaturan tahanan *input*. Rangkaian *summing* diatas menghasilkan keluaran yang terbalik (*inverting*), hal ini dikarenakan rangkaian tersebut diatas menggunakan rangkaian *inverting* sebagai rangkaian dasar. Secara definisi keluaran dari rangkaian *summing inverting* diatas mungkin dapat disimpulkan bahwa:

$$V_{out} = \left(\frac{R_f}{R_1} \cdot V_1\right) + \left(\frac{R_f}{R_2} \cdot V_2\right) + \dots + \left(\frac{R_f}{R_x} \cdot V_x\right) \quad (2-1)$$

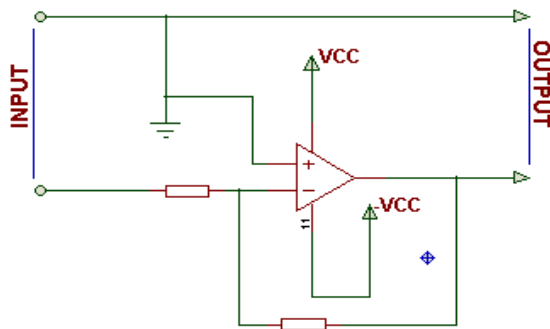
Kondisi rumus tersebut sengaja dirancang dengan memanfaatkan sifat tahanan paralel pada bagian *input* rangkaian. Seperti contoh rangkaian *inverting* yang mempunyai tahanan *input* yang sama dengan tahanan penguatan, maka *gain*



(penguatan) dari rangkaian tersebut adalah sekali. Tegangan keluaran yang didapat adalah 1 di kali tegangan *input*, sehingga tegangan *output* = tegangan *input*. Prinsip dasar dari rangkaian *summing inverting* ini adalah mempunyai tahanan *input* yang sama pada masing-masing jalur *input* yang ada. Tahanan *input* tersebut juga mempunyai nilai yang sama dengan tahanan penguatan. Jika hanya menggunakan satu buah jalur *input* maka tegangan *output* akan sama dengan tegangan *input*. Hal itu dikarenakan nilai *gain* (penguatan) adalah 1. Sedangkan jika semakin banyak jalur *input* maka nilai penguatan juga akan semakin besar dikarenakan tahanan pengganti *input* akan semakin kecil akibat hubungan tahanan yang paralel [10].

## **2.7 Inverting Amplifier**

*Inverting amplifier* merupakan penerapan dari penguat operasional sebagai penguat sinyal dengan karakteristik dasar sinyal *output* yang memiliki fase berkebalikan dengan fase sinyal *input*. Pada dasarnya penguat Op-Amp memiliki faktor penguatan yang sangat tinggi yaitu sebesar 100.000 kali pada kondisi tanpa rangkaian umpan balik. Dalam *inverting amplifier* salah satu fungsi pemasangan *resistor* umpan balik (*feedback*) dan *resistor input* adalah untuk mengatur faktor penguatan *inverting amplifier* (penguat membalik) tersebut. Dengan dipasangnya *resistor feedback (RF)* dan *resistor input (Rin)* maka faktor penguatan dari penguat membalik dapat diatur dari 1 sampai 100.000 kali [10]. Untuk menguji penguat membalik (*inverting amplifier*) dapat menggunakan rangkaian dasar penguat membalik menggunakan penguat Op-Amp. Rangkaian penguat *inverting amplifier* dengan op-amp dapat dilihat pada gambar Gambar 2.5 dibawah ini:



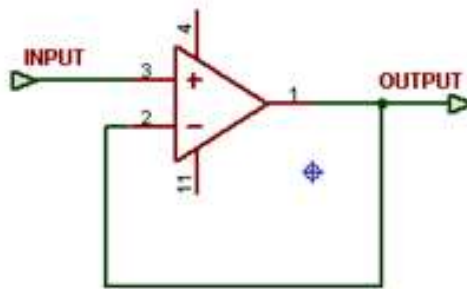
Gambar 2.5 Rangkaian *Inverting Amplifier*

Rangkaian penguat membalik diatas merupakan rangkaian dasar *inverting amplifier* yang menggunakan sumber tegangan simetris. Secara matematis besarnya faktor penguatan pada rangkaian penguat membalik adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left( -\frac{R_f}{R_{in}} \right) \quad (2-2)$$

## 2.8 *Buffer Amplifier*

Rangkaian *buffer* adalah rangkaian yang menghasilkan tegangan *output* yang sama dengan tegangan *input*nya. Dalam hal ini seperti rangkaian *common collector* yaitu berpenguatan = 1. Fungsi dari rangkaian *buffer* pada peralatan elektronika adalah sebagai penyangga, dimana prinsip dasarnya adalah penguat arus tanpa terjadi penguatan tegangan. Rangkaian *buffer* yang dibangun dari sebuah *operasional amplifier* (Op-Amp), dapat dibuat dengan sangat sederhana. Rangkaian *buffer* dari Op-Amp sangat sederhana karena tidak diperlukan komponen tambahan pada konfigurasi *buffer non-inverting* [10]. Skematik dari rangkaian *buffer amplifier* dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Rangkaian *Buffer Amplifier*

Dengan metode hubung singkat antara jalur *input inverting* dan jalur *output operational amplifier* (Op-Amp) maka diperoleh perhitungan matematis sebagai berikut:

$$V_{out} \approx V_{in}$$

Sehingga diperoleh nilai penguatan tegangan ( $A_v$ ) sebagai berikut:

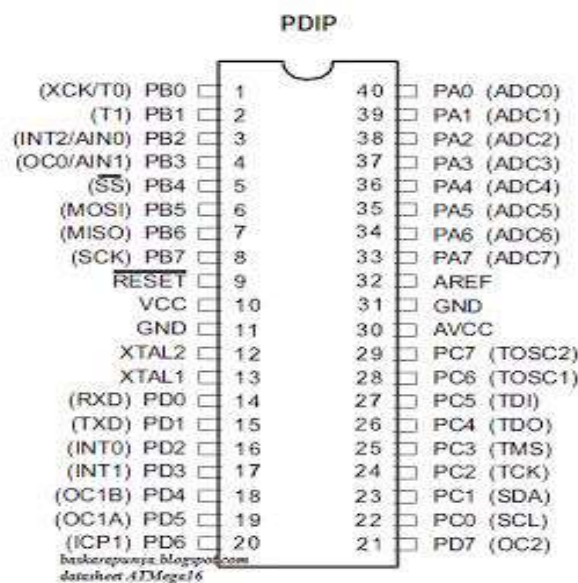
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 \quad (2-3)$$

## 2.9 *Microcontroller ATmega16*

*Alf Vegard Risc (AVR)* merupakan seri *microcontroller Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS)* 8-bit buatan *Atmel*, berbasis arsitektur *Reduced Instruction Set Computer (RISC)* yang ditingkatkan. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. *Alf Vegard Risc (AVR)* mempunyai 32 *register general purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal* dan eksternal, serial *Universal Asynchronous (UART), programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*. Mempunyai *Analog Digital to Converter (ADC)* dan *Pulse Width Modulation (PWM) internal*. *Alf Vegard Risc (AVR)* juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang mengizinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial

Sistem Pengendali Internal (*SPI*). Pin-pin ATmega16 dengan kemasan 40-pin *dual inline package (DIP)*. Kemasan pin tersebut terdiri dari 4 *port* yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, *Port D* yang masing-masing *Port* terdiri dari 8 buah pin. Selain itu juga terdapat *RESET*, *VCC*, *GND* 2 buah, *AVCC*, *XTAL1*, *XTAL2*, dan *AREF* [11].

Konfigurasi dari pin ATmega16 dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Konfigurasi PIN ATmega16

Keterangan dari pin-pin ATmega16 adalah sebagai berikut:

1. *VCC* : *Supply* tegangan *digital*.
2. *GND* : *Ground*.
3. *PortA* (PA7, PA0) : *PortA* sebagai *input analog* ke *A/D converter*.

*PortA* juga sebagai 8-bit *bi-directional port I/O*, jika *A/D converter* tidak digunakan. Pin-pin *port* dapat menyediakan *resistor-resistor internal pull up*. Ketika *portA* digunakan sebagai *input* dan *pull eksternal* yang rendah akan menjadi sumber arus jika resistor *pull-up* diaktifkan. Pin-pin *portA* adalah *tristate* ketika kondisi *reset* menjadi aktif sekalipun *clock* tidak aktif.

4. *PortB* (PB7, PB0) : *PortB* adalah *port* I/O 8-bit *bi-directional* dengan *resistor-resistor internal pull up*. *Buffer output portB* mempunyai karakteristik *drive* yang simetris dengan kemampuan keduanya *sink* dan *source* yang tinggi. Sebagai *input port B* yang mempunyai *pull eksternal* yang rendah akan menjadi sumber arus jika *resistor-resistor pull up* diaktifkan. Pin-pin *portB* adalah *tristate* ketika kondisi *reset* menjadi aktif sekalipun *clock* tidak aktif.
5. *PortC* (PC7,PC0) : *PortC* adalah *port* I/O 8-bit *bi-directional* dengan *resistor-resistor internal pull up*. *Buffer output portC* mempunyai karakteristik *drive* yang simetris dengan kemampuan keduanya *sink* dan *source* yang tinggi. Sebagai *input portC* yang mempunyai *pull eksternal* yang rendah akan menjadi sumber arus jika *resistor-resistor pull up* diaktifkan. Pin-pin *portC* adalah *tristate* ketika kondisi *reset* menjadi aktif sekalipun *clock* tidak aktif. Jika antar muka *JTAG enable*, *resistor-resistor pull-up* pada pin-pin PC5 (TDI), PC3 (TMS), PC2 (TCK) akan diaktifkan sekalipun terjadi *reset*.
6. *PortD* (PD7, PD0) : *PortD* adalah *port* I/O 8-bit *bi-directional* dengan *resistor-resistor internal pull up*. *Buffer output portD* mempunyai karakteristik *drive* yang simetris dengan kemampuan keduanya *sink* dan *source* yang tinggi. Sebagai *input portD* yang mempunyai *pull eksternal* yang rendah akan menjadi sumber arus jika *resistor-resistor pull up* diaktifkan. Pin-pin *portD* adalah *tristate* ketika kondisi *reset* menjadi aktif sekalipun *clock* tidak aktif.

7. *RESET* : Sebuah *low level* pulsa yang lebih lama daripada lebar pulsa minimal. Pada pin ini akan menghasilkan *reset* meskipun *clock* tidak berjalan.

## 2.10 *Liquid Crystal Display (LCD)*

*Liquid Crystal Display (LCD)* merupakan salah satu jenis teknologi yang telah ada sejak tahun 1888. *Liquid Crystal Display (LCD)* merupakan layar *digital* yang dapat menampilkan nilai yang dihasilkan oleh sensor dan dapat menampilkan menu dan teks yang terdapat pada aplikasi yang bernama *microcontroller*.

Rangkaian *Liquid Crystal Display (LCD)* pada umumnya di buat dengan menggunakan sistem komunikasi jenis *parallel*. Dalam hal ini tentunya akan banyak *port microcontroller* yang di butuhkan pada saat menggunakan *Liquid Crystal Display (LCD)*. Untuk dapat mengcover segala jenis komunikasi atau semua sistem yang akan saling terhubung dengan *microcontroller* memerlukan penghematan *port microcontroller* [11]. Ada beberapa bagian dari rangkaian *Liquid Crystal Display (LCD)* yang sangat berfungsi. *Liquid Crystal Display (LCD)* dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 *LCD (Liquid Crystal Display)*

Adapun konfigurasi pin dari *Liquid Crystal Display (LCD)* dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Konfigurasi pin *Liquid Crystal Display (LCD)*

No	Nama	Fungsi
1.	Vss	<i>Ground Voltage</i>
2.	Vcc	+5V
3.	Vee	<i>Contrast Voltage</i>
4.	RS	<i>Register Select</i> 0 = <i>Instruction Register</i> I = <i>Data Register</i>
5.	R/W	<i>Read / Write</i> 0 = <i>Write Mode</i> I = <i>Read Mode</i>
6.	E	<i>Enable</i> 0 = <i>Start to lacht dat to LCD character</i> I = <i>disable</i>
7.	DB0	LSB
8.	DB1	-
9.	DB2	-
10.	DB3	-
11.	DB4	-
12.	DB5	-
13.	DB6	-
14.	DB7	MSB
15.	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16.	GND	<i>Ground Voltage</i>

## 2.11 Teknik Analisa Data

### 1. Rata-rata

Rata – rata adalah nilai atau hasil pembagian dari jumlah data yang diambil atau diukur dengan banyaknya pengambilan data atau banyaknya pengukuran.

$$\text{Rata - Rata } (\bar{X}) = \frac{\sum Xi}{n} \quad (2-4)$$

Keterangan :

$$\bar{X} = \text{rata - rata}$$

$\sum Xi$  = Jumlah nilai data

$n$  = Banyak data ( 1,2,3,...,n )

## 2. Error (%)

*Error* (kesalahan) adalah selisih antara *mean* terhadap masing-masing data.

Rumus *error* adalah:

$$\text{Error}\% = \left( \frac{\text{DataSeting} - \text{Re rata}}{\text{Datasetting}} \right) \times 100\% \quad (2-5)$$

## 3. Simpangan

Simpangan adalah selisih dari rata-rata nilai harga yang dikehendaki dengan nilai yang diukur. Berikut rumus dari simpangan :

$$\text{Simpangan} = \bar{X} n - Y \quad (2-6)$$

Keterangan:

$Y$  = rata-rata pembanding.

$\bar{X}n$  = rerata data alat



