BAB II

DASAR TEORI

2.1 Geografis Gunung Tangkuban Parahu

Gunung Tangkuban Perahu adalah salah satu gunung yang terletak di provinsi Jawa Barat, Indonesia. Sekitar 20 km ke arah utara Kota Bandung, dengan rimbun pohon pinus dan hamparan kebun teh di sekitarnya, gunung Tangkuban Parahu mempunyai ketinggian setinggi 2.084 meter. Bentuk gunung ini adalah Stratovulcano dengan pusat erupsi yang berpindah dari timur ke barat. Jenis batuan yang dikeluarkan melalui letusan kebanyakan adalah lava dan sulfur, mineral yang dikeluarkan adalah sulfur belerang, mineral yang dikeluarkan saat gunung tidak aktif adalah uap belerang.

2.2 Sulfur Dioksida (SO_2)

Gas SO_2 (sulfur dioksida), merupakan gas polutan yang banyak dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung unsur belerang seperti minyak, gas, batubara, maupun kokas. Disamping SO_2, pembakaran ini juga menghasilkan gas SO_3, yang secara bersama-sama dengan gas SO_2 lebih dikenal sebagai gas SO_x (sulfur oksida).

Akibat utama pencemaran gas sulfur oksida, khususnya SO_2 terhadap manusia adalah terjadinya iritasi pada system pernapasan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa iritasi tenggorokan terjadi pada konsentrasi SO_2 sebesar 5 ppm atau lebih. Bahkan pada beberapa individu yang sensitive, iritasi sudah terjadi pada paparan 1-2

ppm saja. Untuk penderita yang mempunyai penyakit kronis pada system pernapasan dan kardiovaskular dan lanjut usia gas ini merupakan polutan yang berbahaya karena dengan paparan yang rendah saja (0,2 ppm) sudah dapat menyebabkan iritasi tenggorokan. Pengaruh SO_2 dalam berbagai kadar (ppm) terhadap kesehatan manusia terdapat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Pengaruh Gas SO_2 Terhadap Manusia

Kadar (ppm)	Dampaknya Terhadap Manusia
3-5	Jumlah minimum yang dapat dideteksi baunya
8-12	Jumlah minimum yang segera mengakibatkan iritasi tenggorokan
20	Jumlah minimum yang mengakibatkan iritasi pada mata, dapat menyebabkan batuk, jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk paparan yang lama
50-100	Jumlah maksimum yang diperbolehkan untuk paparan yang singkat (±30 menit)
400-500	Sudah berbahaya walaupun dalam paparan yang singkat

Sumber : Philip Kristanto, Ekologi Industri, Edisi Pertama cetakan pertama, 2002.[(2)]

2.3 Alat Detektor Gas

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) menggunakan dua macam alat detektor gas yaitu:

1. Drager X-AM 7000

   Detektor gas drager X-am 7000 adalah alat untuk mengukur gas-gas, diantaranya : CO_2, CO, SO_2, H_2S dan CH_4. Ada 3 tipe sensor gas, yaitu:

   a) Elektro Chemical Sensor, berkemampuan mengukur 3 jenis gas, yaitu CO_2, CO, SO_2 dan H_2S.

   b) Catalytic sensor, berkemampuan mengukur 1 jenis gas, yaitu CH_4.

c) Infra red sensor, khusus mengukur CO_2.

Detektor Drager X-am 7000 dapat digunakan pada suhu udara makasimum 55 °C degan kelembaban maksimum 80 %. Detektor Drager X-am 7000 tidak dapat digunakan pada kondisi kandungan H_2O yang tinggi (>80 %), kandungan H_2S yang tinggi (diatas 100 ppm, atau 0,01 %).



Gambar 2.1 Drager X-am 7000

Alat ini mempunyai indikator alarm yang terpasang di dalamnya sebagai peringatan apabila konsentrasi gas sudah melebihi nilai-nilai referensi yang sudah diprogram.

Tabel 2.2 Nilai Ambang Gas Di Udara, Dari Detektor Gas Drager X-am 7000

GAS	AMBANG NORMAL DI UDARA BEBAS	NILAI A1	NILAI A2	KETERANGAN
SO_2	2 ppm	20 ppm	40 ppm	A1: Bunyi alarm ke-1 karena kandungan gas melampaui batas nilai A1. A2: Bunyi alarm ke-2 karena kandungan gas melampaui batas nilai A2. LEL: Low Explotion Limit.
H_2S	10 ppm	100 ppm	200 ppm	
CO_2	0,5% vol. (5000 ppm)	25% vol.	50% vol.	
CO	30 ppm	500 ppm	1000 ppm	
CH_4	10% LEL	100%LEL	200%LEL	

2. Multigas Reader

Alat detektor gas yang lain digunakan oleh PVMBG baru-baru ini adalah multigas reader yang disumbangkan oleh Badan Geologi Amerika (USGS). Multigas reader ini dapat mendeteksi jenis gas yang biasanya terkandung di kawasan gunung merapi. Perbandingan antara Drager X-am 7000 dan multigas reader terdapat dalam **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Perbandingan Drager X-am 7000 dan Multigas Reader

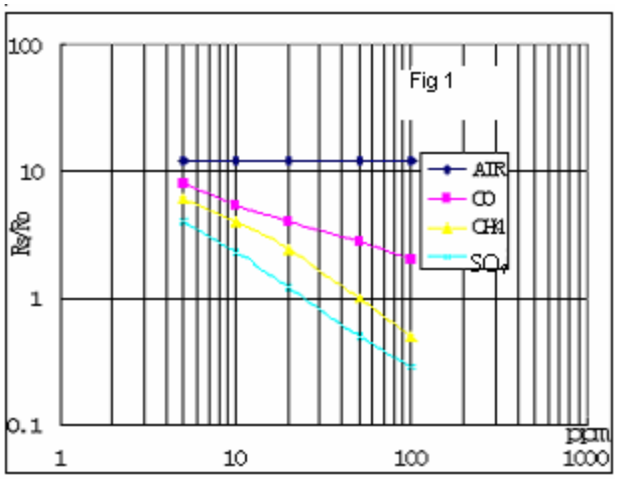
Alat Detektor Gas	**Sistem Kerja Alat**	**Batas Referensi Konsentrasi Gas SO_2**	**Tampilan Data Keluaran**
Drager X-am 7000	Alat ini melakukan pembacaan konsentrasi gas secara langsung tanpa perekaman data. Indikator alarm akan berbunyi ketika konsentrasi gas melebihi batas referensi	20 ppm dan 40 ppm	LCD yang terpasang pada alat
Multigas Reader	Alat ini bekerja mendeteksi gas selama 1 x 8 jam, kemudian akan off selama 30 menit, lalu akan aktif kembali dan melakukan warming up selama 30 menit, setelah itu akan mengkalibrasi kembali ke nilai 0 selama 5 menit. Alat ini merekam data selama 1 jam/ 3 detik untuk satu rekaman. Sistem kerja tersebut akan berulang secara terus-menerus (*looping*). Oleh karena itu, alat ini memiliki kelemahan dengan waktu tunggu yang lama.	50 ppm dan 100 ppm	Laptop/Personal Computer yang terhubung langsung dengan alat melalui kabel USB

2.4 Sensor gas

Sensor adalah sebuah alat yang berfungsi untuk menangkap suatu besaran fisika atau kimia yang setelah itu diubah menjadi sinyal elektrik berupa arus listrik ataupun tegangan. Besaran fisik yang mampu di tangkap oleh sensor untuk menghasilkan sinyal elektrik meliputi tekanan, temperatur, cahaya, gaya, medan magnet, pergerakan dan lain sebagainya. Sedangkan zat kimia dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas.

Sensor merupakan salah satu bagian dari tranduser yang dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi suatu proses. Yang dimaksud dengan tranduser yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengubah suatu bentuk energi ke bentuk energi yang lain. Sensor juga dapat didefinisikan sebagai salah satu jenis tranduser yang digunakan untuk mengubah besaran panas, sinar, mekanis, magnetis, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran atau pengendalian.

Sudah banyak di pasaran beredar sensor dengan berbagai jenis dan tipe untuk mendeteksi bau gas, salah satunya adalah sensor MQ-136. Sensor MQ-136 adalah suatu komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengindera bau gas tin oksida (*SnO2*). Sensor MQ-136 dapat dapat dikatakan sebagai resistor dengan *Negative Pollution Coefficient* (NPC). Karena secara teknis sensor gas tersebut sama dengan resistor NPC, maka semakin tinggi konsentrasi gas yang tidak di inginkan, maka nilai hambatannya akan semakin rendah, sehingga tegangan keluaran akan semakin besar.



Gambar 2.2 Karakteristik Sensitivitas Sensor MQ-136

Sensor MQ-136 sangat peka terhadap gas yang mengandung hidrogen sulfida (*H2S*). Hidrogen sulfida juga dikenal dengan nama sulfana, sulfur hidrida, gas asam (*sour gas*), *sulfurated hydrogen*, asam hidrosulfurik, dan gas limbah (*sewer gas*). Gas ini juga muncul pada gas yang timbul dari aktivitas gunung berapi dan gas alam. Sensor ini juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) yang digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar agar sensor dapat bekerja kembali secara efektif.



Gambar 2.3 Bentuk Fisik Sensor MQ-136

2.5 Mikrokontroler

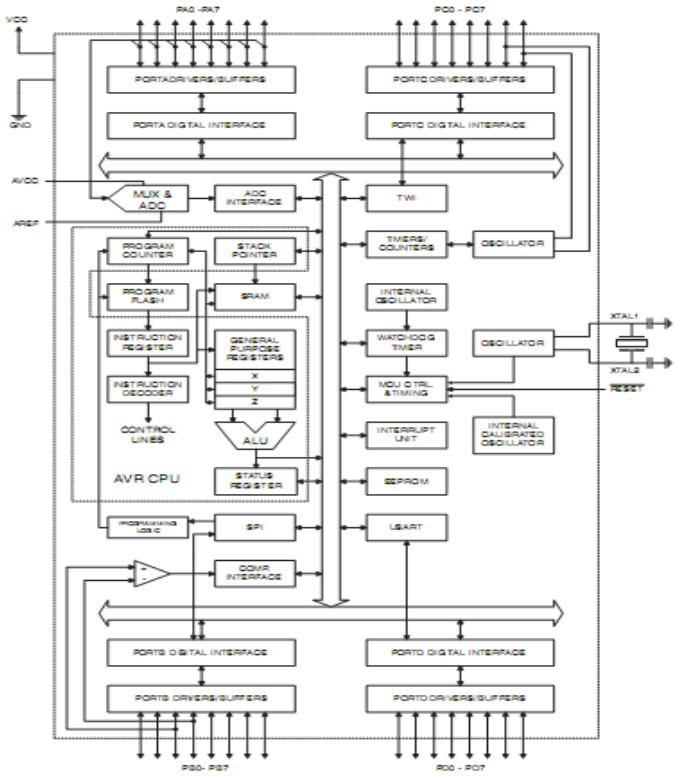
Mikrokontroler merupakan suatu alat elektronika digital layaknya komputer yang dapat diprogram sesuai kebutuhan. Sehingga dapat mempermudah dalam pembuatan aplikasi alat elektronik karena tidak memerlukan rangkaian tambahan yang cukup besar dibandingkan aplikasi alat serupa tanpa menggunakan rangkaian digital. Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa *Input/output*, dan beberapa *peripheral* seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi.

Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computer*) berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATMega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya.

2.5.1 Mikrokontroler ATMEGA16

Seperti mikrokontroler pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATMega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Secara garis besar mikrokontroler ATMega16 terdiri dari:

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte.
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu *Port* A, *Port* B, *Port* C, dan *Port* D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Bandar antarmuka SPI dan Bandar USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral
   - Dua buah 8-bit *timer/counter* dengan prescaler terpisah dan mode *compare*
   - Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode *compare*, dan mode *capture*
   - *Real time counter* dengan osilator tersendiri
   - Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
   - 8 kanal, 10 bit ADC
   - *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
   - *Watchdog timer* dengan osilator internal



Gambar 2.4 Blok diagram ATMega16

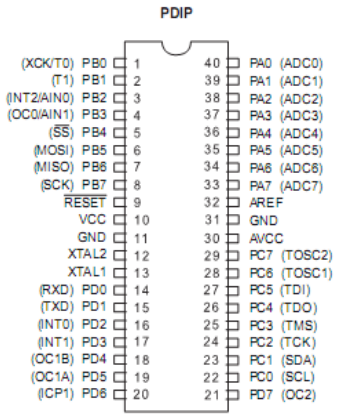
Port sebagai input/output digital

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 DDxn, PORTxn, dan PINxn. Huruf ‘x’mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf ‘n’ mewakili nomor bit. Bit DDxn terdapat pada I/O address DDRx, bit PORTxn terdapat pada I/O address PORTx, dan bit PINxn terdapat pada I/O address PINx. Bit DDxn dalam register DDRx (*Data Direction Register*) menentukanarah pin. Bila DDxn diset 1 maka Px berfungsi sebagai pin output. Bila DDxn diset 0 maka Px berfungsi sebagai pin input.Bila PORTxndiset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka

resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, PORTxn harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi reset. Bila PORTxn diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila PORTxn diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) ke kondisi *output high* (DDxn=1, PORTxn=1) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (DDxn=0, PORTxn=1) atau kondisi *output low* (DDxn=1, PORTxn=0).

A. Konfigurasi Pin ATMega16

Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40 pin dapat dilihat pada Gambar 2.5. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATMega16 memiliki 8 pin untuk masing-masing *Port A, Port B, Port C*, dan *Port D*. Guna memaksimalkan performa, AVR menggunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data).



Gambar 2.5 Pin-Pin Atmega16

Secara fungsional konfigurasi pin ATMega32 adalah sebagai berikut:

a) VCC

- Tegangan sumber

b) GND (Ground)

c) Port A (PA7 – PA0)

Port A adalah 8-bit port I/O yang bersifat bi-directional dan setiap pin memilki internal pull-up resistor. Output buffer port A dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port A digunakan sebagai input dan di pull-up secara langsung, maka port A akan mengeluarkan arus jika internal pull-up resistor diaktifkan. Pin-pin dari port A memiliki fungsi khusus yaitu dapat berfungsi sebagai channel ADC (Analog to Digital Converter) sebesar 10 bit.

Tabel 2.4 Fungsi Khusus *Port* A

Port	***Alternate Function***
PA7	*ADC7 (ADC input channel 7)*
PA6	*ADC6 (ADC input channel 6)*
PA5	*ADC5 (ADC input channel 5)*
PA4	*ADC4 (ADC input channel 4)*
PA3	*ADC3 (ADC input channel 3)*
PA2	*ADC2 (ADC input channel 2)*
PA1	*ADC1 (ADC input channel 1)*
PA0	*ADC0 (ADC input channel 0)*

d) Port B (PB7 – PB0)

Port B adalah 8-bit port I/O yang bersifat bi-directional dan setiap pin mengandung internal pull-up resistor. Output buffer B dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port B digunakan sebagai input dan di pull-down secara

eksternal, port B akan mengalirkan arus jika internal pull-up resistor diaktifkan. Pin-pin port B memiliki fungsi-fungsi khusus, diantaranya :

- SCK port B, bit 7

  Input pin clock untuk up/downloading memory.

- MISO port B, bit 6

  Pin output data untuk uploading memory.

- MOSI port B, bit 5

  Pin input data downloading memory.

Tabel 2.5 Fungsi khusus *port* B

Port	***Alternate Function***
PB7	*SCK (SPI Bus Serial Clock)*
PB6	*MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)*
PB5	*MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)*
PB4	*SS (SPI Slave Select Input)*
PB3	*AIN1 (Analog Comparator Negative Input)* *OCO (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)*
PB2	*AIN0 (Analog Comparator Positive Input)* *INT2 (External Interrupt 2 Input)*
PB1	*T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)*
PB0	*T0 (Timer/Counter External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)*

e) *Port* C (PC7 – PC0)

Port C adalah 8-bit port I/O yang berfungsi bi-directional dan setiap pin memiliki internal pull-up resistor. Output buffer port C dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port C digunakan sebagai input dan di pull-down secara

langsung, maka port C akan mengeluarkan arus jika internal pull-up resistor diaktifkan.

Tabel 2.6 Fungsi khusus *port* C

Port	***Alternate Function***
PC7	*TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)*
PC6	*TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)*
PC5	*TD1 (JTAG Test Data In)*
PC4	*TD0 (JTAG Test Data Out)*
PC3	*TMS (JTAG Test Mode Select)*
PC2	*TCK (JTAG Test Clock)*
PC1	*SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)*
PC0	*SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)*

f) *Port* D (PD7 – PD0)

Port D adalah 8-bit port I/O yang berfungsi bi-directional dan setiap pin memiliki internal pull-up resistor. Output buffer port D dapat mengalirkan arus sebesar 20 mA. Ketika port D digunakan sebagai input dan di pull-down secara langsung, maka port D akan mengeluarkan arus jika internal pull-up resistor diaktifkan.

Tabel 2.7 Fungsi khusus *port* D

Port	***Alternate Function***
PD7	*OC2 (Timer / Counter2 Output Compare Match Output)*
PD6	*ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)*
PD5	*OCIB (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)*
PD4	*TD0 (JTAG Test Data Out)*
PD3	*INT1 (External Interrupt 1 Input)*
PD2	*INT0 (External Interrupt 0 Input)*
PD1	*TXD (USART Output Pin)*
PD0	*RXD (USART Input Pin)*

g) RESET (*Reset input*)

h) XTAL1 (*Input Oscillator*)

i) XTAL2 (*Output Oscillator*)

j) AVCC adalah pin penyedia tegangan untuk *port* A dan konverter A/D.

k) AREF adalah pin referensi analog untuk konverter A/D.

B. Memori ATMega16

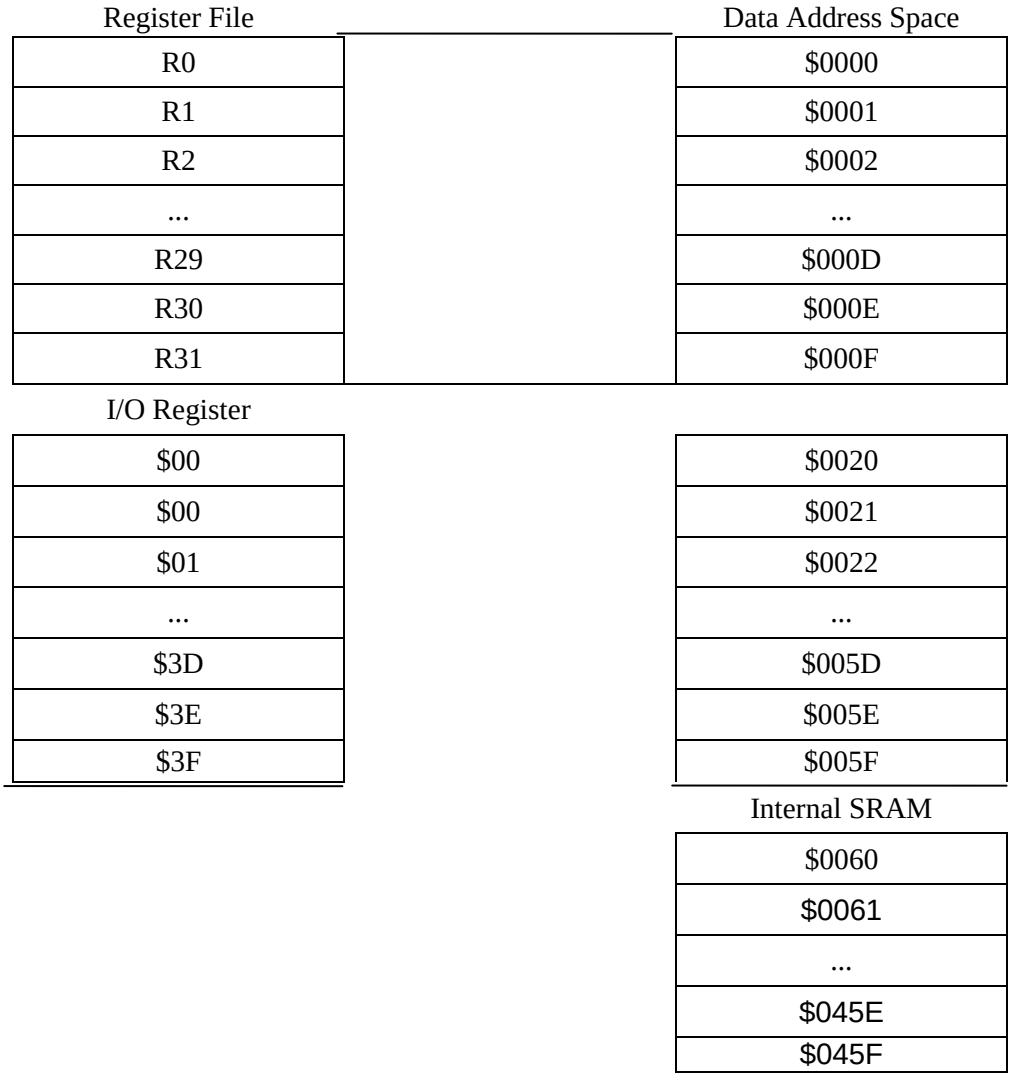
a) Memori Program

Arsitektur ATMega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATMega16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data. ATMega16 memiliki 16K byte *On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Instruksi ATMega16 semuanya memiliki format 16 atau 32 bit, maka memori *flash* diatur dalam 8K x 16 bit. Memori *flash* dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program *boot*. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor.

b) Memori Data (SRAM)

Memori data AVR ATMega16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O dan 1 Kbyte SRAM internal. *General purpose register* menempati alamat data terbawah, yaitu $00 sampai $1F. Sedangkan memori I/O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari $20 hingga $5F. Memori I/O merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai fitur

mikrokontroler seperti kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. 1024 alamat berikutnya mulai dari $60 hingga $45F digunakan untuk SRAM internal.



Gambar 2.6 Peta Memori Data ATMega16

c) Memori Data EEPROM

ATMega16 terdiri dari 512 byte memori data EEPROM 8 bit, data dapat ditulis/dibaca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan, data terakhir yang ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat *nonvolatile*. Alamat EEPROM mulai dari $000 sampai $1FF.

2.5.2 *Analog To Digital Converter (*ADC)

AVR ATMega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik *single ended* input maupun *differential* input. Selain itu, ADC ATMega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau (*noise)* yang amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. Atmega16 memiliki resolusi ADC 10 bit (dapat juga menggunakan ADC 8 bit) dengan 8 channel (PA0-PA7) input ADC dan mendukung 16 macam penguat beda. ADC ini bekerja dengan teknik *succecive approximation*. Rangkaian internal ADC memiliki catu daya tersendiri yaitu pin AVCC. Data hasil konversi ADC 10 bit (1024) adalah:

$$ADC=(Vin*1024)/Vref \quad (2.1)$$

Keterangan: ADC = nilai yang dibaca oleh mikrokontroler

Vin = Tegangan masuk pada pin ADC

Vref = Tegangan referensi mikrokontroler

Proses inisialisasi ADC meliputi proses penentuan *clock*, tegangan referensi, formal data keluaran, dan modus pembacaan. Register-register yang perlu diatur adalah sebagai berikut:

· ADC Control and Status Register A – ADCSRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.7 ADC Control and Status Register A – ADCSRA

ADEN : 1 = adc enable, 0 = adc disable

ADCS : 1 = mulai konversi, 0 = konversi belum terjadi

ADATE : 1 = auto trigger diaktifkan, trigger berasal dari sinyal yang dipilih (set pada trigger SFIOR bit ADTS). ADC akan start konversi pada edge positif sinyal trigger.

ADIF : Diset ke 1, jika konversi ADC selesai dan data register ter-update. Namun ADC Conversion Complete Interrupt dieksekusi jika bit ADIE dan bit-I dalam register SREG diset.

ADIE : Diset 1, jika bit-I dalam register SREG di-set.

ADPS[0..2] : Bit pengatur clock ADC, faktor pembagi 0 ⋯ 7 = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128.

Tabel 2.8 Konfigurasi Clock ADC

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

・ADC Multiplexer-ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.8 ADC Multiplexer

REFS 0, 1 : Pemilihan tegangan referensi ADC

00 : Vref = Aref

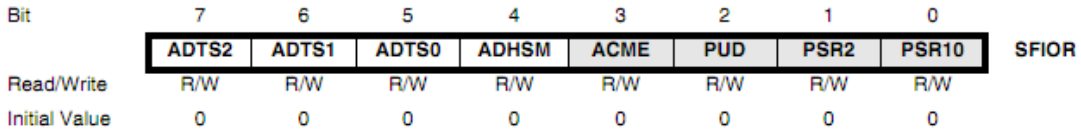
01 : vref = AVCC dengan eksternal capasitor pada AREF

10 : vref = internal 2.56 volt dengan eksternal kapasitor pada AREF

ADLAR : Untuk setting format data hasil konversi ADC, default = 0

・Special Function IO Register-SFIOR

SFIOR merupakan register 8 bit pengatur sumber picu konversi ADC, apakah dari picu eksternal atau dari picu internal, susunannya seperti yang terlihat pada **Gambar 2.9** berikut :



Gambar 2.9 Register SFIOR

ADTS[0...2] : Pemilihan trigger (pengatur picu) untuk konversi ADC, bit-bit ini akan berfungsi jika bit ADATE pada register ADCSRA bernilai 1. Konfigurasi bit ADTS[0...2] dapat dilihat pada **Tabel 2.9**

Tabel 2.9 Pemilihan sumber picu ADC

ADTS2	ADTS1	ADTS0	Trigger Source
0	0	0	Free Running Mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter Overflow
1	0	1	Timer/Counter0 Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter Overflow
1	1	1	Timer/Counter Capture Event

ADHSM : 1. ADC *high speed mode enabled*. Untuk operasi ADC, bit ACME, PUD, PSR2 dan PSR10 tidak diaktifkan.

2.6 Komunikasi Serial

Komunikasi serial adalah komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit, sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi paralel seperti pada port printer yang mampu mengirim 8 bit sekaligus dalam sekali detak.

Interface serial hanya membutuhkan jalur yang sedikit (umumnya hanya 2 jalur), sehingga lebih menghemat pin jika dibandingkan dengan interface paralel. Komunikasi serial ada 2 macam, *synchronous* serial dan *asynchronous* serial :

1. *Synchronous* serial adalah komunikasi dimana hanya ada satu pihak (pengirim dan penerima) yang menghasilkan clock dan mengirimkan clock tersebut bersama-sama dengan data. Contoh penggunaan synchronous serial terdapat pada transmisi data keyboard.
2. *Asynchronous* serial adalah komunikasi dimana kedua pihak (pengirim dan penerima) masing-masing menghasilkan clock namun hanya data yang ditransmisikan, tanpa clock. Agar data yang dikirim sama dengan data yang diterima, maka kedua frekuensi *clock* harus sama dan harus terdapat sinkronisasi. Setelah ada sinkronisasi, pengirim akan mengirimkan datanya sesuai dengan frekuensi *clock* penerima. Contoh penggunaan asynchronous serial adalah pada *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART) yang digunakan pada serial *port* (COM) komputer.

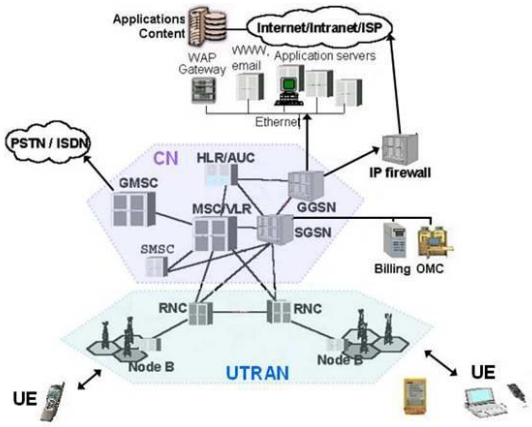
2.7 Teknologi Jaringan GSM (Global *System for Mobile*)

GSM (*Global System for Mobile*) adalah suatu teknologi yang digunakan dalam komunikasi *mobile* dengan teknik digital. Sebagai teknologi yang dapat dikatakan cukup revolusioner karena berhasil menggeser teknologi sistem telekomunikasi bergerak analog yang populer pada dekade 80-an, GSM telah memberikan alernatif berkomunikasi baru bagi dunia telekomunikasi yang lebih powerful. Dengan menggunakan sistem sinyal digital dalam transmisi datanya,

membuat kualitas data maupun bit rate yang dihasilkan menjadi lebih baik dibanding sistem analog. Teknologi GSM saat ini lebih banyak digunakan untuk komunikasi seluler dengan berbagai macam layanannya. Dalam kehidupan sehari-hari kita lebih mengenal Handphone (HP) sebagai aplikasi teknologi GSM yang paling populer. Sejak pertama pengimplementasiannya sampai sekarang GSM telah dikembangkan dalam tiga kelompok yaitu GSM 900, 1800 dan 1900. Perbedaan ketiga kelompok tersebut adalah pada lokasi band frekuensi yang digunakan. GSM 900 menggunakan frekuensi 900 MHz sebagai kanal transmisinya. GSM 1800 dan 1900 masing-masing menggunakan frekuensi 1800 dan 1900 MHz.

Arsitektur Jaringan GSM

Sebuah jaringan GSM dibangun dari beberapa komponen fungsional yang memiliki fungsi dan interface masing-masing yang spesifik. Secara umum jaringan GSM dapat dibagi menjadi empat bagian utama yaitu : *Mobile Station , Base Station Subsystem , Network Subsystem, Network Management Subsytem.*



Gambar 2.10 Arsitektur Jaringan GSM

Jaringan GSM secara umum dapat dilihat pada gambar yang terdiri dari :

a) *Mobile Stasion* (MS)

MS merupakan perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk melakukan komunikasi. MS terdiri dari dari *Mobile Equipment* (ME) dan *Subcriber Identity Module* (SIM). ME merupakan terminal transmisi radio yang dilengkapi dengan *International Mobile Equipment Identity* (IMEI), sedangkan SIM berisi nomor identitas pelanggan untuk masuk ke jaringan operator GSM.

b) *Base Stasion System* (BSS)

BSS terdiri dari tiga perangkat yaitu: *Base Transceiver Station* (BTS), *Base Station controller* (BSC), *Transcoder* (XCDR) BTS merupakan perangkat pemancar dan penerima yang menangani akses radio dan berinteraksi langsung dengan *mobile station* (MS) melalui *air interface*. BTS juga mengatur proses handover yang terjadi didalam BTS itu sendiri dan dimonitor oleh BSC.

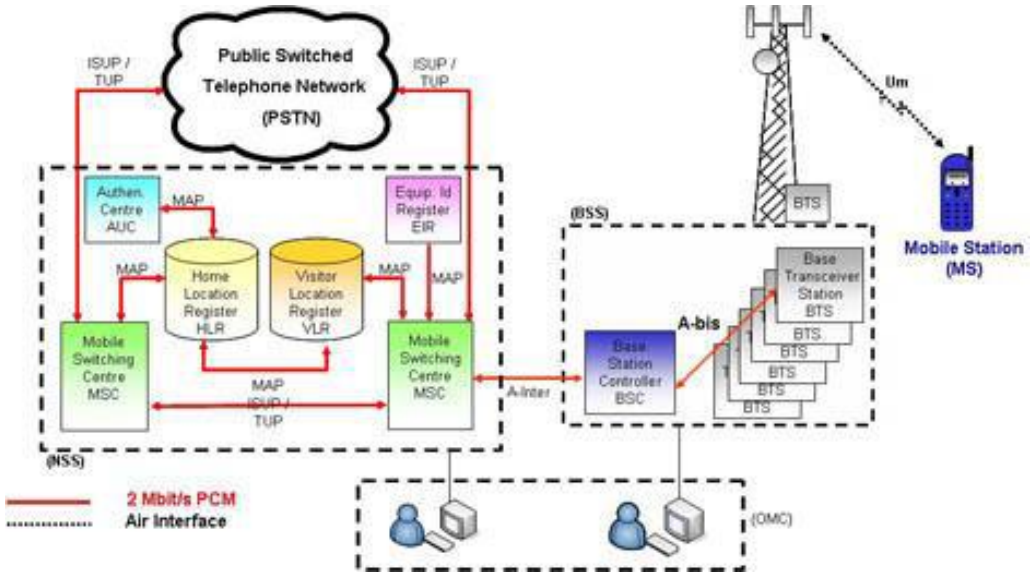
BSC adalah *interface* antara BTS dengan MSC dan OMC. BSC juga mengendalikan beberapa BTS serta mengatur trafik yang datang dan pergi dari BSC menuju MSC atau BTS. BSC memanajemen sumber radio dalam pemberian frekuensi untuk setiap BTS dan mengatur *handover* ketika *mobile station* melewati batas antar sel.

XCDR berfungsi untuk mengkompres data atau suara keluaran dari MSC (64 Kbps) menjadi 16 Kbps ke arah BSC dan sebaliknya untuk efisiensi kanal transmisi.

c) *Network Switching System* (NSS)

NSS berfungsi sebagai *switching* pada jaringan GSM, memanajemen jaringan, sebagai *interface* antara jaringan GSM dengan jaringan lainnya. Komponen NSS pada jaringan GSM terdiri dari :*Mobile Switching Center* (MSC), *Home Location Register* (HLR), *Visitor Location Register* (VLR), *Authentication Center* (AuC), *Equipment Identity Register* (EIR).

MSC bertugas mengatur komunikasi antar pelanggan dan *user* jaringan telekomunikasi lainnya. HLR merupakan *database* yang berisi data pelanggan yang tetap suatu wilayah cakupan. Data-data tersebut antara lain, layanan pelanggan, service tambahan dan informasi mengenai lokasi pelanggan yang paling akhir VLR merupakan database yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan yang melakukan *mobile* (*roaming*) dari area cakupan lain.



Gambar 2.11 *Network Switching System* (NSS)

AuC berisi *data base* yang bersifat rahasia yang disimpan dalam bentuk format kode untuk pengamanan dan pengontrolan penggunaan sistem seluler yang sah dan mencegah pelanggan yang melakukan kecurangan. Merupakan database terpusat yang berfungsi untuk validasi Internasional *Mobile Equipment Identity* (IMEI).

2.8 Layanan Pesan Singkat (*Short Message Service*)

2.8.1 Pengenalan Layanan Pesan Singkat

SMS atau *short messaging services* merupakan salah satu media yang paling banyak digunakan sekarang ini dikarenakan murah dan prosesnya cepat. SMS merupakan fitur dari GSM (*Global System for Mobile Communications*), yang dikembangkan dan distandarisasi oleh ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). SMS pada awal diciptakan adalah bagian dari layanan pada sistem GSM yang dikembangkan dan distandarisasi oleh ETSI. SMS semula hanyalah merupakan layanan yang bersifat komplementer terhadap dua layanan utama sistem GSM (atau sistem 2G pada umumnya) yaitu layanan *voice* dan *switced data*. Namun karena keberhasilan SMS yang tidak terduga, dengan ledakan pelanggan yang mempergunakannya, menjadikan SMS sebagai bagian yang sangat penting dari layanan sistem.

Pengiriman pesan SMS secara *store and forward* berarti pengirim pesan SMS menuliskan pesan dan nomor telepon tujuan dan kemudian mengirimkannya (*store*) ke server SMS (SMS-Center) yang kemudian bertanggung jawab untuk mengirimkan pesan tersebut (*forward*) ke nomor telepon tujuan. Hal ini mirip dengan mekanisme

store and forward pada protokol SMTP yang digunakan dalam pengiriman e-mail internet. Keuntungan mekanisme *store and forward* pada SMS adalah penerima tidak perlu dalam status *online* ketika ada pengirim yang bermaksud mengirimkan pesan kepadanya, karena pesan akan dikirim oleh pengirim ke SMSC (SMS-Center) yang kemudian dapat menunggu untuk meneruskan pesan tersebut ke penerima ketika ia siap dan dalam status *online* di lain waktu. Ketika pesan SMS telah terkirim dan diterima oleh SMSC, pengirim akan menerima pesan singkat (konfirmasi) bahwa pesan telah terkirim (*message sent*). Hal-hal inilah yang menjadi kelebihan SMS dan populer sebagai layanan praktis dari sistem telekomunikasi bergerak.

2.8.2 Teknologi SMS Gateway

SMS *Gateway* adalah sebuah perangkat lunak yang menggunakan bantuan komputer dan memanfaatkan teknologi seluler yang diintegrasikan guna mendistribusikan pesan-pesan yang di-*generate* lewat sistem informasi melalui media SMS yang di-*handle* oleh jaringan seluler. Secara khusus, sistem ini akan memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut:

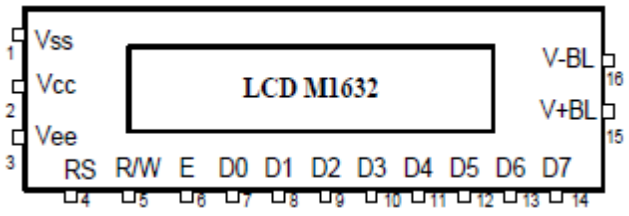
1. *Message Management* dan *Delivery*
    a. Pengaturan pesan yang meliputi manajemen prioritas pesan, manajemen pengiriman pesan, dan manajemen antrian.
    b. Pesan yang dilalukan harus sedapat mungkin *fail safe*. Artinya, jika terdapat gangguan pada jaringan telekomunikasi, maka system secara otomatis akan mengirim ulang pesan tersebut.

2. Korelasi

Berfungsi untuk melakukan korelasi data untuk menghasilkan data baru hasil korelasi. Pada sistem yang terpasang saat ini, arsitektur lalu lintas data melalui SMS sudah terjalin cukup baik. Hanya saja, keterbatasan akses data dan tujuan informasi SMS yang belum terfokus menyebabkan banyaknya jawaban standar (*default replies*) masih banyak terjadi. SMS *Gateway* banyak digunakan dalam berbagai proses bisnis dan usaha.

2.9 *Liquid Crystal Display* (LCD)

Modul *Liquid Crystal Display* (LCD) adalah salah satu alat yang digunakan sebagai tampilan. Pada dasarnya sistem pengaturan LCD memiliki standar yang sama walaupun sangat banyak macamnya baik ditinjau dari perusahaan pembuat maupun dari ukurannya. Konfigurasi kaki dari LCD M1632 ditunjukkan pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Konfigurasi pin LCD

Modul LCD mempunyai karakteristik sebagai berikut.

1. Terdapat 2 x 16 karakter huruf yang bisa ditampilkan.
2. Setiap huruf terdiri dari 5x7 *dot matrix* + *cursor*.

3. Terdapat 32 karakter .

4. Terdapat 80 x 8 bit *display* RAM (*maximum* 80 karakter).

5. Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.

6. Dibangun dengan *osilator* lokal.

7. Satu sumber tegangan 5 volt.

8. Otomatis *reset* saat tegangan dihidupkan.

9. Bekerja pada suhu 0^0C sampai 55^0C.

LCD merupakan modul *dot-matrix* tampilan kristal cair (LCD) dengan tampilan 2 x 16 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul LCD ini telah dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD, berfungsi sebagai pengatur *(system controller)* dan penghasil karakter *(character generator)*. Fungsi pin yang terdapat pada LCD ditunjukkan seperti pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Konfigurasi Kaki LCD

No	Nama Pin	Keterangan
1	Vcc	+5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan Kontras LCD
4	RS	Register select, 0 = Register Perintah, 1 = Register Data
5	R/W	1 = read, 0 = write
6	E	Enable Clock LCD, logika setiap kali pengiriman atau pembacaan data
7	D0	Data bus 0
8	D1	Data bus 1
9	D2	Data bus 2
10	D3	Data bus 3
11	D4	Data bus 4
12	D5	Data bus 5
13	D6	Data bus 6
14	D7	Data bus 7
15	Anoda	Tegangan positif backlight
16	Katoda	Tegangan negatif back light

2.10 Garis Tren (*Trendline*)

Garis tren (trendline) adalah sebuah garis lurus yang menghubungkan titik-titik pertemuan dalam sebuah grafik. Sebuah tren bergerak dalam arah tertentu berdasarkan nilai-nilai dari grafik acuannya. Semakin dekat kemiringan garis tren dengan grafik acuan maka nilai yang diperoleh semakin spesifik. Ada enam tipe garis tren yaitu:

1. *Linear* : Digunakan apabila nilai data meningkat atau berkurang dalam keadaan tetap.
2. *Logarithmic*: Digunakan ketika rentang perubahan data meningkat atau berkurang secara cepet lalu kemudian keluar.
3. *Polynomial*: Digunakan ketika data berfluktuasi dalam suatu kecenderungan keadaan tertentu.
4. *Power*: Digunakan pada data yang mempunyai peningkatan di tingkat tertentu pada interval reguler.
5. Eksponensial: Digunakan pada data yang mempunyai nilai peningkatan atau penurunan yang secara konstan bertambah.
6. *Moving average*: Digunakan ketika nilai data tidak rata berfluktuasi.

Persamaan-persamaan dari tipe garis tren di atas pada microsoft excel adalah sebagai berikut:

1. *Linear Trendline:*

   Persamaan: $y = m * x + b$

   Keterangan: m = *slope*(y,x)

b = *intercept*(y,x)

R^2 = RSQ (y,x)

2. *Logarithmic Trendline*

   Persamaan: y = (c * LN(x)) + b

   Keterangan: c = INDEX(LINEST(y,LN(x)),1)

   b= INDEX(LINEST(y,LN(x)),1,2)

   R^2 = RSQ (y,LN(x))

3. *Power Trendline*

   Persamaan: y=c*x^b

   Keterangan: c = EXP(INDEX(LINEST(LN(y),LN(x),,),1,2))

   b= INDEX(LINEST(LN(y),LN(x),,),1)

   R^2 = INDEX (LINEST(LN(y),LN(x),TRUE,TRUE).3.1)

4. *Exponential Trendline*

   Persamaan: y = c *e ^(b * x)

   Keterangan: c = EXP(INDEX(LINEST(LN(y),x),1,2))

   b = INDEX(LINEST(LN(y),x),1)

   R^2 = RSQ (LN(y),x)

5. *Polynomial Trendline* Orde Kedua

   Persamaan: y = (c2 * x^2) + (c1 * x ^1) + b

   Keterangan: c2 = INDEX(LINEST(y,x^{1,2}),1)

   c1: =INDEX(LINEST(y,x^{1,2}),1,2)

   b = INDEX(LINEST(y,x^{1,2}),1,3)

   R^2 = INDEX (LINEST(y,x^{1,2},TRUE.TRUE),3,1)

2.11. Pengukuran Dan Kesalahan

Di dalam pengukuran umumnya dibutuhkan suatu instrumen dan instrumen diperlukan :

- untuk menentukan suatu besaran (kuantitas) atau variabel.
- membantu peningkatan ketrampilan manusia dan dalam banyak hal memungkinkan seseorang untuk menentukan nilai dari suatu besaran yang tidak diketahui, karena tanpa bantuan instrumen manusia tidak dapat menentukannya.

Untuk menggunakan instrumen – instrumen secara cermat :

- perlu memahami prinsip-prinsip kerjanya dan
- mampu memperkirakan apakah instrumen tersebut sesuai untuk pemakaian yang sudah ditentukan.

Tidak ada pengukuran yang menghasilkan ketelitian yang sempurna, tetapi penting untuk mengetahui ketelitian yang sebenarnya dan bagaimana kesalahan yang berbeda digunakan dalam pengukuran.

Kesalahan-kesalahan pada pengukuran, umumnya dibagi dalam 3 jenis utama, yaitu :

1. Kesalahan-Kesalahan umum (*gross errors*) :

Kebanyakan disebabkan kesalahan manusia, antara lain :

a. kesalahan pembacaan alat ukur
b. pengkalibrasian yang tidak tepat
c. pemakaian instrumen yang tidak sesuai
d. kesalahan penaksiran

2. Kesalahan kesalahan sistematis (*systematic errors*)

Disebabkan kekurangan-kekurangan pada instrumen sendiri, seperti :

a. kerusakan atau adanya bagian-bagian yang aus dan,

b. pengaruh lingkungan terhadap peralatan dan pemakai

3. Kesalahan-kesalahan yang tidak disengaja (*random errors*)

Disebabkan oleh penyebab-penyebab yang tidak dapat secara langsung diketahui, karena perubahan-perubahan parameter atau sistem pengukuran terjadi secara acak.

Analisis statistik pada data pengukuran adalah pekerjaan yang biasa, sebab analisis ini memungkinkan untuk menentukan ketidakpastian hasil pengukuran secara analitis. Hasil suatu pengukuran dengan metode tertentu, dapat diramalkan berdasarkan sampel data, tanpa memiliki informasi lengkap tentang seluruh faktor gangguan. Umumnya diperlukan sejumlah pengukuran yang banyak, agar metoda statistik dan informasi yang dihasilkan bermanfaat.

Kesalahan-kesalahan sistematis harus lebih kecil dibandingkan terhadap kesalahan acak, karena pengerjaan data secara statistik, tidak dapat menghilangkan suatu prasangka tertentu yang selalu terdapat dalam semua pengukuran.

Nilai yang paling mungkin dari suatu variabel yang diukur adalah nilai rata-rata dari seluruh pembacaan yang dilakukan.

Secara teoritis pembacaan yang banyaknya tak berhingga, akan memberikan hasil yang baik, meskipun dalam praktek hanya dapat dilakukan pengukuran yang terbatas. Nilai rata-rata diberikan oleh persamaan berikut :

$$\bar{x} = \frac{x1+x2+x3+\cdots+xn}{n}$$

dimana, $\bar{x}$ = nilai rata-rata

$x1 + x2 + x3 + \cdots + xn$ = pembacaan yang dilakukan

n = jumlah pembacaan

Skala kesalahan = $\frac{(Xmax - \text{Xrata} - \text{rata}) + (\text{Xrata} - \text{rata} - \text{Xmin})}{2}$

Deviasi rata - rata : adalah suatu indikasi ketepatan instrumen - instrumen yang digunakan untuk pengukuran. Instrumen-instrumen yang ketepatannya tinggi, akan menghasilkan deviasi rata - rata yang rendah antara pembacaan-pembacaan.

Deviasi rata-rata adalah penjumlahan nilai-nilai mutlak dari deviasi-deviasi dibagi dengan jumlah pembacaan. Jadi, deviasi rata-rata, dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$D = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + \text{------} + |d_N|}{N} = \frac{\sum d_N}{N}$$

Dimana $d_1 = x_1 - \bar{x}$, ...

$d_N = xn - \bar{x}$

2.12 Catu Daya

Catu daya merupakan hal terpenting dalam perancangan sebuah barang elektronik. Penentuan catu daya sendiri dapat dilihat dari beberapa faktor, diantaranya adalah tegangan, arus dan teknologi baterai. Berikut ini adalah beberapa penjelasan mengenai faktor-faktor tersebut.

a) Tegangan

Setiap komponen elektronik yang digunakan tentu memiliki tegangan yang berbeda satu dengan yang lainnya. Tegangan tertinggi yang dibutuhkan dari suatu komponen pendukung barang elektronik yang akan dibuat sangat menentukan nilai dari tegangan catu daya itu sendiri.

b) Arus

Arus sendiri memiliki peran yang terpenting dalam pemilihan suatu catu daya. Hal ini dikarenakan dengan melihat kapasitas dari arus yang dimiliki suatu catu daya, dapat diketahui daya tahan dari catu daya itu sendiri. Dimana semakin besar arus yang dimiliki maka akan semakin lama dayatahan dari catu daya tersebut.

c) Teknologi Baterai

Teknologi yang ada pada sebuah baterai saat ini sudah makin hebat. Dari mulai yang hanya satu kali pemakaian saja sampai yang bisa diisi ulang. Untuk baterai isi ulang sendiri ada beberapa jenis dari mulai baterai yang harus diisi ulang apabila sudah kosong dan ada pula baterai yang harus diisi apabila tegangan baterai ada di level tertentu. Untuk jenisnya sendiri ada beberapa macam seperti: *litium polimer* (LiPo), NI-CD, alkaline, *lead acid* yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan.