

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air minum**

Air adalah salah satu kebutuhan manusia yang paling penting. Air banyak sekali dibutuhkan selain untuk mandi dan mencuci tapi yang paling penting adalah air dibutuhkan untuk minum. Manusia tidak mungkin dapat bertahan hidup tanpa adanya air. Manusia memerlukan air minum yang bersih dan sehat untuk memperlancar metabolisme dalam tubuh agar tubuh bekerja dengan semestinya.

Fungsi air minum:

1. Mengontrol suhu tubuh.
2. Faktor penting untuk pencernaan dan penyerapan nutrisi ke dalam tubuh. Membawa oksigen dan sari-sari makanan ke seluruh bagian tubuh kita sehingga semua sel dan organ tubuh termasuk otak, ginjal, jantung, limpa, paru-paru dapat tetap hidup dan berfungsi dengan baik.
3. Detoksifikasi, membawa sisa-sisa pembakaran tubuh termasuk racun-racun ke alat sekresi sehingga metabolisme tubuh berjalan baik. Ini berarti semua zat yang ada di dalam air minum ikut ke dalam tubuh dan peredaran darah kita.
4. Fungsi lainnya bagi kesehatan adalah kulit menjadi lebih sehat, membantu penurunan berat badan, menurunkan resiko serangan jantung, membantu sendi dan otot menjadi rileks, melancarkan proses buang air besar dan menambah energi serta kesegaran tubuh.

Air minum harus memenuhi syarat-syarat kesehatan, baik fisik kimia, radio aktif maupun mikrobiologi supaya tidak mengakibatkan gangguan kesehatan pada manusia (Depkes RI, 2010).

Air yang sehat harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain:

1. Air harus jernih atau tidak keruh. Kekeruhan pada air biasanya disebabkan oleh adanya butir-butir tanah liat yang sangat halus. Semakin keruh

menunjukkan semakin banyak butir-butir tanah dan kotoran yang terkandung di dalamnya.

2. Tidak berwarna. Air yang berwarna berarti mengandung bahan-bahan lain berbahaya bagi kesehatan, misalnya pada air rawa berwarna kuning, air buangan dari pabrik, selokan, air sumur yang tercemar dan lain-lain.
3. Rasanya tawar. Air yang terasa asam, manis, pahit, atau asin menunjukkan bahwa kualitas air tersebut tidak baik. Rasa asin disebabkan adanya garam-garam tertentu yang larut dalam air, sedangkan rasa asam diakibatkan adanya asam organik maupun asam anorganik. Tidak berbau. Air yang baik memiliki ciri tidak berbau bila dicium dari jauh maupun dari dekat. Air yang berbau busuk mengandung bahan-bahan organik yang sedang didekomposisi (diuraikan) oleh mikroorganisme air.
4. Tidak mengandung zat kimia beracun, misalnya arsen, timbal, nitrat, senyawa raksa, senyawa sulfida, senyawa fenolik, amoniak serta bahan radioaktif.
5. Derajat keasaman (pH) nya netral. Air yang pHnya rendah akan terasa asam, sedangkan bila pHnya tinggi terasa pahit. Contoh air alam yang terasa asam adalah air gambut (rawa).

## **2.2 Derajat keasaman (pH)**

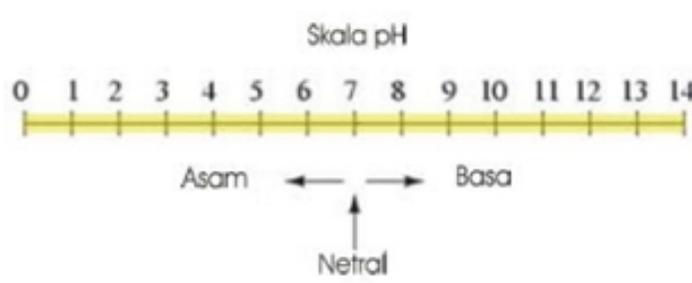
pH (potenz of Hydrogen) adalah Salah satu pengukuran yang sangat penting dalam berbagai cairan proses (industri, farmasi, manufaktur, produksi makanan dan sebagainya) yaitu pengukuran ion hidrogen dalam suatu larutan. pH merupakan suatu ekspresi dari konsentrasi ion Hidrogen (H) didalam air, besarnya dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion H. Larutan dengan harga pH rendah dinamakan "asam" sedangkan yang harga pH-nya tinggi dinamakan "basa".

Skala pH terentang dari 0 (asam kuat) sampai 14 (basa kuat) dengan 7 adalah harga tengah mewakili air netral. Sebagai contoh, bila dinyatakan pH suatu cairan adalah 6, maka hal ini diartikan sebagai konsentrasi H dalam air tersebut adalah 0,000001 bagian dari total larutan. Begitu juga dengan pH 5 yang berarti

konsentrasi H dalam air tersebut adalah 0,00001 bagian dari total larutan. Oleh karena itu pH diartikan sebagai " - (minus) logaritma konsentrasi ion H"

$$\text{pH} = - \log (\text{H})$$

yang perlu diperhatikan lagi adalah bahwa selisih satuan pH maka berarti ada perbedaan konsentrasi 10 kali lipat. Dengan demikian apabila selisih angkanya adalah 2, maka perbedaannya adalah  $10 \times 10 = 100$  kali lipat. Sebagai contoh pH 5 menunjukkan konsentrasi H sebanyak 0,00001 atau seperseratus ribu, sedangkan pH 6 berarti 0,000001 atau sepersatujuta. Dengan demikian dimisalkan kalau kita memiliki larutan gula dengan pH 6 dan akan diturunkan menjadi pH 5 maka sama artinya larutan gula tersebut akan memiliki kemanisan meningkat 10 kali lipat lebih manis dibandingkan sebelumnya.



Gambar 2.1 Skala rentang pH

Berdasarkan Surat Keputusan menteri Kesehatan No.907/MenKes/SK/VII/2002, yang dapat disebut sebagai air minum adalah, air yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum, yakni meliputi persyaratan mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif. pH digunakan sebagai tingkatan yang membedakan sifat asam atau basa suatu larutan yang diukur dalam skala 0 s/d 14. Nilai pH air minum yang sesuai dengan standar kesehatan secara umum adalah 6,5 s/d 8,5, sementara pH air minum yang tidak tergolong mengandung mineral adalah 5,0 s/d 7,5. sesuai standar yang ditetapkan oleh departemen kesehatan tersebut bila air minum memiliki pH dibawah 5 maka air tersebut disebut bersifat asam bagi tubuh dan bila diatas 7,5 disebut bersifat sebagai basa.

### 2.3 Mikrokontroler

“Mikrokontroler adalah merupakan sebuah chip mikrokomputer dimana dalam satu chip sudah terdapat piranti sebuah komputer secara umum, yaitu RAM, ROM, CPU dan I/O port.” (Andrianto, 2013)

Mikrokontroler berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena sebuah mikrokontroler umumnya telah berisi komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O. Sistem minimum mikrokontroler adalah rangkaian elektronik minimum yang diperlukan untuk beroperasinya IC mikrokontroler. Sistem minimum ini kemudian bisa dihubungkan dengan rangkaian lain untuk menjalankan fungsi tertentu. Di keluarga mikrokontroler AVR, ATMega16 adalah salah satu seri yang sangat banyak digunakan.

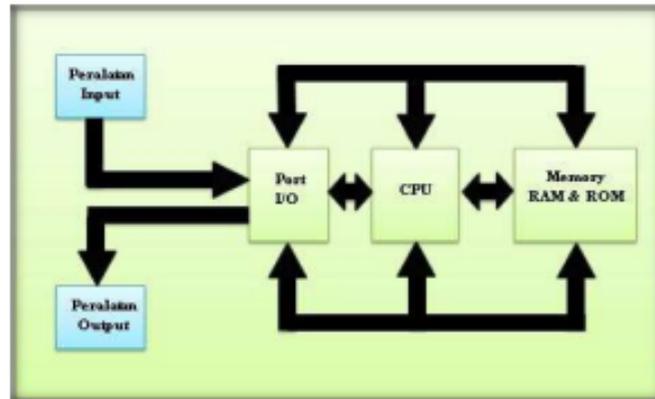
Mikrokontroler sesuai untuk tugas-tugas yang lebih spesifik, karena mikrokontroler mempunyai kapasitas memori total sebesar 16 Kbyte dimana jumlah memori tersebut sudah termasuk memori internal. Pada mikrokontroler memori yang digunakan biasanya adalah EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory), karena dapat diprogram ulang dan dapat juga dihapus dengan sinar ultraviolet. Selain itu ada juga beberapa tipe memori lain yang digunakan misalnya EEPROM (Electric by Erasable Programmable Read Only Memory).

Di dalam mikrokontroler terdapat bagian-bagian proses pengolahan data yang diterima, diantaranya :

1. CPU (Central Processing Unit)  
Tempat terjadinya proses pengolahan data yang diterima.
2. RAM (Random Access Memory)  
Tempat menyimpan data sementara sebelum diproses oleh CPU.
3. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)  
Tempat menyimpan program secara permanen yang dapat dirubah.
4. I/O (Input/ Output)  
Tempat berkomunikasinya dengan perangkat keras yang terhubung.
5. Timer  
Tempat unit pencacahan dan delay untuk mengatur pewaktuan.

## 6. Interup Controller

Tempat mengatur dan menampung permintaan mendadak saat running.



Gambar 2.2 Diagram blok sistem mikrokontroler

### 2.3.1 Mikrokontroler Atmel AVR

Atmel AVR adalah salah satu jenis mikrokontroler yang sering digunakan dalam bidang elektronik dan instrumentasi. Mikrokontroler ini memiliki arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computing) 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16 bits word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. (Pitowarno, 2006)

Nama AVR sendiri berasal dari “Alf and Vegard RISC processor” dimana Alf Egil Bogen dan Vegard Wollan adalah dua penemu berkebangsaan Norwegia yang menemukan mikrokontroler AVR yang kemudian diproduksi oleh Atmel.

Untuk menulis program pada AVR dapat mempergunakan beberapa jenis software yaitu yang disediakan oleh Atmel sendiri yaitu AVR Studio dan beberapa software buatan pihak ketiga diantaranya AVR GCC, WinAVR, Flowcode AVR, CodeVision AVR, BASCOM AVR dan lainnya.

### 2.3.2 Mikrokontroler ATmega16

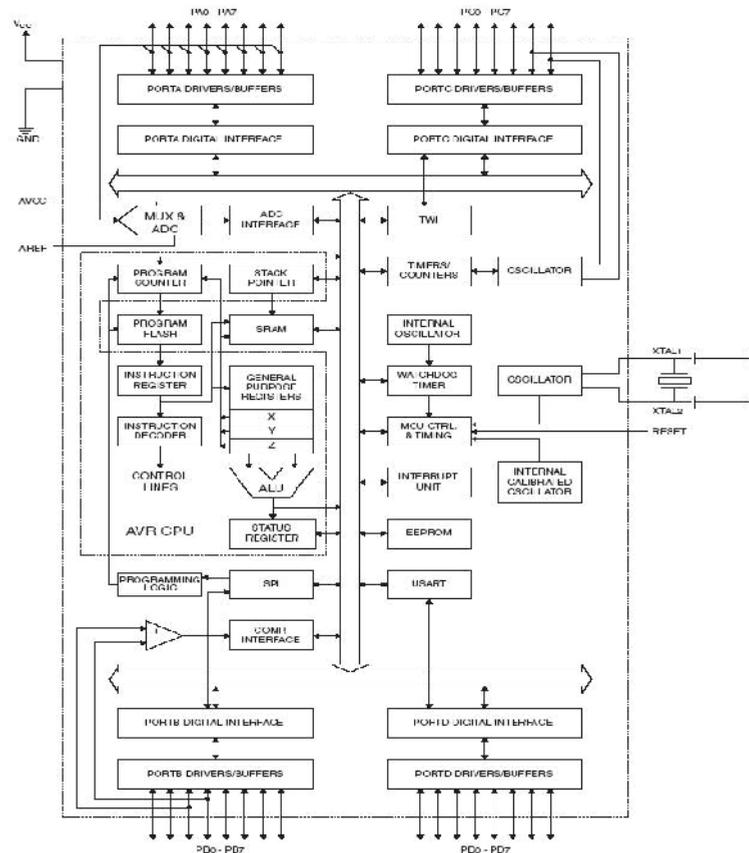
ATmega16 adalah mikrokontroler keluarga AVR produksi Atmel dengan fitur sebagai berikut :

1. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi dengan daya rendah.

2. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz.
3. Memiliki kapasitas Flash memori 16 Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1 Kbyte.
4. Saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D.
5. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
6. Unit interupsi internal dan eksternal.
7. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial.
8. Fitur peripheral
  - 2 buah timer/ counter 8 bit dengan prescaler terpisah, mode compare dan mode capture.
  - 1 buah timer / counter 16 bit dengan prescaler terpisah dan mode compare.
  - Real time counter dengan oscillator tersendiri.
  - 4 channels PWM dan antarmuka komparator analog.
  - 8 channels, 10 bit ADC.
  - *Byte-oriented two-wire serial interface.*

### 2.3.3 Arsitektur ATmega16

AVR termasuk kedalam jenis mikrokontroler RISC (Reduced Instruction Set Computing) 8 bit. Berbeda dengan mikrokontroler keluarga MCS-51 yang berteknologi CISC (Complex Instruction Set Computing). Pada mikrokontroler dengan teknologi RISC semua instruksi dikemas dalam kode 32 bit (32 bits words) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 clock sedangkan pada teknologi CISC seperti yang diterapkan pada mikrokontroler MCS-51 untuk menjalankan sebuah instruksi dibutuhkan waktu sebanyak 12 siklus clock. Pada Gambar 2.3 akan dijelaskan pengertian dari arsitektur Atmega16



Gambar 2.3 Arsitektur ATmega16

Secara garis besar arsitektur mikrokontroler ATMEGA16 terdiri dari:

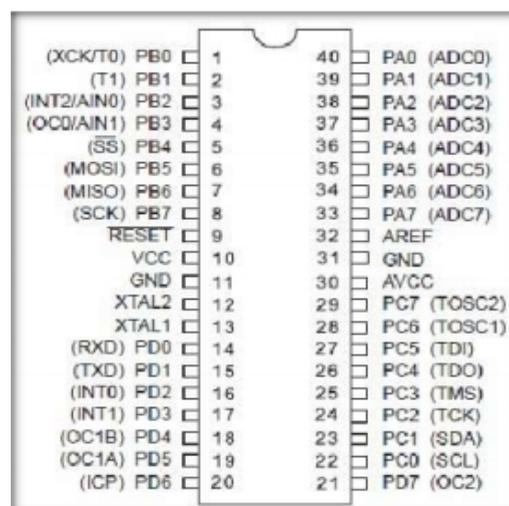
1. 32 saluran I/O (Port A Port B Port C dan Port D)
2. 10 bit 8 Channel ADC (Analog to Digital Converter)
3. 4 Channel PWM
4. 6 Sleep Modes : Idle ADC Noise Reduction Power-save Power-Down Standby and Extended Standby
5. 3 buah timer/counter.
6. Analog Compararator.
7. Watchdog timer dengan osilator internal
8. 2 Kbyte SRAM
9. 1024 byte EEPROM
10. 32 kb Flash memory dengan kwmampuan Read While Write
11. Unit interupsi (internal dan external)

12. Port antarmuka SPI32 “memory map”
13. Port USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 25 Mbps
14. 45 V sampai 55 V operation 0 sampai 32 MHz

### 2.3.4 Konfigurasi pin ATmega16

Mikrokontroler ATmega 16 memiliki 40 pin untuk model PDIP dan 44 pin untuk model TQFP dan PLCC. Nama-nama pin yang terdapat pada gambar 2.13 pada mikrokontroler ini adalah:

1. VCC: merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya
2. GND: merupakan pin ground.
3. Port A (PA0. . . PA7) : merupakan pin I/O dan pin masukan ADC
4. fungsi khusus yaitu sebagai Timer/Counter komperator analog dan SPI.
5. Port C (PC0 – PC7) : merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu TWI komperator analog input ADC dan Timer Osilator.
6. Port D (PD0 – PD7) : merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu komperator analog interupsi eksternal dan komunikasi serial.
7. RESET: merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2: merupakan pin masukan clock eksternal.
9. AREF: merupakan pin tegangan referensi ADC



Gambar 2.4 IC Mikrokontroler ATmega16

Selain fitur pada gambar 2.4 tersebut, masing-masing pin pada mikrokontroler memiliki fungsi khusus diantaranya:

### 1. Port A

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port A (DDRA) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port A digunakan. Bit-bit DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port A yang bersesuaian sebagai input atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu kedelapan pin port A juga digunakan untuk masukan sinyal analog bagi A/D converter.

### 2. Port B

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port B dapat memberi arus 20 A dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port B (DDRB) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port B digunakan. Bit-bit DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port B yang bersesuaian sebagai input atau diisi 1 jika sebagai output. Pin-pin port B juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.1 Fungsi Khusus Port B

<b>Pin</b>	<b>Fungsi Khusus</b>
PB7	SCK ( <i>SPI Bus Serial Clock</i> )
PB6	MISO ( <i>SPI Bus Master Input/ Slave Output</i> )
PB5	MOSI ( <i>SPI Bus Master Output/ Slave Input</i> )
PB4	SS ( <i>SPI Slave Select Input</i> )
PB3	AIN1 ( <i>Analog Comparator Negative Input</i> ) OC0 ( <i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i> )
PB2	AIN0 ( <i>Analog Comparator Positive Input</i> ) INT2 ( <i>External Interrupt 2 Input</i> )
PB1	T1 ( <i>Timer/ Counter1 External Counter Input</i> )
PB0	T0 T1 ( <i>Timer/Counter External Counter Input</i> ) XCK ( <i>USART External Clock Input/Output</i> )

### 3. Port C

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port C dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port C (DDRC) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port C digunakan. Bit-bit DDRC diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port C yang bersesuaian sebagai input atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu dua pin port C (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai oscillator untuk timer/counter 2.

Tabel 2.2 Fungsi Khusus Port C

<b>Pin</b>	<b>Fungsi khusus</b>
PC7	TOSC2 ( <i>Timer Oscillator Pin2</i> )
PC6	TOSC1 ( <i>Timer Oscillator Pin1</i> )
PC5	<i>Input/Output</i>
PC4	<i>Input/Output</i>
PC3	<i>Input/Output</i>
PC2	<i>Input/Output</i>
PC1	SDA ( <i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i> )
PC0	SCL ( <i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i> )

### 4. Port D

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port D dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port D (DDRD) harus disetting terlebih dahulu sebelum Port D digunakan. Bit-bit DDRD diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port D yang bersesuaian sebagai input atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu pin-pin port D juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang dapat dilihat dalam tabel 2.3.

Tabel 2.3 Fungsi Khusus Port D

<b>Pin</b>	<b>Fungsi khusus</b>
PD7	<i>OC2 (Timer/Counter Output Compare Match Output)</i>
PD6	<i>ICP (Timer/Counter1 Input Capture Pin)</i>
PD5	<i>OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)</i>
PD4	<i>OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)</i>
PD3	<i>INT1 (External Interrupt 1 Input)</i>
PD2	<i>INT0 (External Interrupt 0 Input)</i>
PD1	<i>TXD (USART Output Pin)</i>
PD0	<i>RXD (USART Input Pin)</i>

## 5. RESET

RST pada pin 9 merupakan reset dari AVR. Jika pada pin ini diberi masukan low selama minimal 2 machine cycle maka system akan di-reset.

## 6. XTAL1

XTAL1 adalah masukan ke inverting oscillator amplifier dan input ke internal clock operating circuit.

## 7. XTAL2

XTAL2 adalah output dari inverting oscillator amplifier.

## 8. AVcc

Avcc adalah kaki masukan tegangan bagi A/D Converter. Kaki ini harus secara eksternal terhubung ke Vcc melalui lowpass filter.

## 9. AREF

AREF adalah kaki masukan referensi bagi A/D Converter. Untuk operasionalisasi ADC suatu level tegangan antara AGND dan Avcc harus dibeikan ke kaki ini.

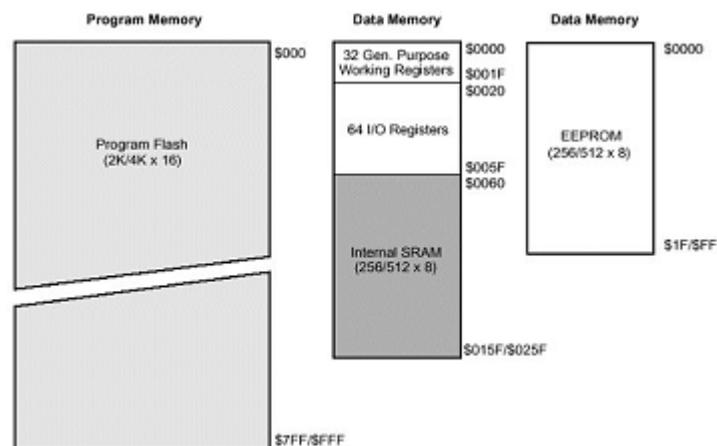
## 10. AGND

AGND adalah kaki untuk analog ground. Hubungkan kaki ini ke GND kecuali jika board memiliki analog ground yang terpisah.

### 2.3.5 Peta memory ATmega16

ATmega 16 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian yaitu: 32 buah register umum 64 Buah register I/O dan 2 Kbyte SRAM internal.

Register untuk keperluan umum menempati space data pada alamat terbawah yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya yaitu mulai dari \$20 sampai \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler seperti kontrol register timer/counter fungsi fungsi I/O dan sebagainya. Register khusus alamat memori secara lengkap dapat dilihat pada tabel dibawah. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F.

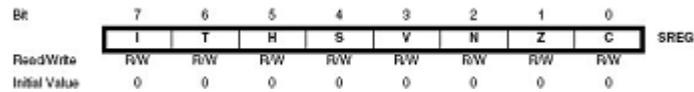


Gambar 2.5 Memory ATmega16

Selain itu AVR ATmega 16 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 1024 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

### 2.3.6 Status Register

Status register adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler. Status register dapat kita lihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Status Register

### Keterangan Status Register ATmega 16:

1. Bit7 - I (Global Interrupt Enable) bit harus diset untuk mengenable semua jenis intrupsi.
2. Bit6 - T (Bit Copy Storage) Instruksi BLD dan BST menggunakan bit T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit T menggunakan instruksi BST dan sebaliknya bit T dapat disalin kembali kesuatu bit dalam register GPR dengan menggunakan instruksi BLD.
3. Bit5 - H (Half Carry Flag) untuk menunjukkan ada tidaknya setengah carry pada operasi aritmatika.
4. Bit4 - S (Sign Bit) merupakan hasil operasi EOR antara flag -N (negatif) dan flag V (komplemen dua overflow).
5. Bit3 - V (Two's Component Overflow Flag) Bit ini berfungsi untuk mendukung operasi matematis.
6. Bit2 - N (Negative Flag) Flag N akan menjadi Set jika suatu operasi matematis menghasilkan bilangan negatif.
7. Bit1 - Z (Zero Flag) Bit ini akan menjadi Set apabila hasil operasi matematis menghasilkan bilangan 0.
8. Bit0 - C (Carry Flag) Bit ini akan menjadi set apabila suatu operasi menghasilkan carry

### 2.3.7 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. ADC pada ATmega16 memiliki fitur-fitur antara lain :

- Resolusi mencapai 10-bit
- Akurasi mencapai  $\pm 2$  LSB
- Waktu konversi 13-260 $\mu$ s
- 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian
- Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC
- Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC
- Mode konversi kontinyu atau mode konversi tunggal
- Interupsi ADC complete
- Sleep Mode Noise canceler

Proses inisialisasi ADC meliputi proses penentuan clock, tegangan referensi, format 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 2.4 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	ADMUX
	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	
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 kapasitor 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.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	SFIOR
	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADHSM	ACME	PUD	PSR2	PSR10	
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 2.9 Register SFIOR

ADTS[0...2] : Pemilihan trigger (pengatur picu) untuk konversi ADC, bit-bit ini akan berfungsi jika bit ADSC pada register ADCSRA bernilai 1. Konfigurasi bit ADTS[0...2] dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.5 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/Counter0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter1 Capture Event

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

## 2.4 Bahasa Pemrograman Mikrokontroler

Secara umum bahasa pemrograman mikrokontroler adalah bahasa tingkat rendah yaitu bahasa assembly, dimana setiap mikrokontroler memiliki bahasa-bahasa pemrograman yang berbeda-beda. Banyaknya hambatan dalam penggunaan bahasa assembly, maka mulai dikembangkan compiler atau penerjemah untuk bahasa tingkat tinggi. Bahasa tingkat tinggi yang banyak dikembangkan antara lain Basic, Pascal, dan Bahasa C. Dalam perancangan program pada alat ini digunakan software Code Vision AVR.

### 2.4.1 Code Vision AVR

CodeVisionAVR pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam perangkat lunak ini: Compiler C, IDE dan program generator. CodeVisionAVR dilengkapi dengan source code editor, compiler, linker dan dapat memanggil Atmel AVR studio dengan debugger nya (Andrianto, 2013).

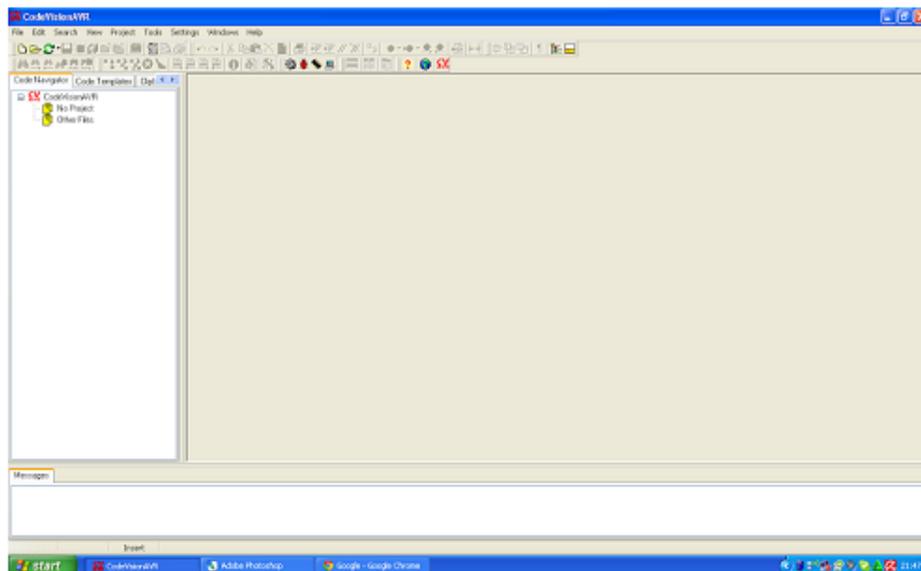
Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, Compiler C yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan library fungsi standar berikut penamaannya). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, compiler C untuk mikrokontroler ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (embedded). Khusus untuk library fungsi, disamping library standar (seperti fungsi- fungsi matematik, manipulasi string, pengaksesan memori dan sebagainya), CodeVisionAVR juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi library yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (Real time Clock), sensor suhu, SPI (Serial Peripheral Interface) dan lain sebagainya. Untuk memudahkan pengembangan program aplikasi, CodeVisionAVR juga dilengkapi IDE yang sangat user friendly. Selain menu-menu pilihan yang umum dijumpai pada setiap perangkat lunak berbasis Windows, CodeVisionAVR ini telah mengintegrasikan perangkat lunak downloader yang bersifat In System Programmer yang dapat digunakan untuk mentransfer kode mesin hasil kompilasi ke dalam sistem memori mikrokontroler AVR yang sedang diprogram. CodeVisionAVR juga menyediakan sebuah fitur yang dinamakan dengan Code Generator atau CodeWizardAVR. Secara praktis, fitur ini sangat bermanfaat membentuk sebuah kerangka program (template), dan juga memberi kemudahan bagi programmer dalam peng-inisialisasian register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram. Dinamakan Code Generator, karena perangkat lunak CodeVision ini akan membangkitkan kode-kode program secara otomatis setelah fase inisialisasi pada jendela CodeWizardAVR selesai dilakukan. Secara teknis, penggunaan fitur ini pada dasarnya hampir sama dengan application wizard pada bahasa-bahasa pemrograman visual untuk komputer (seperti Visual C, Borland Delphi, dan sebagainya).

### 2.4.2 Menjalankan CodeVisionAVR

Ada beberapa program yang dapat digunakan sebagai editor dan compiler untuk mikrokontroler AVR, salah satunya yaitu CodeVisionAVR. Untuk menjalankan program tersebut terlebih dahulu menginstall program tersebut. Setelah terinstal maka buka program CodeVision melalui menu Start||All Program||CodeVision| CodeVisionAVR C Compiler atau melalui desktop dengan meng klik lambing codevision.

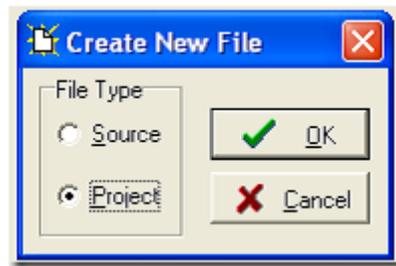


Gambar 2.10 Icon CodeVisionAVR



Gambar 2.11 Tampilan pertama kali code vision dijalankan

Lalu klik File|New| pilih File Type dan klik Project lalu klik OK seperti yang terlihat pada gambar 2.12 dan gambar 2.13.



Gambar 2.12 Membuat file project baru



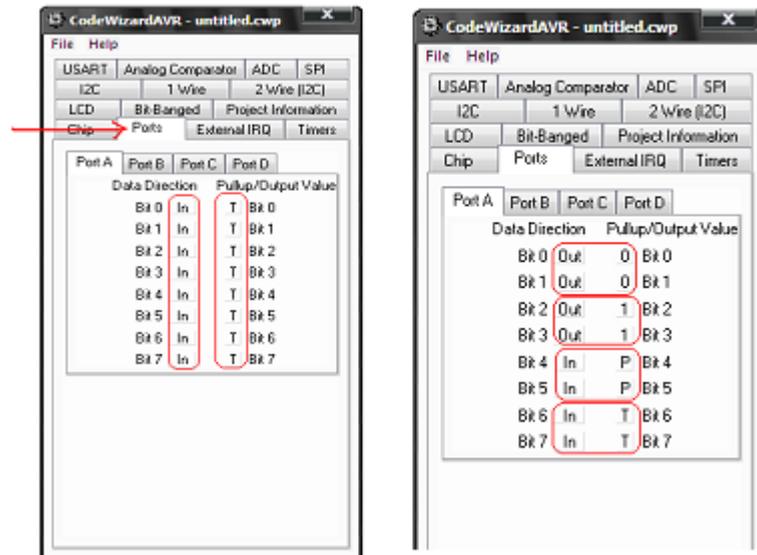
Gambar 2.13 project baru menggunakan CodeWizardAVR

Pilih tampilan konfirmasi, dan menayakan apakah akan menggunakan CodeWizard untuk membuat project baru, pilih yes. Kemudian akan tampil konfigurasi USART, Analog Comparator, ADC, SPI, I2C, 1 wire, 2 wire I2C), LCD, Bit-Banged, Project Information, chip, Port, External IRQ, Timer. Kemudian tinggal mengatur program yang akan dibuat melalui CodeWizard ini. Misalnya konfigurasi chip yang akan digunakan, pilih chip, lalu isi konfigurasi : chip:ATMega16, clock: 4.000000 MHz.



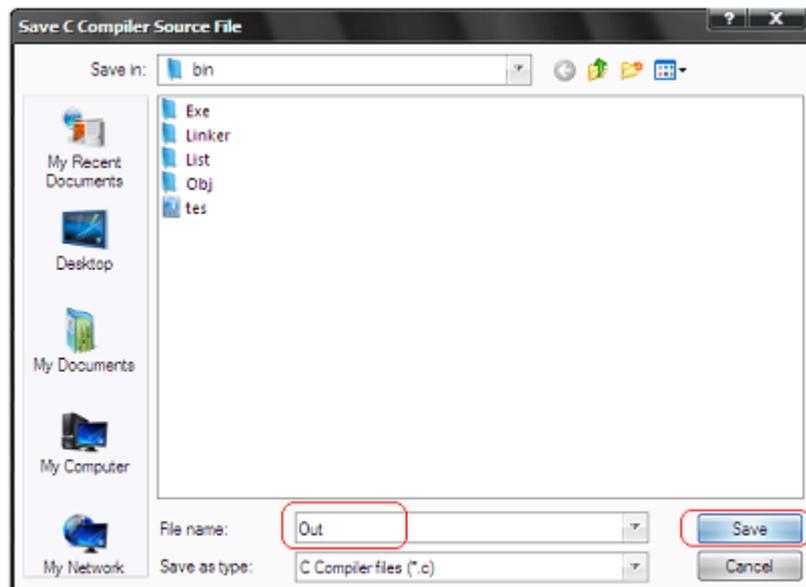
Gambar 2.14 pengaturan chip pada CodeVisionAVR

Kemudian klik PORT untuk untuk memilih dan mensetting PORT yang akan digunakan. Yaitu Sebagai In atau Out, atau memilih PORTA, PORTB, PORTC.



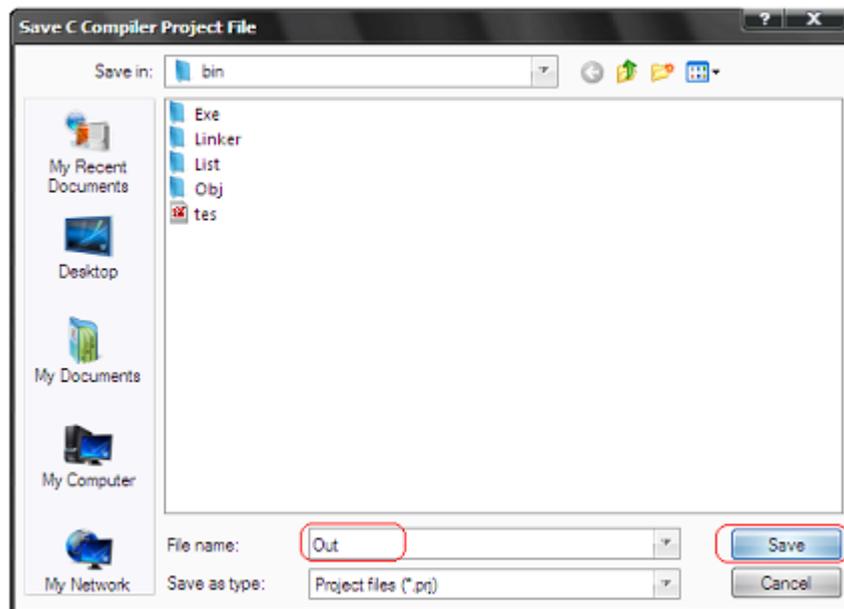
Gambar 2.15 pengaturan port pada CodeVisionAVR

Kemudian beri nama file pertama lalu simpan. File ini bertipe C Compiler(\*.C)



Gambar 2.16 penyimpanan file.C

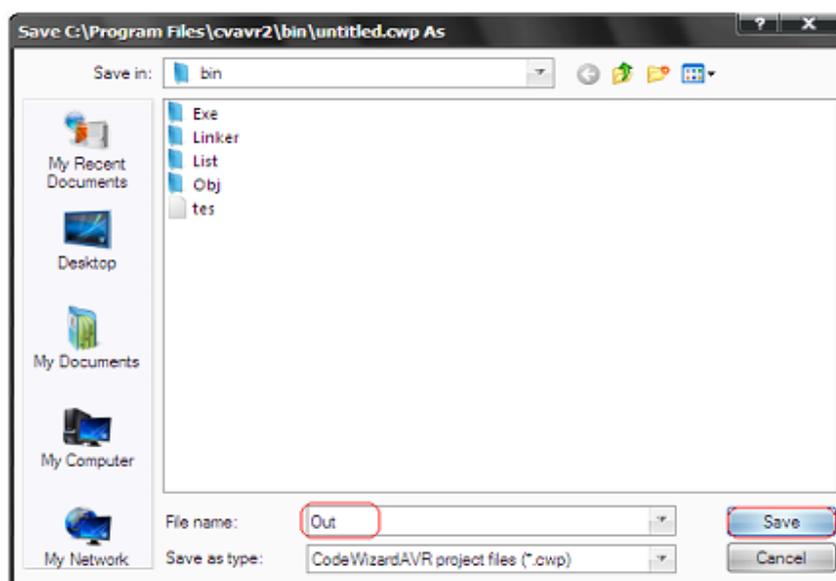
Kemudian beri nama lagi file yang kedua lalu simpan. File ini bertipe Project Files (\*.PRJ )



Gambar 2.17 penyimpanan file.PRJ

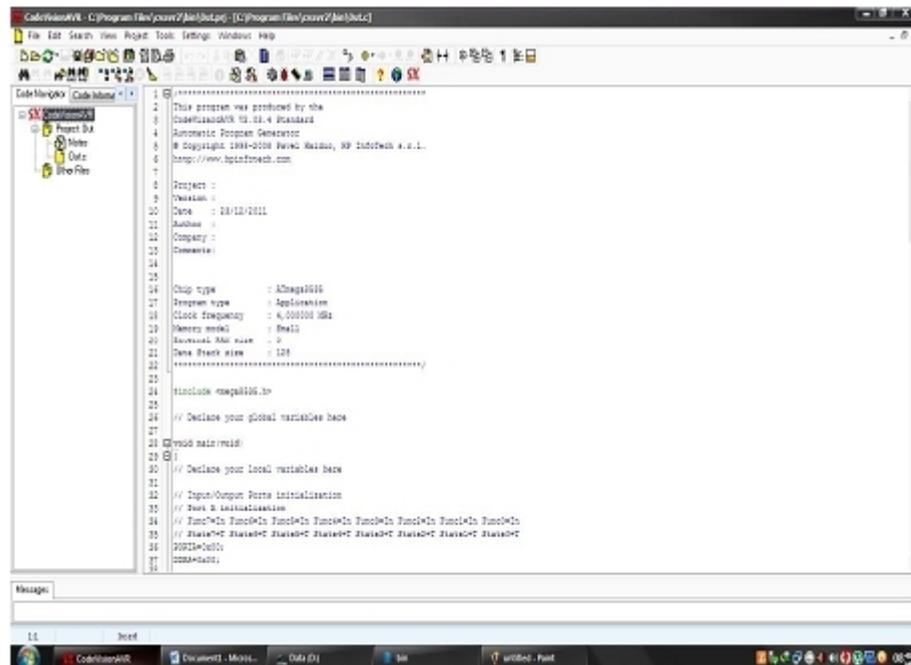
Terakhir beri nama file lagi yang ketiga kemudian simpan. File ini bertipe CodeWizardAVR Project file (\*.cwp).

Catatan: Usahakan Nama Ketiga File sama agar lebih mudah mencari file tersebut.



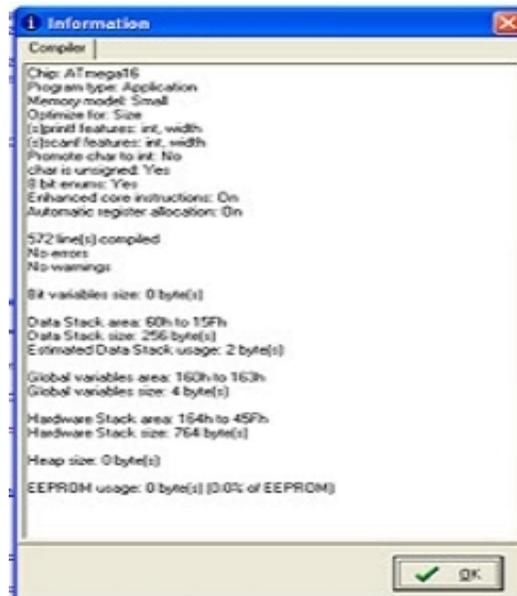
Gambar 2.18 penyimpanan file.cwp

## Tampilan setelah menggunakan Code Wizard



Gambar 2.19 tampilan setelah menggunakan code wizard

Jika sudah selesai membuat program ,maka compile program, pilih Project klik compile.



Gambar 2.20 Hasil proses kompilasi

Jika ada kesalahan, klik keterangan error atau warning yang terdapat pada bagian messages, kemudian letak kesalahan akan ditampilkan, perbaiki kesalahan tersebut dan compile kembali. Jika sudah tidak error, pilih Project|Make.



Gambar 2.21 hasil proses Make (Compile +Link)

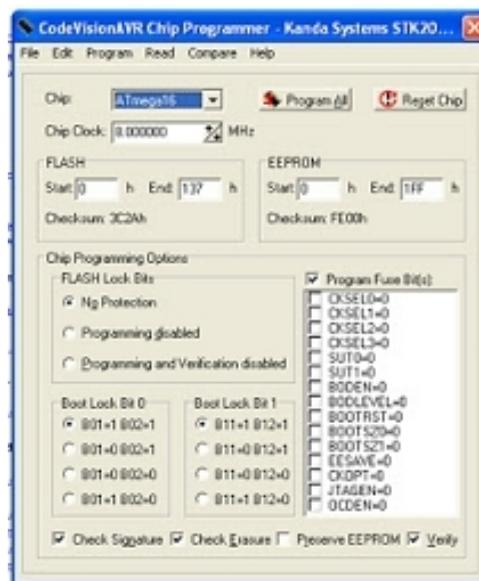
Untuk memasukkan program yang sudah dibuat ke IC mikrokontroler AVR ATmega16, maka terlebih dahulu setting programmer, pilih setting | programmer, pilih kanda system STK200+/300 untuk AVR chip programmer type. Pilih printer port=LPT1:378h, dan biarkan Delay Multiplier =1, dan pilih untuk Atmega169. Lalu klik tombol OK.



Gambar 2.22 Setting Programmer

Sebelum memasukkan program chip mikrokontroler, setting Fuse Bit terlebih dahulu. Untuk Flash Lock Bit biarkan dalam keadaan “No Protection”. Untuk Boot Lock Bit 0, Boot Lock Bit 1, check Signature, check Erasure, Preserve EEPROM dan Verify biarkan seperti asalnya, karena jika terdapat kesalahan dalam men-setting mengakibatkan chip mikrokontroler tidak dapat dibaca/deprogram kembali dan harus dihapus menggunakan program khusus.

Fuse Bit adalah bit yang mengatur konfigurasi dasar mikrokontroler, apabila tidak dilakukan pengaturan, maka penggunaan Timer/Counter atau komunikasi serial USART tidak dapat berjalan seperti yang diinginkan karena beberapa setting menyangkut penggunaan Kristal.



Gambar 2.23 Setting Chip programming Options

## 2.5 LCD 16x2

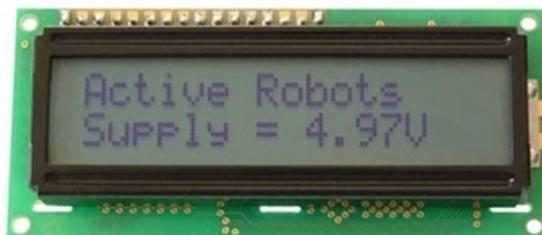
LCD Alfanumerik (Liquid Crystal Display) adalah perangkat output untuk menampilkan informasi teks. LCD Alfanumerik memiliki ukuran yang beragam, seperti 8x1, 16x2, 20x4, 32x4, 40x4. Kode tersebut menyatakan jumlah karakter yang dapat dimunculkan oleh LCD Alfanumerik. Sebagai contoh, 16x2 menyatakan 16 karakter dan 2 baris, sehingga dapat menampilkan 32 buah karakter. (Keyza Novianti, 2012).

LCD merupakan suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD bisa memunculkan gambar atau tulisan dikarenakan terdapat banyak sekali titik cahaya (piksel) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya. Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi.

Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan ini yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring.

Dalam menampilkan karakter untuk membantu menginformasikan proses dan control yang terjadi dalam suatu program robot sering menggunakan LCD juga. Yang sering digunakan adalah LCD dengan banyak karakter 16x2. Maksudnya semacam fungsi tabel di ms office. 16 menyatakan kolom dan 2 menyatakan baris.

LCD 16x2 masih kosong, maksud kosong yaitu membutuh driver lagi supaya bisa dikoneksikan dengan system minimum dalam suatu mikrokontroler. Driver yang disebutkan berisi rangkaian pengaman, pengatur tingkat kecerahan backlight maupun data, serta untuk mempermudah pemasangan di mikrokontroler (portable-red).



Gambar 2.24 LCD 16x2

Tabel 2.5 Fungsi pin yang terdapat pada LCD

No	Simbol	Level	Fungsi
1	<u>V<sub>ss</sub></u>	-	0 Volt
2	<u>V<sub>cc</sub></u>	-	5 + 10% Volt
3	<u>V<sub>ee</sub></u>	-	<u>Penggerak LCD</u>
4	RS	H/L	H= <u>memasukan data</u> L= <u>memasukan Ins</u>
5	R/W	H/L	H= Baca L= <u>Tulis</u>
6	E		Enable Signal
7	DB0	H/L	Data Bus
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	V-BL		<u>Kecerahan LCC</u>
16	V-BL		

Modul LCD memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Terdapat 16 x 2 karakter huruf yang bisa ditampilkan.
- Setiap huruf terdiri dari 5x7 dot-matrix cursor.
- Terdapat 192 macam karakter.
- Terdapat 80 x 8 bit display RAM (maksimal 80 karakter).
- Memiliki kemampuan penulisan dengan 8 bit maupun dengan 4 bit.
- Dibangun dengan osilator lokal.
- Satu sumber tegangan 5 volt.
- Otomatis reset saat tegangan dihidupkan.
- Bekerja pada suhu 0 sampai 55 .

## 2.6 Sensor pH air

Sensor pH berfungsi untuk mengubah besaran non -elektrik dalam hal ini adalah derajat keasaman (pH) menjadi besaran elektrik yaitu tegangan. (Shidiq Mahfudz, 2008)

PH Sensor ini dapat digunakan untuk setiap laboratorium atau demonstrasi yang dapat dilakukan dengan pH meter tradisional. Sensor ini menawarkan tambahan keuntungan pengumpulan otomatis data, grafik, dan analisis data. Kegiatan khusus yang menggunakan sensor pH ini meliputi studi tentang asam dan basa rumah tangga, titrasi asam-basa, pemantauan perubahan pH selama reaksi kimia atau di akuarium sebagai akibat dari fotosintesis, investigasi hujan asam dan buffering, dan investigasi air kualitas di sungai dan danau.



Gambar 2.25 pH Water Sensor

#### Pengumpulan data dengan Sensor pH

Sensor ini dapat digunakan dengan antarmuka berikut untuk mengumpulkan data:

- Sebagai perangkat yang dapat bekerja sendiri atau dengan komputer.
- Mini dengan komputer.
- dengan komputer, TI kalkulator grafik, atau Palm genggam.
- Vernier EasyLink.
- Vernier SensorDAQ.
- CBL 2.

#### Spesifikasi

Type:	Sealed, gel-filled, epoxy body, Ag/AgCl
Response time:	90% of final reading in 1 second
Temperature range:	5 to 80°C
12 mm OD	
Range:	pH 0–14

13-bit Resolution (SensorDAQ):	0.0025 pH units
12-bit Resolution (LabQuest, LabQuest Mini, Go!Link, LabPro, ULI, SBI):	0.005 pH units
10-bit Resolution (CBL 2):	0.02 pH units
Isopotential pH:	pH 7 (point at which temperature has no effect )
Output:	59.2 mV/pH at 25°C
Stored Calibration Values2:	
	Intercept (k0): 13.720
	Slope (k1): -3.838

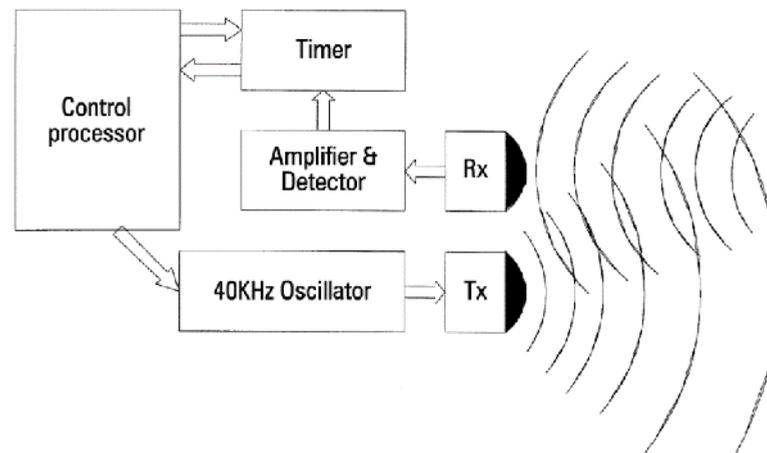
([www2.vernier.com/booklets/ph-bta.pdf](http://www2.vernier.com/booklets/ph-bta.pdf)).

## 2.7 Sensor Ultrasonic

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik / akustik dengan frekuensi di atas 20 kHz, sehingga tidak terdengar oleh telinga manusia. Untuk menghasilkan gelombang ultrasonik diperlukan suatu transduser, dimana tegangan listrik yang diterima transduser akan diubah menjadi mekanik. (Hadi.2010:2).

Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (*Strain*) dan tegangan (*Stress*). Proses kontinu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik melaluinya.

Sensor ultrasonic menghasilkan gelombang suara pada frekuensi tinggi yang kemudian dipancarkan oleh bagian emitter. Pantulan gelombang suara (echo) yang mengenai benda di depannya akan ditangkap oleh bagian receiver. Jarak benda yang ada di depan modul sensor tersebut didapatkan dengan cara mengetahui lama waktu antara dipancarkannya gelombang suara oleh emitter sampai ditangkap kembali oleh receiver.



Gambar 2.26 Cara Kerja Sensor UltraSonic

Salah satu jenis sensor ultrasonic adalah sensor HC-SR04. Jarak pengukuran yang dapat dilakukan oleh sensor ini adalah 2 sampai 500 sentimeter, dengan sudut efektif sebesar kurang dari 15 derajat. Gambar sensor ultrasonic HC-SR 04 ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.27 Sensor UltraSonic HC-SR04

HC-SR04 adalah sensor jarak dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik, sensor ini dapat mengukur jarak antara 2cm-500cm yang memiliki fungsi pengukuran non-kontak dan memiliki resolusi hingga 3mm. Gelombang ultrasonik yang dipancarkan dalam bentuk kerucut yang merambat melalui udara. Dengan sudut efektif nya adalah kurang dari memiliki resolusi hingga 3mm. Gelombang ultrasonik yang dipancarkan dalam bentuk kerucut yang merambat melalui udara. Dengan sudut efektif nya adalah kurang dari 15°. (Afw, Ismi Laili., dkk: 2013).

## 2.8 Buzzer Alarm

Buzzer merupakan sebuah komponen elektronik yang dapat mengkonversikan energi listrik menjadi suara yang di dalamnya terkandung sebuah osilator internal untuk menghasilkan suara dan pada buzzer osilator yang digunakan biasanya diset pada frekuensi kerja sebesar 400 Hz.

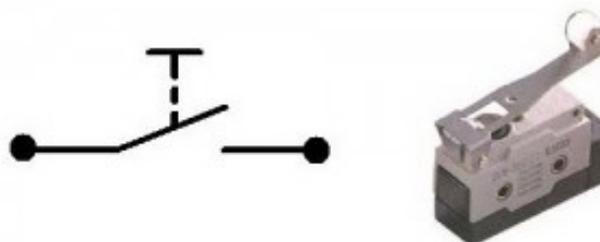
Dalam penggunaannya dalam rangkaian, buzzer dapat digunakan pada tegangan sebesar 5 Volt dan dengan typical arus sebesar 25 mA. Pada gambar 2.28 dapat dilihat bentuk fisik dari buzzer.



Gambar 2.28 Buzzer

## 2.9 Limit Switch

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja limit switch sama seperti saklar Push ON yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. Limit switch termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari limit switch adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak. (sumber: <http://elektronika-dasar.web.id/komponen/limit-switch-dan-saklar-push-on/>)

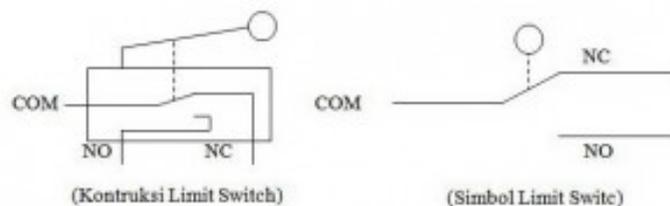


Gambar 2.29 Limit Switch

Limit switch umumnya digunakan untuk :

- Memutuskan dan menghubungkan rangkaian menggunakan objek atau benda lain.
- Menghidupkan daya yang besar, dengan sarana yang kecil.
- Sebagai sensor posisi atau kondisi suatu objek.

Prinsip kerja limit switch diaktifkan dengan penekanan pada tombolnya pada batas/daerah yang telah ditentukan sebelumnya sehingga terjadi pemutusan atau penghubungan rangkaian dari rangkaian tersebut. Limit switch memiliki 2 kontak yaitu NO (Normally Open) dan kontak NC (Normally Close) dimana salah satu kontak akan aktif jika tombolnya tertekan. Konstruksi dan simbol limit switch dapat dilihat seperti gambar di bawah.



Gambar 2.30 Konstruksi Dan Simbol Limit Switch

## 2.10 Motor DC

Motor DC (*direct current*) arus searah adalah peralatan elektronik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang disain awalnya dipekenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu (Endra Pitowarno, 2006).

Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Motor DC memiliki tiga komponen utama:

- ***Kutub medan.***

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub

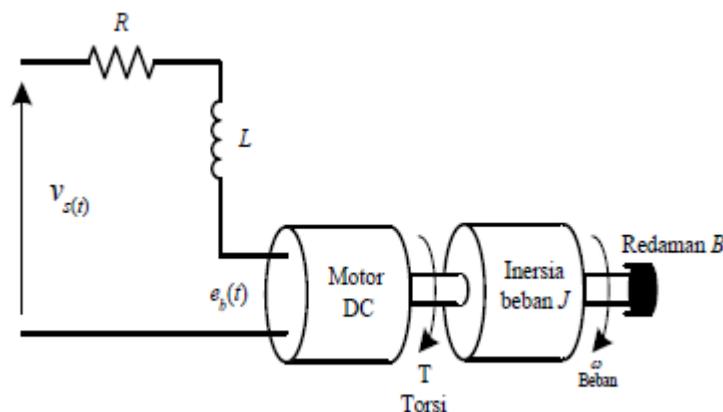
medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

- **Rotor.**

Bila arus masuk menuju rotor, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Rotor yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, rotor berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan rotor.

- **Commutator.**

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam dinamo. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2.31 Model motor DC

Dari rangkaian pada gambar 2.14 dapat dibuat persamaan tegangan menurut hukum Kirchhoff tegangan seperti dinyatakan oleh persamaan (2.1) (Endra Pitowarno, 2006).

$$v_s(t) = Ri_a(t) + L \frac{di_a(t)}{dt} + e_b(t) \quad (2.1)$$

dengan

$R$  : tahanan belitan armatur ( $\Omega$ ),

$L$  : impedans belitan armatur (H),

$i_a(t)$  : arus armatur (A),

$e_b(t)$  : tegangan induksi di armatur (V),

$v_s(t)$  : tegangan terminal motor (V).

$e_b(t)$  adalah tegangan induksi yang tergantung pada putaran sudut, dinyatakan oleh persamaan (2.1).

$$e_b(t) = k_1 \phi \frac{60}{2\pi} \omega(t) \quad (2.2)$$

dengan,

$k_1$  : konstanta dimensi motor,

$\phi$  : fluks magnet kutub motor (Wb),

$\frac{60}{2\pi} \omega(t)$  : putaran rotor (rpm),

(s) : kecepatan sudut rotor (rad/s).

Bila kutub motor adalah magnet permanen maka konstanta sehingga persamaan (2.2) dapat disusun kembali menjadi persamaan (2.3), dengan GGL lawan (*Back EMF*) sebanding dengan putaran.

$$e_b(t) = K\omega(t) \quad (2.3)$$

Untuk konstanta armatur  $K = k_1 \phi \frac{60}{2\pi}$ . Dengan mensubstitusikan persamaan (2.3) ke (2.1) diperoleh persamaan (2.4) sebagai berikut,

$$v_s(t) = Ri_a(t) + L \frac{di_a(t)}{dt} + K\omega(t) \quad (2.4)$$

Untuk struktur mekanik yang mengacu pada hukum Newton, diperoleh persamaan torsi seperti persamaan (2.5),

$$\tau(t) = J \frac{d\omega(t)}{dt} + B\omega(t) = K i_a(t) \quad (2.5)$$

dengan:

$J$  : momen inersia motor ( $\text{kg.m}^2/\text{s}^2$ ),

$B$  : konstanta redaman sistem mekanis (Nms),

Persamaan (2.4) dan (2.5) ditransformasikan dalam bentuk laplace dengan asumsi semua kondisi awal sama dengan nol [6], diperoleh,

$$V_s(s) = (R + sL)I_a(s) + K\omega(s) \quad (2.6)$$

sehingga diperoleh  $I_a(s)$  sebagai berikut,

$$I_a(s) = \frac{V_s(s) - K\omega(s)}{R + sL} \quad (2.7)$$

dan,

$$T(s) = (B + sJ)\omega(s) = K I_a(s) \quad (2.8)$$

Dari persamaan (2.8) diperoleh kecepatan sudut  $\omega(s)$  sebagai berikut,

$$\omega(s) = \frac{K I_a(s)}{(B + sJ)} \quad (2.9)$$

Selanjutnya dengan mensubstitusi persamaan (2.9) ke (2.7) diperoleh fungsi alih  $V_s(s)$  antara masukan tegangan dan keluaran arus armature  $I_a(s)$  sebagai berikut,

$$\frac{I_a(s)}{V_s(s)} = \frac{Js + B}{(Js + B)(Ls + R) + K^2}$$

atau,

$$\frac{I_a(s)}{V_s(s)} = \frac{Js + B}{JLs^2 + (BL + JR)s + BR + K^2} \quad (2.10)$$

Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- Tegangan rotor – meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan

- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

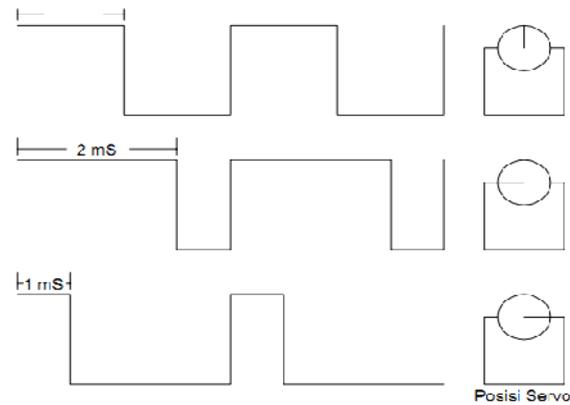
Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan *rolling mills*, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.

Salah satu jenis dari motor DC adalah motor servo. Berbeda dengan motor DC biasa dan motor stepper, motor servo adalah sebuah motor dengan sistem closed feedback di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, potensiometer dan rangkaian kontrol.

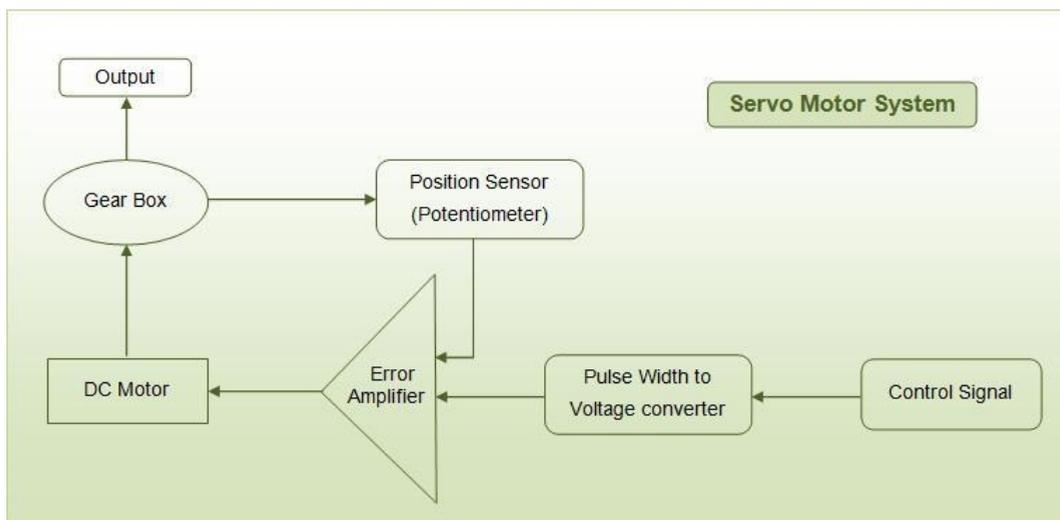


Gambar 2.32 Motor servo

Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar 3.3 dengan pulsa 1.5 mS pada periode selebar 2 mS maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.

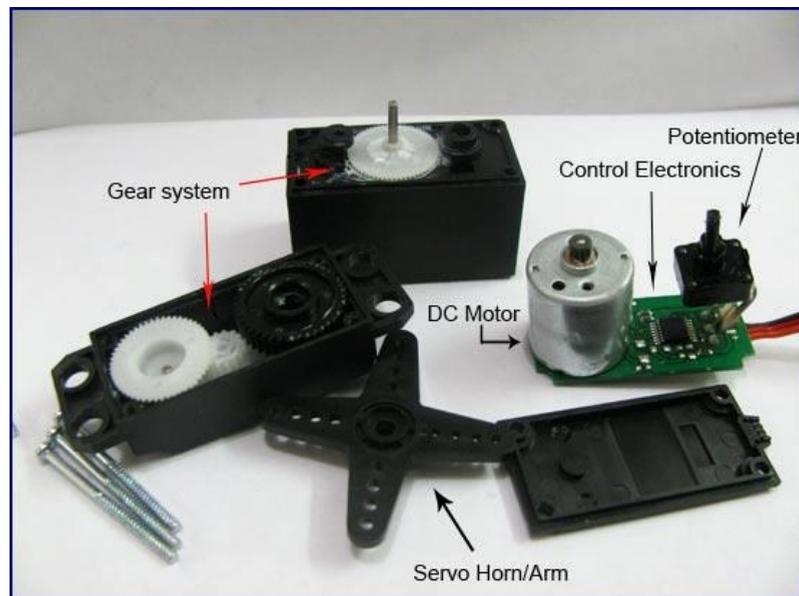


Gambar 2.33 Teknik PWM untuk mengatur sudut motor servo



Gambar 2.34 Blok Diagram Motor Servo.

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu.



Gambar 2.35 Komponen Motor Servo

Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar.

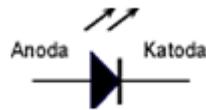
(sumber: <http://www.engineersgarage.com/articles/servo-motor?page=3>).

## 2.11 Sensor Photodiada

Sensor photodiada merupakan dioda yang peka terhadap cahaya, sensor photodiada akan mengalami perubahan resistansi pada saat menerima intensitas cahaya dan akan mengalirkan arus listrik secara forward sebagaimana dioda pada umumnya. Rangkaian sensor photodiada ini umumnya terdiri dari 2 komponen pembentuk utama yaitu sensor photodiada dan LED.

### 1. LED (Light Emitting Dioda)

LED (Light Emitting Dioda) adalah dioda yang menghasilkan cahaya saat diberi energi listrik. Dalam bias maju sambunga p-n terdapat rekombinasi antara elektro bebas dan lubang (hole). Energi ini tidak seluruhnya diubah kedalam bentuk energi cahaya atau photon melainkan dalam bentuk panas sebagian. (Budhiarto, 2008).

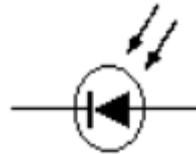


Gambar 2.36 Simbol LED

Proses pemancaran cahaya yang disebabkan karena adanya energi listrik yang diberikan terhadap suatu bahan ini disebut dengan sifat elektroluminesensi.

## 2. Photodioda

Photodioda adalah sebuah dioda semikonduktor yang berfungsi sebagai sensor cahaya. Photodioda memiliki hambatan yang sangat tinggi pada saat dibias mundur. Hambatan ini akan berkurang ketika photodioda disinari cahaya dengan panjang gelombang yang tepat. Sehingga photodioda dapat digunakan sebagai detektor cahaya dengan memonitoring arus yang mengalir melaluinya. (Budhiarto, 2008).



Gambar 2.37 Simbol Photodioda

Prinsip kerja dari rangkaian sensor garis ini cukup sederhana yaitu apabila photodioda yang merupakan sensor yang berfungsi untuk menerima pantulan cahaya yang berasal dari LED, menerima banyak cahaya maka nilai resistansi yang terdapat pada photodioda ini akan semakin kecil sebaliknya jika semakin kecil cahaya yang diterima oleh photodioda maka resistansi dari photodioda akan semakin besar.