

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sejarah Panel Surya

Sejarah perkembangan industri *Photovoltaic* (PV) telah berjalan sekitar 50 tahun, dan telah banyak pula penelitian dilakukan dengan harapan suatu saat dapat menghasilkan panel surya yang murah dan layak dibandingkan dengan tenaga listrik buatan (hidro atau nuklir) untuk memecahkan masalah kebutuhan tenaga listrik yang ramah terhadap lingkungan hidup diseluruh lapisan dunia ini.

Pada sekitar akhir abad 19, aliran listrik surya diketemukan oleh ahli fisika Jerman bernama Alexandre Edmond Becquerel secara kebetulan dimana berkas cahaya surya jatuh pada larutan elektro kimia bahan penelitian, sehingga muatan elektron pada larutan meningkat, tidak ada penjelasan ilmiah pada peristiwa tersebut. Baru pada awal abad 20, Albert Einstein menamakan penemuan peristiwa listrik alami ini dengan sebutan *photoelectric effect*, yang kemudian merupakan pengertian dasar pada *photovoltaic effect* (Albert Einstein mendapat Nobel Prize Fisika). *Photoelectric Effect* didapat dari pengamatan Einstein pada sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika terkena cahaya surya. Foton-foton terus menerus mendesak atom-atom metal dan terjadi partikel Energi Foton bersifat gelombang energi cahaya.

Gelombang cahaya ultraviolet adalah cahaya yang bermuatan energi foton tinggi dan panjang gelombangnya pendek, sedangkan cahaya merah adalah cahaya yang

bermuatan energi foton rendah dan dalam bentuk gelombang panjang. Kemudian sekitar tahun 1930, penelitian berlanjut dan berhubungan dengan penemuan konsep *Quantum Mechanics* untuk menciptakan teknologi baru dimana kemudian perusahaan Bell Telephone Research Laboratories menciptakan panel surya padat yang pertama. Tahun 1950 - 1960, teknologi disain dan efisiensi panel surya terus berlanjut dan di aplikasikan ke pesawat ruang angkasa. Tahun 1970-an, dunia menggalakkan sumber energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan, maka PV mulai diaplikasikan ke sistem peringatan daya rendah (*low power warning systems*) tetapi produksi PV tidak dapat banyak karena masih *handmade*.

Baru pada tahun 1980-an, perusahaan-perusahaan PV bergabung dengan instansi energi pemerintah agar dapat lebih memproduksi PV panel dalam jumlah besar, sehingga harga per panel-surya dapat lebih ditekan serendah mungkin. (Hermansyah, 2008)

B. Energi Surya

1. Dasar Panel Surya

Panel surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu silikon berperan sebagai isolator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas. Sebuah Silikon panel surya adalah sebuah diode yang terbentuk dari lapisan atas silikon tipe n (*silicon doping of phosphorous*), dan lapisan bawah silikon tipe p (*silicon doping of boron*).

2. Perkembangan Panel Surya

Pengembangan panel surya semakin banyak menggunakan bahan semikonduktor yang bervariasi dan silikon yang secara individu (*chip*) banyak digunakan diantaranya :

a. *Mono-crystalline*

Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Sekarang *Mono-crystalline* dapat dibuat setebal 200 mikron dengan nilai efisiensi sekitar 24%.

b. *Polycrystalline/Multi-crystalline*

Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Panel ini kurang efektif dibanding dengan panel *Monocrystalline* (efektivitas 18%), tetapi biaya lebih murah.

c. *Gallium Arsenide (GaAs)*

Panel surya *Gallium Arsenide* pada unsur periodik III-V berbahan semikonduktor ini sangat efisien dan efektif dalam menghasilkan energi listrik sekitar 25%.

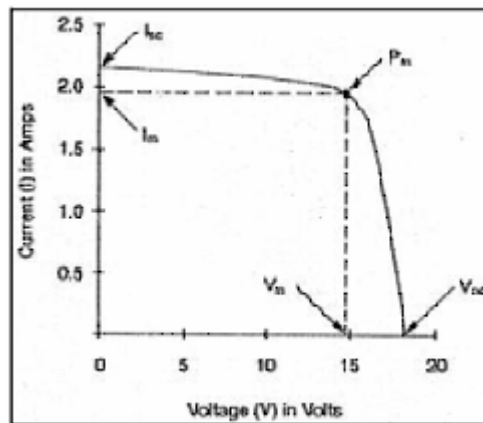
Banyak digunakan pada aplikasi pemakaian panel surya.

3. Energi Listrik

Sebuah panel surya dalam menghasilkan energi listrik (energi cahaya surya menjadi foton) tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon, dan secara

konstan akan menghasilkan energi berkisar ± 0.5 V maksimum 600 mV, dengan kekuatan radiasi surya $1000 \text{ W/m}^2 = \text{''1 Sun''}$ akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30 mA/cm^2 per panel surya.

Pada grafik *I-V Curve* (gambar 2.1) yang menggambarkan keadaan sebuah panel surya beroperasi secara normal. Panel surya akan menghasilkan energi maksimum jika nilai V_m dan I_m juga maksimum. Sedangkan I_{sc} adalah arus listrik maksimum pada nilai volt = nol; I_{sc} berbanding langsung dengan tersedianya sinar surya. V_{oc} adalah volt maksimum pada nilai arus nol; V_{oc} naik secara logaritma dengan peningkatan sinar surya, karakteristik ini yang memungkinkan panel surya untuk mengisi *accu*.



Gambar 2.1. Kurva karakteristik I – V

(Hermansyah, 2008)

Potensi energi surya pada suatu wilayah sangat bergantung pada posisi antara surya dengan kedudukan wilayah tersebut di permukaan bumi. Potensi ini akan berubah tiap waktu, tergantung dari kondisi atmosfer, dan tempat (garis lintang) serta waktu (hari dalam tahun dan jam dalam hari). Indonesia yang berada dalam

wilayah khatulistiwa mempunyai potensi energi surya yang cukup besar sepanjang tahunnya.

Selain menjadi sumber energi bagi sumber energi lainnya, energi surya sangat berpotensi untuk dimanfaatkan secara langsung sebagai sumber energi alternatif. Pemanfaatan energi surya ini dapat dilakukan secara termal maupun melalui energi listrik. Pemanfaatan secara termal dapat dilakukan secara langsung dengan membiarkan objek pada radiasi surya, atau menggunakan peralatan yang mencakup panel surya.

Berikut intensitas cahaya surya per hari :

Tabel 2.1. Intensitas Cahaya Surya per hari

Waktu	Watt-jam/m²
06.00 – 07.00	25
07.00 – 08.00	25
08.00 – 09.00	50
09.00 – 10.00	300
10.00 – 11.00	1000
11.00 – 12.00	1200
12.00 – 13.00	1000
13.00 – 14.00	300
14.00 – 15.00	50
15.00 – 16.00	25
16.00 – 17.00	25
17.00 – 18.00	0

(Sumber : Theerawut Jinayim, dkk; 2007)

C. Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali utama sistem model panel surya adalah 8 bit mikrokontroler dari keluarga AVR, yaitu ATmega8535. Alasan penggunaan mikrokontroler ini adalah karena harga yang relatif murah, mudah diperoleh, kemudahan dalam pemrograman, dan *fitur-fitur* menarik yang dimilikinya.

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur *Reduced Instruction Set Computing* (RISC) 8 Bit, sehingga semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (*16-bits word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus instruksi *clock*. Dan ini sangat membedakan sekali dengan instruksi MCS-51 yang berarsitektur *Complex Instruction Set Computing* (CISC) yang membutuhkan siklus 12 *clock*.

AVR dikelompokkan kedalam 4 kelas, yaitu ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Dari kesemua kelas yang membedakan satu sama lain adalah ukuran *onboard memori*, *on-board peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan mereka bisa dikatakan hampir sama.

1. Arsitektur Mikrokontroler ATmega8535

Arsitektur dari mikrokontroler ATmega8535 yaitu :

- a. Saluran IO sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 *Channel*
- c. Tiga buah *timer / counter*
- d. 32 register

- e. *Watchdog Timer* dengan *oscilator* internal
- f. SRAM sebanyak 512 byte
- g. Memori *Flash* sebesar 8 kb
- h. Sumber *Interrupt* internal dan eksternal
- i. *Port Serial Pheriperal Interface* (SPI)
- j. EEPROM *on board* sebanyak 512 byte
- k. Komparator analog
- l. *Port Universal Shynchronous Ashynchronous Receiver Transmitter* (USART)
- 2. *Fitur* Mikrokontroler ATmega8535

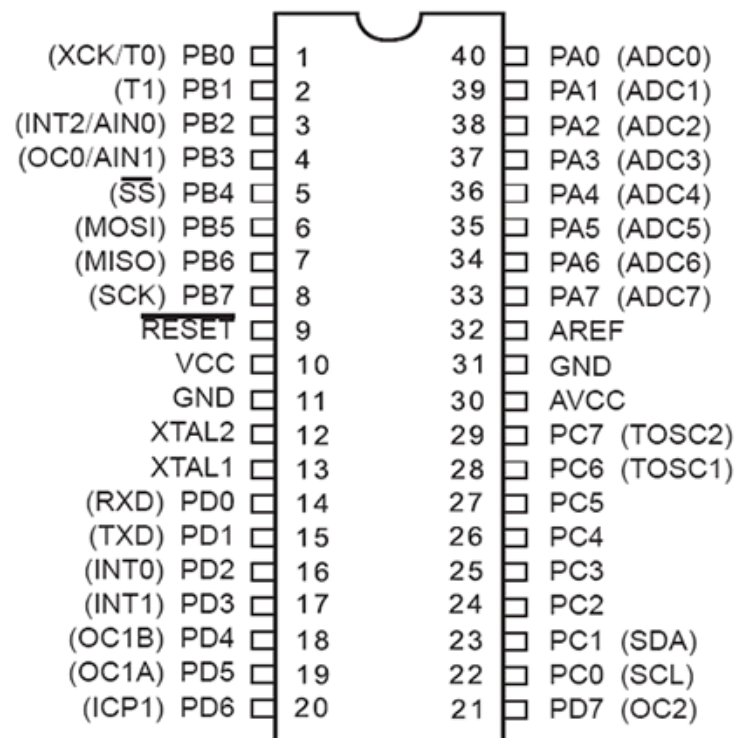
Fitur-fitur dari mikrokontroler ATmega8535 yaitu :

- a. Sistem *processor* 8 bit berbasis *RISC* dengan kecepatan maksimal 16 MHz
- b. Ukuran memori *flash* 8 KB, *SRAM* sebesar 512 byte, *EEPROM* sebesar 512 byte
- c. ADC internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 *channel*
- d. *Port* komunikasi serial USART dengan kecepatan maksimal 2.5 Mbps
- e. Mode *Sleep* untuk penghematan penggunaan daya listrik
- 3. Konfigurasi PIN ATmega8535

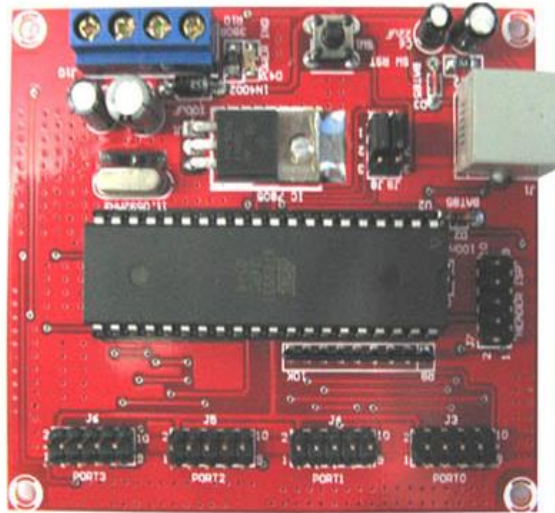
Konfigurasi dari mikrokontroler ATmega8535 yaitu :

- a. VCC merupakan Pin yang berfungsi sebagai pin masukan catudaya
- b. GND merupakan Pin *Ground*
- c. *Port A* (PA0...PA7) merupakan pin I/O dan pin masukan ADC

- d. *Port B* (PB0...PB7) merupakan pin I/O dan pin yang mempunyai fungsi khusus yaitu *Timer/Counter*, komparator Analog dan SPI
- e. *Port C* (PC0...PC7) merupakan *port I/O* dan pin yang mempunyai fungsi khusus, yaitu komparator analog dan *Timer Oscillator*
- f. *Port D* (PD0...PD7) merupakan *port I/O* dan pin fungsi khusus yaitu komparator analog dan *interrupt* eksternal serta komunikasi serial
- g. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
- h. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal
- i. AVCC merupakan pin masukan untuk tegangan ADC
- j. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi untuk ADC



Gambar 2.2. Keterangan Mikrokontroler ATmega8535



Gambar 2.3. DT AVR Low Cost System

ATMega8535 memiliki empat buah *port* (terminal) masukan/keluaran yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*. *Port A* selain berfungsi sebagai *port I/O* digital, pin-pinnya juga dapat difungsikan sebagai saluran masukan sinyal analog yang akan diubah menjadi sinyal digital oleh ADC internal. *Port B* terdapat pada pin nomor 1 hingga 8. Selain sebagai pin *I/O* digital biasa, pin-pin yang ada *port B* juga memiliki fungsi khusus.

Pin PB0 dan PB1 memiliki fungsi lain yaitu sebagai masukan sinyal *clock* eksternal untuk *timer/counter* 0 dan 1. Pin PB5 (MOSI), PB6 (MISO), dan PB7 (SCK) memiliki fungsi lain sebagai saluran untuk sinyal *in sistem programming* (ISP).

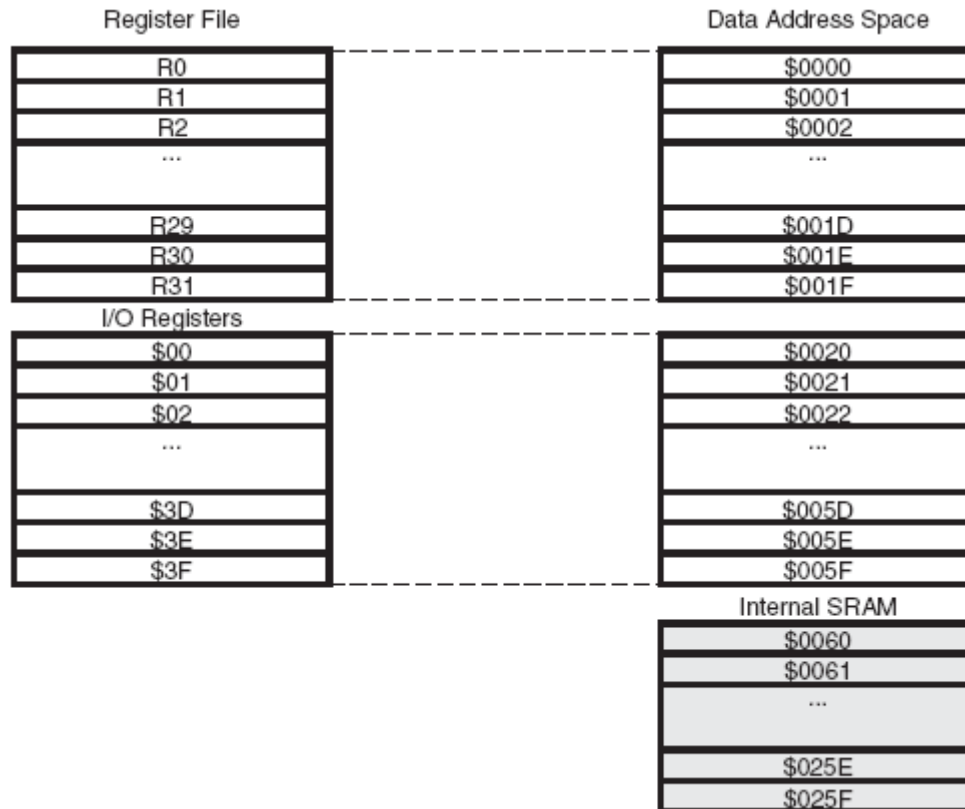
Port D terdapat pada pin nomor 14 hingga 21. Selain berfungsi sebagai pin *I/O* digital biasa, pin-pin yang terdapat pada *port D* juga memiliki fungsi khusus. Pin PD2 (INT0) dan PD3 (INT1) berfungsi sebagai masukan untuk sinyal *interrupt* eksternal yang dapat menginterupsi alur program yang dieksekusi CPU. Pin PD7

(OC2) juga berfungsi sebagai pin untuk keluaran sinyal *clock/Pulse Width Modulation* (PWM) yang dihasilkan oleh *timer 2* yang ada di dalam mikrokontroler. Pin *RESET* merupakan pin aktif rendah untuk mereset mikrokontroler. Dalam keadaan reset, alur program akan kembali ke alamat 0x0. Pin *VCC* dan *GND* adalah pin yang digunakan untuk penyedia tegangan mikrokontroler. Beda tegangan yang dapat diberikan berkisar antara 4,5–5,5 V.

4. Peta Memori Mikrokontroler ATmega8535

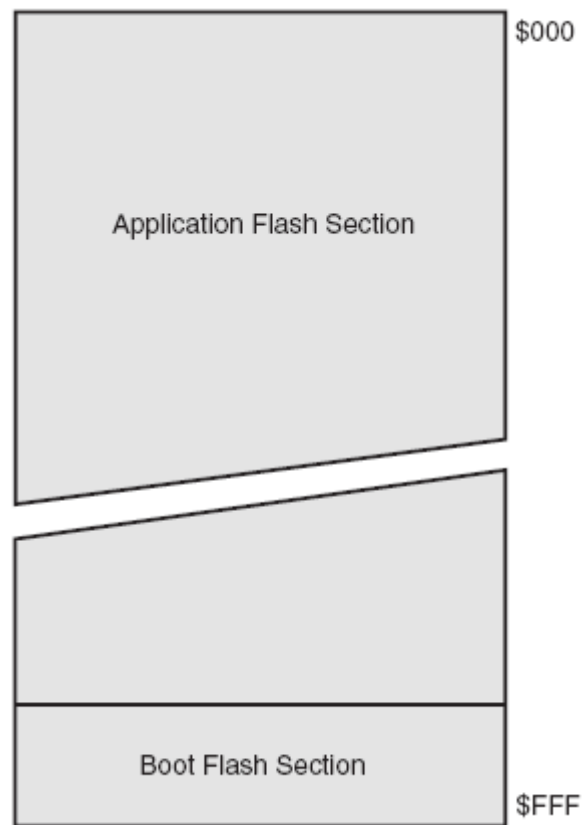
Mikrokontroler ATmega8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian yaitu : 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM internal.

Register untuk keperluan umum menempati ruang 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 gambar 2.4. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F.



Gambar 2.4. Memori Data AVR ATmega8535

Memori program yang terletak pada *Flash Perom* tersusun dalam *word* atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32bit. AVR ATmega8535 memiliki 4KByte x 16 Bit *Flash Perom* dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12 bit *Program Counter* (PC) sehingga mampu mengamati isi *Flash*.

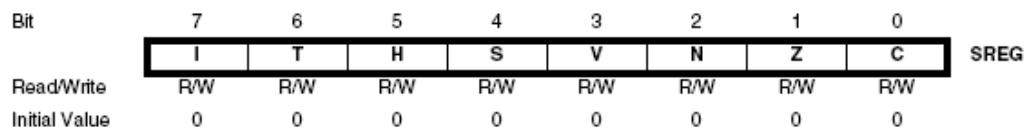


Gambar 2.5. Memori Program AVR ATmega8535

Selain itu AVR ATmega8535 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF.

5. Status Register

Status register (SREG) adalah register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler.



Gambar 2.6. Status Register ATmega8535

1. Bit7 --> I (*Global Interrupt Enable*), Bit harus di *Set* untuk *mengenable* semua jenis interupsi.
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 Cary Flag*)
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 (*Cary Flag*) Bit ini akan menjadi *set* apabila suatu operasi menghasilkan *carry*.

(Sumber : <http://www.scribd.com/doc/11571142/Pemrograman-Mikrokontroler-ATMega8535>)

D. DC Motor Servo *Continuous*

Motor servo merupakan sebuah motor dc kecil yang diberi sistem *gear* dan potensiometer sehingga dapat menempatkan *horn* servo pada posisi yang dikehendaki. Motor servo ini jelas menggunakan sistem *close loop* sehingga posisi *horn* yang dikehendaki bisa dipertahankan. *Horn* pada servo ada dua jenis, yaitu *horn* X (seperti pada gambar 2.7) dan *horn* berbentuk bulat.

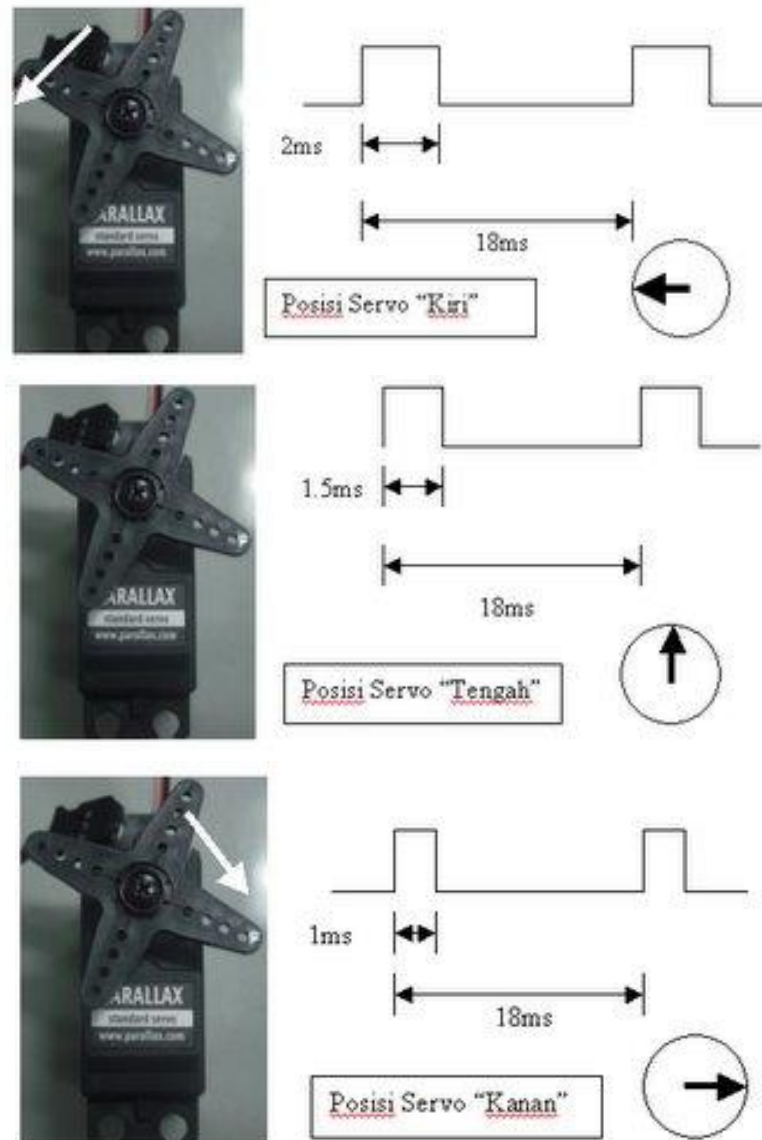
Secara umum terdapat 2 jenis motor servo. Yaitu motor servo standar dan motor servo *continuous*. Motor servo standar sering dipakai pada sistem robotika misalnya untuk membuat *Robot Arm* (Robot Lengan) sedangkan motor servo *continuous* sering dipakai untuk *Mobile Robot*. Pada badan servo tertulis tipe servo yang bersangkutan.



Gambar 2.7. Servo Parallax

Penggunaan motor servo alasannya, pertama adalah motor servo memiliki putaran yang lambat dan torsi yang kuat (berkat adanya sistem *gear*). Kedua, sistem

kontrol untuk motor servo relatif sedikit (diperlukan hanya 1 jalur data saja). Hal ini tentu berbeda misalnya jika kita menggunakan motor stepper yang memerlukan jalur kontrol lebih dari 1 jalur. Untuk mengontrol motor servo, maka digunakan teknik PWM.



Gambar 2.8. Hubungan lebar pulsa dengan posisi *horn* servo

(Moh. Ibumalik, 2007)

E. Keypad 4x4 dan LCD

1. Keypad 4x4

Angka *hexa* pada *keypad* hanya untuk ilustrasi. Tekanan pada *keypad* dapat diterjemahkan sebagai perintah apapun, tergantung program yang dimasukkan ke mikrokontroler.



Gambar 2.9. Keypad

Dasar Pemindaian Keypad 4X4

1. Pada kondisi awal, tidak ada penekanan, P1.0 s.d. P1.3 (kolom 0 s.d. 3) sebagai masukan bernilai logika '1' (karena ditarik ke VCC dan instruksi), sedangkan P1.4 s.d. P1.7 (baris 0 s.d. 3) sebagai keluaran bernilai logika '0' (karena instruksi).

2. Bila terjadi salah satu tombol ditekan, salah satu dari kolom 0 - 3 akan menjadi '0'.
3. Koordinat tombol yang ditekan dicari dengan cara pemindaian:
 - a. Semua P1 di-'1'-kan.
 - b. Baris 0 di-'0'-kan, sedangkan baris 1 - 3 di-'1'-kan.
 - c. Kolom 0 - 1 diamati, bila salah satunya menjadi '0' maka rutin selesai.
 - d. Langkah (b) dan (c) diterapkan secara bergilir untuk baris 1 - 3.(c) Isi P1 saat terjadi '0' di salah satu kolom dicatat.
4. Isi P1 diterjemahkan sesuai tabel keinginan *programmer*. Catatan: Langkah (3) berlangsung sangat cepat saat tombol *keypad* masih ditekan.
5. **Debouncing**: Waktu yang diperlukan manusia saat menekan *keypad* mencapai ratusan milidetik. Untuk menghindarkan deteksi palsu karena lonjakan tegangan listrik sejenak, semacam *delay* dimasukkan ke dalam rutin pemindaian. *Delay* ini biasanya sekitar 30ms. Bila setelah *delay* masih terdeteksi adanya penekanan, maka penekanan dianggap sah.
6. **Pola byte** dari P1 (hanya satu '0' di tiap *nibble*): EEh, Edh, Ebh, E7h, Deh, DDh, DBh, D7h, Beh, BDh, BBh, B7h, 7Eh, 7Dh, 7Bh, 77h.
7. **Inisiasi deteksi** (a) *Polling*: C terus melakukan semacam *loop* mendeteksi Col 0 - 1. (b) *Interrupt*: P1.0 - 3 (Col 0 - 3) dihubungkan ke INTn melalui gerbang OR.

2. *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD berfungsi sebagai salah satu alat komunikasi mikrokontroler dengan manusia dalam bentuk tulisan/gambar. Kapasitas tampilan LCD di pasaran biasanya adalah: 2/4 baris x 16/20 karakter. Tiap karakter biasanya tersusun dari 5x8 pixel. Sehingga total perkabelan untuk LCD 2x16 adalah 5 x 8 x 2 x 16. Kerumitan pengkabelan ini berkurang karena biasanya LCD dijual berupa modul yang dilengkapi *drivernya*, sehingga kaki yang perlu diatur hanya 8 (data) + 6 (kontrol).



Gambar 2.10. *Liquid Crystal Display (LCD)*

V_{dd} , V_{ss} : *Power supply*

V_o : pengatur kontras pixel

V_{dd} , V_{ss} , & V_o tidak perlu terhubung ke kontroler.

R/W (1/0): Baca/ Tulis, biasanya selalu tulis. Jadi pin ini biasanya ke '0'.

DB0-7: jalur data, data dapat berupa karakter yang hendak ditampilkan, dapat juga berupa pengaturan tampilan LCD.

E: *Enable/Disable* modul LCD, terkendali oleh kontroler.

RS (*Registration Select*):

-Bila '0', *Instruction Register* menjadi tujuan data DB0-7 (diperlakukan sebagai perintah: *clear screen*, pilih lokasi kursor, dll.)

-Bila '1', *Data Register* menjadi tujuan data DB0-7 dan ditampilkan ke LCD.

(Sumber : <http://www.8052.com/tutlcd.phtml>. 2005)

F. Potensiometer

Potensiometer yang tersedia di pasaran terdiri dari beberapa jenis, yaitu: potensiometer karbon, potensiometer *wire wound* dan potensiometer metal film.

1. Potensiometer karbon adalah potensiometer yang terbuat dari bahan karbon harganya cukup murah akan tetapi kepresisian potensiometer ini sangat rendah biasanya harga resistansi akan sangat mudah berubah akibat pergeseran kontak.
2. Potensiometer gulungan kawat (*wire wound*) adalah potensiometer yang menggunakan gulungan kawat nikelin yang sangat kecil ukuran penampangnya. Ketelitian dari potensiometer jenis ini tergantung dari ukuran kawat yang digunakan serta kerapihan penggulangannya.
3. Metal film adalah potensiometer yang menggunakan bahan metal yang dilapiskan ke bahan isolator



Gambar 2.11. Potensiometer

Potensiometer adalah komponen tiga terminal resistor geser dengan kontak yang menyesuaikan suatu bentuk tegangan pembatas. Jika hanya dua terminal yang digunakan (satu sisi dan penghapus), ia bertindak sebagai variabel penghambat atau Rheostat. Potensiometer yang umumnya digunakan untuk mengontrol perangkat listrik seperti kontrol *volume* dari radio. Potensiometer dioperasikan oleh mekanisme yang dapat digunakan sebagai posisi transduser, misalnya, dalam sebuah joystick. Konstruksi dari kawat-luka *circular* potensiometer, yang dapat melawan elemen yang ditampilkan adalah perangkat trapezoidal, memberikan non-linear hubungan antara perlawanan dan berbelok sudut, berputar dengan poros, memberikan perlawanan yang berubah-ubah antara *wiper* kontak.

Potensiometer jarang digunakan secara langsung ke penguat signifikan (lebih dari satu watt). Sebaliknya mereka yang digunakan untuk mengatur tingkat sinyal analog (misalnya kontrol *volume* pada peralatan audio), dan sebagai masukan bagi kontrol elektronik. Misalnya, cahaya lampu dimana menggunakan potensiometer untuk mengontrol beralih dari TRIAC dan langsung jadi kontrol kecerahan lampu.

Potensiometer kadang-kadang diberikan dengan satu atau lebih *switch* terpasang pada batang yang sama. Misalnya, ketika terpasang ke kontrol *volume*, tombol yang dapat juga berfungsi sebagai *on/off* beralih pada *volume* terrendah.

(Ikhsan Filth, 2009)