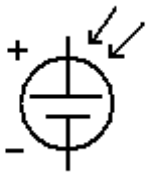
BAB II

TEORI PENDUKUNG

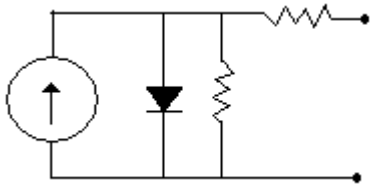
2.1 Sel Surya

Sel surya atau sel *photovoltaic* adalah suatu alat semikonduktor yang mengkonversi foton (cahaya) kedalam listrik. Konversi ini disebut efek *photovoltaic*, dengan kata lain efek *photovoltaic* adalah energi potensial listrik yang terbangun antara dua material yang berbeda ketika hubungan bahan yang sejenis *(common junction)* diterangi radiasi foton.

Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 merupakan simbol dan rangkaian ekuivalen sel surya.

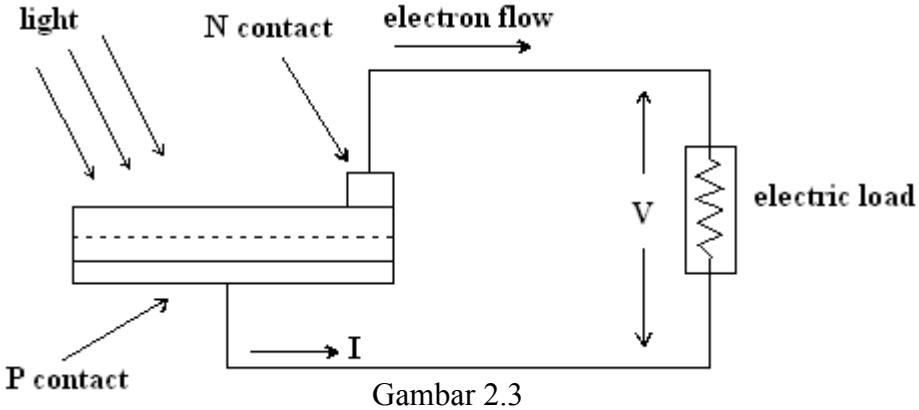


Gambar 2.1 *Simbol Sel Surya*



Gambar 2.2 *Rangkaian Ekuivalen Sel Surya*

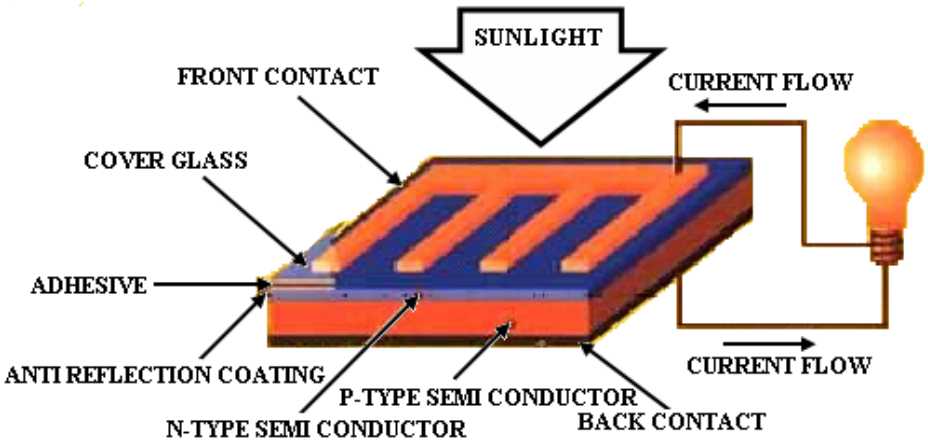
Fisik dari sel surya sangat mirip dengan bentuk klasik dioda p-n (Gambar 2.3). Ketika cahaya diserap oleh *junction*, energi foton yang diserap di transfer ke sistem elektron dari materi dioda, menghasilkan penciptaan dari pembawa muatan mungkin saja sepasang elektron-ion dalam cairan elektrolit, atau sepasang elektron-hole didalam materi semikonduktor solid.



Gambar 2.3

Efek Photovoltaic Mengkonversi Foton Ke Voltase Melalui P-N Junction

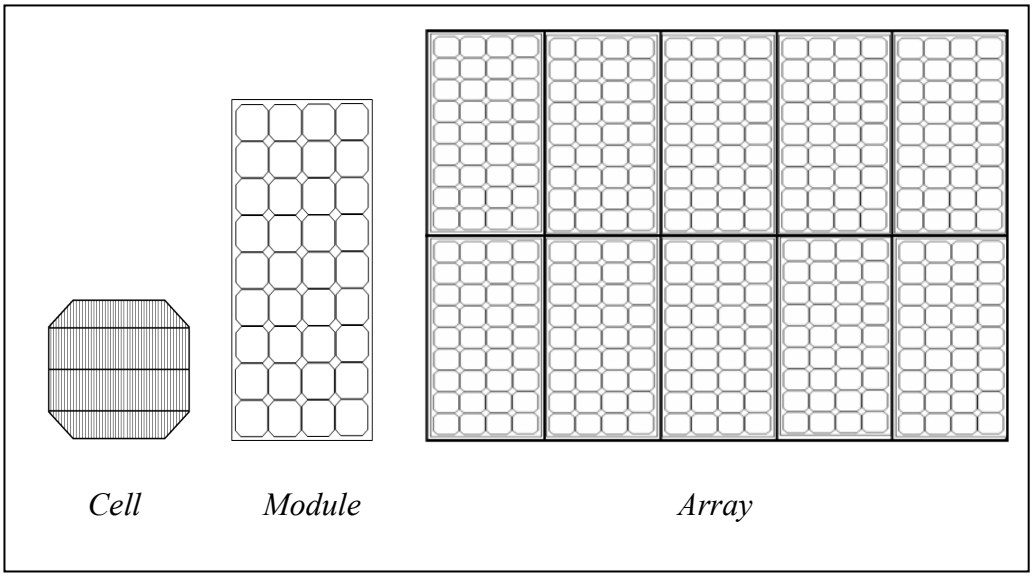
Asal dari tenaga potensial *photovoltaic* adalah perbedaan didalam kekuatan bahan kimia, disebut fermi *level*, dari elektron-elektron di dua material yang terisolasi. Ketika mereka bergabung, *Junction* mendekati sebuah kesetimbangan termodinamik yang baru. Kesetimbangan tersebut didapat hanya ketika *fermi level* dalam kedua material sama. Hal ini muncul oleh aliran elektron dari satu material ke yang lain sampai sebuah perbedaan voltase terbentuk diantara dua material yang mana mempunyai potensial yang hanya sama dari awal perbedaan dari *vermi level* potensial ini mendorong *photocurrent*.



Gambar 2.4 *Konstruksi Dasar Sel Surya*

Gambar 2.4 menampilkan konstruksi dasar sel surya. Untuk mengumpulkan *photocurrent,* penghubung-penghubung berbahan besi disediakan di kedua sisi dari *junction* untuk mengumpulkan arus listrik yang disebabkan oleh pergeseran foton dalam satu sisi. Foil penghantar (solder) disediakan di bawah (gelap) permukaan dan satu ditepi atas (diterangi) permukaan.

Lubang penghantar tipis di atas permukaan mengumpulkan arus dan membiarkan sinar cahaya melaluinya. Ruang dari serat penghantar di dalam lubang adalah permasalahan dari kompromisasi antara memaksimalkan hantaran energi listrik dan meminimalisasi dari pemblokan sinar cahaya. Di penambahan ke elemen-elemen dasar, beberapa fitur peningkatan juga ditambahkan. Caranya, permukaan sel mempunyai pelapis *anti-reflective* untuk menyerap sebanyak mungkin cahaya dengan meminimalisasi pemantulan cahaya. Perlindungan mekanik disediakan oleh *coverglass* yang dipasangkan dengan bahan yang transparan.



Gambar 2.5 *Beberapa Sel Menjadi Modul Dan Beberapa Modul Menjadi Array*

2.1.1Modul dan Array

Sel surya (seperti Gambar 2.5) adalah dasar pembangun dari sistem energi *photovoltaic.* Secara khusus sel surya berukuran hanya beberapa inci persegi. Untuk mendapatkan tenaga yang besar, beberapa buah sel surya dihubungkan secara seri dan pararel dalam sebuah panel (modul) dengan ukuran beberapa meter persegi. Array atau panel digambarkan sebagai sebuah group dari beberapa modul yang secara elektrik terhubung dalam kombinasi seri-pararel untuk menghasilkan arus dan tegangan yang di butuhkan.

2.6.1Foton

Foton adalah partikel elementer dalam fenomena elektromagnetik. Biasanya foton dianggap sebagai pembawa radiasi elektromagnetik, seperti cahaya, gelombang radio, dan Sinar-X. Foton tidak bermassa dan dalam ruang vakum foton selalu bergerak dengan kecepatan cahaya.

Foton memiliki baik sifat gelombang maupun partikel (dualisme gelombang-partikel). Sebagai gelombang, satu poton tunggal tersebut diseluruh ruang dan menunjukan fenomena gelombang seperti pembiasan oleh lensa dan inferensi destruktif ketika gelombang terpantulkan saling memusnahkan satu sama lain. Seperti partikel, foton hanya dapat berinteraksi dengan materi dengan memindahkan energi.

Energi foton tergantung pada frekuensi cahaya yang digunakan, dengan persamaan:

$$E = h.v \quad \text{……..(2.1)}$$

E adalah energi elektron (eV)

h adalah konstanta Planck, $h = 6{,}63.10^{-34}$ (Js)

v adalah frekuensi elektron (Hz)

2.1.3 **Penjelasan Singkat Konversi Energi**

Penjelasan secara singkat bagaimana sel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik adalah sebagai berikut.

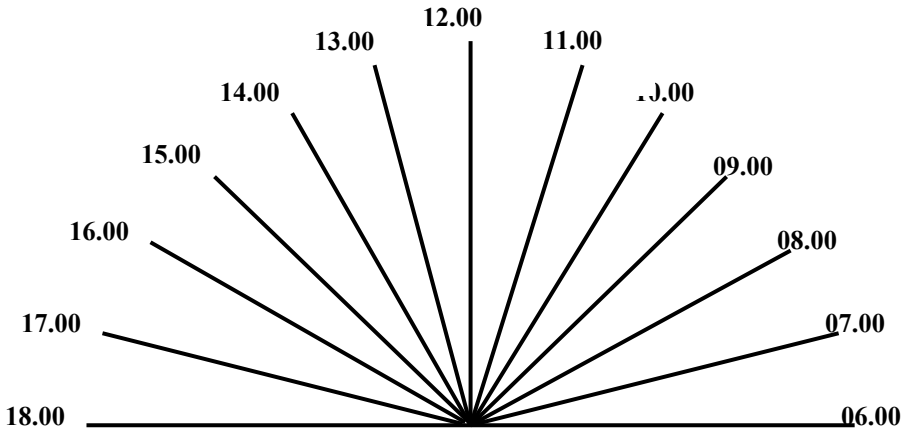
1. Foton didalam cahaya matahari mengenai panel surya dan diserap oleh *semiconducting material,* seperti silikon.
2. Elektron (bermuatan negatif) dilepaskan dari atom, membiarkan mereka untuk mengalir melalui material panel surya untuk menghasilkan listrik. Muatan positif yang komplementer juga diciptakan (seperti gelembung) yang disebut *holes* dan mengalir dikembalikan arah elektron didalam suatu silikon panel surya.
3. Suatu array dari panel surya mengkonversi energi matahari ke dalam arus searah listrik (DC).

1.2 Bumi Terhadap Matahari

Posisi matahari berubah setiap saat karena rotasi bumi. Bumi berotasi sebesar 360^0 dari timur menuju barat pada garis bujur dengan periode rotasi 23 jam 56 menit 4,09 detik (~24 jam). Dari data tersebut dapat diambil suatu tetapan dalam satuan waktu bahwa setiap 1^0 bujur ditempuh dalam waktu:

$$\frac{1°}{360°} \times (24 \times 60) = 4\ menit \quad \text{.....(2.2)}$$

Dari persamaan di atas maka dapat diketahui bahwa setiap bumi berotasi sebesar 15^0 bujur akan ditempuh dalam waktu 1 jam.



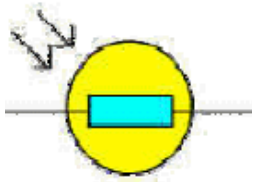
Gambar 2.6 *Timing Waktu Setiap 15^0*

1.3 *Light Dependent Resistor* (LDR)

LDR atau *Light Dependent Resistor* adalah salah satu jenis resistor yang nilai hambatannya dipengaruhi oleh cahaya yang diterima olehnya. LDR merupakan resistor tidak tetap otomat, dibuat dari Cadmium Sulfida yang peka terhadap cahaya.

Seperti yang telah diketahui bahwa cahaya memiliki dua sifat yang berbeda yaitu sebagai gelombang elektromagnetik dan foton atau partikel energi

(dualisme cahaya). Saat cahaya menerangi LDR, foton akan menabrak ikatan Cadmium Sulfida dan melepaskan elektron. Semakin besar intensitas cahaya yang datang, semakin banyak elektron yang terlepas dari ikatan. Sehingga hambatan LDR akan turun saat cahaya meneranginya.

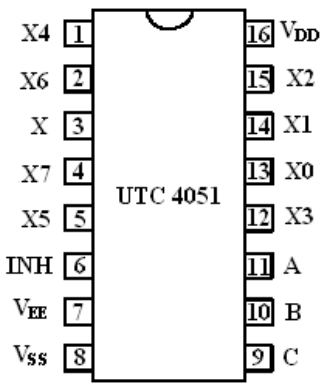


Gambar 2.7 *Light Dependent Resistor*

LDR akan mempunyai hambatan yang sangat besar saat tak ada cahaya yang mengenainya(gelap). Dalam kondisi ini hambatan LDR, mampu mencapai 1 Mohm. Akan tetapi saat terkena sinar, hambatan LDR akan turun secara drastis hingga nilai beberapa puluh ohm saja.

2.4 **Multiplekser**

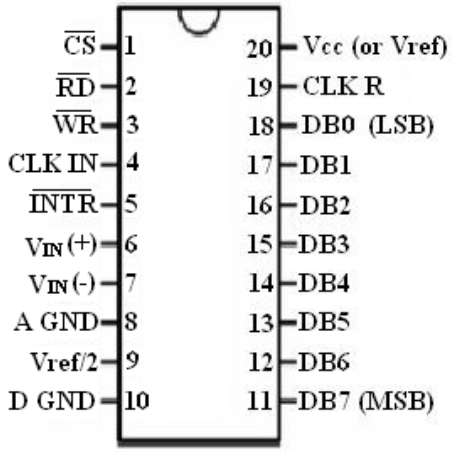
Multiplekser adalah suatu sirkuit yang berfungsi menggabungkan beberapa atau banyak sinyal elektrik menjadi sinyal tunggal. Biasanya input multiplekser berupa data yang terdiri 8 bit. Input-input tersebut akan diseleksi urutan keluarannya oleh suatu pangontrol. Sebagaimana ditunjukan pada Gambar 2.8, input diberikan pada kaki 13, 14, 15, 12, 1, 5, 2 dan 4. Output akan diperoleh dari kaki 3 dan sinyal yang dikeluarkan pada output ditentukan oleh input A, B, C pada kaki 11, 10 dan 9 yang dihubungkan ke mikrokontroler.



Gambar 2.8 *Kaki-Kaki IC Multiplekser 4051*

2.5 *Analog to Digital Converter* (ADC)

ADC adalah suatu komponen yang berfungsi sebagai akusisi data yaitu mengambil isyarat analog untuk diubah menjadi isyarat digital. ADC yang tersedia dipasaran saat ini sudah banyak sfesifikasinya tetapi dalam perancangan ini digunakan ADC0804. Gambar 2.9 menunjukkan susunan kaki ADC tersebut, waktu konversi ADC 0804 sekitar 100 mikro detik untuk clock 640 KHz, tegangan input 0-5 volt (1 channel) dan tegangan acuan 2,5 volt dengan ketelitian +/- 1 LSB. Sistem pewaktuan untuk ADC ini diatur oleh komponen-komponen R dan C pada pin-pin CLK-R dan CLK-IN dan tidak membutuhkan clock generator eksternal kerena ADC sudah dilengkapi oleh clock generator internal.



Gambar 2.9 *Kaki-Kaki ADC 0804*

Beberapa karakteristik ADC0804 adalah sebagai berikut.

- Memiliki 2 masukan analog : Vin (+) dan Vin(-) sehingga memperbolehkan masukan selisih (diferensial). Dengan kata lain, tegangan masukan analog yang sebenarnya adalah selisih dari masukan kedua pin analog Vin = Vin(+) – Vin(-). Jika hanya satu masukan maka Vin(-) dihubungkan ke ground. Pada operasi normal, ADC menggunakan Vcc = +5V sebagai tegangan referensi, dan masukan analog memiliki jangkauan dari 0 sampai 5 V pada skala penuh.
- Mengubah tegangan analog menjadi keluaran digital 8 bit, sehingga resolusinya adalah $\frac{5V}{255} = 19{,}6\ mV$
- Memiliki pembangkit detak (*clock*) internal yang menghasilkan frekuensi $f = \frac{1}{(1{,}1.R.C)}$, dengan R dan C adalah komponen eksternal.
- Memiliki koneksi ground yang berbeda antara tegangan digital dan analog. Kaki 8 adalah ground analog. Pin 10 adalah ground digital.

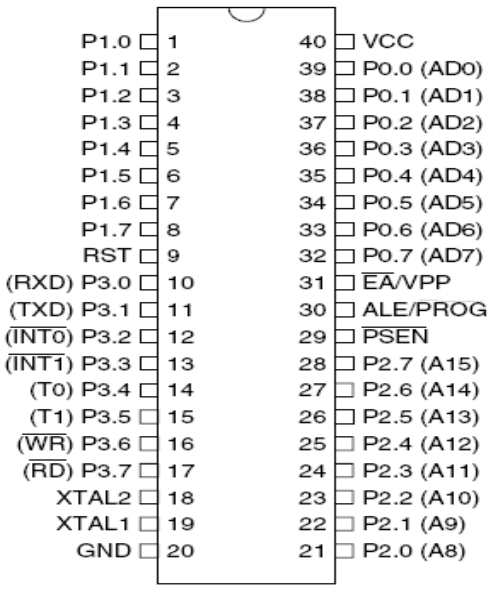
2.6 **Mikrokontroler AT89C51**

Mikrokontroler atau mikroprosesor adalah suatu piranti yang digunakan untuk pengolahan data-data biner (*digital*) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu chip *Integrated Circuit* (IC). Mikrokontroler 89C51 merupakan mikrokontroler dengan arsitektur MCS51 dengan memori Flash *Programmable and Erasable Read Only Memory* (PEROM). Memori ini biasa digunakan untuk menyimpan intruksi (perintah) berstandar MCS-51 sehingga memungkinkan mikrokontroler ini untuk bekerja dalam mode *single chip operation* (mode operasi keping tunggal) yang

tidak memerlukan external memory (memori luar) untuk menyimpan *source code* tersebut.

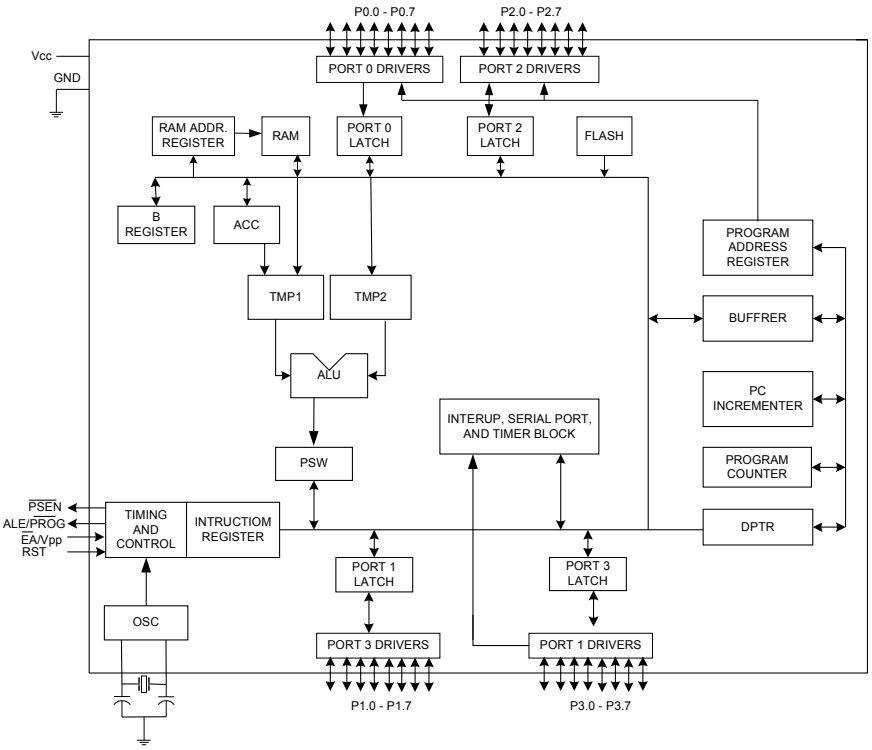
Mikrokontroler 89C51 memiliki keistimewaan sebagai berikut:

a. Sebuah CPU 8 bit.
b. Osilator internal dan pewaktu.
c. RAM internal 128 byte.
d. Empat buah *programmable* port I/O, masing-masing terdiri atas 8 buah jalur I/O.
e. Dua buah timer/counter 16 bit.
f. Lima buah jalur interupsi (2 buah interupsi eksternal dan 3 buah interupsi internal).
g. Sebuah port serial dengan *control serial Full Duplex UART.*
h. Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian dan operasi boolean.
i. Kecepatan pelaksanaan intruksi dari 4 MHz sampai 24 MHz.



Gambar 2.10 *Konfigurasi Pin Mikrokontroller AT89C51*

2.6.1 **Deskripsi Mikrokontroler AT89C51**



Gambar 2.11 *Blok Diagram AT89C51*

Diagram blok dari inti AT89C51 ditunjukan pada Gambar 2.11 dan fungsi dari masing-masing bagian adalah sebagai berikut.

- **Port 0**

  Terdiri atas pin 32 sampai pin 39. Pin - pin ini dapat berfungsi sebagai I/O biasa, *low order multiplex address/data* ataupun menerima kode byte pada saat *Flash Programming* Pada fungsi sebagai I/O biasa port ini dapat memberikan *output sink* ke delapan buah TTL input atau dapat diubah sebagi input dengan memberikan logika 1 pada port tersebut. Pada fungsi sebagai *low order multiplex address* atau data port ini akan mempunyai *internal pull up*. Pada saat Flas Programming diperlukan *external pull up* terutama pada saat *verifikasi* program.

- **Port 1**

  Port 1 berfungsi sebagai I/O biasa atau menerima *low order address bytes* selama pada saat *flash programming.* Port ini mempunyai internal *pull up* dan berfungsi sebagai *input* dengan memberikan logika 1 Sebagai *ouput* port ini dapat memberikan *output sink* keempat buah input TTL. Port ini terdiri dari pin 21 sampai pin 28.

- **Port 2**

  Port 2 berfungsi sebagai I/O biasa atau *high order address*, pada saat mengakses memori secara 16 bit (Movx @ Dptr). Pada saat mengakses memori secara 8 bit, (Mov @Rn) port ini akan mengeluarkan isi dari *P2 Special Function Register* Port ini mempunyai *internal pull up* dan berfungsi sebagai input dengan memberikan logika 1 Sebagai ouput, port ini dapat memberikan *output sink* keempat buah input TTL.

- **Port 3**

  Sebagai I/O biasa Port 3 mempunyai sifat yang sama dengan Port 1 maupun Port 2. Sedangkan sebagai fungsi spesial port-port ini mempunyai keterangan yang terdapat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 *Keterangan Fungsi Pin-Pin Pada Port 3*

Port	Pin	Fungsi
P3.0	RXD	Port Serial Input
P3.1	TXD	Port Serial Output
P3.2	INT0	Port External Interrupt 0
P3.3	INT1	Port External Interrupt 1
P3.4	T0	Port External Timer 0 Input
P3.5	T1	Port External Timer 1 Input
P3.6	WR	External Data Memory Write Strobe
P3.7	RD	External Data Memory Write Strobe

- **Reset (RST)**

  Pin 30 / Reset akan aktif dengan memberikan input *high* selama 2 *cycle*.

- **XTAL 1**

  Pin 19 merupakan Input untuk penguat *inverting* osilator dan input untuk rangkaian pengoperasian internal clock.

- **XTAL 2**

  Pin 18 adalah keluaran dari penguat *inverting osilator.*

- **Pin 30**

  Pin ini dapat berfungsi sebagai *Address Latch Enable* (ALE) yang me-*latch low byte address* pada saat mengakses memori eksternal.Sedangkan pada saat *Flash Programming* (PROG) berfungsi sebagai pulse input untuk operasi normal ALE akan mengeluarkan sinyal *clock* sebesar 1/16 frekuensi oscillator kecuali pada saat mengakses memori eksternal sinyal clock pada pin ini dapat pula didisable dengan men-set bit 0 dari *Special Function Register* di alamat 8EH ALE hanya akan aktif pada saat mengakses memori eksternal (MOVX & MOVC).

- **Pin 29 (PSEN)**

  Pin ini berfungsi pada saat mengeksekusi program yang terletak pada memori eksternal. PSEN akan aktif dua kali setiap *cycle.*

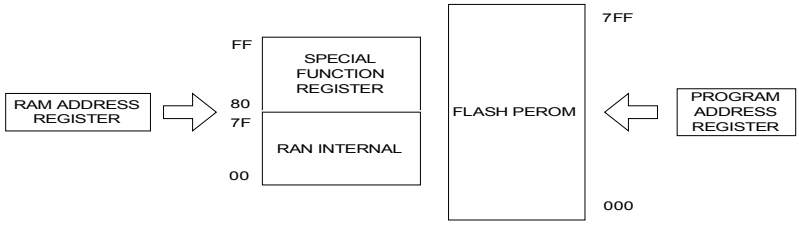
- **Pin31(EA)**

  Pada kondisi *low*, pin ini akan berfungsi sebagai EA yaitu mikrokontroler akan menjalankan program yang ada pada memori

eksternal setelah sistem direset, jika berkondisi *high*, pin ini akan berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada memori internal. Pada saat Flash Programming pin akan mendapat tegangan 12 volt (Volt Puncak).

2.6.2Struktur Memori

Mikrokontroler MCS-51 memiliki pembagian ruang alamat untuk program dan data, sebagaimana ditunjukan pada Gambar 2.12. Memori program hanya dapat dibaca tidak dapat ditulis. Sedangkan memori data dapat ditulis. Program yang berukuran lebih dari kapasitas EEPROM (4KB untuk 89C51, dan 8 KB untuk 89C52) disimpan di EEPROM eksternal. Sinyal yang membolehkan pembacaan dari memori program eksternal adalah dari pena PSEN *(Program Store Enable).*



Gambar 2.12 *Struktur Memori Mikrokontroler 89C51*

Mikrokontroler intel 89C51 memiliki struktur *memory* yang terdiri atas :

- RAM Internal, memory sebesar 128 byte yang biasanya digunakan untuk menyimpan variable atau data yang bersifat sementara.
- *Special Function Register* (Register Fungsi Khusus), memori yang berisi register-register yang mempunyai fungsi fungsi khusus yang

disediakan oleh mikrokontroler tersebut, seperti timer, serial dan lain-lain.

- Flash PEROM, memori yang digunakan untuk menyimpan intruksi intruksi MCS51.

AT89C51 mempunyai sistem memori yang terpisah antara RAM *internal* dan *Flash* – PEROMnya. Seperti yang tampak pada Gambar 2.12 RAM internal dialamati oleh RAM *Address register* (Register Alamat RAM) sedangkan Flash PEROM yang menyimpan perintah perintah MCS-51 dialamati oleh *Program Address register* (Register Alamat Program). Dengan adanya struktur memori yang terpisah tersebut, walaupun RAM internal dan Flash PEROM, mempunyai alamat awal yang sama yaitu 00 namun secara fisiknya kedua memori tersebut tidak berhubungan.

2.7 Motor Stepper

Motor stepper adalah alat yang mengubah pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan rotor discret (berlainan) yang disebut step (langkah). Satu putaran motor memerlukan 360 derajat dengan jumlah langkah yang tertentu perderajatnya. Ukuran kerja dari stepper biasanya diberikan dalam jumlah langkah per-putaran per-detik. Motor stepper mempunyai kecepatan dan torsi yang rendah namun memiliki kontrol gerakan posisi yang cermat, hal ini dikarenakan memiliki beberapa segmen kutub kumparan.

Pada dasarnya ada dua jenis motor stepper yaitu bipolar dan unipolar. Sebuah motor stepper berputar 1 step apabila terjadi perubahan arus pada koil-koilnya, mengubah pole-pole magnetik disekitar pole-pole stator.

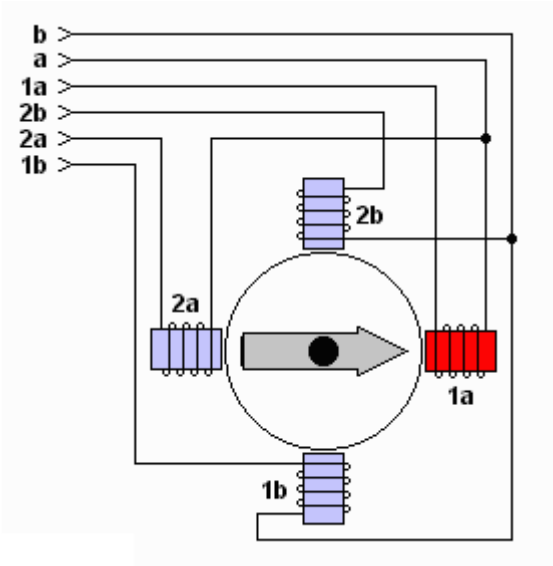
Perbedaan utama antara bipolar dan unipolar adalah.

1. Bipolar:
   - arus pada koil dapat berbolak-balik untuk mengubah arah putaran motor.
   - Lilitan motor hanya satu dan dialiri arus dengan arah bolak bolak-balik.
2. Unipolar:
   - Arus mengalir satu arah, dan perubahan arah motor tergantung dari lilitan (koil) yang dialiri arus.
   - Lilitan terpisah dalam dua bagian dan masing-masing bagiannya hanya dilewati arus dalam satu arah saja.

Kelemahan jenis bipolar adalah bahwa rangkaian drivernya lebih kompleks, karena harus dapat mengalirkan arus dalam dua arah melalui koil yang sama. Sedangkan jenis unipolar, selain motor stepper tersebut lebih mudah diperoleh dipasaran juga memerlukan rangkaian driver yang lebih sederhana.

Proses pengendalian motor stepper unipolar dilakukan dengan menghubungkan kutub-kutub motor ke ground secara bergantian. Kutub motor yang terhubungkan dengan ground akan mengaktifkan koil yang bersangkutan. Maka dengan mengaktifkan urutan yang tepat, motor stepper dapat bergerak secara full stepping maupun half stepping baik searah jarum jam maupun berlawanan arah dengan jarum jam. Jika motor stepper bergerak 1,8 derajat/step pada mode full stepping, maka pada mode half stepping motor dapat digerakan sebesar 0,9 derajat/step.

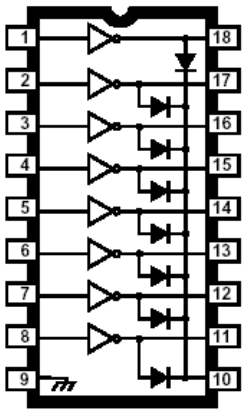
Pada Gambar 2.13, kaki a dan b sebagai Common dan Kaki-kaki yang lain adalah inputan yang akan diatur (1a,1b,2a dan 2b).



Gambar 2.13 *Motor Stepper Unipolar*

2.8 Driver Motor Stepper

Driver motor stepper digunakan sebagai pengaman antara mikrokontroler dengan motor stepper. IC yang digunakan untuk driver motor adalah IC ULN 2803, karena mempunyai delapan pin input dan delapan pin output, jadi bisa digunakan untuk dua buah motor stepper. IC ULN 2803 yaitu IC yang didalamnya terdapat sekumpulan transistor darlington.



Gambar 2.14 *IC ULN 2803*