

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karya yang Bersangkutan

Pembuatan tugas akhir ini sebenarnya adalah pengembangan dari skripsi mahasiswa Teknik Elektro UMY bernama Eko Hadi Setiawan dengan judul “Pengaman Pintu Lintasan Kereta Api Dengan Menggunakan Sensor Infra Merah”. Perancangan ini mempunyai kelemahan yaitu penggunaan sensor infra merah yang masih banyak mengalami gangguan-gangguan non teknis, seperti apabila orang yang sengaja atau tidak sengaja menghalangi atau menutup sensor tersebut maka sensor akan mendeteksi bahwa itu adalah kereta.

Selain karya diatas terdapat juga karya dari mahasiswa Teknik Elektro UMY lainnya bernama Dika Novianto dengan judul “Model Palang Pintu Perlindungan Kereta Api Otomatis”. Perancangan alat ini mempunyai kelemahan yaitu masih menggunakan sumber listrik konvensional, jadi apabila perancangan tersebut dioperasikan ditempat yang jauh dari sumber listrik maka akan membutuhkan penghubung (kabel) yang panjang. Dengan kata lain akan menambah beban finansial perusahaan.

Setelah melihat karya-karya tersebut maka mengilhami penulis untuk mengembangkannya menjadi “Simulasi Energi yang Digunakan Pada Pintu Perlindungan Kereta Api Otomatis”. Energi yang digunakan untuk mensuplai daya pada pintu perlindungan otomatis ini memanfaatkan tenaga cahaya matahari (*solar*

berlimpah secara cuma-cuma dan mudah diperoleh karena potensi radiasi matahari di Indonesia cukup tinggi dan merata, selain itu tidak membutuhkan bahan bakar serta ramah terhadap lingkungan (bebas polusi udara dan suara).

Untuk sensor yang digunakan adalah sensor *proximity inductive* yang akan mendeteksi logam pada roda kereta api, dan motor DC sebagai penggerak palang pintu kereta api.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Palang Pintu Perlintasan PT. Kereta Api Indonesia

Palang pintu perlintasan merupakan sebuah alat pengaman pada sebuah persimpangan atau perlintasan jalan dimana dua jenis transportasi yang berbeda bertemu. Pintu perlintasan yang digunakan PT. KAI untuk mengamankan jalan kereta api pada dewasa ini sebagian telah dipasang pintu perlintasan listrik dengan sistem pelayanannya adalah manual dan semi otomatis, perangkat ini dapat digunakan sebagai pengaman dan dilengkapi dengan dua atau empat palang pintu dalam suatu perlintasan.

2.2.1.1 Perangkat Umum Palang Pintu Perlintasan PT. Kereta Api Indonesia

Pengoperasian palang pintu perlintasan kereta saat ini pada umumnya menggunakan sebuah panel kontrol yang cara kerjanya ada dua macam yaitu semi otomatis dan manual. Untuk menggerakkan panel kontrol ini digunakan sumber listrik arus bolak-balik (AC) dari PLN, dan untuk *back up*-nya digunakan sumber arus searah (DC) yang berasal dari baterai. Adapun pengisian untuk baterai ini dibutuhkan arus bolak-balik (AC) 220V atau 110 V, 50 Hz dari PLN.

Palang pintu ini bergerak dari kedudukan mendatar sampai kedudukan tegak lurus (90^0) dengan menggunakan motor listrik arus searah dan roda-roda gigi. Sebagai mekanisme penggerak dilengkapi dengan rem elektromagnetik sehingga akan terjaminnya kedudukan palang pintu tegak dan mendatar, karena selama pengereman ini bekerja palang pintu akan tetap terpegang oleh rem di kedudukannya. Sebagai beban lawan untuk mengimbangi berat palang pintu dilengkapi dengan bandul yang dipasang pada ujung belakang tuas penggerak dan pemegang palang pintu, bandul ini dapat diatur ke depan atau ke belakang sedemikian rupa sehingga berat beban lawan dapat diatur sesuai dengan berat palang pintunya. Apabila rem elektromagnetik tersebut tidak bekerja maka palang pintu berkedudukan tegak akan bergerak turun karena beratnya sendiri sampai kedudukan mendatar. Demikian juga bila *power supply* mengalami gangguan sehingga tidak ada arus yang mengalir ke rem tersebut maka rem tidak bekerja dan palang pintu secara serentak akan bergerak turun menutup dengan sendirinya karena beratnya sendiri.

2.2.1.2 Prosedur Tutup Buka Palang Pintu Perlintasan Kereta Api

Prosedur yang dilakukan PT. KAI dalam proses tutup buka palang pintu perlintasan adalah melalui stasiun terdekat yang telah dilalui kereta untuk memberitahukan ke pos-pos jaga pintu perlintasan bahwa akan ada kereta yang akan melalui pintu perlintasan tersebut. Pemberitahuan yang dikirim berupa tanda/isyarat genta atau melalui pesawat telepon, tetapi ada beberapa stasiun yang mengatur proses pengendalian pintu perlintasan secara langsung dari stasiun itu

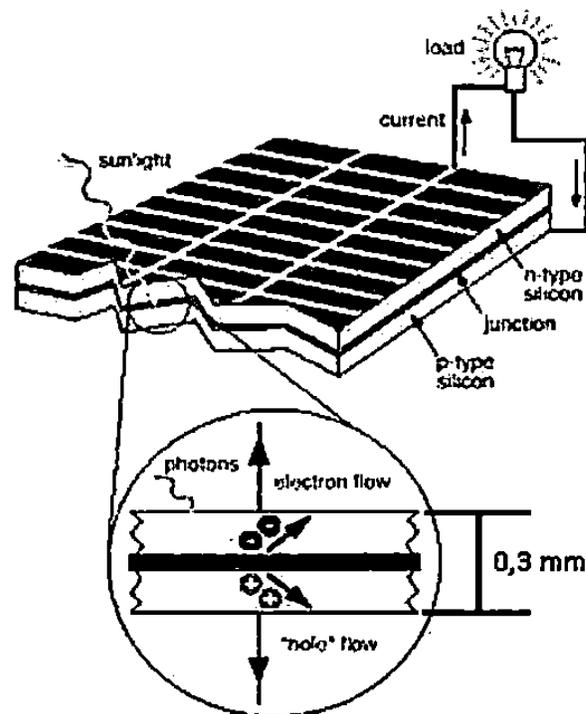
2.2.2 Matahari

Matahari adalah suatu bola gas yang sangat panas. Garis tengahnya mencapai 1,39 juta km atau 109 kali lebih besar dari diameter bumi. Jarak dari permukaan luarnya ke bumi \pm 150 juta km, sehingga cahaya matahari mencapai bumi membutuhkan waktu kurang lebih 8 menit. Pada bagian dalam matahari selalu bergabung empat inti Hidrogen (*H*) untuk satu inti Helium (*He*). Sebagian kecil dari gabungan ini berubah menjadi energi yang disebut dengan istilah *fusi*, yang prosesnya mengikuti rumus Einstein $E = mc^2$. Sedangkan temperatur pada bagian dalam matahari sangat tinggi mencapai 40×10^6 °K dan pada bagian permukaan luarnya mencapai 5.762 °K. Pada bagian luar inilah energi matahari yang diserap oleh besarnya adalah 751×10^{15} kWjam.

2.2.3 Solar Cell

Solar Cell atau sel surya adalah suatu elemen aktif yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. Apabila suatu cahaya jatuh pada permukaan sel surya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang selanjutnya membangkitkan arus listrik searah, kejadian ini merupakan proses perubahan energi dari energi sinar matahari (panas) menjadi energi listrik (efek fotovoltaiik).

Gambar 2.1 menunjukkan efek fotovoltaiik pada solar cell



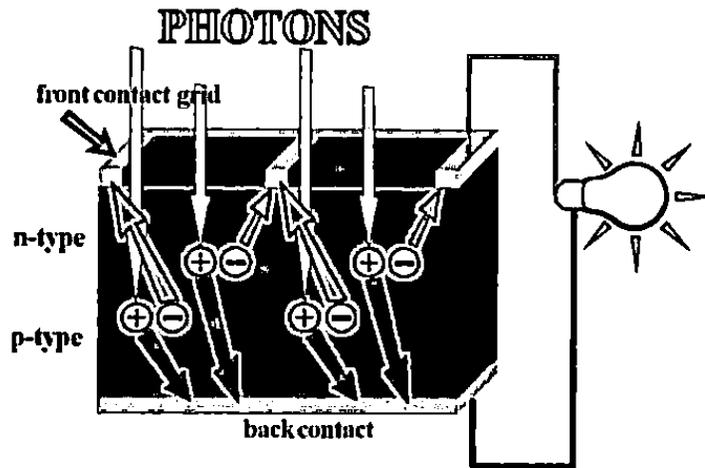
Gambar 2.1 Efek fotovoltaiik pada solar sel

Satu sel surya silikon menghasilkan 0,6 volt. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar, sel surya dapat dihubungkan seri atau paralel tergantung pada sifat penggunaannya. Perlu diingat bahwa sel surya berbeda dengan kolektor-kolektor yang dimanfaatkan untuk pemanas air.

2.2.3.1 Efek Fotovoltaiik (*Photovoltaic Effect*)

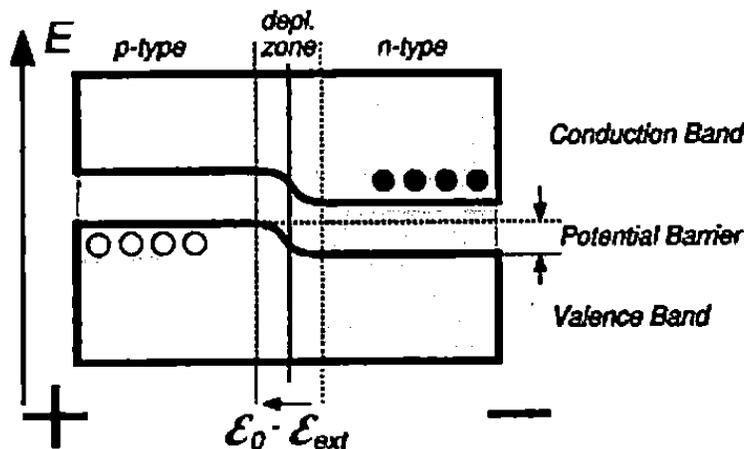
Fenomena timbulnya tegangan listrik pada sel surya jika dikenai cahaya dikenal dengan fenomena fotovoltaiik. Sel surya merupakan suatu sambungan *junction* yang dihubungkan dengan elektroda-elektroda yang terhubung secara ohmik (mematuhi hukum *Ohm*) di bagian atas (yang dikenai cahaya) elektrodanya berbentuk kisi-kisi dan dibagian bawah elektrodanya menutup semua permukaan

dan sifat ohmik. Gambar 2.2 menunjukkan fenomena fotovoltaiik pada sel



Gambar 2.2 Fenomena Fotovoltaik

Jika semikonduktor tipe p disambungkan dengan semikonduktor tipe n maka akan terbentuk suatu daerah transisi yang kosong muatan, karena muatan-muatan pada kedua semikonduktor bergerak menuju kesetimbangan termodinamik. Pada saat tercapainya kesetimbangan termodinamik pergerakan berhenti karena timbulnya potensial penghalang yang cukup besar sehingga muatan tidak lagi dapat bergerak. Maka seakan terjadi pengkutuban muatan atau terjadi beda potensial antara kedua semikonduktor.



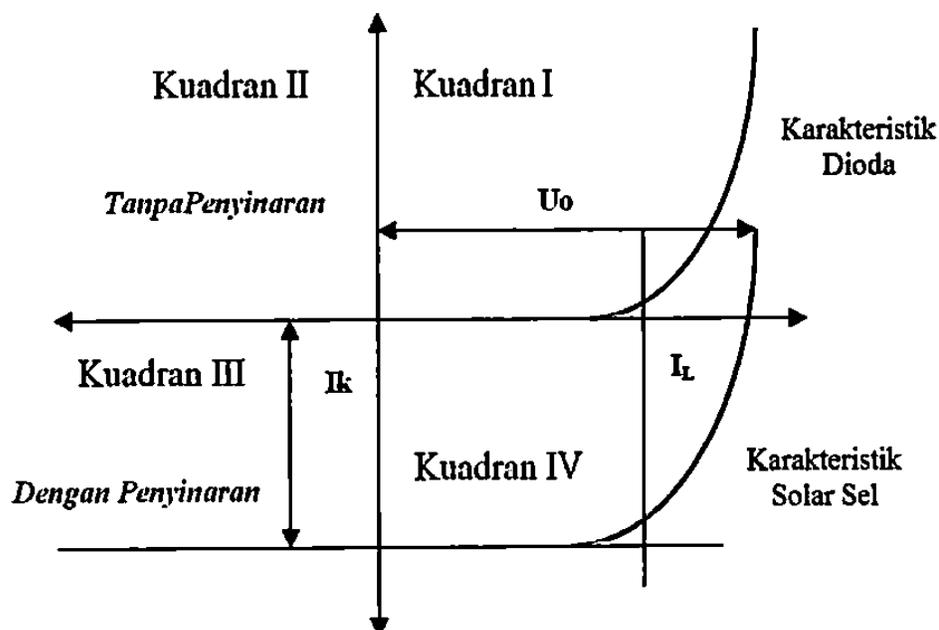
Gambar 2.3 Diagram energi pn -junction jika junction dikenai cahaya

Dari Gambar 2.3, jika junction terkena cahaya (foto atau partikel) maka

pasangan tersebut akan bergerak menuju semikonduktor tipe n dan $hole$ akan bergerak menuju semikonduktor tipe p . Akibatnya elektron pada tipe n dan hole pada tipe p menjadi bertambah dan menyebabkan bertambahnya beda potensial antara kedua tipe semikonduktor atau dengan kata lain akan menimbulkan tegangan listrik diantara kedua tipe semikonduktor tersebut. Jika cahaya yang datang tidak dapat menembus lapisan transisi maka semua energi fotonnya mungkin menjadi energi listrik.

2.2.3.2 Karakteristik dari Sel Surya

Sel surya pada keadaan tanpa penyinaran, mirip seperti permukaan penyearah setengah gelombang dioda. Ketika sel surya mendapat sinar, akan mengalir arus konstan yang arahnya berlawanan dengan arus dioda seperti dari grafik karakteristiknya.



Gambar 2.4 Karakteristik suatu sel surya dan dioda

Dari Gambar 2.4 kita melihat bahwa grafik sel surya tidak tergantung dari sifat-sifat dioda. Jika kita meneliti pada kuadran IV akan ditemukan tiga titik penting, yaitu:

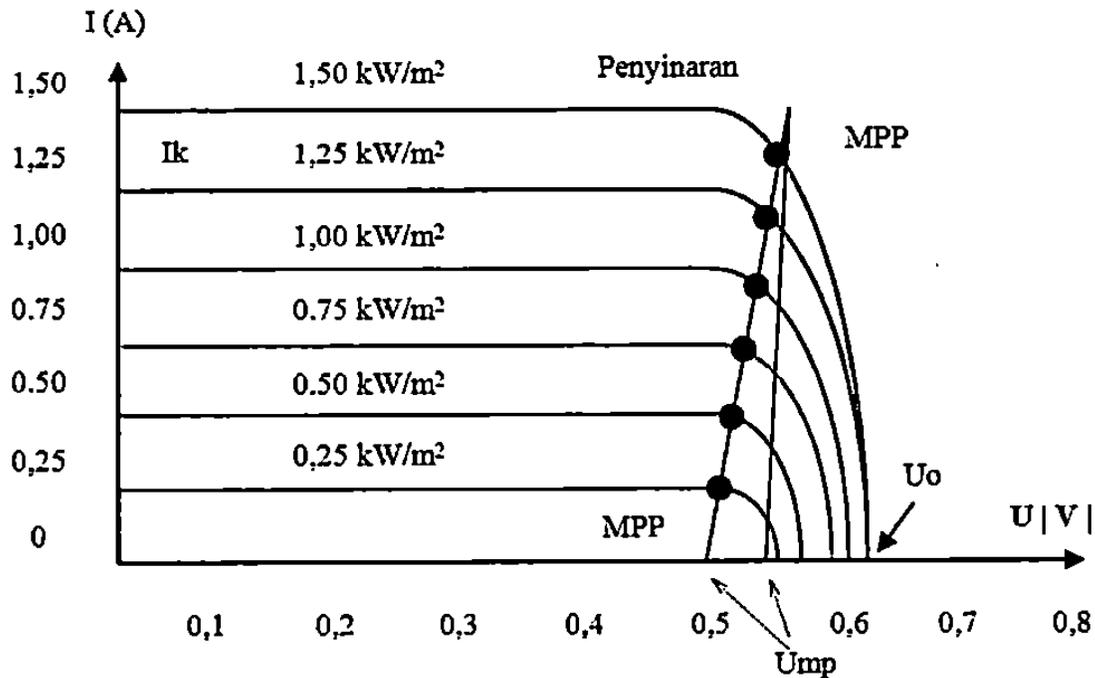
- Tegangan beban nol U_0 diukur tanpa beban tanpa dipengaruhi penyinaran.
- Arus hubung singkat I_k diukur saat sel hubung singkat dan di sini arus hubung singkat berbanding lurus dengan kuat penyinaran.
- Titik daya maksimum (*Maximum Power Point*) dari sel surya didapatkan dari hasil arus dan tegangan yang dibuat pada setiap titik.
- Dalam hal U_0 dan I_k maksimum, daya yang dihasilkan suatu sel surya sama dengan nol.

Pada suatu titik tertentu daya sel surya mencapai titik maksimum dan titik ini disebut titik MPP (*Maximum Power Point*), yang pada prakteknya selalu diusahakan agar pemakaian berpatokan dari titik MPP ini. Konversi energi dari sel surya ke konsumen akan maksimum apabila tahanan pemakai (R_L) dan tahanan sel surya (R_i) memenuhi persamaan $R_L = R_i$.

Keadaan ini pada teknik listrik disebut dengan istilah *beban pas*. Dengan bantuan pengubah tegangan searah khusus atau sering disebut MPT (*Maximum Power Tracker*) memungkinkan *beban pas* ini tercapai.

a. Pengaruh Penyinaran Terhadap Daya Sel Surya

Perubahan tegangan beban nol pada suatu sel surya yang normal hanya kecil terhadap perubahan penyinaran. Oleh sebab itu perubahan



Gambar 2.5 Pengaruh penyinaran terhadap daya sel

Dari Gambar 2.5 memperlihatkan bahwa grafik tegangan kerja U_{mp} sel surya pada daerah MPP sangat kecil dan efisiensinya pada suatu temperatur yang tetap bertambah secara logaritmik dengan kuat penyinaran. Biasanya ada kenaikan, tetapi temperatur sel dan efisiensi akan turun secara bersamaan.

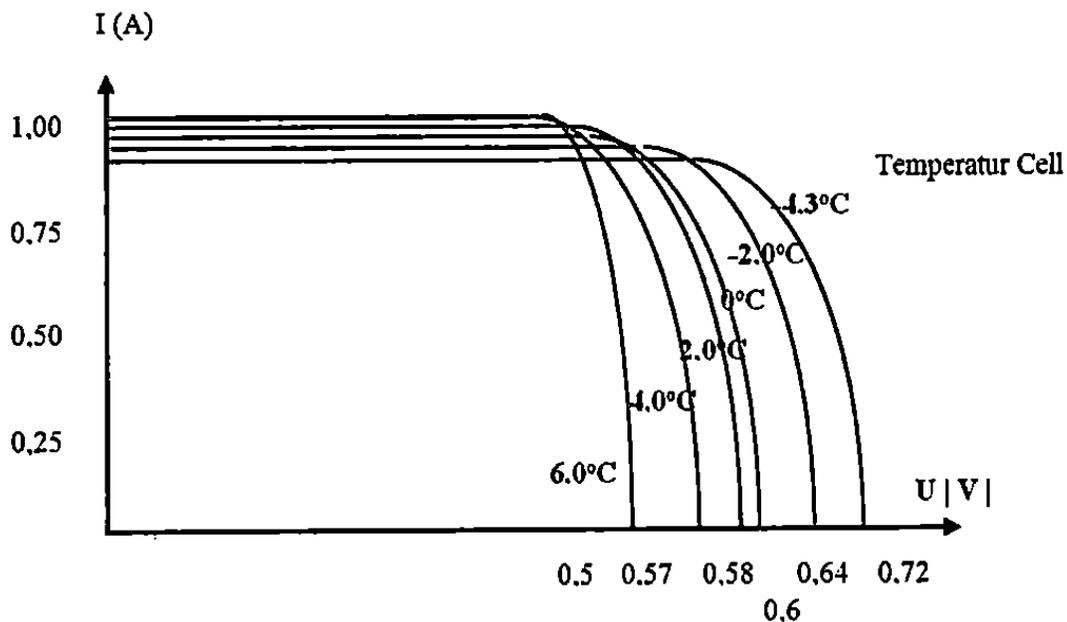
b. *Pengaruh Temperatur Terhadap Daya Sel Surya*

Dengan suatu penyinaran konstan, daya sel surya berkurang sesuai dengan naiknya temperatur. Hal tersebut sesuai pula dengan sifat tegangan beban nol dan berlawanan dengan arus hubung singkat.

- Tegangan beban nol akan berkurang sesuai dengan kenaikan

- Suatu sel surya dengan tegangan 0,6 volt pada temperatur 25 °C akan berkurang sampai 0,45 volt pada temperatur 75 °C. Ini adalah suatu reduksi, dalam prakteknya akan timbul lebih kurang 25%.
- Arus hubung singkat akan bertambah sesuai dengan bertambahnya temperatur yang besarnya lebih kurang 0,1 % per K.

Suatu sel surya dengan arus hubung singkat sebesar 2 ampere pada temperatur 25 °C, akan mencapai 2,1 ampere pada temperatur 75 °C. Pertambahan ini lebih kurang 5%. Gambar 2.6 menunjukkan pengaruh temperatur terhadap daya.



Gambar 2.6 Pengaruh temperatur terhadap daya

Dari kedua pengamatan tersebut terlihat jelas bahwa pengurangan tegangan adalah lebih besar dari penambahan arus yang mengakibatkan secara keseluruhan penurunan daya sel surya 0,44% per K. Dari kejadian

pada temperatur yang agak dingin, walaupun hal ini agak sulit karena sel surya juga akan memanaskan sendiri apabila ada sinar yang jatuh padanya.

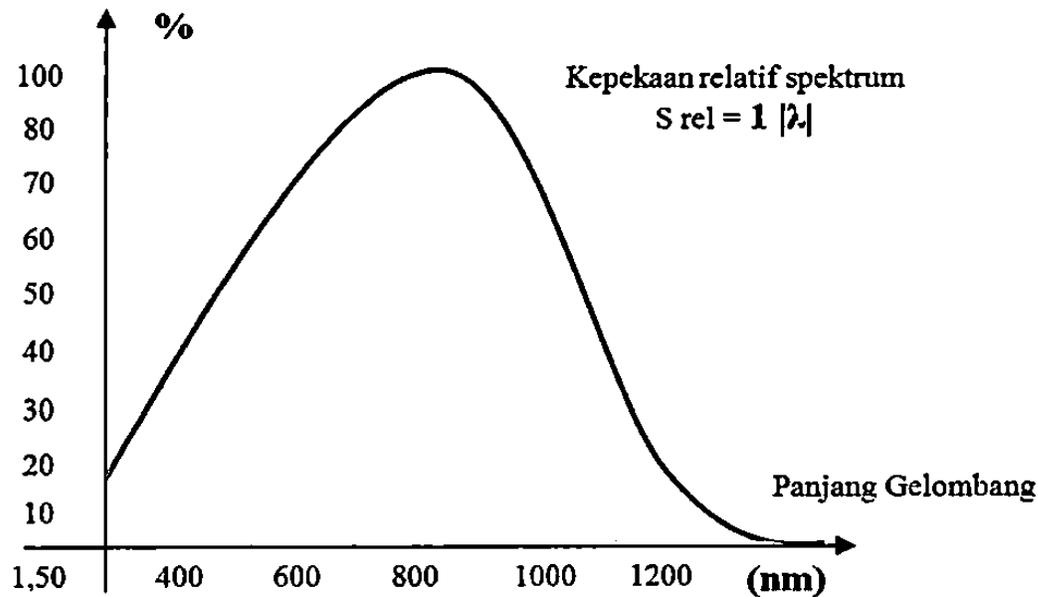
c. *Pengaruh Luas Sel Surya Terhadap Daya Sel Surya*

Luas sel surya tentunya secara praktis mempengaruhi daya suatu sel surya yang dalam hal ini hubungannya adalah linier. Misalkan sebuah sel surya dengan luas 100 cm^2 dayanya akan dua kali sel surya dengan luas 50 cm^2 . Luas suatu sel surya tidak mempunyai pengaruh terhadap tegangan beban nol, karena itu suatu sel surya dengan luas yang sangat besar akan mempunyai daya maksimum. Sel surya yang mempunyai luas 100 cm^2 akan didapatkan arus hubung singkat ± 3 ampere dan daya puncak $1,5 \text{ Wp}$ pada temperatur sel surya sebesar 25°C .

d. *Pengaruh Kepekaan Spektrum Terhadap Daya Sel Surya*

Hal lain yang sangat penting adalah pengaruh kepekaan spektrum terhadap daya suatu sel surya. Dari pengukuran dapat ditentukan harga (nilai) tertentu arus hubung singkat sebagai fungsi panjang gelombang (λ) suatu penyinaran yang konstan.

Gambar 2.7 memperlihatkan pengaruh kepekaan spektrum ditandai



Gambar 2.7 Pengaruh kepekaan spektrum terhadap daya sel surya

Sel surya yang dibuat dari bahan berbeda, akan memiliki kepekaan spektrum yang berbeda pula. Dalam prakteknya sel surya yang digunakan pada mesin-mesin hitung (kalkulator) kepekaan spektrumnya berbeda dengan sel surya untuk pembangkit listrik yang melayani penerangan, sehingga keterangan data listrik suatu sel surya sangat penting pula menginformasikan data cahaya dan spektrumnya.

2.2.3.3 Efisiensi Suatu Sel Surya

Daya suatu sel surya dan variabel lain yang sesuai dengan itu dibatasi oleh beberapa faktor, yaitu:

a. Kerugian refleksi

Kerugian refleksi adalah bagian sinar yang melalui permukaan sel direfleksikan sinar matahari sampai 36%. Untuk mengurangi refleksi ini

diwujudkan dengan menggunakan permukaan sel sehingga kerugian

b. *Cahaya tak terabsorpsi*

Cahaya tak terabsorpsi yaitu bagian penyinaran yang hanya mendapatkan energi kecil dan mengakibatkan tidak adanya valensi elektron pada daerah ikatan (kerugian ini $\pm 24\%$). Energi panas timbul pada suatu sel surya juga merupakan kerugian.

c. *Cahaya terlalu kuat*

Cahaya terlalu kuat yaitu cahaya lebih besar dari yang diharapkan untuk memperoleh suatu valensi elektron dalam daerah ikatan (kerugian ini berkisar $\pm 30\%$). Kerugian cahaya tak terabsorpsi dan cahaya terlalu kuat ini, merupakan faktor kerugian (kehilangan) dari sumber arus konstan.

Faktor lain yang mempengaruhi efisiensi sel surya adalah:

a. *Kerugian tahanan seri/paralel*

Kerugian tahanan seri/paralel (R_s/R_p) juga berpengaruh terhadap efisiensi sel surya. Perlu diketahui bahwa tahanan ini banyak dipengaruhi oleh cara pembuatannya.

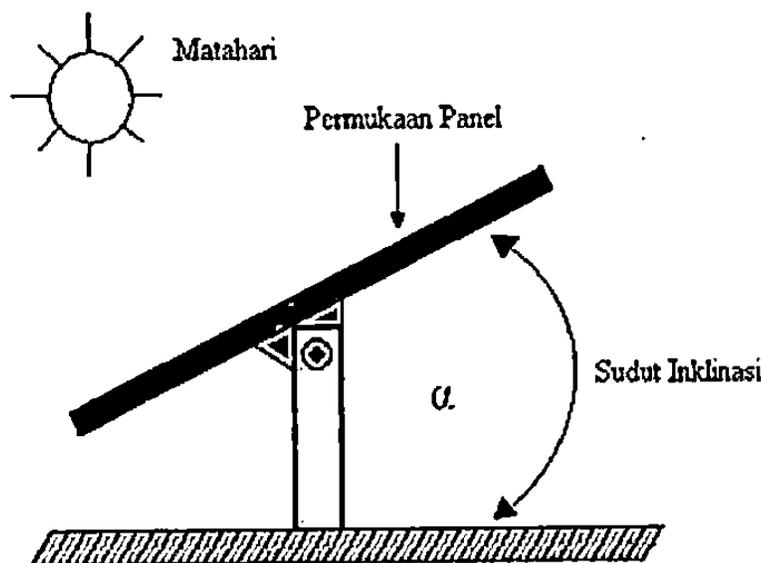
b. *Kerugian temperatur*

Dengan kenaikan temperatur menyebabkan gerakan elektron bertambah. Pada temperatur $\pm 300^\circ\text{C}$ fungsi lapisan *sperr* akan hilang. Sel surya yang dibuat dari bahan lainnya (bukan silikon) sifat-sifatnya tentu

Semua faktor di atas mengakibatkan efisiensi sel surya silikon dalam teori berkisar antara 22-25%. Dalam kenyataan efisiensi tertinggi saat ini pada suatu laboratorium mencapai 22,8% pada tahun 1989. Dan efisiensi tertinggi pada konsumen dari perusahaan Amerika yakni *Aero Solar* mencapai 15%.

2.2.3.4 Posisi Permukaan Sel Surya Terhadap Sinar Matahari

Sinar matahari yang mengenai permukaan suatu sel surya akan maksimum apabila cahaya yang jatuh padanya tegak lurus permukaan sel sepanjang hari. Dalam kenyataan hal ini sulit dilakukan, karena matahari akan terus mengorbit pada lintasan tertentu. Hal ini penting diketahui untuk penempatan panel surya yang dapat menangkap sinar matahari secara maksimum. Untuk kawasan Indonesia penempatan panel sel surya dengan kemiringan 10° sampai dengan 15° ke arah utara sudah memadai sesuai dengan keadaan geografis dari lokasi. Gambar 2.8 menunjukkan sudut inklinasi posisi sel surya terhadap matahari.



Gambar 2.8 Sudut Inklinasi α dalam Derajat

dapat diisi dan dikosongkan berulang-ulang. Gambar 2.9 adalah contoh sebuah baterai tipe sekunder jenis basah.



Gambar 2.9 Baterai (Aki) 12 V / 5 Ah / 10 Hr

Hal-hal yang perlu mendapat perhatian dari peralatan baterai ini adalah:

a. Kapasitas

Satuan kapasitas suatu baterai adalah ampere jam (Ah). Biasanya informasi ini terdapat pada label suatu baterai, misalnya suatu baterai dengan kapasitas 70 Ah akan penuh terisi dengan arus 1 ampere selama tujuh puluh (70) jam.

b. Penerimaan arus pengisian yang kecil

Baterai harus dapat diisi dengan arus pengisian yang agak kecil (pada

c. *Efisiensi Ah (η Ah)*

Baterai menyimpan dengan jumlah ampere jam, dengan suatu efisiensi Ah (η Ah) dibawah 100 % (biasanya 90 %). Efisiensi ini disebut juga dengan istilah efisiensi “*Coulombscher*”.

d. *Efisiensi Wh (η Wh)*

Efisiensi Wh (η Wh) adalah suatu perbandingan energi yang ada dan yang dapat dikeluarkan. Efisiensi Wh (η Wh) selalu lebih rendah dari efisiensi Ah (η Ah) dan biasanya ± 80 %.

Selain itu, hal-hal yang perlu mendapat perhatian lebih dalam memilih suatu baterai adalah:

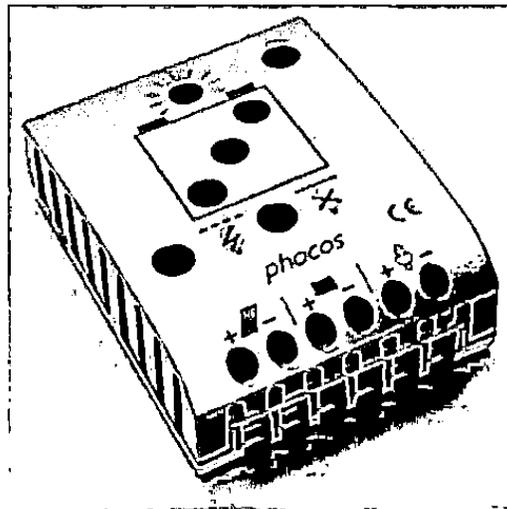
- Jenis baterai, gunakan jenis baterai untuk PLTS dengan kapasitas yang mampu memberikan DOD (*Depth of Discharge*, yaitu kapasitas minimal yang boleh dikeluarkan (*discharge*) dari baterai). Umumnya diambil DOD dengan nilai 0,8.
- Tegangan yang dipersyaratkan.
- Jadwal waktu pengoperasian dan mampu memasok energi selama 3-4 hari.
- Kapasitas (Ah).
- Suhu pengoperasian.
- Ukuran, bobot dan umur baterai yang mampu mencapai 2-4 tahun.

2.2.5 Solar Charge Regulator

Solar Charge Regulator adalah alat yang berfungsi mengatur aliran listrik

dari modul surya ke baterai. Apabila baterai sudah penuh maka listrik dari modul

surya tidak akan masuk/mengalir ke dalam baterai dan sebaliknya. Dan apabila muatan listrik dalam baterai tinggal 20-30%, maka secara otomatis beban tidak akan menyala (arus dari baterai tidak dapat dialirkan ke beban). Pada Gambar 2.10 memperlihatkan sebuah *Solar Charge Regulator*.



Gambar 2.10 *Solar Charge Regulator Type Phocos* buatan Jerman

Versi standart umumnya dilengkapi dengan fungsi-fungsi untuk melindungi baterai dengan proteksi-proteksi berikut:

1. LVD (*Low Voltage Disconnect*), apabila tegangan dalam baterai rendah (~ 11.2 V) maka untuk sementara beban tidak dapat dinyalakan. Apabila tegangan baterai sudah melewati 12V, setelah di *charge* oleh modul surya maka beban akan otomatis dapat dinyalakan lagi (*reconnect*).
2. HVD (*High Voltage Disconnect*), memutus listrik dari modul surya jika baterai sudah penuh. Listrik dari modul surya akan dimasukkan kembali ke baterai jika tegangan pada baterai kembali turun.
3. *Short Circuit Protection*, menggunakan *electronic fuse* (sekering) sehingga

PLTS apabila terjadi arus hubung singkat baik di modul surya maupun pada beban. Apabila terjadi *short circuit* (hubung singkat) maka jalur ke beban akan dimatikan sementara, dalam beberapa detik akan otomatis menyambung kembali.

4. *Reverse Polarity*, melindungi dari kesalahan pemasangan kutub positif (+) atau negatif (-).
5. *Reverse Current*, melindungi agar listrik dari baterai/accu tidak mengalir ke modul surya pada malam hari.
6. *PV Voltage Spike*, melindungi tegangan tinggi dari modul pada saat baterai tidak disambungkan ke *controller*.
7. *Lightning Protection*, melindungi terhadap sambaran petir (s/d 20.000 V).

Adapun fungsi tambahan dari alat ini sebagai berikut:

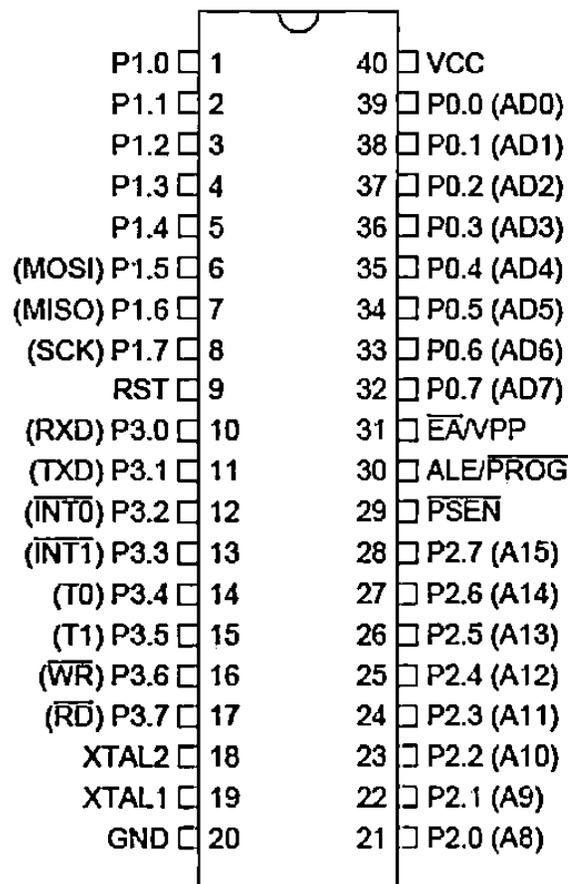
1. Secara dramatis meningkatkan efisiensi pengisian baterai.
2. Menyeimbangkan kerja sel-sel baterai.
3. Memperpanjang usia baterai.
4. Pengaturan sendiri selama tegangan turun.
5. Mengatur transfer energi dari modul surya ke baterai atau baterai ke beban, secara efisiensi dan semaksimal mungkin.
6. Memberikan informasi kondisi sistem pada pemakai.
7. Sebagai pusat pemeliharaan (*quizing*) antara modul surya, baterai dan

2.2.6 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu *device* semi konduktor yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan. Penggunaan piranti yang dapat diprogram memiliki banyak keuntungan, terutama dalam hal penekanan biaya, penghematan ruang dan fleksibilitas yang tinggi. Melalui manipulasi pada *software, programmable device* dapat meminimalkan penggunaan piranti fisik dan mengoptimalkan unjuk kerja sistem. Pada perancangan ini akan menggunakan mikrokontroler AT89S51.

2.2.6.1 Konfigurasi Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 merupakan mikrokomputer CMOS 8 bit dengan 4Kbyte Flash “*Programmable and Erasable Read Only Memory*” (PEROM) berteknologi memori *non-volatile* (isi memori tidak akan hilang saat tegangan catu daya dimatikan). Memori ini biasa digunakan untuk menyimpan instruksi (perintah) berstandar MCS-51 sehingga memungkinkan mikrokontroler ini untuk bekerja dalam *mode single chip operation* (mode operasi keping tunggal) yang tidak memerlukan memori luar untuk menyimpan kode sumber sebagai perintah menjalankan mikrokontroler. Gambar 2.11 memperlihatkan konfigurasi ini.



Gambar 2.11 Konfigurasi Pin Mikrokontroler AT89S51
(Datasheet AT89S51, 2006)

Penjelasan masing-masing pin pada gambar 10 adalah sebagai berikut :

- Pin 40 (Vcc) sebagai sumber tegangan
- Pin 20 (GND) digunakan sebagai pentanahan.
- Pin 32 sampai 39 (Port 0) merupakan port masukan dan keluaran biasa, juga bisa sebagai jalur alamat rendah dan bus data untuk memori eksternal.
- Pin 1 sampai 8 (Port 1) merupakan port masukan dan keluaran dua arah berjumlah 8 bit dengan rangkaian pull-up internal dan dapat juga berfungsi sebagai input dengan memberikan logika 1. Pada port ini terdapat pin

MISO, MOSI, SCK, dan digunakan saat pemrograman dan verifikasi

- e. Pin 21 sampai 28 (Port 2) merupakan saluran atau bus I/O 8 bit dua arah biasa, atau dapat berfungsi sebagai saluran alamat tinggi pada saat mengakses memori eksternal.
- f. Pin 10 sampai 17 (Port 3) merupakan saluran I/O 8 bit dua arah dengan *internal pull-up* yang memiliki fungsi pengganti. Bila fungsi pengganti tidak difungsikan, port ini dapat digunakan sebagai port paralel 8 bit serba guna. Adapun fungsi pengganti pada port ini diperlihatkan Tabel 2.2

Tabel 2.2 Fungsi pengganti Port 3 AT89S51

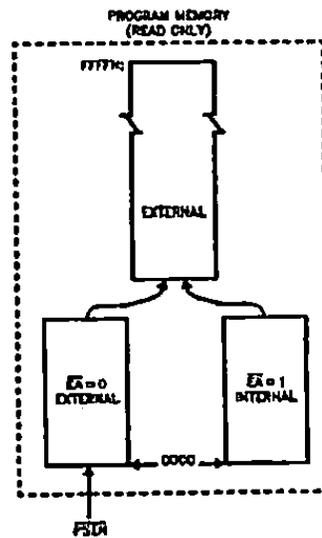
BIT	Nama	Fungsi Alternatif
P 3.0	RXD	Serial Input Port
P 3.1	TXD	Serial Output Port
P 3.2	INT 0	Eksternal Interupt 0
P 3.3	INT 1	Eksternal Interupt 1
P 3.4	T0	Timer 0 External Input
P 3.5	T1	Timer 1 External Input
P 3.6	WR	Eksternal data memori write strobe
P 3.7	RD	Eksternal data memori read strobe

- g. Pin 9 (*Reset*) merupakan masukan reset. Sebuah sinyal berlogika tinggi pada pin ini selama dua siklus mesin saat osilator bekerja akan mereset perangkat ini.
- h. Pin 19 (XTAL1) masukan untuk penguat membalik osilator dan masukan bagi rangkaian operasi detak internal.
- i. Pin 18 (XTAL 2) keluaran dari penguat membalik osilator.
- j. Pin 31 (EA/VPP) adalah pin untuk mengaktifkan pengaksesan eksternal.

Pin (EA/VPP) harus selalu ditangkupkan saat mikrokontroler

akan mengeksekusi program dari memori eksternal dengan lokasi 0000h sampai FFFFh dan EA harus dihubungkan ke Vcc agar mikrokontroler mengakses program secara internal.

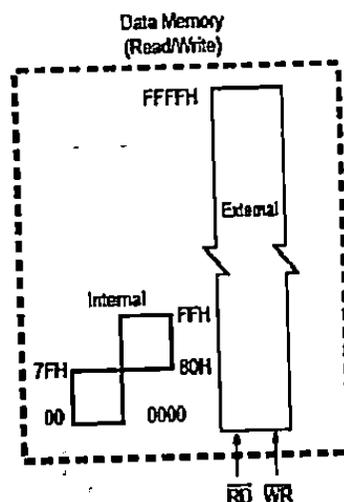
- k. Pin 19 (PSEN) *Program Store Enable* adalah sinyal baca untuk memori program eksternal. Pada saat AT89S51 menjalankan program dari memori program eksternal, PSEN diaktifkan dua kali setiap siklus mesin, kecuali pada saat dua aktivasi PSEN dilompati selama tiap akses data memori eksternal.
- l. Pin 30 (ALE/PROG) adalah sebuah pulsa keluaran untuk menahan bit alamat rendah pada saat mengakses memori eksternal. Pin ini juga berfungsi sebagai sebagai pulsa input pemrograman (PROG) selama proses pemrograman. Sedangkan Gambar 2.12 memperlihatkan diagram



Gambar 2.13 Memori program

2.2.6.3 Memori Data

Memori data eksternal dapat ditentukan sampai sebesar 64 Kbyte. Seperti terlihat dalam struktur memori data internal gambar 2.13, memori data dibagi menjadi dua bagian, memori nomor 00h sampai 7Fh merupakan memori seperti RAM selanjutnya meskipun beberapa bagian mempunyai kegunaan khusus, sedangkan memori nomor 80h sampai FFh digunakan sangat khusus yang dinamakan sebagai *Special Function Register*. Pada Gambar 2.14 menunjukkan diagram alir dari *memory data*.



2.2.6.4 SFR (*Special Function Register*)

SFR atau register fungsi khusus merupakan suatu daerah RAM dalam IC keluarga MCS51 yang digunakan untuk mengatur perilaku MCS51 dalam hal-hal khusus, misalnya tempat untuk berhubungan dengan port paralel P1 atau P3, dan sarana input/output lainnya, tapi tidak umum dipakai untuk menyimpan data seperti layaknya memori-data. SFR dalam RAM internal menempati lokasi alamat 80h sampai 7Fh. Masing-masing register pada SFR ditunjukkan dalam Tabel 2.3 yang meliputi simbol, nama, dan alamatnya.

Tabel 2.3 SFR (*Special Function Register*)

Simbol	Nama	Alamat
Acc	Akumulator	E0h
B	B register	F0h
PSW	Program Status Word	D0h
SP	Stack Pointer	81h
DPTR	Data Pointer 16 Bit	
(DPH)	DPL Byte rendah	82h
(DPL)	DPH Byte tinggi	83h
P0	Port 0	80h
P1	Port 1	90h
P2	Port 2	A0h
P3	Port 3	B0h
IP	Interupt Priority Control	B8h
IE	Interupt Enable Control	A8h
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89h
TCON	Timer/Counter Control	88h
TH0	Timer/Counter 0 High byte	8Ch
TL0	Timer/Counter 0 Low byte	8Ah
TH1	Timer/Counter 1 High byte	8Dh
TL1	Timer/Counter 1 Low byte	8Bh
SCON	Serial Control	98h
SBUF	Serial Data Buffer	99h
PCON	Power Control	87h

2.2.6.5 Sistem Interupsi

Apabila CPU pada mikrokontroler AT89S51 sedang melaksanakan suatu program, maka pelaksanaan program dapat dihentikan sementara dengan meminta interupsi. Apabila CPU mendapat permintaan interupsi, program counter akan diisi alamat dari vektor interupsi. CPU kemudian melaksanakan rutin pelayanan interupsi mulai dari alamat tersebut. Bila rutin pelayanan interupsi selesai dilaksanakan, CPU AT89S51 kembali ke pelaksanaan program utama yang ditinggalkan. Instruksi RETI (*Return From Interrupt Routine*) harus digunakan untuk kembali dari layanan rutin interupsi. Instruksi ini digunakan agar saluran interupsi kembali dapat dipakai.

Mikrokontroler AT89S51 menyediakan 5 sumber interupsi yaitu: interupsi eksternal (*External Interrupt*) yang berasal dari pin INT0 dan INT1, interupsi timer (*Timer Interrupt*) yang berasal dari timer 0 maupun timer 1, dan yang terakhir adalah interupsi port seri (*Serial Port Interrupt*) yang berasal dari bagian penerima dan pengirim port seri. Alamat awal layanan rutin interupsi dari setiap sumber interupsi diperlihatkan pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Alamat layanan rutin interupsi

Interupsi	Alamat	Prioritas Interupsi
INT 0	03h	1
Interupsi Timer 0	0Bh	2
INT 1	13h	3
Interupsi Timer 1	1Bh	4
Interupsi Port Serial	23h	5

Ada dua register yang mengontrol interupsi, yaitu IE (*Interrupt Enable*) dan IP (*Interrupt Priority*). Register IE berfungsi untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sumber interupsi, sedangkan register IP digunakan untuk menentukan prioritas suatu sumber interupsi terhadap sumber interupsi lainnya, yaitu apabila ada dua atau lebih interupsi secara bersamaan. Jika register IP tidak didefinisikan, maka prioritas interupsi menggunakan urutan prioritas seperti dicantumkan pada Tabel 2.4

2.2.6.6 *Timer/ Counter*

Pada mikrokontroler AT89S51 terdapat dua *timer/counter* 16 Bit yang dapat diatur melalui perangkat lunak, yaitu *timer/counter* 0 dan *timer/counter* 1. Apabila *timer/counter* diaktifkan pada frekuensi kerja mikrokontroler 12 MHz, *timer/counter* akan melakukan perhitungan waktu sekali setiap 1 μ s secara independen, tidak tergantung pada pelaksanaan suatu instruksi.

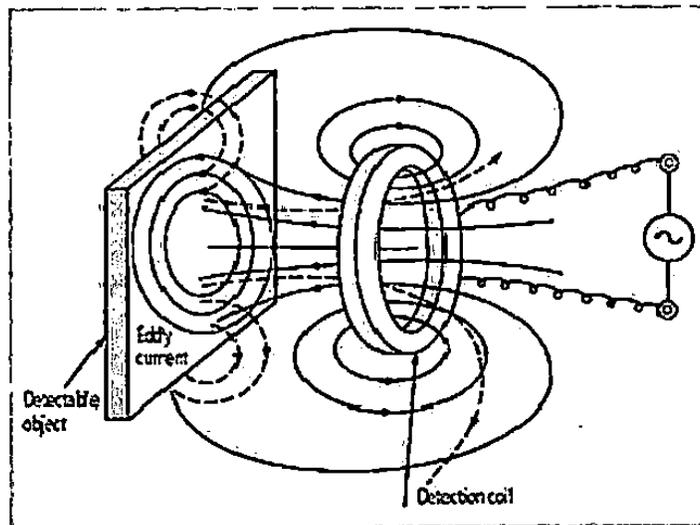
Apabila periode waktu tertentu telah dilampaui, *timer/counter* segera menginterupsi mikrokontroler untuk memberitahukan bahwa perhitungan periode waktu telah selesai dilaksanakan. *Timer/counter* AT89S51 dapat dipilih beroperasi dalam 4 mode operasi yaitu sebagai *timer/counter* 13 bit, *timer/counter* 16 bit, *timer/counter* 8 bit dengan isi ulang (*auto reload*), dan gabungan *timer/counter* 16 bit dan 8 bit. *Register timer mode* (TMOD) dan *register timer control* (TCON) merupakan register pembantu untuk mengatur kerja *timer* 0 dan *timer* 1. Register TMOD digunakan sebagai pengontrol pemilih mode operasi *timer/counter* sedangkan register TCON digunakan sebagai pengontrol kerja *timer/counter*

2.2.7 Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi atau meraba sesuatu yang berbentuk stimulus (mekanis, magnetis, panas, sinar, atau kimiawi) dan mengubah stimulus tersebut menjadi tegangan dan arus listrik. Untuk rangkaian sensor yang akan digunakan adalah jenis sensor *proximity* yang akan mendeteksi keberadaan kereta api. *Proximity* sensor adalah sensor yang dapat mendeteksi kehadiran obyek di dekatnya tanpa kontak fisik. Sensor *proximity* biasanya memancarkan medan elektromagnetik atau medan elektrostatik, atau radiasi elektromagnetik (*infrared*) dan memanfaatkan pantulan atau sinyal balik dari benda yang terdeteksi. Jarak maksimum yang dapat dideteksi didefinisikan dalam jarak nominal. Beberapa sensor mempunyai fitur untuk mengatur besar jarak nominal dan memberi informasi dari graduasi jarak yang dideteksi. *Proximity* sensor dapat dibagi menjadi dua bagian, untuk mendeteksi logam sensor yang digunakan adalah jenis induktif, sedangkan untuk mendeteksi semua benda yang ada di dekatnya (logam dan bukan logam) dapat menggunakan sensor kapasitif atau fotoelektrik.

Pada perancangan ini sensor yang digunakan adalah sensor *proximity* jenis induktif untuk mendeteksi obyek logam pada kereta. Jarak target umumnya berkisar dibawah 50 mm (2 inci). Induktif mengeluarkan sebuah medan elektromagnetik. Bila obyek logam memasuki medan maka kisaran arus diinduksi dalam target akan mengurangi sinyal amplitudo dan memicu perubahan bagian di sensor output. Kelebihan induktif *proximity* sensor termasuk peka ke air, minyak,

getaran tinggi *shock* dan lingkungan. Gambar 2.15 menunjukkan ilustrasi cara kerja sensor *proximity inductive*.



Gambar 2.15 Ilustrasi cara kerja sensor *proximity* induktif

2.2.8 Limit Switch

Sakelar batas atau *limit switch* (LS) merupakan saklar yang dapat dioperasikan baik secara otomatis maupun non otomatis. *Limit switch* yang bekerja secara otomatis adalah *limit switch* yang tidak mempertahankan kontak, sedangkan *limit switch* yang bekerja non otomatis adalah *limit switch* yang mempertahankan kontak-kontak. Pada *limit switch* sama seperti kontak-kontak yang terdapat pada tombol tekan, yaitu mempunyai kontak *normally open* (NO) dan kontak *normally closed* (NC). Kedudukan kontak dan bentuk dari *limit switch* dapat diperlihatkan seperti pada gambar. *Limit switch* yang tidak mempertahankan kontak akan bekerja apabila ada benda yang menekan *roller*-nya, sehingga kedudukan kontak NO menjadi NC dan kontak NC menjadi NO. Jika benda sudah

dipindahkan, maka *limit switch* kembali ke posisi semula, demikian juga kontak-

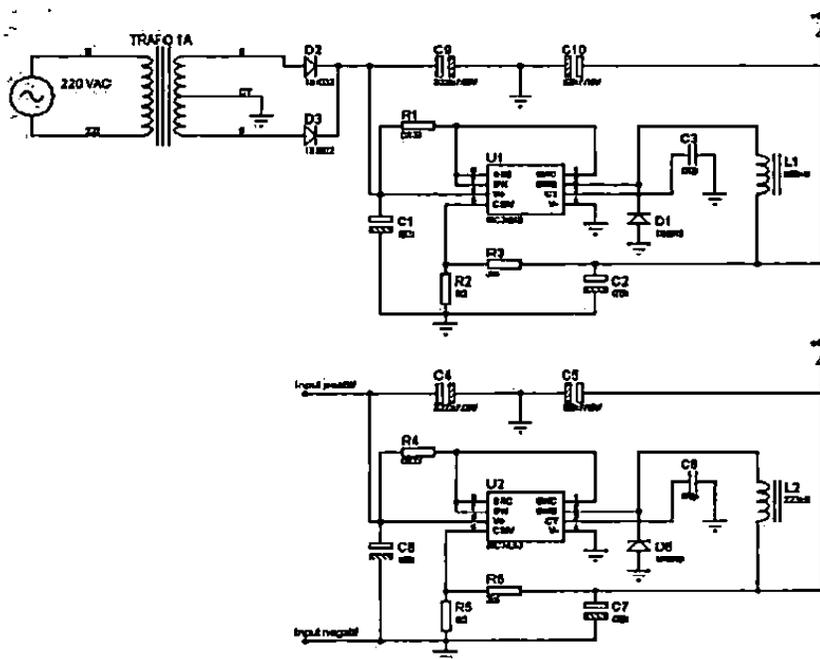
kontakannya. Jenis *limit switch* semacam ini dapat digunakan untuk pengoperasian motor secara otomatis.

2.2.9 *Switching Regulator*

Catu daya adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada perubahan daya listrik. Dalam implementasinya yang kemudian berkembang pesat dan luas yaitu sistem perubahan AC ke DC (*DC power supply*) dan DC ke DC (*DC-DC converter*). Metoda penyediaan sumber daya DC sendiri selalu berkembang mulai dari tipe linier hingga tipe *switching*.

Power Supply tipe *switching* menjadi semakin populer pemakaiannya karena tipe ini memberikan penyediaan daya DC yang efisiensi dan densitas dayanya sangat tinggi dibandingkan dengan tipe linear. Dari segi efisiensi, tipe linier tidak begitu baik, karena pada prosesnya hasil keluaran penyearah diturunkan tegangannya melalui pengatur linier (*linear regulator*), dan selisih antara tegangan yang masuk dan tegangan yang dihasilkan dibuang dalam bentuk panas. Terjadinya Panas berarti terjadi pembuangan energi yang besar dalam proses tipe linier tersebut sehingga efisiensinya pun menjadi kecil. Sedangkan pada tipe *switching*, perbaikan efisiensi dicapai dengan cara pengaturan medan magnet akibat selisih tegangan masukan dengan keluaran. Pengaturan yang dimaksud berhubungan dengan proses penyimpanan dan pembuangan energi magnet yang mana pada waktu komponen penyimpan energi magnet sampai pada titik energi tertentu, maka *switch* yang dipakai untuk mengirim daya ke sisi beban

dimatikan (*off state*), dan komponen penyimpan energi magnet tadi kemudian mengambil alih tugas *switch* untuk mengirim daya yang tersimpan menuju ke sisi beban. Apabila “tabungan” energi magnet tadi hampir habis, maka *switch* kembali dihidupkan (*on state*) untuk mengambil alih kembali tugas pengiriman daya ke beban dan secara bersamaan mulai menyimpan kembali energi magnet untuk mengulang proses yang sama. Gambar 2.16 menunjukkan rangkaian *switching regulator* yang digunakan pada perancangan ini.



Gambar 2.16 Rangkaian *Switching Regulator*

2.2.10 Penggerak

Penggerak atau *actuator* adalah alat yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis. Biasanya digunakan sebagai proses lanjutan dari keluaran suatu proses olah data yang dihasilkan oleh sensor atau unit pengendali. Motor kontinyu adalah alat yang mengubah pulsa listrik menjadi gerak putar. Prinsip kerja dari motor kontinyu sama dengan motor stepper namun gerakan dari motor ini bersifat

kontinyu dan berkelanjutan. Motor kontinyu ini menurut sumber arusnya dibagi menjadi dua jenis yaitu motor DC dan motor AC. Motor arus searah DC mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga mekanis dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada motor.

Motor DC tanpa sikat menggunakan semikonduktor untuk merubah maupun membalik arus sehingga layaknya pulsa yang menggerakkan motor tersebut. Biasanya digunakan pada sistem servo, karena mempunyai efisiensi tinggi, umur pemakaian yang lama, tingkat kebisingan suara yang rendah karena suaranya halus seperti motor *stepper* hanya putarannya terus menerus tanpa adanya *step*. Prinsip dasar dari motor arus searah adalah jika sebuah kawat berarus diletakkan antara kutub magnet (U-S) maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu.

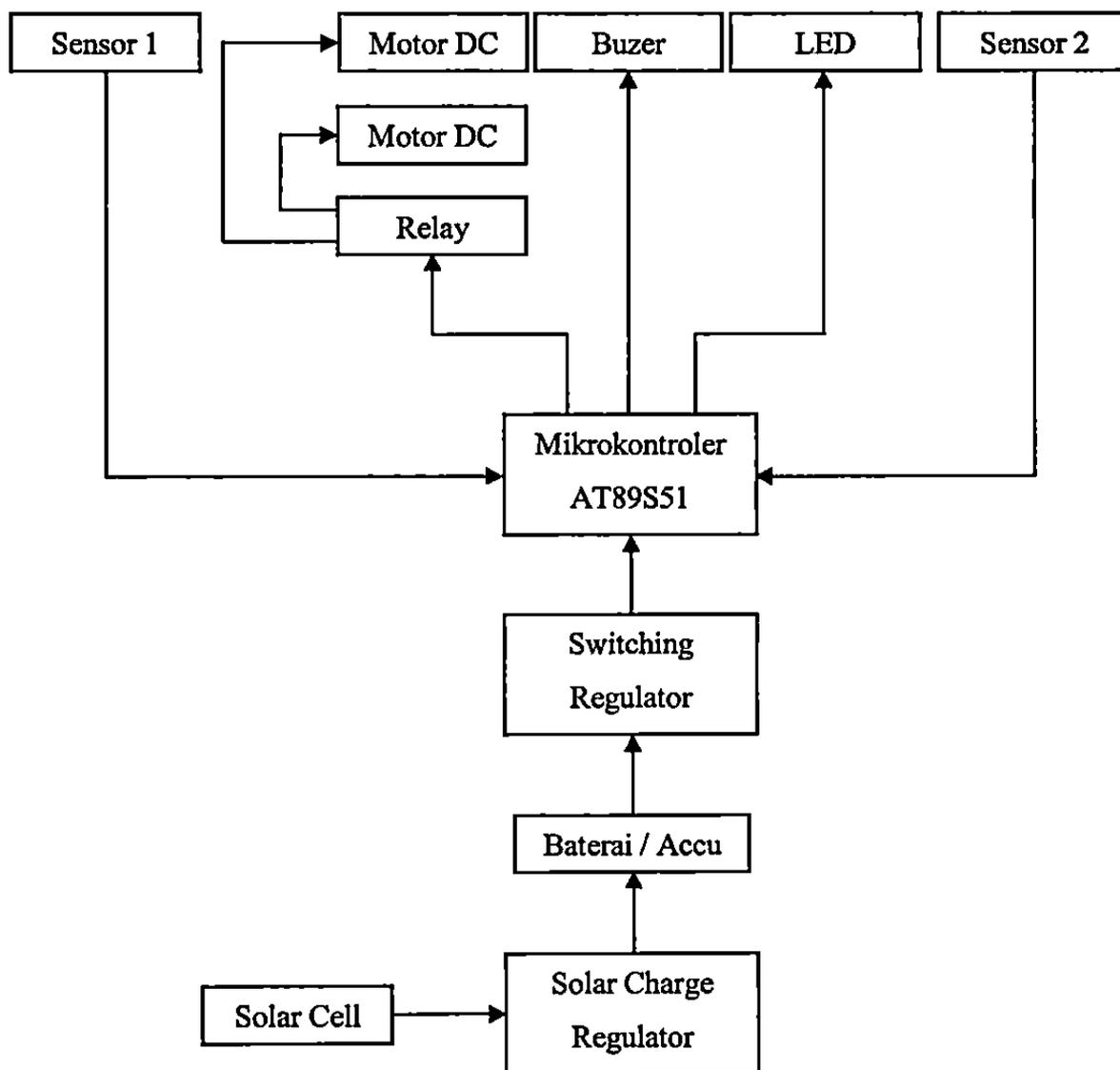
Motor DC dipilih karena mudah diatur arah putarnya, dioperasikan pada tegangan yang rendah (5V), dan bentuknya kecil. Untuk memperkuat putaran maka dipilih motor DC yang mempunyai roda gigi untuk memperlambat pergerakan dan memperkuat torsiya. Tabel 2.5 memperlihatkan tabel kebenaran dari motor DC.

Tabel 2.5 Tabel kebenaran motor DC

Bit A	Bit B	Keterangan
0	0	Motor berhenti
0	1	Motor berputar CW
1	0	Motor berputar CCW
1	1	Motor berhenti

2.3 Spesifikasi Awal Garis Besar dari Penelitian yang Direncanakan

Perancangan alat tentang simulasi energi yang digunakan pada pintu perlintasan kereta api otomatis memiliki spesifikasi meliputi rangkaian sensor *proximity inductive* yang dipasang pada sisi rel kereta, rangkaian mikrokontroler sebagai pengolah input dari rangkaian sensor, motor DC sebagai penggerak palang pintu perlintasan, dan *solar cell* sebagai penyuplai daya pada sistem ini. Gambar 2.17 memperlihatkan hubungan antar komponen dan sistem yang digambarkan dalam sebuah blok diagram.



Gambar 2.17 Blok diagram hubungan antar perangkat keras