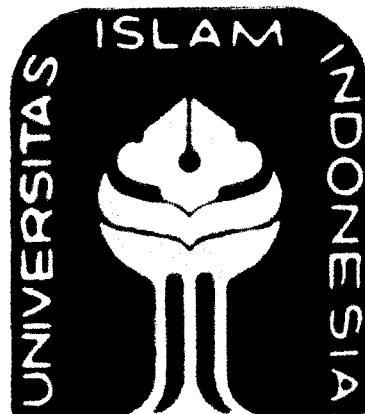


PENGISIAN BATERAI DENGAN SEL SURYA

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia**



Disusun oleh :

**Nama : UNDING ARI MARTONO
No. Mhs : 01 524 098**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PENGISIAN BATERAI DENGAN SEL SURYA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : UNDING ARI MARTONO

No. Mhs : 01 524 098

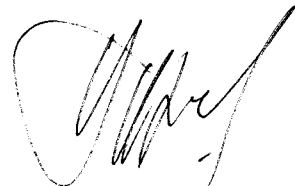
Jogjakarta, 13 April 2007

Pembimbing I



(Wahyudi Budi Pramono,ST)

Pembimbing II



(Yusuf Aziz Amrullah,ST)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PENGISIAN BATERAI DENGAN SEL SURYA

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : UNDIRING ARI MARTONO
No. Mhs : 01 524 098

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 30 Mei 2007

Tim Penguji

Wahyudi Budi Pramono,ST

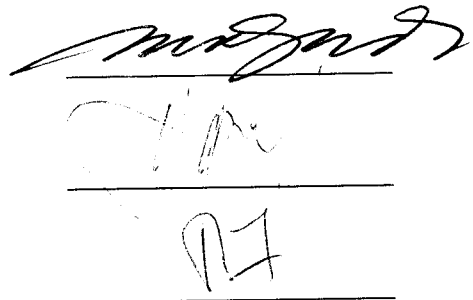
Ketua

Yusuf Aziz Amrullah,ST

Anggota I

Tito Yuwono, ST, MSc

Anggota II



Three handwritten signatures are shown, each on a horizontal line. The first signature is the most prominent and appears to be 'Wahyudi Budi Pramono'. The second signature is less legible, and the third signature is 'Tito Yuwono'.

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Tito Yuwono, ST, MSc



A handwritten signature of Tito Yuwono, written in black ink.

MOTTO

“Yaitu orang yang selalu memperhatikan segala nasihat, dan mampu mengikuti yang baik – baik. Merekalah orang yang diberikan petunjuk oleh Allah. Itulah orang yang berpikiran cerdas”

(Q.S.Az Zumar : 18)

“Hai orang – orang yang beriman, mintalah pertolonganmu dari Allah dengan kesabaran dan sholat. Sungguh Allah bersama orang – orang yang sabar”

(Q.S.Al Baqarah : 153)

“Sungguh bersama kesukaran pasti ada kemudahan. Dan bersama kesukaran pasti ada kemudahan”

(Q.S. Asy Syarh 5 dan 6)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya ini untuk:

*Ibu dan Bapak Yang telah mencurahkan kasih sayang, doa, dan bimbingannya
Kakak-kakakku (Hendro Adi Martono, ST dan Maya Novia Sasi, SE) yang telah memberi
motivasi dan menjadi contoh yang baik bagi adiknya
Dini Ratna Sari, ST atas perhatian dan dukungannya yang menjadi motivasi untuk maju
Semoga Allah SWT selalu memberikan Rahmat – Nya kepada kita semua.*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada kita semua, sehingga sampai saat ini masih selalu terjaga dalam Iman dan Islam. Dan atas rahmat Nya pula sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Sholawat serta salam kita haturkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad S.A.W beserta para sahabat dan para penerus yang selalu menjaga risalahnya sampai akhir zaman.

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang studi Strata Satu (S1) pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, diwajibkan untuk menyusun tugas akhir yang dipertahankan di depan tim penguji. Tugas akhir ini mengambil judul "PENGISIAN BATERAI DENGAN SEL SURYA".

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan bimbingannya kepada :

1. Bapak Tito Yuwono, ST, MSc selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, ST, selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro sekaligus Dosen Pembimbing kedua, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta

3. Bapak Wahyudi Budi Pramono, ST, selaku Dosen pembimbing pertama yang telah bersedia memberikan waktu dan sumbangan pikiran.
4. Seluruh dosen dan staf jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Kedua Orangtua yang telah memberikan kasih sayang, doa dan bimbingannya.
6. Kakak – kakakku (Hendro Adi Martono, ST dan Maya Novia Sasi, SE) yang telah memberi motivasi dan menjadi contoh yang baik bagi adiknya..
7. Dini Ratna Sari, ST atas perhatian dan dukungannya yang menjadi motivasi untuk maju.
8. Teman – teman saya yang katrok dan selalu membantu : Nopian (ente lulus duluan ye!), Nopian brother (si musuh besar), Pipin (trim's prifat orcad nya), Faisal (trim's ajarin assembly nya euy), Dharu, dan semua teman –teman TE'01 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
9. Teman- teman kost (P. Hakim, P. Ibenk, P. Aji, Helmy)

Dalam penyusunan skripsi ini saya menyadari masih banyak kekurangn. Oleh karenanya semoga kekurangan tersebut dapat dimaklumi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak – pihak yang membutuhkan.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Jogjakarta, Maret 2007

Unding Ari Martono

ABSTRAK

Sistem pengisian baterai dengan menggunakan sumber cahaya matahari merupakan salah satu aplikasi dibidang elektronika yang sangat membantu penghematan biaya dalam pengoperasian alat-alat elektronika yang menggunakan baterai. Sistem ini terdiri dari 4 bagian penting, yaitu penyedia daya yaitu berupa *solar cell*, baterai 9V, *buck converter*, Analog Digital Converter 0809 dan rangkaian pengendali mikrokontroler AT 89C51. Penyedia daya berupa *solar cell* akan memberikan daya untuk mengisi baterai, dan *buck converter*. Sedangkan baterai 9V akan memberikan daya untuk semua komponen aktif. Buck converter akan menurunkan tegangan dari *solar cell* menjadi tegangan yang direkomendasikan pada pengisian baterai. Tegangan pengisian baterai didasarkan pada umpan balik tegangan pada baterai, arus pengisian baterai. Mikrokontroler akan menentukan berapa arus yang akan diterapkan pada pengisian baterai, menentukan kapan pengisian baterai harus dihentikan. Dari hasil analisa perancangan untuk pengisian baterai AA, dengan peralatan ini diperlukan waktu sekitar 11jam 59 menit untuk mengisi baterai sampai penuh.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir	2
1.5 Metodologi Perancangan.....	2
1.6 Manfaat Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Transistor sebagai saklar.....	5
2.2 Diode	8
2.3 Induktor.....	10
2.3.1 Toroid.....	12
2.3.2 Ferit dan Permeabilitas.....	13
2.4 Sel Surya.....	16
2.5 <i>Buck Converter</i>	17

2.6	Mikrokontroler AT89C51	18
2.6.1	Konfigurasi Pin AT89C51	20
2.6.3	Jenis Memori	21
2.6.4	Organisasi Memory.....	22
2.6.4.1	Memori Program.....	22
2.6.4.2	Memori Data.....	23
2.6.5	Register-register Fungsi Khusus.....	25
2.6.5.1	Data Pointer.....	25
2.6.5.2	Register A dan B.....	25
2.6.5.3	Register Program Status Word.....	25
2.6.5.4	Stack Pointer (SP).....	26
2.6.5.5	Port 0, Port 1, Port 2, Port 3	26
2.6.5.6	Interrupt Enable (IE).....	26
2.6.5.7	Pewaktu dan Pencacah.....	26
2.6.6	Sistem Interupsi.....	29
2.7	Analog To Digital Converter (ADC 0809).....	30
2.8	Baterai.....	33
2.8.1	Baterai kering.....	33
2.8.2	NiCd atau NiCad.....	33
2.8.3	Karakteristik Pengisian Baterai Charger.....	35

BAB III PERANCANGAN SISTEM

3.1	Perancangan Perangkat Keras	36
3.1.1	Rangkaian secara Keseluruhan.....	37
3.1.1.1	Solar Cell Sebagai Catu Daya.....	37
3.1.1.2	Rangkaian Mikrokontroler AT89C51.....	38
3.1.1.3	Rangkaian ADC0809.....	39
3.1.1.5	Rangkaian sensor arus dan tegangan.....	39
3.1.1.6	Rangkaian <i>Buck Converter</i>	40
3.2	Perancangan Perangkat Lunak	41
3.2.1	<i>Flowchart</i> Subrutin Baca Tegangan.....	42

3.2.2	<i>Flowchart</i> Subrutin Baca Arus.....	43
3.2.3	<i>Flowchart</i> Subrutin Cek Tegangan dan Arus.....	44
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISIS	
4.1	Pengujian Baterai 9 Volt Sebagai Catu Daya.....	45
4.2	Pengujian Sensor Arus dan Sensor Tegangan.....	46
4.3	Pengamatan LED Indikator Status Pengisian.....	47
4.4	Pengujian Kinerja Rangkaian Secara Umum	47
BAB V	PENUTUP	
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	63
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Material Ferit	14
Tabel 2.2	Data Indeks Induktansi.....	15
Tabel 2.3	Pemilihan Mode Timer	27
Tabel 2.4	Tabel alamat ADC.....	33
Tabel 4.1	Data Regulator Tegangan.....	45
Tabel 4.2	Tegangan Rangkaian Penyedia Daya.....	46
Tabel 4.3	Tampilan LED sebagai Indikator Pengisian Baterai.....	47
Tabel 4.4	Data Pengisian Baterai hari pertama	55
Tabel 4.5	Data Pengisian Baterai hari kedua	56
Tabel 4.6	Data Pengisian Baterai Dengan Sumber PLN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1a	Transistor NPN.....	5
Gambar 2.1b	Transistor PNP	5
Gambar 2.2a	Transistor Induktif.....	6
Gambar 2.2b	Ekivalen Saklar.....	6
Gambar 2.3a	Transistor Non Induktif	8
Gambar 2.3ab	Ekivalen Saklar Terbuka	8
Gambar 2.4	Simbol LED.....	9
Gambar 2.6	Aturan Tangan Kanan	10
Gambar 2.7	<i>Toroid</i>	12
Gambar 2.8	Proses <i>Photovoltalik</i>	17
Gambar 2.9	<i>Buck converter</i>	18
Gambar 2.10	Susunan kaki-kaki mikrokontroler AT89C51	21
Gambar 2.11	Pemetaan Memori Program.....	22
Gambar 2.12	Blok diagram internal memori AT89C51	23
Gambar 2.13	Ram 128 byte bawah.	24
Gambar 2.14	<i>Register Timer Control (TCON)</i>	26
Gambar 2.15	<i>Register Timer Mode</i>	27
Gambar 2.16	Koneksi Diagram ADC 0809	30
Gambar 2.17	Diagram Blok ADC 0809.....	31
Gambar 2.18	Diagram Pewaktuan ADC 0809	32
Gambar 2.19	Karakteristik Pengisian.....	35
Gambar 3.1	Diagram Blok Rangkaian.....	36
Gambar 3.2	Rangkaian Pengisi Baterai Dengan <i>Solar Cell</i>	37
Gambar 3.3	Penyedia Daya Sistem	38
Gambar 3.4	Rangkaian Pembagi Tegangan	39
Gambar 3.5	Rangkaian <i>Buck Converter</i>	40
Gambar 3.6	<i>Flowchart</i> Utama.....	41

Gambar 3.7	<i>Flowchart</i> Subrutin Baca Tegangan.....	42
Gambar 3.8	<i>Flowchart</i> Subrutin Baca Arus.....	43
Gambar 3.9	<i>Flowchart</i> Subrutin Cek Tegangan dan Arus.....	44
Gambar 4.1	Sinyal PWM Pada Awal Pengisian.....	51
Gambar 4.2	Sinyal PWM Setelah Beberapa waktu Pengisian.....	52
Gambar 4.3	Sinyal PWM Setelah Mendekati Penuh.....	52
Gambar 4.4	Grafik Arus Baterai Pada 6 jam terakhir.....	57
Gambar 4.5	Grafik Tegangan Baterai Pada Proses pengisian.....	58
Gambar 4.6	Grafik Arus Baterai.....	59
Gambar 4.7	GrafikTegangan.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekarang ini sudah banyak sekali dipasaran temukan berbagai macam merek produk elektronika sistem pengisian baterai. Produk-produk yang beredar tersebut sudah banyak macamnya juga tentang keperluannya. Produk-produk yang beredar di pasaran tersebut masih ada sedikit kelemahannya yaitu semua sistem pengisian baterai tersebut masih tergantung dari jaringan listrik PLN. Maka pengisian baterai tidak dapat menggunakannya bila bepergian yang tidak ada aliran listriknya atau bila keadaan listrik PLN sedang mengalami gangguan.

Untuk itu dalam kesempatan ini akan dibuat suatu sistem pengisian baterai dengan menggunakan Sel Surya sebagai sumber daya yang akan digunakan. Karena menggunakan Sel Surya sebagai sumber daya, maka tidak terpengaruh oleh keadaan listrik PLN, tetapi tergantung intensitas sinar matahari.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah tersebut maka dapat dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat suatu sistem pengisian baterai yang tidak memerlukan jaringan listrik sebagai sumber pengisian, dengan tenaga sinar matahari dengan menggunakan Sel Surya.

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan perancangan ini diperlukan batasan masalah yang nantinya diharapkan hasil perancangan tersebut dapat lebih sederhana dengan unjuk kerja yang cukup handal. Selain itu agar pembahasan dalam pembuatan laporan tidak meluas. Adapun batasan-batasan masalah tersebut antara lain :

1. Perancangan alat dibuat dengan kemampuan pengisian arus maksimal 200 mili Amper.
2. Baterai yang digunakan yaitu baterai NiCd jenis AA dengan tegangan 1,2 Volt.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah merancang dan merealisasikan sebuah perangkat keras (*hardware*) suatu baterai *charger* dengan sumber tenaga Sel Surya.

1.5 Metodologi Perancangan

Metode yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

1. Studi literatur untuk mengumpulkan dan mempelajari bahan-bahan pustaka yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi.
2. Perancangan sistem yang akan dibuat, meliputi perancangan *hardware* dan *software*.
3. Pengujian sistem, meliputi pengujian perbagian dan keseluruhan sistem.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memperdalam pengetahuan dan pemahaman sumber tenaga listrik yang memanfaatkan tenaga surya dengan Sel Surya untuk mengisi baterai *charger*. Semoga juga dapat menambah referensi bagi masyarakat pengguna teknologi secara umum dan bagi para mahasiswa Universitas Islam Indonesia khususnya Jurusan Teknik Elektro.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, dengan masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah akan diteliti, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini memuat teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dirancang. Dan juga berisikan tentang teori-teori yang berhubungan dengan rancangan sistem yang akan dirancang.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan metode-metode perancangan yang digunakan, merancang dan menganalisa kinerja dari *Pengisi Baterai Dengan Sel Surya*.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengujian yang dilakukan dari sistem yang dibuat dibandingkan dengan dasar teori sistem.

BAB V PENUTUP

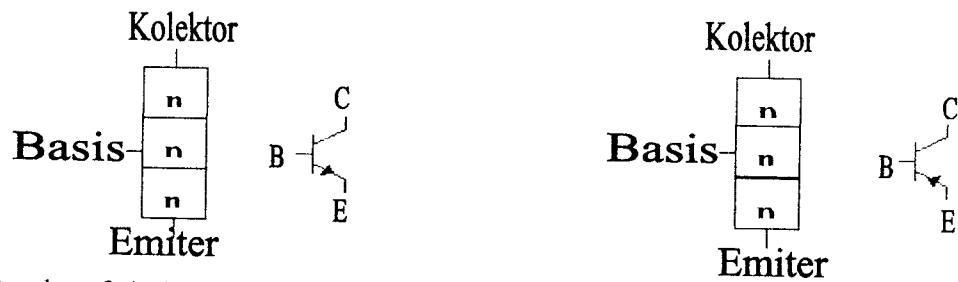
Bab ini membuat kesimpulan-kesimpulan dan saran dari proses perancangan yang telah dilakukan, dan juga analisis kerja dari hasil pengujian yang diperoleh dari rancangan sistem.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Transistor Sebagai Saklar

Transistor Bipolar dibentuk dengan menambahkan sebuah p-kedua atau wilayah-n ke dioda sambungan pn. Jika transistor mempunyai dua wilayah-n dan satu wilayah-p, dua sambungan akan terbentuk dan dikenal dengan transistor NPN diperlihatkan pada Gambar 2.1 (a). Jika transistor mempunyai dua wilayah-p dan satu wilayah-n, dua sambungan akan terbentuk dan dikenal sebagai transistor jenis PNP diperlihatkan pada Gambar 2.1 (b). Transistor bipolar mempunyai tiga buah terminal yang dikenal dengan emitor, basis, kolektor.



Gambar 2.1. (a). Transistor NPN

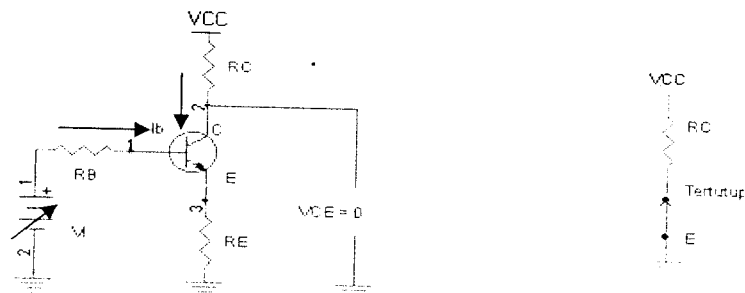
(b). Transistor PNP

Dalam penggunaan transistor umumnya terdapat tiga konfigurasi sambungan transistor yaitu common kolektor, common basis, common emitor. Transistor NPN secara umum digunakan dengan aplikasi sebagai saklar. Karakteristik masukan arus basis I_B melawan tegangan basis-emitor V_{BE} ditunjukkan pada Gambar 2.2 (a) dan Gambar 2.2 (b) menunjukkan karakteristik keluaran umum arus kolektor I_C , melawan tegangan kolektor-emitor V_{CE} . Untuk transistor PNP, polaritas semua arus dan tegangan dibalik.

Malvino, menyatakan bahwa “ saat transistor berada dalam kondisi saturasi, berarti transistor tersebut merupakan saklar tertutup dari kolektor ke emitor. Jika transistor tersumbat (*cut off*) berarti transistor seperti sebuah saklar yang terbuka”.

Pengaplikasian transistor sebagai saklar berarti transistor dioperasikan pada salah satu titik saturasi atau titik sumbat, tapi tidak di tempat-tempat sepanjang garis beban. Apabila transistor berada dalam keadaan saturasi, transistor seolah-olah merupakan sebuah saklar tertutup. Apabila transistor tersumbat (*cut off*), maka transistor ini berfungsi seperti sebuah saklar yang terbuka.

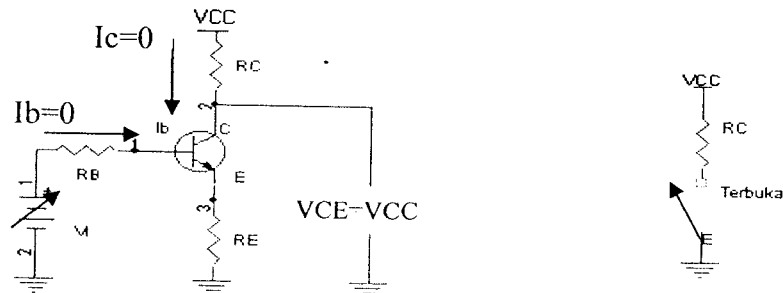
Penggunaan transistor sebagai saklar adalah dengan memanfaatkan daerah jenuh (saturasi) dan daerah mati (*cut off*) transistor. Ketika transistor pada daerah saturasi maka arus mengalir tanpa halangan dari kolektor menuju emitor dan $V_{ce} \approx 0$, sedangkan arus kolektor jenuh I_C (saturasi) sama dengan V_{cc}/R_c . Kondisi ini menyerupai sebagai saklar pada kondisi tertutup (ON). Untuk membuat kondisi transistor konduksi diperlukan arus yang sangat besar atau minimal $I_b > I_c/\beta$.



Gambar 2.2. (a) Transistor dalam keadaan konduktif (b) Ekuivalen saklar

Pada kondisi transistor non konduktif (*cut off*), berlaku ketentuan $V_{CE} \approx V_{CC}$ dan $I_c \approx 0$. Pada kondisi demikian menyupai saklar pada kondisi

terbuka (*off*). Kondisi non konduktif didapat dengan cara tidak memberikan bias pada basis atau $I_b = 0$ atau pada basis diberi tegangan mundur terhadap emitor.



Gambar 2.3. (a) Transistor dalam keadaan Non konduktif (b) Ekvivalen saklar terbuka

Perhitungan kondisi saklar secara teori adalah sebagai berikut.

1. Kondisi *cut off*

$$V_{ce} = V_{cc} - I_c \cdot R_c \quad (2.1)$$

Karena kondisi *cut off* $I_c = 0$ (kondisi ideal) maka;

$$V_{ce} = V_{cc} - 0 \cdot R_c$$

$$V_{ce} = V_{cc} \quad (2.2)$$

Besar arus basis I_b adalah

$$I_b = I_c / \beta$$

$$= 0 / \beta$$

$$I_b = 0 \quad (2.3)$$

2. Kondisi saturasi atau jenuh

$$V_{ce} = V_{cc} - I_c \cdot R_c$$

Karena kondisi saturasi $V_{ce} = 0$ (kondisi ideal) atau $V_{ce} = 0,3$ Volt.

$$\text{Maka } I_c = V_{cc} / R_c \quad (2.4)$$

Besar tahanan basis R_b untuk mendapatkan arus basis I_B pada kondisi benar-benar saturasi adalah :

$$R_b = (V_{bb} - V_{be}) / I_b \text{ saturasi} \quad (2.5)$$

Besar arus basis I_B saturasi adalah :

$$\beta \cdot I_b > I_c \text{ atau } I_b \text{ sat} > I_c / \beta \quad (2.6)$$

Keterangan:

V_{cc}	: Tegangan Sumber/Catu Daya
V_{ce}	: Tegangan Colector Emitor
V_{be}	: Tegangan Basis Emitor
V_b	: Tegangan Basis
I_c	: Arus Colector
I_b	: Arus Basis
I_e	: Arus Emitor
β	: hfe (faktor penguatan DC)

2.2 Dioda

Sebagian besar rangkaian elektronika membutuhkan tegangan dc untuk dapat bekerja dengan baik. Karena tegangan jala-jala adalah tegangan ac, maka yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam setiap rangkaian elektronika adalah mengubah tegangan ac ke tegangan dc. Dioda adalah alat semi konduktor yang terdiri dari dua elektroda yang diberikan nama anoda dan katoda. Terdapat dua jenis bahan yang paling banyak digunakan yaitu dioda dari germanium dan dioda dari bahan silikon.

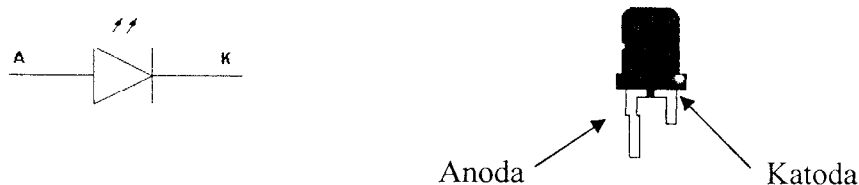


Gambar 2.4 Simbol dioda

2.1.1 LED (*Light Emitting Diode*)

Pada dioda berprategangan maju, elektron bebas melintasi persambungan dan jatuh ke dalam lubang (hole). Pada saat elektron ini jatuh dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah, LED memancarkan energi. Pada dioda-dioda biasa, energi ini keluar dalam bentuk panas. Tetapi pada *dioda pemancar cahaya* (Light Emitting Diode, disingkat LED), energi memancar sebagai cahaya. LED telah menggantikan lampu-lampu pijar dalam beberapa pemakaian karena tegangannya yang rendah, umurnya yang panjang, dan switch ON-OFF yang cepat.

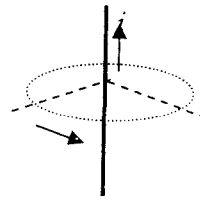
Dioda-dioda biasa dibuat dari silikon, yaitu bahan buram yang menghalangi pengeluaran cahaya. LED berbeda. Dengan menggunakan unsur-unsur seperti galium, arsen, dan fosfor, pabrik dapat menghasilkan LED yang memancarkan cahaya merah, hijau, kuning, biru, jingga, atau infra merah (tak tampak). LED yang menghasilkan pemancaran di daerah pemancaran cahaya tampak amat berguna dalam instrumentasi, alat hitung (calculator) dan sebagainya. LED infra merah pemakaiannya dijumpai dalam sistem bahaya pencuri dan bidang-bidang lain yang memerlukan cahaya tak tampak.



Gambar 2.5 Simbol LED

2.3 Induktor

Aturan tangan kanan adalah cara untuk mengetahui arah medan listrik terhadap arus listrik, jika seutas kawat tembaga diberi aliran listrik maka di sekeliling kawat tembaga akan terbentuk medan magnet. Dengan aturan tangan kanan dapat diketahui arah medan magnet terhadap arah arus listrik yaitu dengan mengacungkan jari jempol tangan kanan sedangkan keempat jari lain menggenggam. Arah jempol adalah arah arus dan arah ke empat jari lain adalah arah medan magnet yang mengitarinya.



Gambar 2.6 Aturan tangan kanan

Berdasarkan percobaan dua utas kawat tembaga paralel yang keduanya diberi arus listrik, jika arah arusnya berlawanan maka kedua kawat tembaga tersebut saling menjauh. Jika arah arusnya sama maka kedua kawat tembaga berdekatan saling tarik-menarik. Hal ini terjadi karena adanya induksi medan listrik. Medan magnet dilambangkan dengan simbol B dan satuannya Tesla (T). Besar akumulasi medan magnet B pada suatu luas area A tertentu didefinisikan sebagai besar *magnetic flux*. Simbol yang biasa digunakan untuk menunjukkan besar *magnetic flux* ini adalah Φ dan satuannya Weber ($\text{Wb} = \text{T.m}^2$). Secara matematis besarnya adalah :

$$\Phi = B \cdot A \quad (2.7)$$

Keterangan :

Φ : fluk magnet Weber ($\text{Wb} = \text{T} \cdot \text{m}^2$)

B : medan magnet T (Tesla)

A : luas area (m^2)

Jika kawat tembaga dililitkan membentuk koil atau kumparan dan kumparan tersebut dialiri listrik maka tiap lilitan akan saling menginduksi satu dengan yang lainnya. Medan magnet yang terbentuk akan segaris dan saling menguatkan. Komponen ini dikenal dengan induktor selenoid.

Berdasarkan teori medan magnet, induktor adalah komponen yang dapat menyimpan energi magnetik. Energi magnetik direpresentasikan dengan adanya tegangan emf (*electromotive force*) jika induktor dialiri listrik. Secara matematis tegangan emf ditulis:

$$E = -L \frac{di}{dt} \quad (2.8)$$

Keterangan :

E : Tegangan di induktor (Volt)

L : Induktansi induktor

di/dt : Perubahan arus fungsi dari waktu

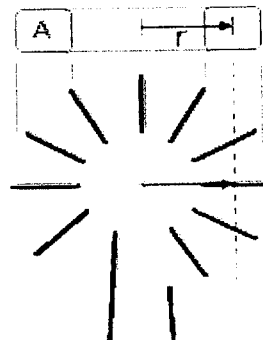
Jika dibandingkan dengan rumus hukum Ohm $V = RI$, maka kelihatan ada kesamaan rumus. Jika R disebut resistansi dari resistor dan V adalah besar tegangan jepit jika resistor dialiri listrik sebesar I. Maka L adalah induktansi dari induktor dan E adalah tegangan yang timbul jika induktor dialiri listrik. Tegangan emf di sini adalah respon terhadap perubahan arus fungsi dari waktu terlihat dari

rumus di/dt . Sedangkan bilangan negatif sesuai dengan hukum Lenz yang mengatakan efek induksi cenderung melawan perubahan yang menyebabkannya.

Hubungan antara emf dan arus inilah yang disebut dengan induktansi, dan satuan yang digunakan adalah (H) Henry.

2.3.1 Toroid

Ada satu jenis induktor yang kenal dengan nama toroid. Jika biasanya induktor berbentuk silinder memanjang, maka toroid berbentuk lingkaran. Biasanya selalu menggunakan inti besi (*core*) yang juga berbentuk lingkaran.



Gambar 2.7 Toroid

Jika jari-jari toroid adalah r , yaitu jari-jari lingkaran luar dikurangi jari-jari lingkaran dalam, maka panjang induktor efektif adalah kira-kira :

$$l = 2 \pi r \quad (2.9)$$

Keterangan :

l : Panjang (cm)

π : Pi (3,14)

r : Jari-jari (cm)

Dengan demikian untuk toroid besar induktansi L adalah :

$$L = \frac{\mu \mu_0 N^2 A}{2\pi r} \quad (2.10)$$

keterangan:

- L : induktansi dalam H (Henry)
 μ : permeabilitas inti (*core*)
 μ_0 : permeabilitas udara vakum
 N : jumlah lilitan induktor
 A : luas penampang induktor (m²)

Salah satu keuntungan induktor berbentuk toroid, dapat induktor dengan induktansi yang lebih besar dan dimensi yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan induktor berbentuk silinder. Karena toroid umumnya menggunakan inti (*core*) yang melingkar, maka medan induksinya tertutup dan relatif tidak menginduksi komponen lain yang berdekatan di dalam satu PCB.

2.3.2 Ferit dan Permeabilitas

Besi lunak banyak digunakan sebagai inti (*core*) dari induktor yang disebut ferit. Ada bermacam-macam bahan ferit yang disebut ferromagnetik. Bahan dasarnya adalah bubuk besi oksida yang disebut juga *iron powder*. Ada juga ferit yang dicampur dengan bahan bubuk lain seperti nikel, seng dan magnesium. Melalui proses yang dinamakan kalsinasi yaitu dengan pemanasan tinggi dan tekanan tinggi, bubuk campuran tersebut dibuat menjadi komposisi yang padat. Proses pembuatannya sama seperti membuat keramik. Oleh sebab itu ferit ini sebenarnya adalah keramik.

Ferit dimaksudkan untuk mendapatkan nilai induktansi yang lebih besar relatif terhadap jumlah lilitan yang lebih sedikit serta dimensi induktor yang lebih

kecil. Penggunaan ferit juga disesuaikan dengan frekuensi kerjanya, karena beberapa ferit akan optimum jika bekerja pada selang frekuensi tertentu. Berikut ini adalah beberapa contoh bahan ferit yang dipasar dikenal dengan kode nomer materialnya. Pabrik pembuat biasanya dapat memberikan data kode material, dimensi dan permeabilitas yang lebih detail.

Tabel 2.1 Data material ferit

Material No.	μ	Freq. Optimum MHz
67	40	10 - 80
68	20	80 - 180
77	2.000	0,5 - 50
F	3.000	0,5 - 50
J	5.000	< 1
W	10.000	< 1
H	15.000	< 200 kHz

Selain ferit yang berbentuk silinder ada juga ferit yang berbentuk toroid. Umumnya dipasar tersedia berbagai macam jenis dan ukuran toroid. Untuk dapat menghitung nilai induktansi dengan menggunakan rumus-rumus yang ada perlu diketahui nilai permeabilitas bahan ferit, diameter lingkaran luar, diameter lingkaran dalam serta luas penampang toroid. Tetapi biasanya pabrikan hanya membuat daftar indeks induktansi (*inductance index*) A_L . Indeks ini dihitung berdasarkan dimensi dan permeabilitas ferit. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung jumlah lilitan yang diperlukan untuk mendapatkan nilai induktansi tertentu. Seperti contoh pada Tabel 2.2 berikut ini yang satuannya $\mu\text{H}/100$ lilitan.

Tabel 2.2 Data indeks induktansi (A_L)

Material No.	3	1	2	10
Warna	Abu-abu	Biru	Merah	Hitam
μ	35	20	10	6
Freq. Opt. MHz	< 0,5	0.5 – 5	2 -30	30 -100
T30	140	85	43	25
T44	180	105	52	33
T50	175	100	49	31
T130	350	200	110	-
T200	425	250	200	100
T400	-	-	185	-

Rumus untuk menghitung jumlah lilitan yang diperlukan untuk mendapatkan nilai induktansi yang diinginkan adalah :

$$N = 100 \sqrt{\frac{L}{A_L}} \quad (2.11)$$

Keterangan :

N : Jumlah lilitan

L : Material ferit (μ)

A_L : Indeks Induktansi

Rumus ini sebenarnya diperoleh dari rumus dasar perhitungan induktansi dimana induktansi L berbanding lurus dengan kuadrat jumlah lilitan N^2 . Indeks A_L umumnya sudah baku dibuat oleh pabrikan sesuai dengan dimensi dan permeabilitas bahan feritnya.

Permeabilitas bahan bisa juga diketahui dengan kode warna tertentu. Misalnya abu-abu, hitam, merah, biru atau kuning. Sebenarnya lapisan ini bukan hanya sekedar warna yang membedakan permeabilitas, tetapi berfungsi juga

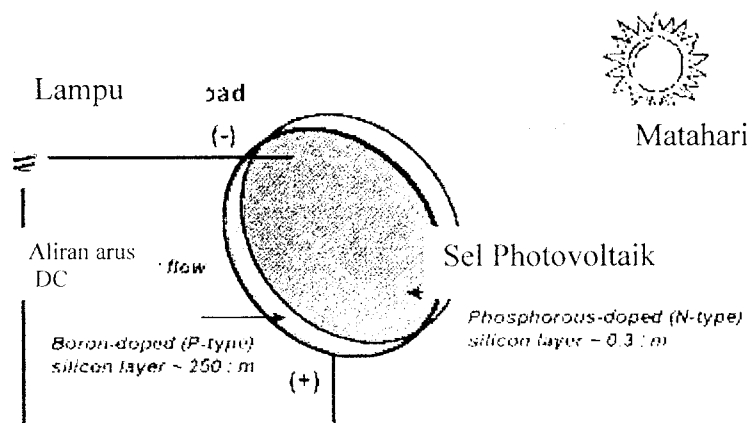
sebagai pelapis atau isolator. Biasanya pabrikan menjelaskan berapa nilai tegangan kerja untuk toroid tersebut.

2.4 Sel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic*, *photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik". Sel surya atau sel PV bergantung pada efek *photovoltaic* untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan positif dan negatif. Fungsi dari *photovoltaic* yaitu mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung (*direct conversion*). Modul Sel Surya dirakit dari susunan sel surya atau sel *photovoltaic* yang dirangkai secara seri dan atau paralel. Teknologi yang dikembangkan pada dewasa ini pada umumnya merupakan jenis teknologi kristal yang dibuat dengan bahan baku berbasis silikon

Sebuah kristal silikon Si diperoleh dengan cara memanaskan Si itu dengan tekanan yang diatur sehingga Si itu berubah menjadi penghantar. Bila kristal silindris itu dipotong setebal 0,3 mm, akan terbentuklah sel-sel silikon yang tipis atau yang disebut juga dengan sel surya fotovoltaik. Sel-sel silikon itu dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari aluminium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan listrik. Bila sel-sel silikon itu menangkap sinar matahari maka ada beda potensial dan sambungan itu menghubungkan sel yang sama polaritasnya, sehingga sambungan itu akan mengalir arus listrik. Besarnya arus/tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang

mencapai silikon itu dan luas permukaan sel itu. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5-1 Volt tergantung intensitas cahaya dan zat semikonduktor yang dipakai. Satu lempengan *solar cell* yang dipakai bila keadaan terik sesuai data pabrikan bisa menghasilkan 1 Volt, 400 mili Amper. *Solar cell* disusun 16 buah, di susun seri. Jadi bila keadaan terik *solar cell* keseluruhan bisa menghasilkan 16 Volt, 400 mili Amper



Gambar 2.8 Proses *Photovoltaic*

2.5 *Buck Converter*

Pengubah daya DC-DC (*DC converter*) *DC chopper* dimanfaatkan terutama untuk penyediaan tegangan keluaran DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan permintaan pada beban. Daya masukan dari proses DC-DC tersebut adalah berasal dari sumber daya DC yang biasanya memiliki tegangan masukan yang tetap. Pada dasarnya, penghasilan tegangan keluaran DC yang ingin dicapai adalah dengan cara pengaturan lamanya waktu penghubung antara sisi keluaran dan sisi masukan pada rangkaian yang sama. Komponen yang digunakan untuk menjalankan fungsi penghubung tersebut adalah *switch* (solid state electronic switch) seperti misalnya thyristor, MOSFET, IGBT, GTO.

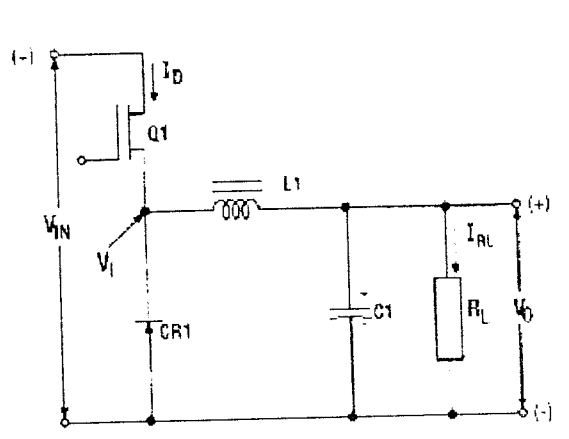
Gambar 2.6 menunjukkan rangkaian dasar dalam metoda *buck*. Dalam metoda ini, tegangan keluaran akan lebih rendah atau sama dengan tegangan masukan. Disamping itu, jika pada pengoperasiannya arus yang mengalir melalui induktor selalu lebih besar dari nol (CCM - *Continuous Conduction Mode*), maka hubungan antara tegangan keluaran dengan tegangan masukan adalah sebagai berikut:

$$V_o = V_m \quad (2.12)$$

Keterangan :

V_o : Tegangan keluaran (Volt)

V_{in} : Tegangan masuk (Volt)



Gambar 2.9 *Buck converter*

Prinsip kerja rangkaian merupakan suatu converter DC-DC. Saat transistor ON tegangan input diterapkan pada suatu sisi inductor. Tegangan ini akan menyebabkan arus inductor meningkat. Saat transistor OFF arus akan tetap

mengalir pada tegangan inputnya adalah tegangan jatuh pada dioda. Tegangan rata-rata pada V_1 tergantung pada waktu rata-rata transistor ON.

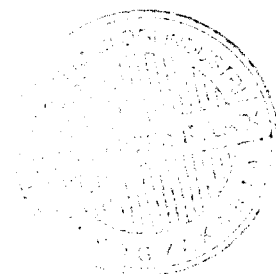
Keuntungan pada konfigurasi *buck* antara lain adalah efisiensi yang tinggi, rangkaiannya sederhana, tidak memerlukan transformer, tingkatan *stress* pada komponen *switch* yang rendah, riak (*ripple*) pada tegangan keluaran juga rendah sehingga penyaring atau *filter* yang dibutuhkan pun relatif kecil. Kekurangan yang ditemukan misalnya adalah tidak adanya isolasi antara masukan dan keluaran, hanya satu keluaran yang dihasilkan, dan tingkat *ripple* yang tinggi pada tegangan masukan. Metoda Buck sering digunakan pada aplikasi yang membutuhkan sistem yang berukuran kecil.

2.6 Mikrokontroler AT89C51

Mikrokontroler adalah suatu rangkaian terintegrasi (IC) yang bekerja untuk aplikasi pengendali. Untuk mendukung fungsi pengendalinya, maka komponen ini memiliki bagian-bagian sebagai berikut :

1. *Central Processing Unit (CPU)*
2. *Read Only Memory (ROM)*
3. *Random Access Memory (RAM)*
4. Pewaktu dan pencacah
5. Unit I/O (Serial/Paralel)

Mikrokontroler AT89C51 termasuk keluarga MCS-51 yang diproduksi oleh INTEL, ATMEL. Keluarga MCS-51 terdiri dari 8031, 8751, dan AT89C51.



Sedangkan mikrokontroler AT89C51 sering disebut flash mikrokontroler karena ROM internal yang digunakan adalah EEROM (*Enable Erasable ROM*).

2.6.1 Konfigurasi Pin

Konfigurasi pin AT89C51 adalah sebagai berikut :

1. Port 0, I/O. (Pin 39 – 32).
2. Port 1, Port I/O. (Pin 1 – 8).
3. Port 2, Port I/O. (Pin 21 – 28).
4. Port 3, Port I/O. (Pin 10 – 27).
5. ALE PROG, *enable* alamat byte rendah bila digunakan EPROM di luar, tetapi bila digunakan EPROM internal maka kaki ini berfungsi untuk menerima pulsa program selama proses pemrograman.
6. PSEN, merupakan *Program Store Enable* dimana keluaran PSEN adalah sinyal kontrol yang mengizinkan atau mengaktifkan program memori eksternal (EPROM eksternal) ke bus data selama operasi normal.
7. EA/Vpp, nilai tinggi, mikrokontroler AT89C51 menjalankan instruksi dari ROM/ EPROM internal jika PC (*Program Counter*) kurang dari 4096 byte. Ketika kondisi rendah, mikrokontroler menjalankan instruksi dari ROM/EPROM eksternal (memori program luar). Pin ini juga menerima 21V untuk suplai tegangan pemrograman EPROM.
8. XTAL1, masukan ke penguat osilator kristal atau masukan sumber osilator luar.
9. XTAL2, output dari penguat osilator.

P1.0	1	46	VCC
P1.1	2	39	P0.0/AD0
P1.2	3	38	P0.1/AD1
P1.3	4	37	P0.2/AD2
P1.4	5	36	P0.3/AD3
P1.5	6	35	P0.4/AD4
P1.6	7	34	P0.5/AD5
P1.7	8	33	P0.6/AD6
RST	9	32	P0.7/AD7
RxD/P3.0	10	31	EA/VP
TxD/P3.1	11	30	ALE/PROG
INT0/P3.2	12	29	PSEN
INT1/P3.3	13	28	P2.7/A15
T0/P3.4	14	27	P2.6/A14
P1/P3.5	15	26	P2.5/A13
WR/P3.6	16	25	P2.4/A12
RD/P3.7	17	24	P2.3/A11
XTAL2	18	23	P2.2/A10
XTAL1	19	22	P2.1/A9
GND	20	21	P2.0/A8

Gambar 2.10 Susunan kaki-kaki mikrokontroler AT89C51

2.6.2 Jenis Memori

Jenis memori merupakan fasilitas pada mikrokontroler AT89C51 yang telah tersedia di dalamnya. Organisasi memori ini terdiri dari RAM dan ROM.

1. *Random Access Memory (RAM)*

RAM adalah jenis memori yang dapat dibaca dan ditulis digunakan untuk menyimpan memori data dan bersifat *volatile* (terhapus jika catu daya terputus). Pada mikrokontroler AT89C51 disediakan RAM internal sebesar 128 byte.

2. *Read Only Memory (ROM)*

ROM merupakan memori yang dipergunakan untuk menyimpan data sebagai dasar pengoperasian mikrokontroler. ROM bersifat *non volatile* (data tetap tersimpan walaupun catu daya terputus). Pada mikrokontroler AT89C51 telah memiliki ROM internal yang digunakan untuk menyimpan program selama tidak melebihi kapasitas, dimana kapasitas ROM internal sebesar 4 Kbyte sehingga dapat dialamatkan dari 0000H sampai 08FFH dan I/O port yang tersedia

sebanyak 32 saluran terdiri dari 24 saluran digunakan untuk I/O paralel dan 8 saluran lainnya selain untuk I/O paralel juga digunakan untuk sinyal kontrol.

2.6.3 Organisasi Memori

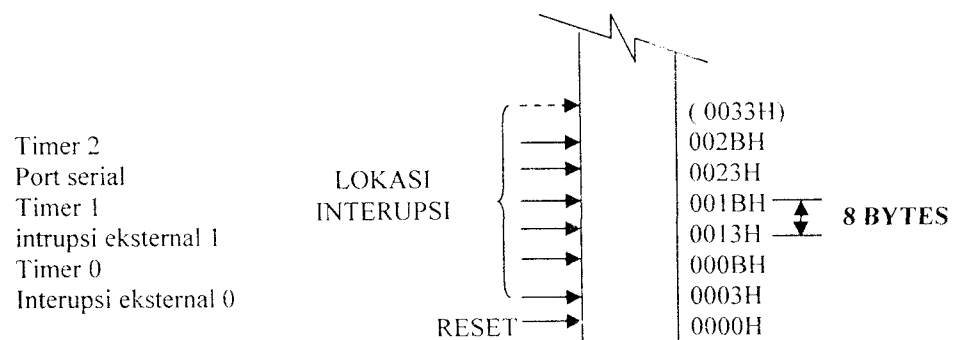
Mikrokontroler AT89C51 memiliki ruang alamat memori data dan program yang terpisah. Pemisahan memori program dan data tersebut memungkinkan memori data diakses dengan alamat 8 bit, sehingga dapat disimpan dan dimanipulasi oleh CPU 8 bit.

Memori program hanya bisa di baca saja. Memori program yang dapat langsung diakses sebesar 64 Kbyte. Sedangkan untuk mengakses memori eksternal dilakukan melalui sinyal PSEN (program strobe enable).

Memori data menempati alamat yang terpisah dengan memori program. Memori eksternal dapat diakses secara langsung 64 Kbyte dalam ruang memori data eksternal. CPU akan memberikan sinyal RD dan WR selama pengaksesan memori data eksternal.

2.6.3.1 Memori Program

Gambar pemetaan memori program adalah sebagai berikut :

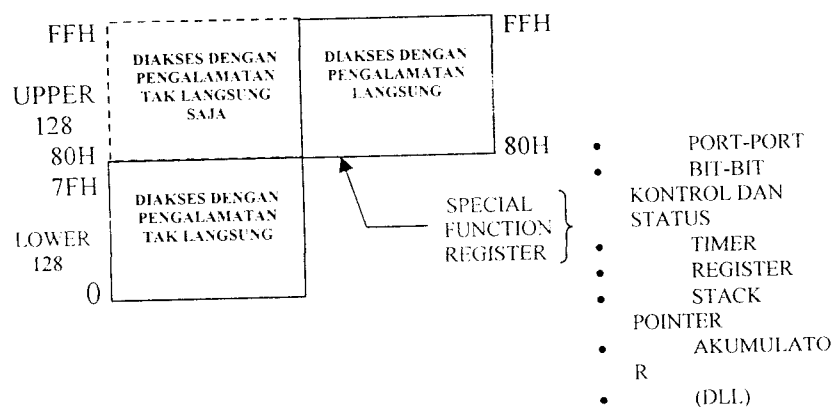


Gambar 2.11 Pemetaan memori program

Setelah melakukan reset, CPU akan mengerjakan program mulai dari alamat 0000H. Alamat pada memori program dapat berada dalam flash on chip. Tetapi apabila dikehendaki dapat berada pada memori eksternal. Mikrokontroler AT89C51 memiliki *flash on chip* sebesar 4 Kbyte sehingga pengambilan *fetching* instruksi pada memori internal berada pada lokasi 0000h-1FFFh.

2.6.3.2 Memori Data

Mikrokontroler AT89C51 memiliki RAM Internal 128x8 bit. Ram internal terbagi dalam 3 blok seperti digambarkan sebagai berikut :



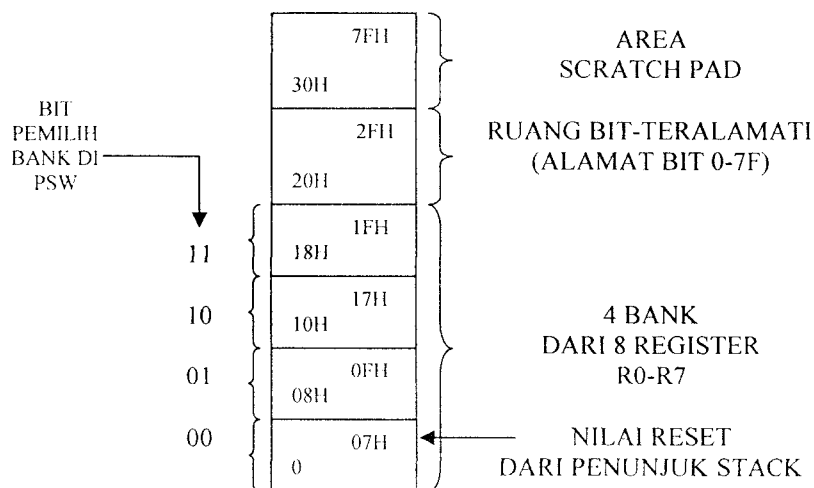
Gambar 2.12 Blok diagram internal memori AT89C51

Alamat 00h-7Fh merupakan alamat yang dapat diakses secara langsung dan tidak langsung. Sedangkan alamat 80H-FFH hanya dapat diakses secara tidak langsung kecuali register fungsi khusus (SFR).

Alamat memori data internal selalu 8 bit atau 1 byte, sehingga hanya mampu mengamati hingga 256 byte saja. Pengaksesan langsung dengan alamat

di atas 7Fh mengakses suatu memori. Sedangkan pengaksesan tak langsung dengan di atas 7Fh mengakses ruang memori lain yang berbeda. Sehingga 128 atas dan SFR menempati blok yang sama yaitu hingga FFh, walaupun secara fisik terpisah.

Gambar berikut menunjukkan pemetaan bagian RAM 128 byte bawah.



Gambar 2.13 RAM 128 byte bawah.

Dari gambar di atas terlihat bahwa 32 byte bawah dikelompokkan menjadi 4 bank dan 8 register (R0 hingga R7). Dua bit PSW (Program status word) digunakan untuk memilih kelompok register mana yang digunakan. Arsitektur ini memungkinkan penggunaan ruang kode secara lebih efisien. Instruksi – instruksi register menjadi lebih pendek dari pada instruksi – instruksi yang menggunakan pengalamatan langsung. 16 byte berikutnya membentuk suatu blok ruang memori yang bisa teralamat per bit. Kumpulan instruksi mikrokontroler ini memiliki berbagai pilihan instruksi-instruksi bit tunggal. Instruksi-instruksi ini mampu

secara langsung mengalami 128 bit dalam daerah ini. Alamat – alamat bit ini 00h-7Fh.

2.6.4 Register-register Fungsi Khusus (*SFR = Special Function Register*)

Special Function Register (SFR) merupakan register khusus yang menangani beberapa perantaraan CPU dan fungsi-fungsi yang ada di sekeliling mikrokontroler.

2.6.4.1 Data Pointer

Register *Data Pointer* adalah register 16-bit, terbagi atas register DPH (*Data Pointer High Order Byte*) dan DPL (*Data Pointer Low Order Byte*). DPTR digunakan dalam pengalamatan register taklangsung untuk memindahkan isi memori program, memindahkan variabel data dari atau ke memori data luar, serta mencabang ruang alamat memori program sampai 64 kbytes.

2.6.4.2 Register A dan B

Register A, adalah akumulator yang digunakan dalam berbagai operasi termasuk aritmatika dan logika. Register B dengan register A digunakan untuk proses perkalian dan pembagian.

2.6.4.3 Register *Program Status Word*

Register *Program Status Word* (PSW) terdiri atas 4 *Flags* yang dipakai secara otomatis terhadap operasi matematika, yaitu *carry Flag* (CY), *auxiliary carry* (AC), *parity* (P). *Flag 0* (F0) dipakai untuk keperluan umum sedangkan RS0 dan RS1 dipakai untuk pemilihan *register bank*. *Flag-Flag* pada register PSW tersebut merupakan register yang dapat dialamati bit.

2.6.4.4 *Stack Pointer (SP)*

Register *Stack Pointer (SP)* menunjuk ke suatu alamat RAM internal yang terhubung dengan operasi tertentu untuk menyimpan dan mengambil data.

2.6.4.5 *Port 0, Port 1, Port 2, Port 3*

Empat port ini menyediakan 32 jalur I/O masing-masing 8 jalur I/O untuk melakukan perantara ke luar mikrokontroler.

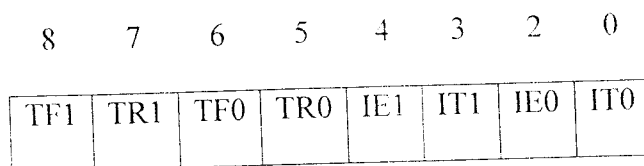
2.6.4.6 *Interrupt Enable (IE)*

Register IE terletak pada alamat A8H berfungsi mengontrol apakah diinginkan adanya interupsi. Kontrol utama interupsi berada pada bit ke 7. Jika bit ini terhapus maka semua interupsi tidak berlaku dan tidak bergantung pada bit-bit yang lain.

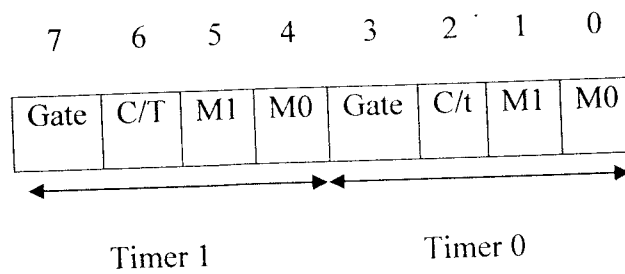
2.6.4.7 *Pewaktu dan Pencacah*

Mikrokontroler AT89C51 mempunyai 2 pewaktu/pencacah (*timer/counter*) 16 bit yang digunakan untuk pengukuran interval waktu, lebar pulsa, mencacah kejadian, interupsi secara periodis, dan membangkitkan pulsa laju data serial.

Pewaktu dan pencacah dikendalikan oleh bit-bit dalam register *Timer Control (TCON)* dan *Timer Mode (TMOD)* seperti ditunjukkan Gambar 2.8 dan Gambar 2.10 Hasil pencacah 0 terletak pada Register *Timer Lower (TL0)* dan register *Timer High (TH0)*.



Gambar 2.14 *Register Timer Control (TCON)*



Gambar 2.15 Register Timer Mode

Tabel 2.5 Pemilihan mode timer

M1	M0	Mode
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Masukan pada untai pencacah adalah sebagai pencacah jika berasal dari sumber luar dan sebagai pewaktu bila masukan berasal dari sumber osilator *internal*. Masukan dari sumber luar atau dari osilator internal ditentukan oleh bit C/T. Jika menggunakan osilator internal maka bit C/T diset 0 dan bit Gate diset 0. Sedangkan frekuensi osilator akan di bagi 12 sebelum masuk ke untai pencacah. Jika masukan dari sumber luar (T0 atau T1) maka bit Gate diset 1 dengan syarat INT0 dan INT1 tinggi. Pencacah diaktifkan dengan menset bit TR0 dan TR1. Pencacah akan berlangsung sampai terjadi luapan saat pencacah berguling dari FFFFh ke 0000h, dengan bit TF1 dan TF0 akan diset 1 dan permintaan interupsi dibangkitkan.

TMOD mempunyai 2 register kembar 4 bit, masing-masing mengendalikan salah satu pewaktu. TCON mempunyai 4 bit orde tinggi untuk bit kendali pewaktu dan 4 bit orde rendah untuk bit kendali interupsi eksternal. Ada 4 mode yang dapat dikonfigurasi pada pewaktu/pencacah, yaitu:

1. Mode 0 (Pencacah dengan praskala)

Mode 0 merupakan pencacah atau pewaktu dengan menggunakan praskala. Register TH0/TH1 bekerja sebagai pencacah 8-bit dan TL0/TL1 sebagai pencacah 5 bit.

2. Mode 1 (Pencacah 16 bit)

Dalam mode ini register TH0/TL0 dan register TH1/TL1 digunakan sebagai pencacah 16 bit.

3. Mode 2 (Pencacah dengan *auto-reload*)

Mode 2 merupakan pencacah/pewaktu *auto-reload*. Register TL1/TL0 bekerja sebagai pencacah 8-bit TH1/TH0 digunakan untuk menahan suatu nilai tertentu yang akan disimpan ke TL1/TL0 pada setiap TL1/TL0 terjadi luapan, yaitu ketika berguling dari FFh ke 00, dan akan membangkitkan pulsa untuk pengiriman dan penerimaan data.

4. Mode 3

Untuk pencacah 1, perubahan ke mode 3 akan menghentikan pencacah 1, yang merupakan cara lain menggunakan TR1 (TCON.6) untuk menghentikan dan menjalankan pencacah 1. Untuk pencacah 0, TH0 sebagai pencacah 8 bit yang diaktifkan oleh bit TR1 dan jika terjadi luapan bit TF1 akan diset 1. Sedangkan bit TR1 dan bit TF1 tidak dapat digunakan untuk mengendalikan

pencacah 1. TL0 sebagai pencacah 8 bit yang dikendalikan oleh bit *Gate 0*, C/T, TR0, TF0.

2.6.5 Sistem Interupsi

Mikrokontroler AT89C51 memiliki 5 fasilitas interupsi. Tiga interupsi dibangkitkan secara otomatis oleh operasi internal, yaitu pencacah 0 (TF0), pencacah 1 (TF1), dan komunikasi serial (R1 atau T1). Dua interupsi dibangkitkan oleh sinyal luar dari pin INT0 dan INT1. Permintaan interupsi diaktifkan dengan mengeset bit-bit yang terdapat dalam register IE.

1. Interupsi dari luar

Masukan interupsi berasal dari kaki INT0 (P3.2) dan INT1 (P3.3) yang dikendalikan oleh 4 bit bawah dari register TCON. Ketika IT0 dan IT1 di set satu, permintaan interupsi dari kaki INT0 dan INT1 akan diaktifkan oleh transisi dari keadaan tinggi ke rendah, atau sebaliknya jika IT0 dan IT1 diset ke 0, maka interupsi dari luar akan diaktifkan oleh level rendah. *Flag* interupsi IE0 dan IE1 akan diset 1 jika pada kaki INT0 dan INT1 telah diaktifkan. *Flag* IE0 dan IE1 akan diset kembali ke 0 pada saat interupsi dibangkitkan kemudian dilanjutkan dengan menjalankan program pelayanan interupsi.

2. Interupsi dari pewaktu atau pencacah

Interupsi ini terjadi pada saat pewaktu atau pencacah terjadi luapan, maka *Flag* TF0 atau TF1 akan diset 1, kemudian interupsi akan dibangkitkan dan setelah pelayanan interupsi di jalankan *Flag* TF0 dan TF1 akan diset ke 0.

3. Interupsi dari komunikasi serial

Interupsi akan terjadi bila T1 diset 1 saat data serial telah selesai dikirim dan R1 diset 1 saat data serial telah diterima semua. Bit R1 dan T1 tidak di set

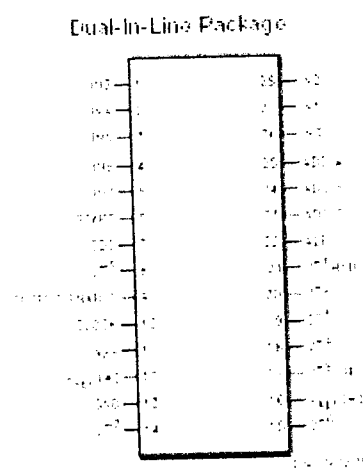
kembali ke 0 oleh pemanggil program interupsi. Program yang menangani komunikasi data serial harus mereset R1 dan T1 ke 0 untuk operasi komunikasi serial berikutnya.

4. Reset

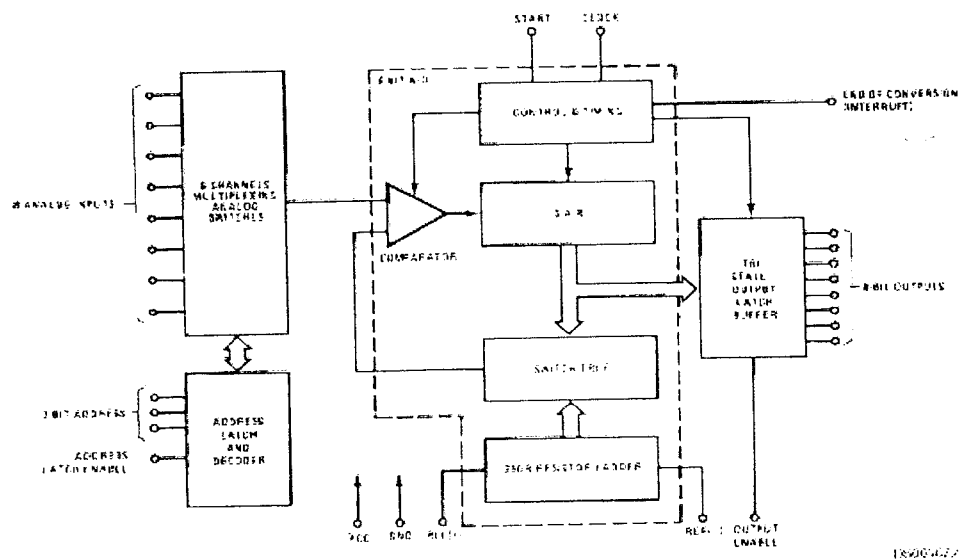
Merupakan interupsi istimewa karena program tidak dapat mengabaikan aksi tegangan dari rendah ke tinggi, ketika perintah harus melompat ke alamat 0000h. Untuk mereset mikrokontroler kaki reset harus ditahan tinggi.

2.7 Analog To Digital Converter (ADC 0809)

ADC digunakan untuk mengkonversi besaran-besaran analog menjadi besaran-besaran digital yang dimengerti oleh komputer. ADC yang digunakan adalah ADC 0809 dari National Semiconductor. ADC tipe ini merupakan komponen akuisisi data dengan 8 bit A/D konverter, 8 *channel multiplexer* dan kompatibel dengan kontrol logika mikroprocessor. Dengan adanya fasilitas 8 *channel multiplexer* memungkinkan untuk mengakses secara langsung 8 buah sinyal atau masukan analog.



Gambar 2.16 Koneksi diagram ADC 0809



Gambar 2.17 Diagram blok ADC 0809

ADC ini mempunyai ketelitian sebesar 1 bit LSB, untuk ketelitian yang lebih akurat $\frac{1}{2}$ bit LSB, IC ini dapat digantikan dengan ADC0808 yang mempunyai konfigurasi pin sama persis dengan ADC0809. ADC0809 melakukan konversi tegangan analog ke digital dengan menggunakan metode SAR (*successive approximation register*) dengan resolusi 8 bit dan waktu konversi 100 μ S.

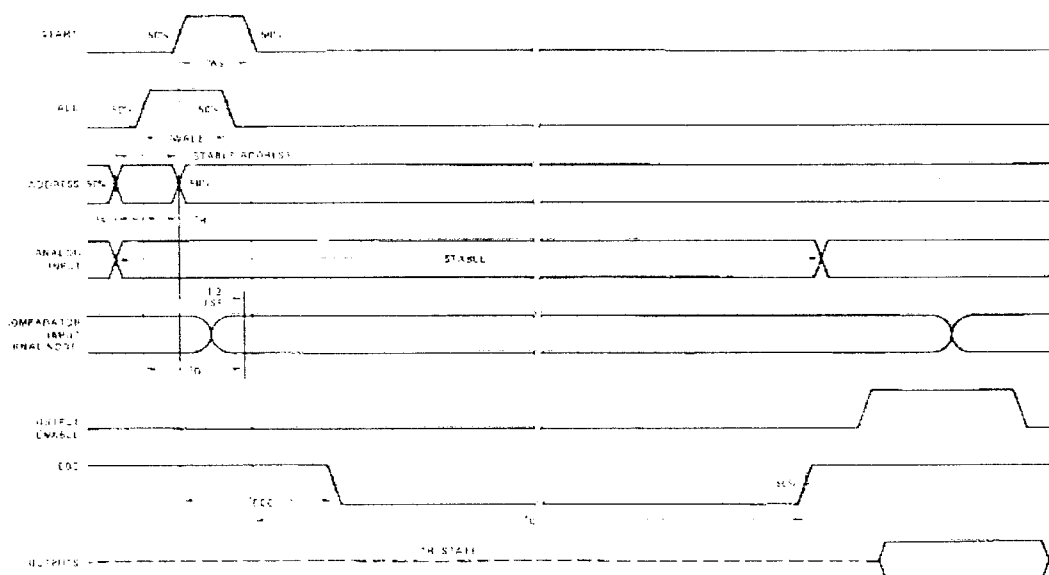
Pada dasarnya *Analog to Digital Converter* (ADC) memiliki 2 bagian yaitu, bagian multiplexer dan bagian konverter. Bagian multiplexer ini memiliki 8 buah masukan. Setiap masukan memiliki alamat sendiri sehingga dapat dipilih secara terpisah melalui *Address* A0, A1 dan A2. Tabel dibawah ini menunjukkan alamat dari masing – masing masukan.



Tabel 2.6 Tabel alamat ADC

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	A2	A1	A0
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

Konverter sendiri merupakan jantung dari chip ADC. Konverter di desain untuk kecepatan konversi, keakuratan dan jangkauan yang luas dalam suatu aplikasi. Proses konversi ADC 0809 sendiri dapat dijelaskan melalui diagram pewaktuan dibawah ini.



Gambar 2.18 Diagram pewaktuan ADC 0809

Pada diagram pewaktuan di atas, tampak bahwa proses konversi mulai terjadi saat sinyal ALE dan START muncul. Sinyal analog yang muncul pada kanal-kanal akan sesuai dengan konversi sinyal-sinyal analog pada kaki-kaki A0,A1,A2. Akhir proses konversi ditandai dengan berubahnya nilai logika dari 0

ke 1 pada kaki EOC. Data hasil konversi akan muncul di *Data Bus* (D0....D7) saat sinyal logika OE bernilai 1.

2.8 BATERAI

Baterai adalah gabungan sel-sel yang disambungkan menjadi satu untuk menjadikannya sumber energi listrik yang berguna. Baterai pada perancangan ini berfungsi untuk menyimpan energi.

2.8.1 Baterai Kering

Disebut baterai kering karena sama sekali tidak ada cairan didalamnya. Kategorinya, ada baterai yang sama sekali pakai atau tidak bisa di-charge dan ada baterai yang bisa diisi ulang (*rechargeable*) dan dari segi bahan pun beragam.

2.8.2 NiCd atau NiCad

Salah satu jenis baterai yang dapat diisi ulang adalah tipe *Nickel Cadmium* (NiCd) yang dioperasikan pada range antara 500 hingga 550 *mili Amp Hours* (mAh). "mAh" adalah satuan standar tingkatan pada baterai yang dapat diisi ulang (*rechargeable*). NiCd ini dipaketkan dan didesain dengan panjang waktu dari 600mAh hingga 2.300mAh. Semakin tinggi nilainya mengindikasikan semakin panjangnya waktu guna atau daya hidup baterai dan semakin tingginya harga. Baterai NiCd cenderung untuk kehilangan daya hidupnya sekitar 1% saat tidak digunakan sama sekali setiap harinya. Baterai akan memberikan tegangan pada keseluruhan daya hidupnya. Terkadang baterai NiCd ini akan kehilangan tenaga.

a. Memory Effect

Pada benda-benda penyusun baterai kimia ini mempunyai efek "memory" yang akan timbul saat bagian baterai yang telah digunakan dilakukan proses

recharge. Proses *charge* ini hanya akan dimulai pada titik dimana baterai tersebut telah dilakukan *recharge*. Sebagai contoh NiCd *full recharge*, saat daya hidupnya tinggal 30%, maka potensi kapasitas yang dapat *discharge* sebenarnya adalah 70%. Demikian juga apabila sisa hidup 60%, maka potensial di *recharge* adalah 40%.

b. Efek *memory* pada baterai NiCd.

Jika melakukan *recharge* Nickel Cadmium (NiCd) ini sebelum baterai habis daya pakainya, baterai ini akan “lupa” bahwa baterai ini masih menyimpan kapasitas ekstra. Dengan demikian yang diisi sebenarnya adalah hanya kapasitas parsialnya saja, dan baterai akan menjadi lebih lemah. Jadi, *discharge* dahulu sebelum melakukan *recharge*.

Efek memori ini akan timbul saat melakukan *charge* dengan cepat sebelum kapasitas baterai telah seluruhnya digunakan semuanya. Untuk menghindari kerusakan baterai, maka dapat digunakan peralatan *discharger* yang akan mengikat kapasitas isi sebenarnya sebelum melakukan *full charge* sehingga yang dilakukan adalah hanya mengisi kapasitas potensial *recharge* saja, dalam istilah catu daya, baterai tersebut dilakukan proses *refresh*.

c. Daya Tahan

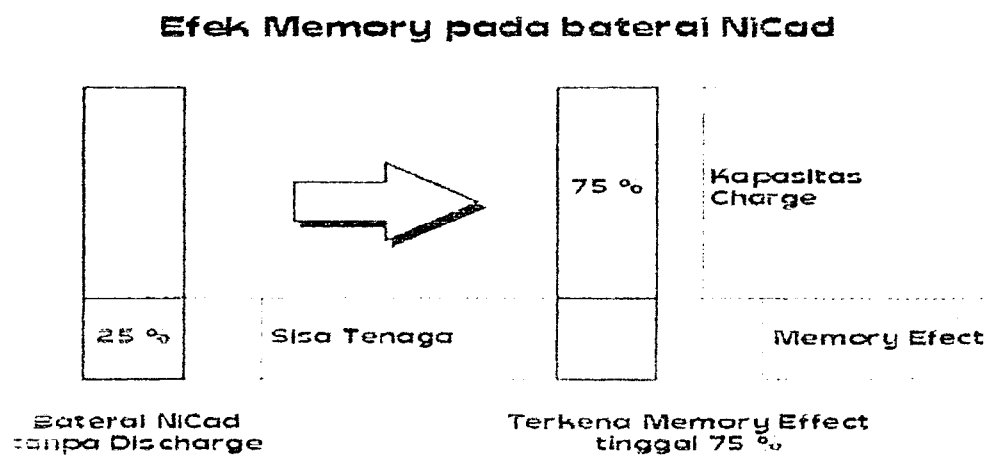
Di-*charge* dengan cepat dan dapat tahan dalam beberapa variasi temperatur.

d. Masa Hidup Pendek

Karena daya hidupnya pendek, maka harus sering melakukan *recharge*. Baterai NiCd dapat di *recharge* 700 kali sebelum baterai ini bebas masa pakainya.

2.8.3 Karakteristik Pengisian Baterai Charger

Metode pengisian adalah dengan sistem arus dan tegangan tetap (Constant Current – Constant Voltage). Maksudnya pengisian dengan arus tetap untuk mencapai tegangan 4,2 volt dengan satu sel dan tegangan tetap sampai arus turun ke nilai nol. Li-ion tidak dapat diisi dengan cepat karena akan meningkatkan suhu sampai batas maksimal yang diperkenankan. Waktu pengisian bertambah pada suhu yang lebih rendah. Suhu yang direkomendasikan yaitu berkisar $0^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$.

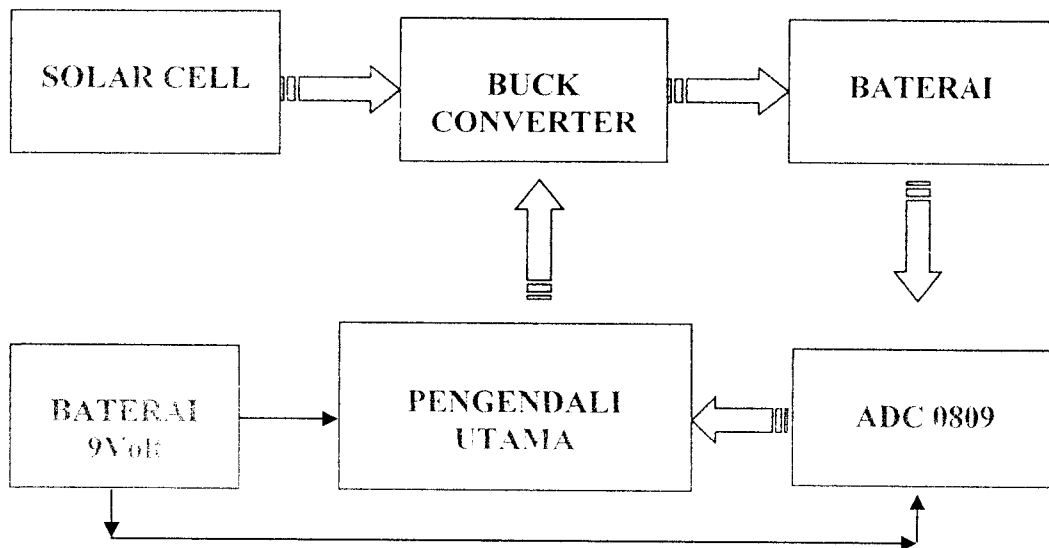


Gambar 2.19 Karakteristik pengisian

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Perangkat Keras



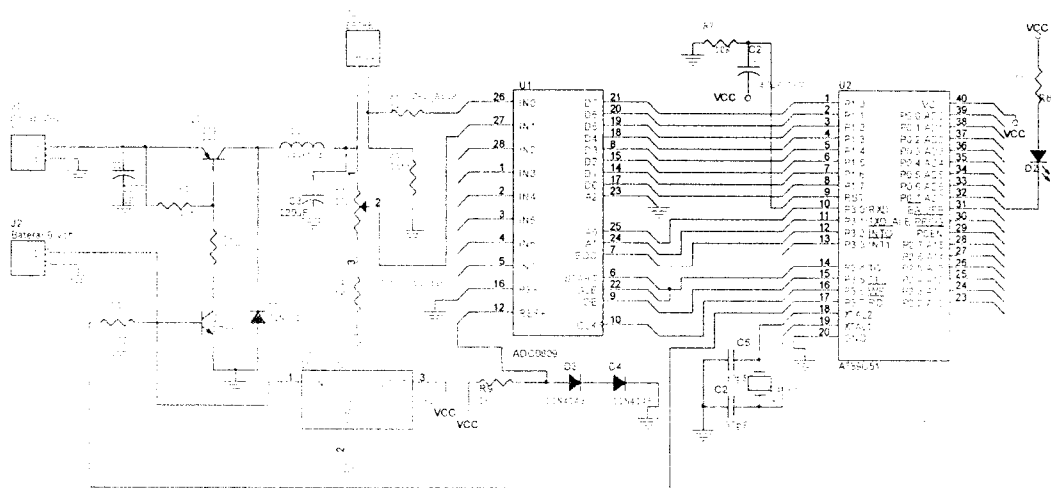
Gambar 3.1. Diagram blok rangkaian

Gambar 3.1. memperlihatkan diagram blok sistem pengisi baterai dengan solar cell. Sistem pengisi baterai dengan solar cell ini terdiri dari bagian penting, yaitu solar cell sebagai penyedia daya bagi baterai, *buck converter*. Baterai 9 Volt sebagai penyedia daya bagi ADC 0809, dan rangkaian pengendali utama yaitu mikrokontroler AT 89C51. *Solar cell* akan memberikan daya untuk mengisi baterai charger yang berupa baterai AA 1,2 Volt dan *buck converter*. Baterai 9 Volt untuk menjalankan Rangkaian aktif AT 89C51, dan ADC 0809. Buck converter akan menurunkan tegangan dari solar cell menjadi tegangan yang

direkomendasikan pada pengisian baterai. Tegangan pengisian baterai didasarkan pada umpan balik tegangan pada baterai, arus pengisian baterai.

Mikrokontroler AT 89C51 akan menentukan berapa arus yang akan diterapkan pada pengisian baterai, menentukan kapan pengisian harus dihentikan.

3.1.1 Rangkaian secara Keseluruhan



Gambar 3.2 Rangkaian pengisi baterai dengan solar cell

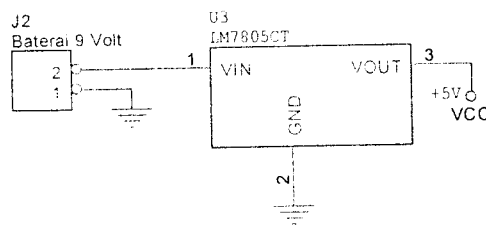
Gambar 3.2 memperlihatkan rangkaian pengisi baterai dengan solar cell secara keseluruhan. Rangkaian ini akan dijelaskan secara terperinci sebagai berikut.

3.1.1.1 Solar Cell sebagai Catu

Solar Cell dalam rangkaian ini bila cahaya matahari dalam keadaan terik akan menghasilkan 16 Volt dan arusnya sebesar 200 mili Amper. Keluaran dari baterai 9 Volt digunakan untuk mengisi baterai. Tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan sistem adalah sebesar 5 volt. Untuk komponen digital

memerlukan tegangan 5 volt. Untuk mendapatkan unjuk kerja yang handal, maka catu daya dari baterai 9 Volt perlu dibuat sestabil mungkin. Sehingga dalam perancangannya digunakan regulator tegangan 7805 untuk pencatu 5 volt.

Sementara tegangan masukan *buck converter* harus lebih besar dari tegangan nominal baterai. Gambar rangkaian penyedia daya diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Penyedia daya sistem

LM7805 dipergunakan untuk menghasilkan keluaran 5 volt. Sebenarnya masukan LM7805 minimal direkomendasikan sekitar 10 volt, namun diijinkan untuk merancang penggunaan LM7805 dengan tegangan masukan minimum 7,5 volt.

3.1.1.2 Rangkaian Mikrokontroler AT 89C51

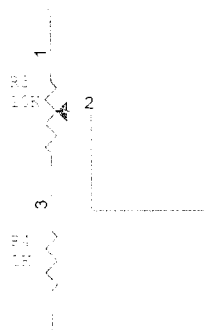
Mikrokontroler AT89C51 dihubungkan dengan kapasitor, dan pada rancangan ini dipergunakan kapasitor kristal 24 MHz yang dikendalikan dengan perangkat lunak. Adapun penggunaan pin pada AT89C51 seperti terlihat pada Gambar 3.2. Port 3.7 dipergunakan sebagai keluaran TCH0 (Timer CH0) yang dipergunakan untuk mengeluarkan pulsa PWM. Port P07 dihubungkan dengan LED yang akan menjadi indikator status pengisi baterai.

3.1.1.3 Rangkaian ADC 0809

Port IN 1 dan Port IN 0 masing-masing dipergunakan sebagai masukan ADC, yang mana dipergunakan sebagai tegangan umpan balik untuk IN 0 dan sebagai masukan umpan balik arus pengisian baterai untuk IN 1.

3.1.1.4 Rangkaian Sensor Arus dan Tegangan

Rangkaian sensor tegangan dan arus berfungsi untuk memantau tegangan dan arus pada proses pengisian. Dengan kondisi tegangan dan arus pada baterai yang diketahui, maka proses pengisian dapat dikendalikan baik arus maupun tegangannya. Tegangan pada baterai jika terisi penuh adalah 1,3 V. Gambar 3.4 memperlihatkan rangkaian pembagi tegangan.



Gambar 3.4 Rangkaian pembagi tegangan

Tegangan keluaran pembagi tegangan V_{out} adalah sebagai berikut:

$$V_{out} = \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \times V_{baterai} \quad (3.1)$$

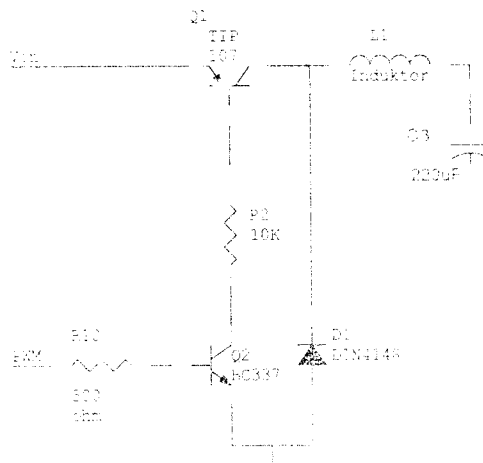
Arus diukur dengan mengukur tegangan pada hambatan shunt R5 pada Gambar 3.2. Menurut hukum ohm, tegangan pada R5 adalah perkalian antara arus yang mengalir pada hambatan R5 dengan nilai R5 itu sendiri.

$$V_{R5} = R5 \times I = 1 \times I \quad (3.2)$$

Berdasarkan rumus 3.2, dengan mengukur tegangan pada R5 maka dapat diketahui arus yang mengalir pada R5 yang juga merupakan arus yang mengalir pada pengisian baterai.

3.1.2 Rangkaian *Buck Converter*

Rangkaian dasar *buck converter* terdiri dari saklar daya, dioda dan *filter* LC seperti terlihat pada Gambar 3.5.



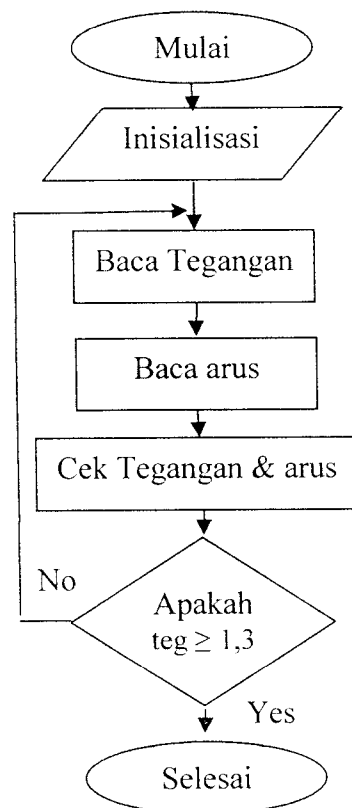
Gambar 3.5 Rangkaian *buck converter*

Sinyal PWM dari mikrokontroler diumpankan pada basis transistor Q2 melalui hambatan R10. Keluaran tinggi pada kolektor Q2 adalah kebalikan dari masukan rendah pada basis. Keluaran kolektor Q2 diumpankan ke basis transistor Q1 melalui R2. Kedua transistor tersebut harus dioperasikan pada kondisi jenuh

agar berfungsi sebagai saklar yang ideal. Dioda D1 akan mengalirkan arus yang tersimpan pada induktor saat transistor Q1 OFF. Sedang filter LC dibentuk oleh L1 dan C1.

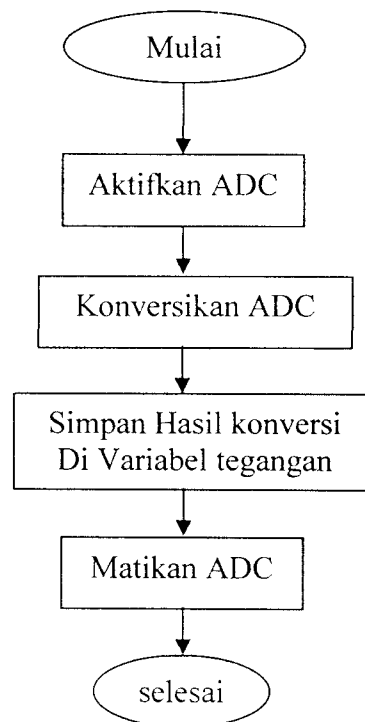
3.2 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Flowchart atau diagram alir berikut dibagi menjadi beberapa bagian berdasarkan diagram alir utama yang didalamnya terdapat subrutin-subrutin yang akan dipakai dalam pemrograman antara lain adalah subrutin baca tegangan, subrutin baca arus, subrutin cek tegangan dan arus.



Gambar 3.6 *Flowchart* utama

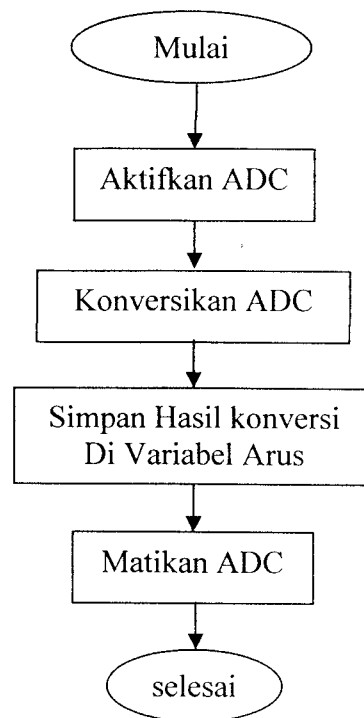
3.2.1 *Flowchart* Subrutin Baca Tegangan



Gambar 3.7 *Flowchart* subrutin baca tegangan

Pada subrutin baca tegangan pemrograman diawali dengan mengaktifkan ADC. Langkah selanjutnya adalah mengkonversikan ADC sekali konversi, tunggu sampai sama dengan 1, hal ini mengindikasikan konversi ADC selesai. Langkah selanjutnya adalah hasil konversi disimpan di alamat RAM yang telah diinisialisasi sebagai penyimpan tegangan. Langkah selanjutnya adalah mematikan ADC.

3.2.2 Flowchart Subrutin Baca Arus

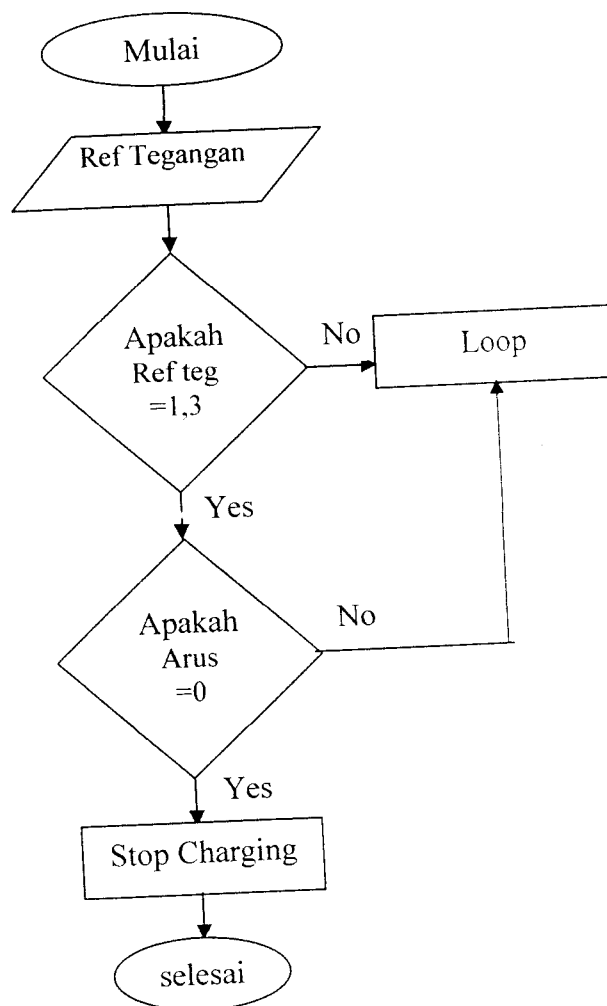


Gambar 3.8 *Flowchart* subrutin baca arus

Pada subrutin baca arus pemrograman diawali dengan mengaktifkan ADC. Langkah selanjutnya adalah mengkonversikan ADC sekali konversi, tunggu sampai sama dengan 1, hal ini mengindikasikan konversi ADC selesai. Langkah selanjutnya adalah hasil konversi disimpan di alamat RAM yang telah diinisialisasi sebagai penyimpan arus. Langkah selanjutnya adalah mematikan ADC.

3.2.3 Flowchart Subrutin Cek Tegangan dan Arus

Pada subrutin cek tegangan dan arus diawali dengan membandingkan hasil konversi tegangan (tegangan pada baterai) dengan referensi tegangan yang diatur. Apabila hasil konversi tegangan sudah sama dengan tegangan referensi maka proses pengisian dihentikan (*stop charging*).



Gambar 3.9 Flowchart subrutin cek tegangan dan arus

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Baterai 9 Volt Sebagai Catu Daya

Rangkaian catu daya merupakan rangkaian pokok yang berperan penting dalam setiap pembuatan rangkaian elektronika, sehingga rangkaian catu daya perlu dikontrol tegangan keluarannya. Dalam hal ini tegangan keluaran catu daya pada rangkaian pengisi baterai cerdas berbasis mikrokontroler AT89C51 memerlukan tegangan sebesar 5 Volt DC. Ketepatan tegangan ini diperlukan karena komponen yang digunakan pada rangkaian ini sangat sensitif terhadap tegangan yang terlalu tinggi, dan jika keluaran catu daya ini melebihi dari kemampuan komponen tersebut, maka akan merusak komponen itu terutama pada komponen aktif seperti pada komponen mikrokontrolernya.

Pada rangkaian power suplai untuk sistem rangkaian utama mikrokontroler digunakan regulator tegangan LM7805 sebagai pencatu +5 volt. Berdasarkan data IC regulator LM7805 mempunyai karakteristik seperti pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data regulator tegangan

Jenis Regulator	Tegangan Input(V)	Tegangan Output(V)		
		Min	Type	Max
LM7805	10	4.8	5	5.2

Berdasarkan hasil pengamatan baterai 9 volt sebagai penyedia daya utama pada sistem rangkaian utama diperoleh data seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tegangan pada rangkaian penyedia daya utama

Jenis Regulator	Tegangan Input(V)	Tegangan Output(V)
LM7805	8,9	4,8

Dari data diatas dapat diketahui bahwa input dari LM7805 mempunyai nilai tegangan masukan 8,9 volt. Tegangan keluaran LM7805 adalah 4,8 volt DC.

4.2 Sensor Arus dan Sensor Tegangan

Arus pengisian baterai diukur dengan mengukur tegangan pada R5, yaitu bernilai 1Ω , digunakan resistor 1Ω supaya tidak mengurangi arus pengisian namun cukup menghasilkan tegangan yang dideteksi oleh ADC 0809 seperti pada Gambar 3.2. Potongan program yang dipergunakan untuk membaca arus diperlihatkan seperti di bawah ini:

```

UKUKARUS:
  CLR  A0
  CLR  A1
  CALL BACAADC
  MOV  ARUS,A
  RET

```

Seperti terlihat juga pada Gambar 3.2 tegangan baterai dipantau melalui ADC IN 1. Dalam hal ini dipergunakan R3 $10k\Omega$ dan R4 $1k\Omega$ sehingga didapatkan tegangan yang masuk pada ADC IN 1 adalah setengah dari tegangan baterai. Subrutin untuk membaca tegangan baterai diperlihatkan sebagai berikut:

```

UKURTEGANGAN:
  SETB A0
  CLR  A1
  CALL BACAADC
  MOV  TEGANGAN,A
  RET

```

4.3 Pengamatan LED Indikator Status Pengisian

Pada kondisi pertama adalah saat pengisian baterai terjadi, pada keadaan ini LED akan berkedip-kedip. Sedangkan keadaan ketiga adalah saat baterai penuh, LED akan mati. Berdasarkan pengamatan didapatkan hasil bahwa LED sebagai indikator status pengisian baterai memiliki perilaku seperti pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengamatan LED indikator status pengisi baterai

Status Pengisi Baterai	Nyala LED
Mengisi	Kedip-kedip
Penuh	Mati

4.4 Pengujian Kinerja Rangkaian Secara Umum

Sebelum fungsi-fungsi *software* dibuat hal pertama yang dilakukan adalah mendefinisikan kaki-kaki (pin) yang dihubungkan dari mikrokontroler ke komponen aktif dan komponen pasif. Jika pendefinisian pin tidak sesuai perancangan *interface* pada *hardware* maka instruksi *software* yang telah di *compile* pada mikrokontroler tidak bisa dijalankan pada komponen karena terjadi kesalahan data instruksi yang dikirim. Alat yang dibuat ini menggunakan 3 buah *port* kerja pada IC AT89C51 . Prosedur awal yang dipanggil setelah interupsi *mulai* adalah preparasi dimana prosedur ini terletak pada memori program.

Program charger diawali dengan melakukan inisialisasi bit yang dipakai oleh mikrokontroler dan variabel untuk program. Pengendalian yang dipakai adalah bit P3.7 untuk memicu PWM, bit P0.7 untuk menghidupkan LED, bit P3.0

sampai bit P3.5 untuk mengatur ADC sedangkan data keluaran ADC dilewatkan pada port P1.

```

PWM    bit    P3.7
LED    bit    P0.7

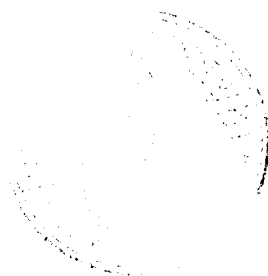
;Variabel
ARUS   equ    21H
TEGANGAN equ 22H
REFARUS equ 24H
REFTEG equ 25H

;kontrol ADC
OEADC  bit    P3.5
SCONV  bit    P3.4
EOC    bit    P3.2
A0     bit    P3.0
A1     bit    P3.1
DATAADC equ    P1

INTR   bit    20H.2
STAGE  bit    20H.3

```

Saat catu mulai dihidupkan maka program dimulai dari alamat 00h. Program pada alamat ini menuju ke program utama. Interupsi Eksternal 0 digunakan untuk mengeset bit INTR sebagai tanda bila ADC telah selesai konversi. Tanda ini ditangkap oleh bit P3.2 yang dihubungkan dengan pin EOC ADC yang aktif bila ada sinyal dari high ke low. Interupsi Timer 0 dan Timer 1 digunakan untuk membangkitkan sinyal PWM pada bit P3.7. Timer 0 akan menghasilkan sinyal high setiap 255 clock kemudian akan mengaktifkan Timer 1 yang aktif selama lebar pulsa PWM pada TH1 kemudian akan membuat PWM low. Program interupsinya adalah sebagai berikut :



```

;***** alamat interupsi *****

org    0000h

ljmp   mulai

org    0003h

setb   INTR

reti

;***** Interupsi Timer0 *****

;***** setiap 255 clock *****

;Setiap 255 clock output PWM diset 1

;*****

org    000bh

      setb   PWM

      setb   tr1

      reti

org    0013h

      reti

;***** Interupsi Timer 1 *****

;***** setiap nilai pulsa *****

;Untuk menghasilkan pulsa 1 selama nilai

;dalam variabel pulsa

org    001bh

      clr    tr1

      clr    PWM

      reti

```

Program utama charger ini dengan melakukan inisialisasi Timer 0 dan Timer 1 dalam mode 8 bit isi ulang. Konstanta yang digunakan adalah REFARUS untuk membatasi arus pengisian dan REFTEG untuk membatasi tegangan pengisian. Sebelum program dilanjutkan interupsi diaktifkan dahulu dengan perintah SETB EA. Interupsi eksternal 0 diaktifkan dengan SETB EX0 dan SETB IT0 untuk aktifasi tepian sisi negatif.

PWM dimulai dengan perintah SETB TR0. Tahapan selanjutnya adalah pengisian baterai dengan tanda LED blink memakai perintah CPL P0.7

```

;*****
;***** Program Utama *****
;*****

mulai:

    MOV    TMOD,#22h
    MOV    TH0,#00H
    MOV    TL0,#00H
    MOV    TH1,#80H
    MOV    TL1,#80H
    MOV    REFARUS,#48h
    MOV    REFTEG,#90h

    SETB   EA
    SETB   EX0
    SETB   IT0
    SETB   ET0
    SETB   ET1    1
    SETB   PT1
    CLR    PWM

```

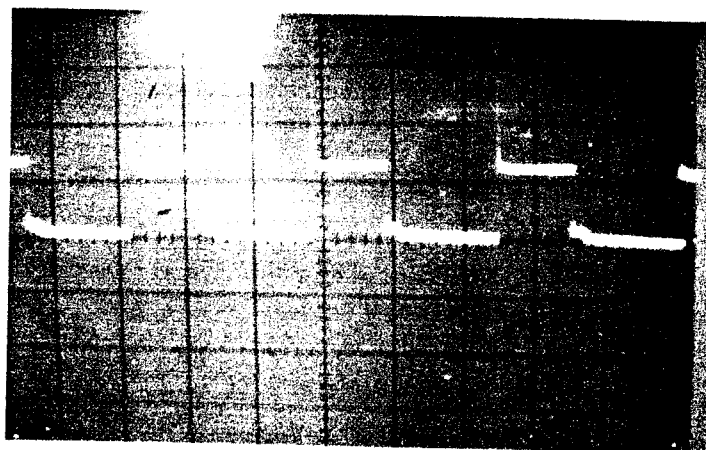


```

chZBAT:   CLR   LED
          MOV   R4,#50
LAGI:     CALL  DELAY
          DJNZ  R4,LAGI
          setb  Tr0
loop:     CALL  PWMTURUN
          CALL  DELAY
          CALL  DELAY
          CALL  UKURTEGANGAN
          SUBB  A,#90h
          JNC  loop

```

Pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, PWM memiliki *duty cycle* semakin mengecil dengan tegangan pada baterai yang semakin naik. Ini menunjukkan bahwa energi yang dialirkan ke baterai semakin lama semakin mengecil.

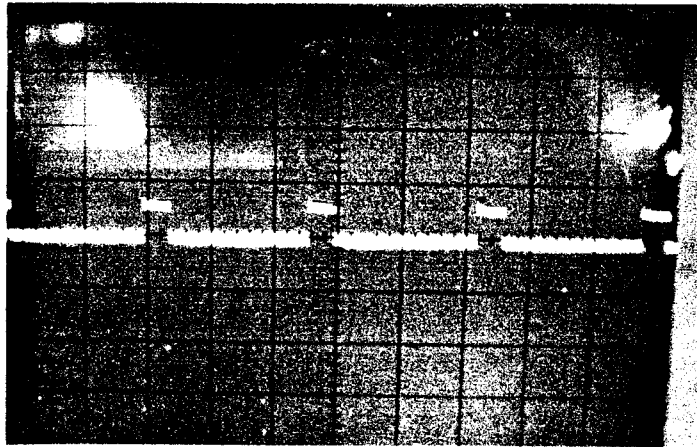


Gambar 4.1 Sinyal PWM pada awal pengisian

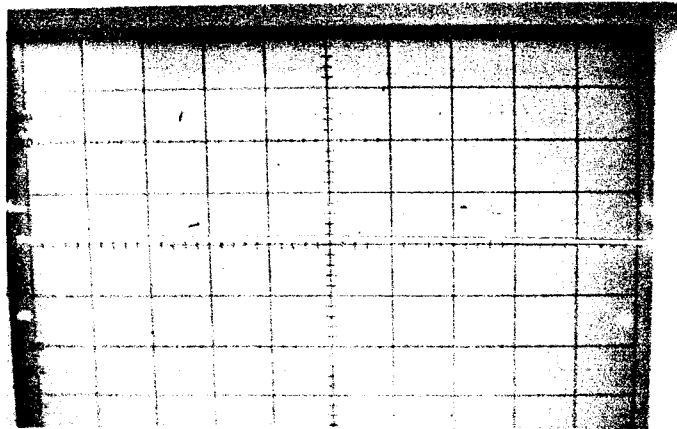
Dari gambar 4.2 dapat ditentukan besar nilai frekuensi dan nilai V_{pp} adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{(\lambda \times \text{time / div})} = f = \frac{1}{(13 \times 50 \text{mS})} = 1.53 \text{Hz}$$

$$V_{pp} = \text{Tinggi} \times \text{Volt / div} = 4 \times 0.1 = 0.4 \text{ Volt}$$



Gambar 4.2 Sinyal PWM setelah beberapa waktu pengisian



Gambar 4.3 Sinyal PWM mendekati penuh

Untuk baterai dengan kapasitas 600mAh maka dilakukan pengisian dengan arus sebesar 200mA. Maka program akan berjalan pada LoopCC yaitu

mengecek arus, jika arus lebih dari REFARUS, maka PWM turunkan dengan memanggil subrutin CALL PWMTURUN dan sebaliknya jika arus kurang dari REFARUS maka PWM dinaikkan dengan memanggil subrutin CALL PWMNAIK. Proses tersebut berjalan terus sampai tegangan baterai mencapai REFTEG. Saat tegangan baterai sudah mencapai REFTEG maka program meloncat ke tahap selanjutnya yaitu tahap tegangan konstan dengan perintah JC LOOPCV.

```
;***** TAHAP ARUS KONSTAN (CC) *****
```

```
LoopCC:
```

```
CALL DELAY
```

```
CPL LED
```

```
CLR P0.0
```

```
SETB P0.1
```

```
CALL DELAY
```

```
setb tr0
```

```
CALL UKURARUS
```

```
SUBB A,REFARUS
```

```
JC naik
```

```
CALL PWMTURUN
```

```
JMP terusCC
```

```
naik:
```

```
CALL PWMNAIK
```

```
terusCC:
```

```
CALL UKURTEGANGAN
```

```
CPL A
```

```

MOV  P2,A
MOV  A,TEGANGAN
SUBB A,REFTEG
JC   LoopCC

```

Pada Tahap tegangan konstan, yang dijaga adalah tegangannya sebesar REFTEG. Untuk baterai sebesar 1,2V, Tegangan Referensi pengisiannya sebesar 1,3V. Program berjalan pada LoopCV jika tegangan lebih dari 1,3V maka PWM diturunkan dan jika tegangan kurang dari 1,3V maka PWM dinaikkan. Dengan menjaga tegangan pengisian tetap konstan maka arusnya akan semakin turun. Saat arusnya sudah 0 maka proses pengisian selesai dan baterai yang diisi kapasitasnya penuh. Setelah penuh maka indikasi LED tidak menyala.

```

;***** TAHAP TEGANGAN KONSTAN (CV) *****
LoopCV:
    CALL DELAY
    CPL  LED
    SETB P0.0
    CLR  P1.1

    CALL DELAY
    CALL UKURTEGANGAN
    SUBB A,REFTEG
    JC   naik2

    CALL PWMTURUN
    JMP  TERUSCV
naik2:
    CALL PWMNAIK

TERUSCV:
    CALL UKURARUS
    CPL  A
    MOV  P2,A
    MOV  A,ARUS
    SUBB A,#1
    JNZ  LoopCV

```

Pengambilan data baterai hari pertama selama 6 jam. Dimulai pada pukul 08:30, selesai pada 14:30. Data pengisian diperlihatkan pada Tabel 4.4 sebagai berikut

Tabel 4.4 Data pengisian baterai hari pertama

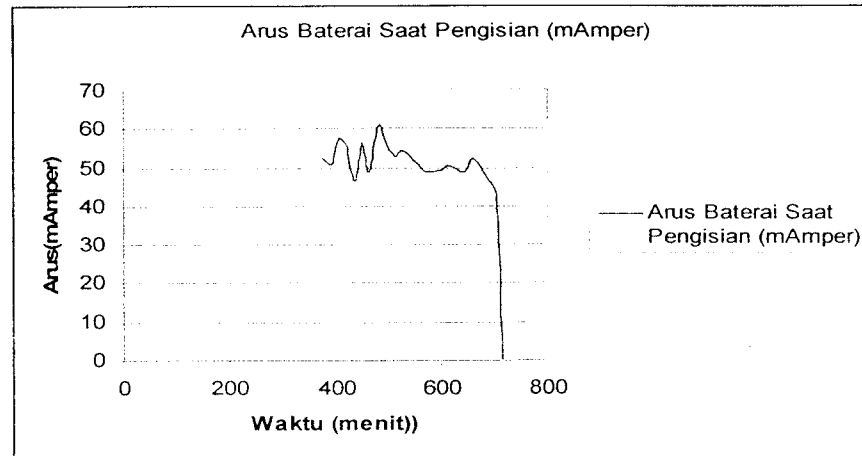
Waktu	Tegangan Solar Cell (Volt)	Tegangan Baterai Saat Pengisian (Volt)	Arus Baterai Saat Pengisian (mAmper)	Cuaca	Tegangan Baterai (Volt)
15	9.7	1.44	49	Cerah	1.33
30	10.51	1.44	47	Cerah	1.34
45	4.62	1.41	51.7	Berawan	1.34
60	3.4	1.4	46.2	Berawan	1.35
75	6.14	1.42	52.4	Berawan	1.35
90	10.43	1.44	25.5	Berawan	1.36
105	9.86	1.44	49.8	Cerah	1.36
120	3.41	1.4	46.2	Berawan	1.36
135	10.62	1.44	52.4	Cerah	1.37
150	7.33	1.43	56.3	Cerah	1.37
165	5.64	1.41	53.7	Cerah	1.37
180	3.38	1.4	43.4	Cerah	1.37
195	11.82	1.44	48.6	Cerah	1.37
210	10.92	1.44	41.9	Cerah	1.37
225	11.2	1.44	50.6	Cerah	1.37
240	9.65	1.44	53	Cerah	1.38
255	5.42	1.41	49.8	Berawan	1.38
270	4.72	1.41	52.4	Berawan	1.38
285	5.53	1.41	47.5	Berawan	1.38
300	14.06	1.44	44.8	Berawan	1.38
315	12.02	1.44	43.4	Berawan	1.38
330	13.49	1.44	48.8	Berawan	1.38
345	11.4	1.44	52.4	Berawan	1.39
360	15.54	1.45	56.1	Berawan	1.39

Pengambilan data baterai hari kedua selama 6 jam. Dimula pada pukul 08:00, selesai pada 13:15. Data pengisian diperlihatkan pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Data pengisian baterai hari kedua

Waktu	Tegangan Solar Cell (Volt)	Tegangan Baterai Saat Pengisian (Volt)	Arus Baterai Saat Pengisian (mAmper)	Cuaca	Tegangan Baterai (Volt)
390	12.16	1.4	50.8	Berawan	1.39
405	11.14	1.41	57.2	Cerah	1.39
420	10.32	1.41	55.8	Cerah	1.39
435	9.2	1.45	46.4	Cerah	1.39
450	12.52	1.46	56.2	Cerah	1.39
465	10.42	1.46	48.6	Berawan	1.39
480	11.36	1.46	60.4	Cerah	1.39
495	12.58	1.46	56.4	Cerah	1.39
510	13.63	1.46	52.7	Cerah	1.39
525	12.46	1.46	54.2	Cerah	1.39
540	8.77	1.46	53.1	Berawan	1.39
555	11.12	1.46	50.6	Cerah	1.39
570	10.68	1.46	48.6	Berawan	1.39
585	10.42	1.46	48.6	Berawan	1.39
600	14.08	1.46	49.1	Berawan	1.39
615	11.16	1.46	50.2	Cerah	1.39
630	10.84	1.46	49.6	Berawan	1.39
645	9.46	1.46	48.8	Berawan	1.39
660	9.82	1.46	52.2	Berawan	1.39
675	10.21	1.46	49.3	Berawan	1.39
690	9.84	1.46	46.4	Berawan	1.39
705	10.52	1.46	43.2	Berawan	1.39
714		0	0	Berawan	1.39

Data arus pengisian baterai AA pada 6 jam terakhir jika direpresentasikan dalam bentuk grafik diperlihatkan pada Grafik 4.2. Terlihat pada grafik arus saat menit ke 705 arus menunjukkan 43,2mA kemudian saat menit ke 714 turun drastis menjadi nol. Hal ini menandai berhentinya proses pengisian baterai, kemudian lampu indikator mati.



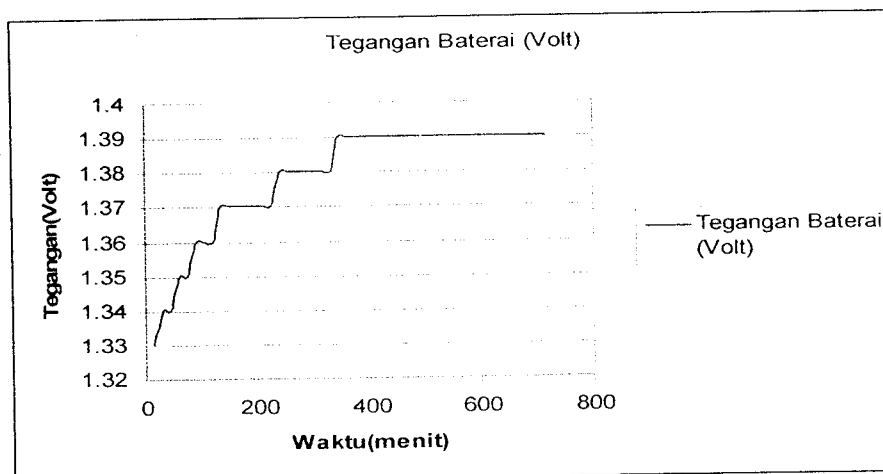
Gambar 4.4 Grafik arus baterai pada 6 Jam Terakhir

Dari Grafik 4.2 arus pengisian baterai berubah-ubah karena arus yang dikeluarkan *solar cell*. Sedangkan arus *solar cell* tergantung dari sinar matahari. Untuk pengecekan arus baterai sudah penuh, dapat melalui perhitungan :

$$Kcpasitas = \left(\frac{waktu}{60} \right) \times Arus \quad (4.1)$$

Dari persamaan 4.1 didapat dari data pada menit 705 kapasitas baterai yang telah terisi adalah 507.6 mA.

Tegangan pada baterai saat pengisian dipantau dengan melepas hubungannya ke pengisi baterai untuk beberapa saat, kemudian dilakukan pengisian lagi. Data hasil percobaan diperlihatkan pada grafik pada Gambar 4.3.



Gambar 4.5 Grafik tegangan baterai pada proses pengisian

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa tegangan pengisian akan naik dengan cepat pada awal pengisian dan semakin lama kenaikannya akan semakin kecil sampai nilai tegangan nominal baterai.

Pada percobaan ini baterai dikosongkan sampai tegangan 0,02V. Waktu untuk mengisi baterai sampai penuh adalah 714 menit atau 11 jam 59 menit. Waktu hasil pengisian ini dapat berubah-ubah karena tergantung pada intensitas cahaya matahari dan besar tegangan dan arus dari *solar cell*.

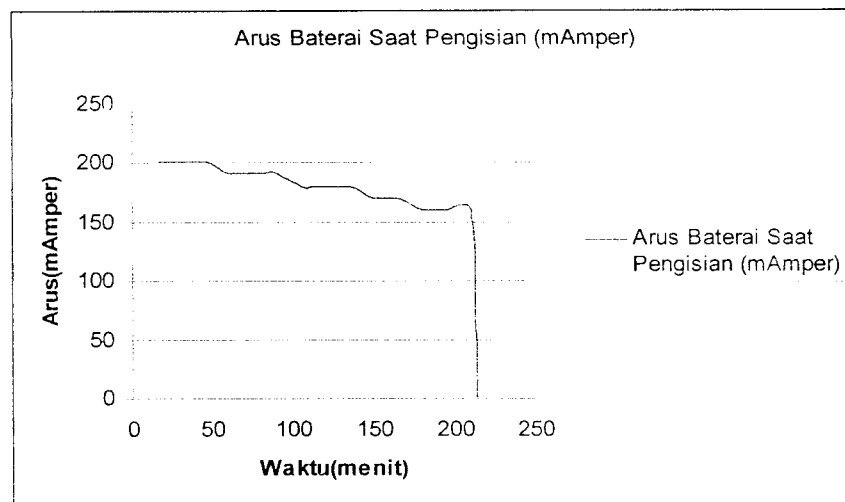
Pengambilan data baterai bila menggunakan sumber tegangan dari PLN, membutuhkan waktu pengisian 213 menit atau 3 jam 33 menit. Data pengisian diperlihatkan pada Tabel 4.6 sebagai berikut

Tabel 4.6 Data pengisian baterai dengan sumber PLN

Waktu	Tegangan Dari PLN (Volt)	Tegangan Baterai Saat Pengisian (Volt)	Arus Baterai Saat Pengisian (mAmpere)	Tegangan Baterai (Volt)
15	13.06	1.45	200	1.36
30	13.32	1.45	200	1.36
45	13.03	1.45	200	1.38

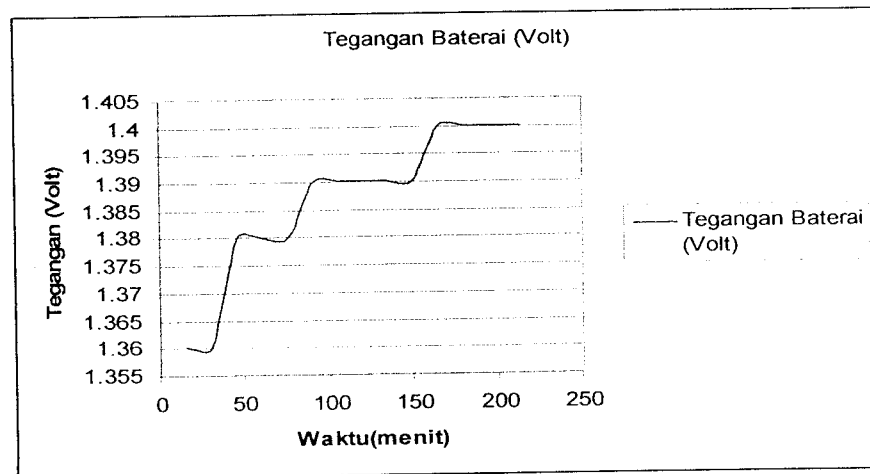
60	13.01	1.46	190	1.38
75	13.02	1.46	190	1.38
90	13.05	1.47	190	1.39
105	13.06	1.48	180	1.39
120	13.06	1.48	180	1.39
135	13.05	1.49	180	1.39
150	13.1	1.5	170	1.39
165	13.24	1.5	170	1.4
180	13.2	1.5	160	1.4
195	13.08	1.5	160	1.4
210	13.06	1.5	160	1.4
213	0	0	0	1.4

Data arus pengisian baterai AA pada jika direpresentasikan dalam bentuk grafik diperlihatkan pada Grafik 4.4. Terlihat pada Tabel 4.6 pada menit ke 210 arus menunjukkan 160mA. Pada menit 213 arus menunjukkan nol.



Gambar 4.6 Grafik arus baterai

Tegangan pada baterai saat pengisian dipantau dengan melepas hubungannya ke pengisi baterai untuk beberapa saat, kemudian dilakukan pengisian lagi. Data hasil percobaan diperlihatkan pada grafik pada Gambar 4.5.



Gambar 4.6 Grafik tegangan baterai

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa tegangan pengisian akan naik dengan cepat pada awal pengisian dan semakin lama kenaikannya akan semakin kecil sampai nilai tegangan nominal baterai. Untuk pengecekan kapasitas baterai, digunakan persamaan 4.1. Pada menit ke 210, kapasitas baterai mencapai 560 mA.

Pada percobaan ini baterai dikosongkan sampai tegangan 0,10V. Waktu untuk mengisi baterai sampai penuh adalah 213 menit atau 3 jam 33 menit.

Dari segi ekonomis, dengan menggunakan sumber tegangan dari PLN yang membutuhkan waktu pengisian baterai selama 3 jam 33 menit biaya keseluruhan adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya rangkaian} &= \text{Rp } 170.00,00 \\
 \text{Beban operasional} &= V \times I \times t \\
 &= 220 \times 0,4 \times 3,53 \\
 &= 310,64 \text{ Wh} \\
 &= 0,31064 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Dari beban operasional sebesar 0,31064 kWh, maka di dapat biaya operasional, dengan mengalikan biaya per kWh sebesar Rp 420,00 adalah Rp 130,468. Jadi biaya operasional pengisian baterai dengan menggunakan sumber tegangan PLN adalah sebesar $\text{Rp } 170.000,00 + \text{Rp } 130,468 = \text{Rp } 170.130,468$.

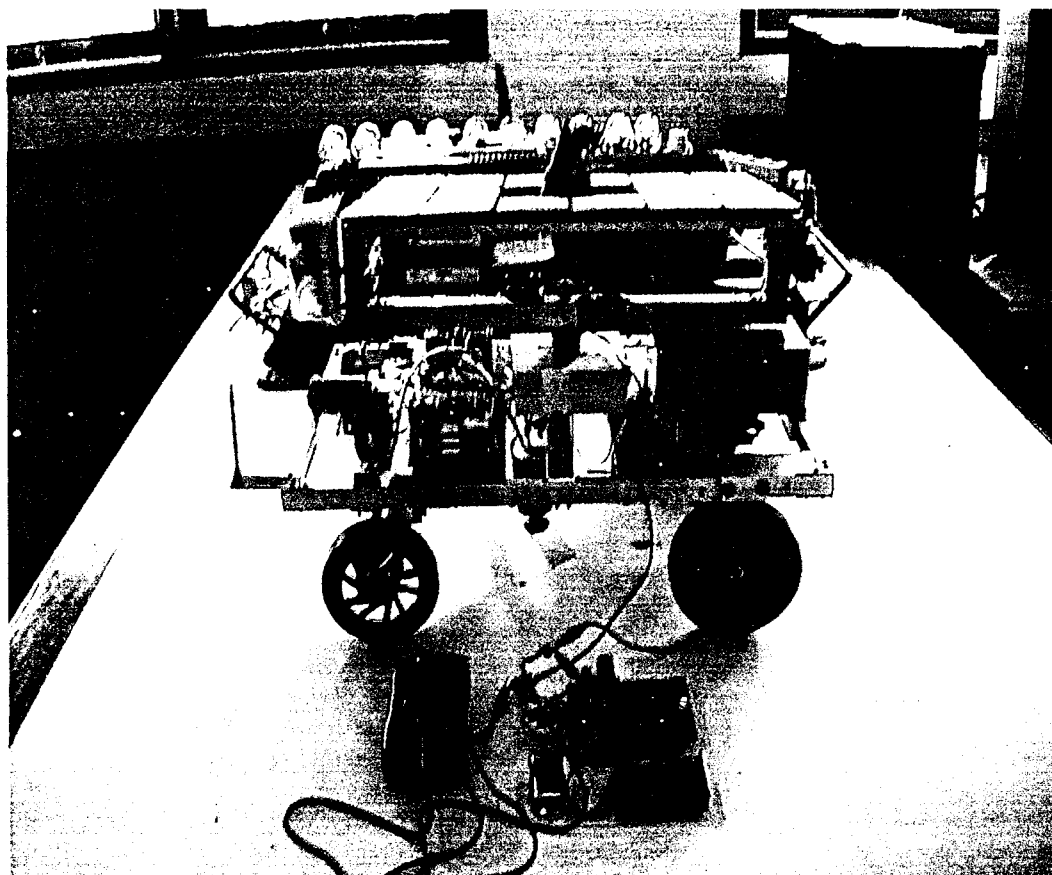
Dengan menggunakan sumber tegangan dari *solar cell* yang membutuhkan waktu sebesar 11 jam 59 menit biayanya adalah :

$$\begin{aligned}\text{Biaya solar cell} &= 16 \times \text{Rp } 35.000,00 \\ &= \text{Rp } 560.000,00\end{aligned}$$

$$\text{Biaya rangkaian} = \text{Rp } 110.000,00$$

Jadi biaya operasional pengisian baterai dengan menggunakan sumber tegangan dari *solar cell* selama 11 jam 59 menit adalah sebesar $\text{Rp } 560.000,00 + \text{Rp } 110.000,00 = \text{Rp } 670.000,00$. Biaya ini akan bertambah apabila ada penggantian baterai 9 Volt sebagai penyedia daya bagi rangkaian pengendali karena habis tegangannya.

Battery Charge a Solar Cell



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan, pengujian dan analisa pada hasil perancangan yang dibuat dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengisian baterai NiCad tipe 1,2 Volt, dengan peralatan ini diperlukan waktu sekitar 11 jam 42 menit untuk mengisi baterai sampai penuh. Hal ini disebabkan kapasitas arus pengisian dari sel surya yang relatif kecil.
2. Arus pengisian baterai akan ber ubah-ubah, karena tergantung dari intensitas sinar matahari yang ditangkap *solar sel*.

5.2 Saran

1. Untuk mempersingkat waktu pengisian baterai NiCd maka dapat digunakan sel surya yang mempunyai arus lebih besar dengan tegangan yang memenuhi standar.
2. Alat yang praktis, serbaguna dan mudah dioperasikan adalah dambaan pengguna. Oleh sebab itu disarankan untuk pengisi baterai ini tidak hanya dapat digunakan untuk jenis NiCad saja namun bisa untuk beberapa jenis dan baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Malik Ibnu Moh. ST. 2006. "*Pengantar Membuat Robot*". Gava Media: Yogyakarta.
- [2]. Malvino. 2003. "*Prinsip-Prinsip Elektronika*". Salemba Teknika: Jakarta.
- [3]. S.Wasito. 1984. "*VADEMEKUM ELEKTRONIKA*". Gramedia: Yogyakarta
- [5]. Putra Eko Agfianto. 2004. "*Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*". Gava Media: Yogyakarta.


```

;*****
;***** Program Catu Daya Terkendali PWM *****
;*****
;frekuensi PWM ~ 4 Khz dengan kristal 24 MHZ
;Cek ADC Tegangan pada port 0 ADC ARUS pada port2

PWM      bit    P3.7    ; pin keluaran PWM
LED      bit    P0.7

;Variabel
ARUS     equ    21H
TEGANGAN equ    22H
REFARUS  equ    24H
REFTEG   equ    25H

;kontrol ADC
OEADC   bit    P3.5    ; pin output enable
SCONV   bit    P3.4    ; start konversi
EOC     bit    P3.2    ; end konversi
A0      bit    P3.0
A1      bit    P3.1
DATAADC equ    P1      ; port Data ADC

INTR    bit    20H.2   ; bit tanda konversi ADC selesai
STAGE   bit    20H.3   ; bit tanda tahap pengisian

;***** alamat interupsi *****

org     0000h
ljmp    mulai          ; main program

org     0003h          ; Interupsi eksternal 0
setb    INTR           ; setiap selesai konversi ADC
reti

;***** Interupsi Timer0 *****
;***** setiap 255 clock *****
;Setiap 255 clock output PWM diset 1
;*****

org     000bh          ;Interupsi Timer0
setb    PWM           ;Output PWM = high
setb    tr1
reti

org     0013h          ; interupsi eksternal 1
reti

;***** Interupsi Timer 1 *****
;***** setiap nilai pulsa *****
;Untuk menghasilkan pulsa 1 selama nilai
;dalam variabel pulsa

org     001bh
clr     tr1
clr     PWM           ; nolkan PWM
reti    ; return interupsi (interupsi selesai)

;*****
;***** Program Utama *****
;*****

```



```

mulai:      MOV     TMOD,#22h    ; Timer mode 8 bit isi ulang
            MOV     TH0,#00H  ; seting timer 255clock=ffh (periode)
            MOV     TLO,#00H  ;
            MOV     TH1,#80H  ; seting pulsa awal
            MOV     TL1,#80H  ;
            MOV     REFARUS,#48h ;
            MOV     REFTEG,#90h ;
            SETB    EA        ;interupsi dienable
            SETB    EX0
            SETB    IT0
            SETB    ET0      ; Timer0
            SETB    ET1      ; Timer1
            SETB    PT1      ; Prioritas untuk timer1
            CLR     PWM
chZBAT:    CLR     LED        ; LED HIJAU nyala (Tanda Charging)
            MOV     R4,#50
LAGI:      CALL    DELAY      ; delay 56 ms x 50 = 3,25 detik
            DJNZ   R4,LAGI
            setb   tr0      ; mulai mencacah
loop:      CALL    PWMTURUN
            CALL    DELAY
            CALL    DELAY
            CALL    UKURTEGANGAN
            SUBB   A,#90h
            JNC   loop

```

***** TAHAP ARUS KONSTAN (CC) *****

```

LoopCC:
            CALL    DELAY
            CPL     LED
            CLR     P0.0
            SETB   P0.1
            CALL    DELAY
            setb   tr0
            CALL    UKURARUS
            SUBB   A,REFARUS
            JC     naik
            CALL    PWMTURUN
            JMP    terusCC
naik:
            CALL    PWMNAIK
terusCC:
            CALL    UKURTEGANGAN
            CPL     A
            MOV    P2,A
            MOV    A,TEGANGAN
            SUBB   A,REFTEG
            JC     LoopCC

```

***** TAHAP TEGANGAN KONSTAN (CV) *****

```

LoopCV:
            CALL    DELAY
            CPL     LED
            SETB   P0.0
            CLR     P1.1
            CALL    DELAY
            CALL    UKURTEGANGAN
            SUBB   A,REFTEG
            JC     naik2
            CALL    PWMTURUN
            JMP    TERUSCV

```

```

naik2:
CALL    PWMNAIK
TERUSCV:
CALL    UKURARUS
CPL     A
MOV     P2,A
MOV     A,ARUS
SUBB    A,#1
JNZ     LoopCV
CALL    PWMOFF
SETB    LED
CLR     P0.0
CLR     P0.1
JMP     $
;SUBRUTIN
PWMOFF:
    clr     tr0
    clr     PWM
    RET
UKURARUS:
CLR     A0           ; A1-A0 = 00 (pin IN0 aktif)
CLR     A1
CALL    BACAADC
MOV     ARUS,A       ; simpan pada variabel ARUS
RET
UKURTEGANGAN:
SETB    A0           ; A1-A0 = 01 (pin IN1 aktif)
CLR     A1
CALL    BACAADC
MOV     TEGANGAN,A  ; simpan pada var TEGANGAN
RET
BACAADC:
CLR     SCONV
SETB    SCONV
NOP
CLR     SCONV       ; pulsa start
JNB     INTR,$      ; tunggu interupsi KONVERSI selesai
CLR     INTR        ; tanda interupsi dinolkan lagi.
JNB     EOC,$
SETB    OEADC       ; OUTPUT ADC dienable spy bisa dibaca.
NOP
MOV     A,DATAADC   ; Baca data ADC simpan di Accu
CLR     OEADC       ; membalik urutan bit
RL     A
MOV     R0,A
RL     A
RL     A
MOV     R1,A
RL     A
RL     A
MOV     R2,A
RL     A
RL     A
ANL     A,#10001000b
MOV     R3,A
MOV     A,R2
ANL     A,#01000100b
ORL     A,R3
MOV     R3,A
MOV     A,R1
ANL     A,#00100010b
ORL     A,R3
MOV     R3,A

```

```

MOV     A,R0
ANL    A,#00010001b
ORL    A,R3
RET

PwMTURUN:
MOV     A,TH1
INC     A
JZ      maks
MOV     TH1,A
maks:   RET
PwMNAIK:
MOV     A,TH1
DEC     A
JZ      maks
MOV     TH1,A
RET

delay:  mov     r2,#0ffh
ulang:  mov     r7,#0ffh
        djnz   r7,$
        djnz   r2,ulang
        ret
        END

```

; (Maksimal TH1 = 0ffh)
; maka PWM diturunkan lebarpulsanya
;256 x256 = 65536 clock

