



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN SISTEM PENANGKAPAN
ENERGI MAKSIMUM PADA SOLAR CELL**

SKRIPSI

THOMAS DAMAS SETYO
070620005

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANANG BANGUN SISTEM PENANGKAPAN
ENERGI MAKSIMUM PADA SOLAR CELL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**THOMAS DAMAS SETYO
070620005**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Thomas Damas Setyo

NPM : 0706200005

Tanda Tangan :

Tanggal : 29 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Thomas Damas Setyo
NPM : 0706200005
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Penangkapan Energi
Maksimum Pada Solar Cell

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Ridwan Gunawan, MT. ()

Penguji : Aries Subiantoro, ST., M.Sc. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- a. Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- b. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- c. Sahabat yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 29 Juli 2009

Penulis

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Thomas Damas Setyo
NPM : 0706200005
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun Sistem Penangkapan
Energi Maksimum Pada Solar Cell

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 29 Juli 2009

Thomas Damas Setyo
0706200005

ABSTRAK

Nama : Thomas Damas Setyo
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Sistem Penangkapan Energi Maksimum Pada Solar Cell

Tugas Akhir ini membahas tentang sebuah konsep pencarian algoritma optimasi untuk menentukan maksimum daya yang dapat dicapai oleh 15 blok solar cell yang disusun menjadi satu kesatuan secara seri sehingga akan menghasilkan kurang lebih 300 volt DC dengan arus maksimum yang dapat dicapai adalah 3 Ampere. Secara sederhana dapat dijelaskan proses sistem ini adalah dengan mengubah masukan tegangan analog menjadi data digital yang kemudian oleh mikrokontroler akan diolah untuk mendapatkan pergerakan motor rotator kearah daya yang paling maximal. Tentunya secara logika tegangan maximal dicapai pada saat solar cell mengikuti pergerakan atau perpindahan posisi matahari, ini juga yang akan dicapai dalam tugas akhir ini.

Kata kunci: optimasi, daya maksimum, rotator

ABSTRACT

Name : Thomas Damas Setyo
Study Program : Electrical Engineering
Title : Design and Development of Maximum Energy Collecting System on Solar Cell

This Final Assignment discuss about searching optimum algorithm to determine maximum power can be reach by 15 solar cell blok that are arranged in array to produce thereabout 300 volt dc with 3 amper maximum current. Simplify, can be explained that the system process change analog input voltage and then by microcontroller will be processed to get rotator movement toward where does the sunlight position. Certainly maximum voltage could be reached when solar cell following position of sun movement, finally this is will be reached in Final assignment.

Key words: optimum ,maximum voltage, rotator

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Pembatasan Masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	18
2.1 Dasar Pemikiran	5
2.2 Teori Elektronika Komponen Penyusun	8
2.2.1 Solar Cell	8
2.2.2 Mikrokontroler AT89S51/52.....	8
2.2.3 ADC 0804.....	21
2.2.4 LM 324 (Quad Operational Amplifier).....	22
2.2.5 Penampil LCD 16 x 2.....	23
2.2.6 T-2XX Tailtwister Rotator.....	24
2.2.7 Relay.....	25
2.2.8. Regulator Tegangan.....	26
2.2.9 Transistor.....	27

BAB III RANCANG BANGUN SISTEM	30
3.1 Prinsip Kerja Sistem.....	30
3.1.1 Blok Diagram dan Fungsinya.....	31
3.2 Realisasi Perangkat Keras.....	32
3.2.1 Konstruksi Solar Cell.....	32
3.2.2 Perangkat Elektronika.....	34
3.2.2.1 Power Supply.....	34
3.2.2.2 Sensor Tegangan.....	35
3.2.2.3 Sistem ADC.....	37
3.2.2.4 Rangkaian Penggerak Relay.....	37
3.2.2.5 Rangkaian Utama.....	39
3.3 Realisasi Perangkat Lunak.....	42
3.3.1 Diagram Alir sistem Scanning Solar Cell.....	42
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM.....	48
4.1 Pengujian Voltage Sensing.....	48
4.2 Pengujian ADC Sistem.....	49
4.3 Pengolahan Data Pengukuran Tegangan Solar Cell.....	51
BAB V KESIMPULAN.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Pencarian Titik Maksimum.....	6
Gambar 2.2	Solar Cell.....	8
Gambar 2.3	Konfigurasi Pin AT89S51/52.....	10
Gambar 2.4	Hubungan Osilator.....	13
Gambar 2.5	Arsitektur AT89S51/52.....	14
Gambar 2.6	Blok Diagram Inti AT89S51/52.....	18
Gambar 2.7	Struktur Memori Program dan Data Pada AT89S51/52.....	18
Gambar 2.8	Pemetaan SFR.....	19
Gambar 2.9	Simbol ADC 0804.....	22
Gambar 2.10	Diagram Blok Op-Amp.....	23
Gambar 2.11	LM 324.....	23
Gambar 2.12	Bentuk LCD(Liquid Crystal Display) 16 × 2.....	24
Gambar 2.13	T-2XX Tailtwister Rotator.....	25
Gambar 2.14	Simbol Relay dan Pin Relay Tampak Bawah.....	26
Gambar 2.15	Simbol IC 78XX.....	27
Gambar 2.16	Transistor Kondisi On.....	28
Gambar 2.17	Transistor Kondisi Off.....	28
Gambar 2.18	Garis Beban DC Pada Switch Transistor.....	29
Gambar 3.1	Ilustrasi Pencarian Titik Maximum.....	30
Gambar 3.2	Blok Diagram Sistem Kendali Motor.....	31
Gambar 3.3	Bracket Solar Cell.....	32
Gambar 3.4	Bracket Motor DC.....	33
Gambar 3.5	Konstruksi Akhir Solar Cell.....	33
Gambar 3.6	Rangkaian Power Supply.....	35
Gambar 3.7	Voltage Sensing Circuit.....	36
Gambar 3.8	Simbol Differential Op-Amp dan Persamaan V_{out}	36
Gambar 3.9	Rangkaian Sensor Tegangan dan ADC 0804.....	37
Gambar 3.10	Resistor Basis dan Resistor pull up.....	38
Gambar 3.11	Rangkaian Penggerak Relay.....	39
Gambar 3.12	Sistem Minimum AT89S52 dan <i>Voltage Sensing</i>	40

Gambar 3.13 Sistem minimum AT89S51.....	41
Gambar 3.14 Flowchart Sistem Scanning AT89S52.....	44
Gambar 3.15 Flowchart Sistem Scanning Solar Cell (AT89S52) Lanjutan.....	45
Gambar 3.16 Flowchart Timer Pada AT89S51.....	46
Gambar 4.1 Differential Amplifier dan Rangkaian Voltage Sensing.....	48
Gambar 4.2 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 09.00.....	52
Gambar 4.3 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 10.00.....	53
Gambar 4.4 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 11.00.....	54
Gambar 4.5 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 13.00.....	55
Gambar 4.6 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 15.00.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi Khusus Port 1...	11
Tabel 2.2	Fungsi Port 3...	12
Tabel 2.3	Register TCON.....	15
Tabel 2.4	Register TMOD.....	16
Tabel 2.5	Special Function Register... ..	16
Tabel 2.6	Deskripsi Register TMOD.....	17
Tabel 2.7	Bit-bit PSW.....	20
Tabel 3.1	Port Pada AT89S52 dan Fungsinya.. ..	43
Tabel 4.1	Tegangan Vin dan Output Pada ADC..49	
Tabel 4.2	Tegangan Vin dan Output Pada ADC Diukur di pin 6 dan GND....	50
Tabel 4.3	Tegangan Vin dan Output Pada ADC Diukur Pada Pin 6 dan Negatif Solar Cell.....	50
Tabel 4.4	Pengukuran Pada Jam 09.00.....	51
Tabel 4.5	Pengukuran Pada Jam 10.00.....	52
Tabel 4.6	Pengukuran Pada Jam 11.....	53
Tabel 4.7	Pengukuran Pada Jam 13.00.....	54
Tabel 4.8	Pengukuran Pada Jam 15.00.....	55
Tabel 4.9	Sudut dan Arah Mata Angin Menurut Standar Berlaku.....	56
Tabel 4.10	Sudut dan Arah Berdasarkan Penunjukan Kompas.....	56
Tabel 4.11	Perkiraan Sudut dan Waktu Terjadi Tegangan Maximum.....	57

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan suatu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan orang banyak. Apalagi dengan semakin banyaknya alat-alat yang menggunakan listrik sebagai sumber energi pada jaman sekarang ini. Dengan semakin banyaknya kebutuhan listrik itu, maka semakin banyak energi listrik yang harus dikeluarkan, terutama oleh PLN. Listrik juga merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan dalam segala kegiatan yang berhubungan dengan elektronika, oleh karena itu untuk pemakaiannya sangatlah bervariasi.

Untuk sebagian masyarakat kota, listrik sangatlah mudah untuk didapat tetapi bagi masyarakat yang tinggal di daerah-daerah terpencil sangat sulit untuk mendapatkan energi listrik. Hal ini terjadi karena jaringan yang dibuat oleh PLN tidak menjangkau daerah terpencil dan juga biaya produksi yang dikeluarkan untuk membuat jaringan listriknya sangatlah mahal. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik yaitu solar cell. Solar cell merupakan suatu alat yang memanfaatkan cahaya matahari untuk diubah menjadi energi listrik dalam bentuk gelombang dc murni.

Pemanfaatan solar cell di banyak tempat dipasang dengan kondisi tetap tanpa mampu bergerak mengikuti posisi matahari. Ini dikarenakan memang membuat sebuah sistem solar cell yang dapat bergerak dan mengikuti pergerakan matahari masih terbilang cukup mahal. Namun untuk menghasilkan daya ataupun energi maksimum dari solar cell hal tersebut perlu dilakukan. Untuk merealisasikan maksud tersebut maka pada tulisan ini disusun suatu Rancang Bangun Sistem Penangkapan Energi Maksimum Pada Solar Cell yang diharapkan mampu untuk memenuhi maksud dan tujuan tugas akhir ini disusun.

Tidak seperti biasanya sistem yang akan dirancang menggunakan suatu metode *scanning* terhadap titik-titik tegangan tertentu sampai diperoleh suatu keadaan maksimum dari tegangan solar cell dan proses pencariannya menggunakan algoritma optimasi. Sistem ini memfungsikan solar cell sendiri

berlaku sebagai sensor sehingga diharapkan akan lebih optimal dalam pencapaian energi matahari.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem penangkap energi maksimum pada solar cell dengan metode *scanning* yaitu memanfaatkan solar cell itu sendiri sebagai pengubah energi matahari menjadi energi listrik dan sekaligus sebagai sensor utama untuk mengejar optimalisasi penerimaan sinar matahari
2. Bagaimana merancang sebuah sistem penerimaan tegangan dc solar cell yang sistemnya sendiri disuplay oleh tegangan jala-jala PLN

1.3 Tujuan Penulisan

Energi matahari yang diterima pada permukaan solar cell hampir memberikan efek ataupun hasil yang sama bila terjadi pada siang hari, namun akan berbeda bila pada pagi hari ataupun pada saat sinar matahari yang datang tertutup oleh awan karena mendung dan hal lain. Oleh karena itu perlu adanya suatu usaha untuk memperoleh hasil maksimal dari solar cell ini dengan pendekatan optimasi. Berikut adalah tujuan tulisan ini disusun:

1. Bagaimana mendapatkan suatu nilai tegangan maksimum berdasarkan suatu pemikiran ratio golden section
2. Merancang suatu sistem pengolah tegangan input yang mampu menurunkan tegangan dc yang cukup besar menjadi hanya berada pada rentang 0 – 5 volt lalu mengkonversinya menjadi data digital sekaligus dalam tulisan ini akan menganalisisnya.

1.4 Pembatasan Masalah

Dalam perancangan dan pembuatan sistem ini, terdapat beberapa pembatasan masalah, antara lain:

1. Energi matahari optimalisasi belum digunakan untuk pemanfaatan peralatan sehingga disini tidak dirancang suatu sistem penyimpanan pada baterai ataupun sistem penggunaan langsung
2. Pencarian algoritma optimasi menggunakan Rasio Golden Section yaitu sebesar 60% untuk setiap waktu pembalikan dan tidak menggunakan nilai persentase yang lain

1.5 Metodologi

Rancang Bangun Sistem Penangkapan Energi Maksimum Pada Solar Cell menggunakan metodologi penelitian sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur mengacu pada prinsip kerja alat yang dirancang, meliputi sistem sensor solar cell, pemakaian *driver* motor rotator dan sistem mikrokontroler AT89S51 dan AT89S52.

2. Perancangan sistem

Alat yang dibuat harus mampu mengolah data tegangan solar cell yang saling membandingkan agar diperoleh suatu hasil maksimal. Langkah-langkah dalam perencanaan sistem adalah:

- a. Pembuatan blok diagram rangkaian.
- b. Pembuatan rangkaian pada tiap-tiap blok.
- c. Menyusun tiap-tiap blok menjadi satu sistem secara keseluruhan.
- d. Pembuatan perangkat lunak sistem.

3. Pembuatan Alat dan Software

Pembuatan dimulai perancangan konstruksi, pembuatan blok diagram pemasangan komponen dan pembuatan perangkat lunak yang mendukung sistem secara keseluruhan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam Penulisan laporan skripsi ini, disusun berdasarkan bab-bab dan terdiri atas lima bab dan selanjutnya diperjelas dalam beberapa sub bab. Secara keseluruhan skripsi ini disusun dalam sistematika sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metodologi dan sistematika penulisan.

2. Bab II Landasan Teori

Dijelaskan bagaimana dasar pemikiran sistem penjejak solar cell dengan metode rasio golden section ini, dasar teori komponen yang digunakan antara lain sensor tegangan dengan memanfaatkan differential amplifier, sistem ADC 0804 dan juga mikrokontroler AT89S51/52.

3. Bab III Rancang Bangun

Menjelaskan prinsip kerja sistem, blok diagram sistem serta perancangan dan teknik-teknik penghitungan untuk menentukan komponen yang digunakan.

4. Bab IV Pengujian dan Analisa Sistem

Pengolahan data hasil pengambilan tegangan solar cell, lalu perbandingan data sistem penjejak otomatis dengan secara manual

5. Bab V Kesimpulan

Berisi tentang kesimpulan dari perancangan dan pembuatan serta hasil pengolahan data

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Dasar Pemikiran

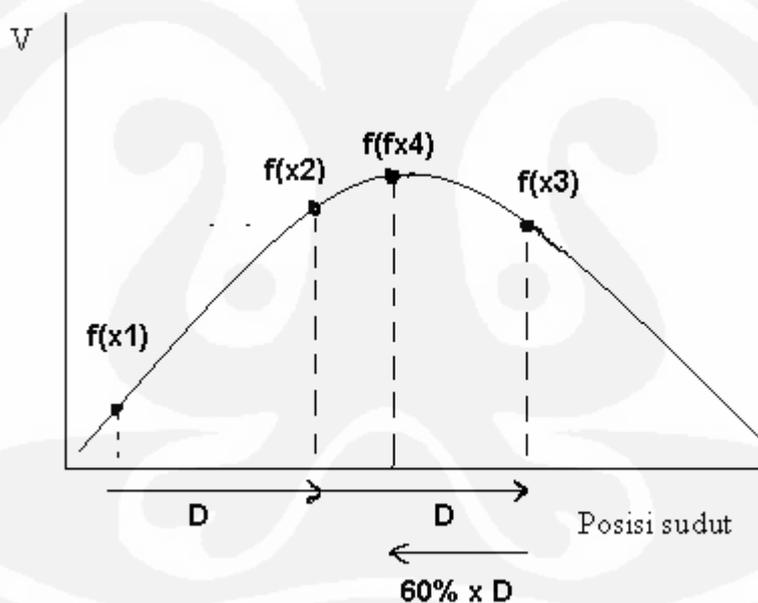
Optimasi adalah salah satu disiplin ilmu dalam matematika yang fokus untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang, maupun pencarian nilai lainnya dalam berbagai kasus. Ada juga yang menyebut optimasi merupakan aktivitas untuk mendapatkan hasil yang terbaik dari pilihan yang tersedia. Tujuan dari setiap keputusan adalah untuk meminimumkan usaha yang dilakukan atau memaksimumkan keuntungan yang diperoleh. Usaha atau keuntungan tersebut secara praktek dinyatakan sebagai fungsi dengan variable keputusan yang akan dicari nilai optimumnya. Dalam kehidupan sehari-hari, baik disadari maupun tidak, orang selalu melakukan optimasi untuk memenuhi kebutuhannya. Optimasi yang dilakukan oleh masyarakat awam lebih banyak dilandasi oleh intuisi daripada teori optimasi.

Optimasi sangat berguna di hampir segala bidang dalam rangka melakukan usaha secara efektif efisien untuk mencapai target hasil yang ingin dicapai. Tentunya hal ini akan sangat sesuai dengan prinsip ekonomi yang berorientasikan untuk senantiasa menekan pengeluaran untuk menghasilkan outputan yang maksimal. Optimasi ini juga penting karena persaingan saat ini sudah benar benar sangat ketat. Seperti yang dikatakan di awal, bahwasanya optimasi sangat berguna bagi hampir seluruh bidang yang ada, maka berikut ini adalah contoh-contoh bidang yang sangat terbantu dengan adanya teknik optimasi tersebut. Bidang tersebut antara lain arsitektur, data *mining*, jaringan komputer, *signal and image processing*, telekomunikasi, ekonomi, transportasi, perdagangan, pertanian, perikanan, perkebunan, perhutanan, dan sebagainya.

Sebagai contoh implementasi teknik optimasi ini, kita lihat dengan mengambil cara mudah untuk mengoptimalkan *performance* komputer pada saat memakai suatu program agar berjalan lebih lancar. Caranya adalah dengan mematikan program- program yang *running* namun sebenarnya tidak diperlukan. Jika komputer kita tidak sedang membutuhkan koneksi dengan jaringan, sebaiknya semua *service* yang mendukung ataupun berhubungan dengan jaringan,

ada baiknya dimatikan. Selain itu jika kita pun tidak terkoneksi dengan jalan masuknya virus, ada baiknya sekalian mematikan anti virus yang sedang bekerja. Hal ini akan membuat *performance* computer kita lebih optimal, dengan mematikan program-program yang tidak sedang dipakai dan memakan memori.

Bidang optimasi memberikan banyak pilihan bagi pengguna untuk menentukan teknik yang mana yang akan dipakai untuk membentuk persamaan modelnya. Metode optimasi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode optimasi numeris yang hanya berlaku untuk suatu fungsi yang mempunyai satu puncak (maksimum) atau satu lembah (minimum) atau biasa disebut unimodal. Kaitannya dengan tema bahasan tugas akhir ini yang mencari titik maksimum tegangan solar cell, juga tidak lepas dari metode optimasi. Disebut demikian sebab fungsi yang dicari adalah tegangan solar cell yang akan selalu berubah nilainya terhadap sudut yang dibentuk seperti ilustrasi grafik dibawah ini.



Ket: $f(x_1)$, $f(x_2)$, $f(x_3)$, $f(x_4)$ adalah tegangan solar cell pertama, kedua, ketiga dan keempat

Gambar 2.1 Grafik ilustrasi pencarian titik maksimum

Pada grafik diatas $f(x_1)$, $f(x_2)$, $f(x_3)$, dan $f(x_4)$ merupakan nilai tegangan solar cell. Optimasi nonlinier ditinjau dari pandangan matematis adalah topik lanjutan dan secara konseptual sulit. Dibutuhkan pengetahuan aktif mengenai kalkulus

diferensial dan aljabar linier. Sangatlah tidak mungkin untuk mendiskusikan teknik-teknik optimasi lanjutan dengan rinci karena diperlukannya pengetahuan matematis canggih dalam waktu yang singkat. Dalam optimasi dikenal ada beberapa teori optimasi, berikut adalah bagian dari optimasi numeris satu dimensi:

A. Teknik Eliminasi

1. Pencarian bebas
2. Pencarian lengkap
3. Pencarian dikotomi
4. Pencarian Fibonacci
5. Pencarian Rasio Emas

B. Teknik Pendekatan

1. Newton (Kuadratik)

Dari beberapa teknik optimasi tersebut yang dipilih adalah teknik pencarian rasio emas atau golden section yang sangat dekat kaitannya dengan fibonacci karena rasio golden emas ini diperoleh dari perbandingan yang sama dari angka-angka deret fibonacci setelah angka ke 13 dan seterusnya. Dalam aturan rasio emas yang perlu diperhatikan adalah fungsi tujuan yang dioptimalkan harus fungsi unimodal pada interval pencarian. Letak yang tepat dari titik optimum tidak dapat ditentukan. Hanya interval pencariannya saja yang dapat diketahui dan dapat diperkecil sesuai dengan ketelitian yang dikehendaki. Dalam aturan ini juga yang perlu diingat adalah N step dari reduksi dengan golden section mengurangi range dengan faktor $0,61803^N$.

2.2 Teori Elektronika Komponen Penyusun

2.2.1 Solar Cell

Sel Surya adalah suatu alat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Sel surya terbuat dari batu polycrystal silium yang dihancurkan menjadi serbuk silium dan kemudian dipadatkan sehingga berbentuk batang. Kemudian dipotong-potong menjadi lempengan setebal $\pm 0,3$ mm. Sel surya pada keadaan tanpa penyinaran mempunyai prinsip kerja seperti prinsip kerja Dioda. Setelah sel surya mendapat sinar matahari dan jatuh pada permukaan N-Si dengan ketebalan $\pm 0,5$ mm, maka energi yang diserap sebesar h.v. yang

biasa disebut dengan photon. Kemudian akan bertabrakan dengan silikon yang bermuatan positif dan negatif, sehingga silikon yang bermuatan negatif melepaskan diri dan bergerak ke daerah N. Silikon yang bermuatan positif akan tetap berada pada daerah P. Akibat dari tumbukan ini menimbulkan panas pada sel surya.



Gambar 2.2 Solar Cell

2.2.2 Mikrokontroler AT89S51/52

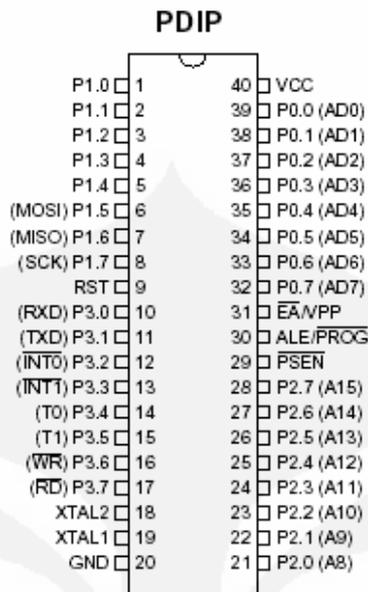
Mikrokontroler AT89S52 maupun AT89S51 memiliki kesamaan fitur dan arsitektur namun berbeda dalam hal kapasitas ROM-nya. Mikrokontroler AT89S51/52 dilengkapi dengan 4 buah port paralel yaitu port 0, port 1, port 2 dan port 3 yang masing-masing port terdiri atas 8 pin. Keempat port ini dapat diakses dengan pengalamatan secara bit.

Mikrokontroler merupakan perkembangan dari mikroprosesor. Dalam sebuah chip mikrokontroler telah terintegrasi memori, CPU dan I/O. Hal tersebut membuat mikrokontroler dapat langsung dibuat sistem dengan menambahkan sedikit *peripheral* lain. Sifat mikrokontroler yang mampu diprogram (*programmable*) menyebabkan mikrokontroler mempunyai kemampuan aplikasi yang sangat luas. AT89S51/52 adalah salah satu jenis mikrokontroler buatan Atmel dan merupakan keluarga MCS-51. Pada mikrokontroler AT89S51/52 terdapat fasilitas ISP (*In System Programming*), artinya mikrokontroler ini mampu diprogram meskipun dalam kondisi bekerja. AT89S52/51 memiliki beberapa fitur diantaranya:

- kompatibel dengan produk MCS-51

- 4 kbyte untuk AT89S51 dan 8 kbyte untuk AT89S52 *in sistem programmable flash memory*
- dapat diprogram sampai 1000 kali pemrograman
- tegangan kerja 4.0 – 5.5 Volt
- beroperasi antara 0 – 33 Mhz
- tiga tingkatan program *memory lock*
- 256 x 8 bit RAM *internal & Special Function Register*
- 32 saluran I/O
- Dua buah *Timer/Counters* untuk AT89S51 dan tiga buah *timer/counters* untuk AT89S52
- saluran UART serial *Full Duplex*
- Memiliki enam sumber interupsi untuk AT89S51 dan delapan sumber interupsi untuk AT 89S52
- mode *low-power idle* dan *power-down*
- *Interrupt recovery* dari mode *power-down*
- *watchdog timer*

AT89S51/52 merupakan CMOS mikrokontroler 8-bit yang hemat daya. Chip ini menggunakan teknologi memori *volatile* dengan densitas yang tinggi dari Atmel dan kompatibel dengan standar industri. Flash memori yang ada didalam chip tersebut memberikan program memori dapat diprogram ulang dengan cara *in-sistem*. AT89S51/52 merupakan mikrokontroler dengan performa tinggi yang memberikan fitur fleksibilitas dengan solusi hemat biaya yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. AT89S51/52 mempunyai 40 kaki, 32 kaki digunakan untuk keperluan port parallel. Setiap port terdiri atas 8 pin, sehingga terdapat 4 port, yaitu port 0, port 1, port 2, dan port 3. Konfigurasi pinnya ditunjukkan oleh gambar 2.3.



Gambar 2.3 Konfigurasi pin AT89S51/52

Deskripsi Pin AT89S52:

- **VCC**
Catu daya + 5 volt
- **GND**
Ground
- **PORT 0**

Port 0 adalah port I/O 8 bit jalur bidirectional terbuka. Sebagai sebuah *port output*, masing-masing pin dapat memasukkan 8 input TTL. '1' ditulis ke pin port 0 maka pin dapat digunakan sebagai input impedansi tinggi Port 0 bisa pula dikonfigurasi pada *multiplexed low order address/data* bus selama akses ke program eksternal dan memori data. Pada mode demikian, P0 mempunyai *pull up* internal. Port 0 menerima kode byte selama flash programming dan output kode byte selama program verification. Port 0 memerlukan Pull up eksternal selama program *verification*

- **PORT 1**
Port I/O 8 bit dua arah. Keluaran penyangga port 1 dapat mendukung 4 masukan TTL. Ketika 1 dituliskan ke pin port 1 akan ditarik tinggi oleh internal *pull-up* dan dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan pin

port 1 secara eksternal menarik rendah sumber arus karena internal *pull-up*. Port 1 juga menerima kode data selama pemrograman *flash* dan verifikasi program.

Tabel 2.1 Fungsi khusus port 1

Port Pin	Alternatif Functions
P1.5	MOSI (used in-sistem programming)
P1.6	MISO (used in-sistem programming)
P1.7	SCK (used in-sistem programming)

- **PORT 2**

Port I/O 8 bit dua arah. Keluaran penyangga port 2 dapat mendukung 4 masukan TTL. Pada saat 1 dituliskan ke pin port 2 akan ditarik tinggi oleh internal *pull-up* dan dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan pin port 2 secara eksternal menarik rendah sumber arus karena internal *pull-up*. Port 2 mengeluarkan *high-order byte* selama mengambil dari memori program eksternal dan selama akses ke memori data eksternal yang menggunakan 16 bit alamat. Dalam aplikasinya digunakan internal *pull-up* yang kuat ketika mengeluarkan 1. Selama akses ke memori data eksternal mengeluarkan alamat 8 bit (MOVX@R1), port 2 mengeluarkan muatan dari register fungsi khusus P2. Port 2 juga menerima kode data selama pemrograman *flash* dan verifikasi.

- **PORT 3**

Port I/O 8 bit dua arah dengan *pull-up internal*. Keluaran buffer port 3 mendukung 4 masukan TTL. Pada saat 1 dituliskan ke port 3 ditarik tinggi oleh *internal pull-up* dan dapat digunakan sebagai masukan. Sebagai masukan pin port 3 secara eksternal menarik rendah sumber arus karena *pull-up*. Port ini juga mempunyai fungsi lain, yaitu:

Tabel 2.2 Fungsi khusus port 3

Port Pin	Alternatif Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT 0(external interrupt 0)
P3.3	INT 1(external interrupt 1)
P3.4	T0(timer 0 external input)
P3.5	T1(timer 1 external input)
P3.6	WR(external data memory write strobe)
P3.7	RD(external data memory read strobe)

- RST

Masukan (*Reset*), saat masukan 1 pada pin ini untuk 2x siklus mesin sementara osilator berjalan akan merest seluruh pin I/O

- $\overline{ALE} / \overline{PROG}$

Address Latch Enable mengeluarkan pulsa untuk memasang byte rendah dari alamat selama akses ke memori eksternal. Pin ini adalah pulsa program masukan (\overline{PROG}) selama flash pemrograman. Dalam operasi normal ALE dikeluarkan dengan frekuensi tetap yaitu 1/6 frekuensi osilator, dan mungkin digunakan pewaktuan eksternal atau tujuan clocking. Jika diinginkan operasi ALE dapat dilumpuhkan dengan pengaturan bit 0 SFR penempatan 8Eh. Dengan bit reset, ALE aktif hanya selama instruksi MOV atau MOVC. Atau pin akan menarik tinggi dengan rendah. Pengaturan pelumpuhan bit ALE tidak punya efek jika mikrokontroler dalam pelaksanaan eksternal.

- \overline{PSEN}

Program Store Enable adalah *Store* yang dibaca ke memori program eksternal. Ketika AT89S52 sedang melaksanakan kode dari memori program eksternal, PSEN diaktifkan dua kali masing-masing siklus mesin kecuali pengaktifan dua PSEN dilompati selama masing-masing akses ke memori data.

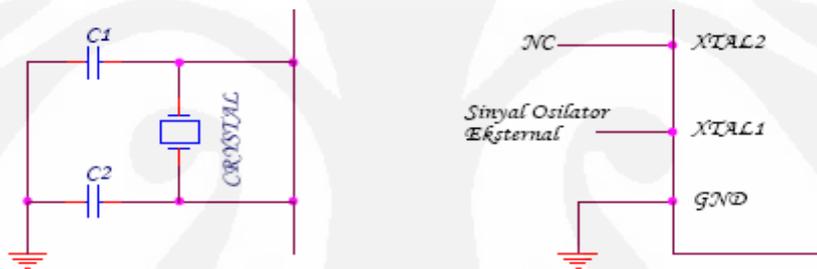
- \overline{EA} / VPP

Eksternal Access Enable. EA harus dihubungkan ke GND untuk memungkinkan alat mengambil kode dari memori program eksternal mulai

dari penempatan 0000H sampai pada FFFFH. EA harus dihubungkan ke VCC untuk pelaksanaan program internal. Pin ini juga menerima 12 volt (VPP) selama *flash* pemrograman untuk program memerlukan tegangan 12 volt (VPP).

- XTAL1/ XTAL2

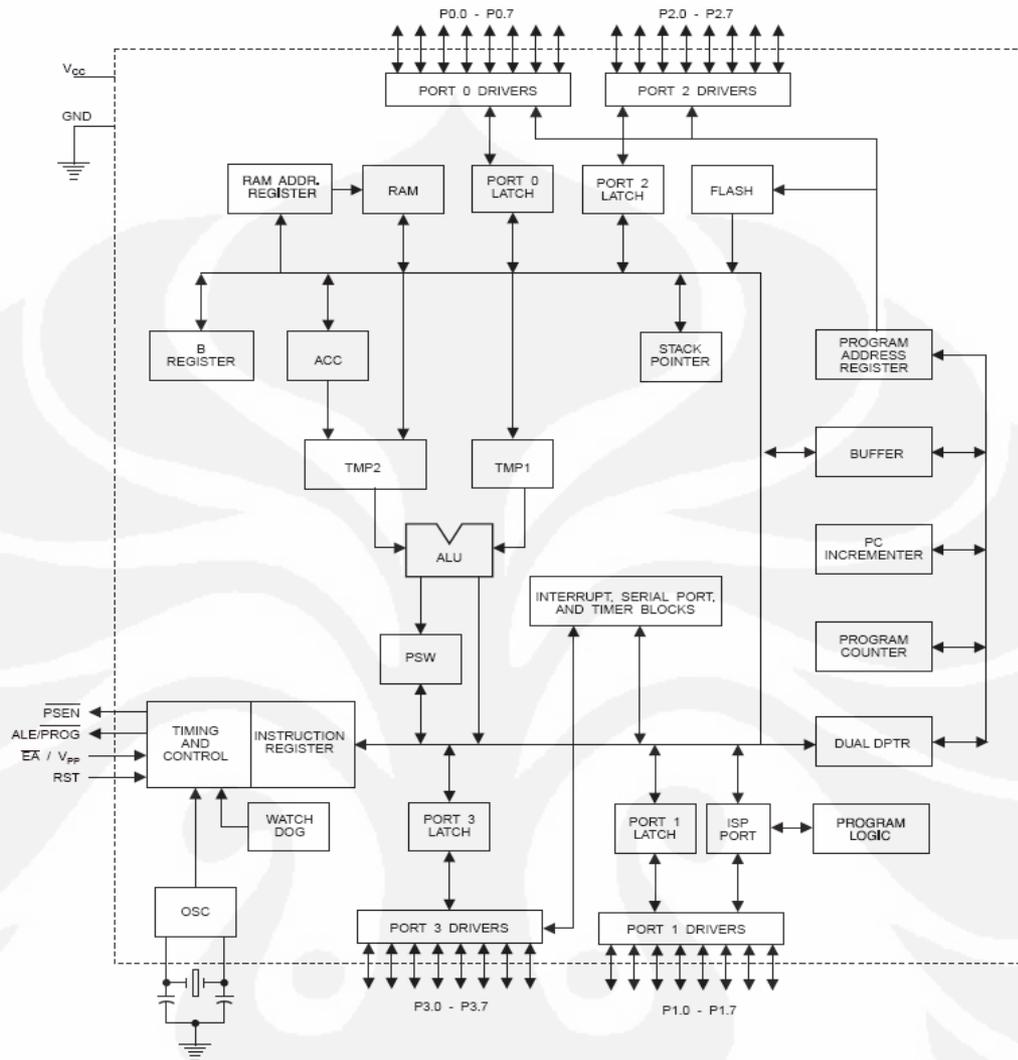
XTAL1 dan XTAL2 adalah keluaran dan masukan, berturut-turut dari penguat membalik yang dapat diatur penggunaannya sebagai suatu *on chip* osilator seperti ditunjukkan gambar 2.6 (a) baik *crystal quartz* maupun *resonator ceramic*. Untuk menjalankan alat dari sumber *clock* eksternal, XTAL2 harus dilepakan selama XTAL1 dikemudikan seperti gambar 2.7 (b). Tidak ada permintaan pada siklus kerja dari sinyal *clock* eksternal, karena masukan ke rangkaian *clock* internal melalui 2 flip-flop tetapi tegangan maksimum dan minimum spesifikasi waktu tinggi dan rendah harus diamati.



(a) Konfigurasi *clock* internal (b) Konfigurasi *clock* eksternal

Gambar 2.4 Hubungan osilator

Block Diagram



Gambar 2.5 Arsitektur AT89S51/52

Memori (penyimpan data) dalam mikrokontroler AT89S51/52 terdiri dari:

a. RAM Internal

Kapasitas memori ini 128 byte (alamat 00H sampai 7FH) yang digunakan untuk menyimpan data sementara.

b. Flash PEROM

Untuk menyimpan program secara permanen, AT89S52 menyediakan *Flash* PEROM dengan kapasitas 8 kbyte sedangkan AT89S51 dengan kapasitas 4 kbyte, yaitu suatu ROM yang dapat ditulis ulang atau dihapus menggunakan *programmer*.

c. Special Function Register (SFR)

Merupakan register khusus yang dipakai untuk mengatur perilaku mikrokontroler tetapi tidak umum dipakai untuk menyimpan data. Mikrokontroler AT89S51/52 mempunyai 21 SFR yang terletak pada alamat 80H hingga FFH (128 byte) seperti yang terlihat dalam tabel 3.5

Timer dan Counter

Timer 0 dan *Timer 1* terdapat pada AT89S51 dan juga AT89S52 dengan tambahan *timer 2* yang berfungsi sebagai *timer* maupun *counter*. Untuk mengaksesnya digunakan register dalam SFR yaitu untuk *timer 0* terdiri dari TL0 (*Timer 0 Low byte*, alamat 8AH) dan TH0 (*Timer 0 High byte*, alamat 8BH), sedangkan *Timer 1* terdiri dari TL1 (*Timer 1 Low byte*, alamat 8CH) dan TH1 (*Timer 1 High byte*, alamat 8DH). Untuk mengatur cara kerja *timer/counter* digunakan register TCON (alamat 88H) dan TMOD (alamat 89H) sedangkan *timer 2* dikontrol oleh register T2CON dan T2MOD. Register TCON yang berhubungan dengan kerja *timer 4* bit terakhir (bit 4 sampai bit 7) seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Register TCON

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
<i>Timer 1</i>		<i>Timer 0</i>					

Bit TF0 dan TF1 sebagai bit penampung limpahan pencacah biner yang akan diset jika terjadi limpahan pencacah. TR0 atau TR1 merupakan bit pengatur saluran sinyal detak, jika di set (1) maka *timer* akan aktif. Register TMOD berupa 8 bit register dengan 4 bit pertama untuk mengatur *Timer 0* dan 4 bit kedua untuk mengatur *Timer 1*. Fungsi dari masing-masing bit TMOD seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Register TMOD

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
Gate	C/T	M1	M0	Gate	C/T	M1	M0

Timer 1

Timer 0

Tabel 2.5 *Special Function Register*

Nama register	Alamat Byte	Fungsi
B	F0	Digunakan pada operasi perkalian dan pembagian
ACC	E0	Penyimpan data sementara pada operasi aritmatik
PSW	D0	Informasi status program/kondisi CPU
IP	B8	Mangatur prioritas interupsi
P3	B0	Port <i>Input-Output</i>
IE	A8	Register pengaktif interupsi
P2	A0	Port <i>Input-Output</i>
SBUF	99	Register penyangga pengirim-penerima
SCON	98	Mengatur mode kerja port serial
P1	90	Port <i>Input-Output</i>
TH1	8D	Pencacah biner <i>Timer 1 high byte</i>
TH0	8C	Pencacah biner <i>Timer 1 low byte</i>
TL1	8B	Pencacah biner <i>Timer 0 high byte</i>
TL0	8A	Pencacah biner <i>Timer 0 low byte</i>
TMOD	89	Mengatur mode kerja <i>timer</i>
TCON	88	Mengatur kontrol kerja <i>timer</i>
PCON	87	<i>Power kontrol</i>
DPH	83	Register penyimpan alamat 16 bit (bersama DPL)
DPL	82	Register penyimpan alamat 16 bit (bersama DPH)
SP	81	Proses ambil simpan dari/ke stack
P0	80	Port <i>Input-Output</i>

Tabel 2.6 Deskripsi register TMOD

Bit	Deskripsi
------------	------------------

0 – 1	Mode <i>Timer 0</i> : 00-Mode 0, <i>timer</i> 13 bit 01-Mode 1, <i>timer</i> 16 bit 10-Mode 2, <i>timer</i> isi ulang 8 bit 11-Mode 3, <i>Timer 0</i> sebagai 2 <i>timer</i> 8 bit, <i>Timer 1</i> 16 bit
2	0-sumber sinyal detak dari osilator kristal 1-sumber sinyal detak dari T0 (<i>Timer 0</i>) atau T1 (<i>Timer 1</i>)
3	0-saluran sinyal detak diatur TR0 atau TR1 1-saluran sinyal detak diatur INT0 atau INT1
4 – 5	Mode <i>Timer 1</i> : 00-mode 0, <i>timer</i> 13 bit 01-mode 1, <i>timer</i> 16 bit 10-mode 2, <i>timer</i> isi ulang 8 bit 11-mode 3, <i>Timer 1</i> berhenti (stop)
6	0-sumber sinyal detak dari osilator kristal 1-sumber sinyal detak dari T0 (<i>timer 0</i>) atau T1 (<i>Timer 1</i>)
7	0-saluran sinyal detak diatur TR0 atau TR1 1-saluran sinyal detak diatur INT0 atau INT1

Kapasitas register TL0, TH0, TL1, TH1 masing-masing 8 bit yang dipakai untuk membentuk pencacah biner 4 buah mode kerja *timer*. Penentuan mode kerja ini diatur oleh register TMOD.

a. Mode 0

Pada mode 0, TL_x dan TH_x (x=0 untuk *Timer 0* dan x=1 untuk *Timer 1*) disusun menjadi pencacah biner 13 bit (0000H – 1FFFH). Bit TF_x akan diset (=1) bila terjadi limpahan hitungan.

b. Mode 1

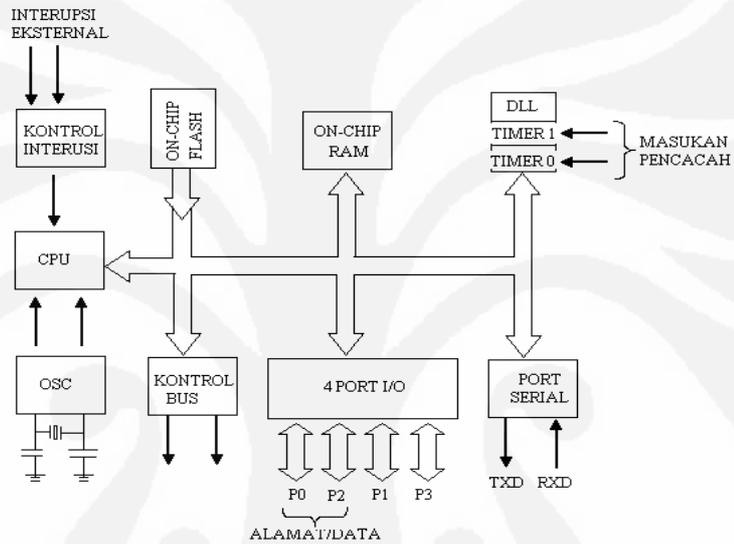
Pada mode ini timer berfungsi sebagai pencacah biner 16 bit (0000H - FFFFH). Kedua timer, baik *Timer 0* maupun *Timer 1* dapat dimanfaatkan untuk keperluan ini.

c. Mode 2

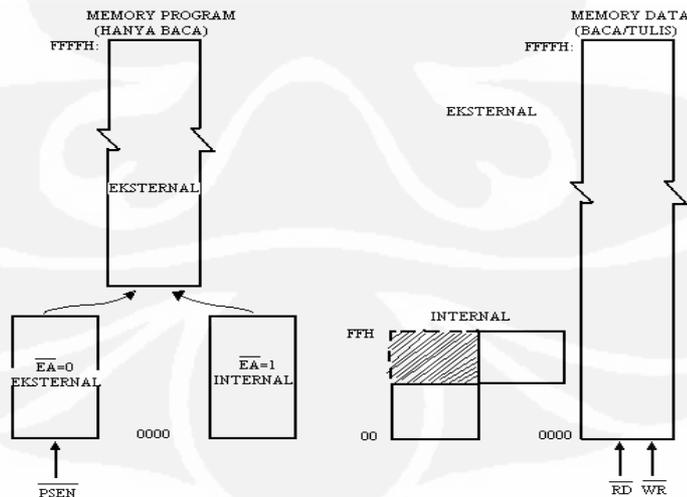
Merupakan timer isi ulang (*reload*). TLx sebagai pencacah 8 bit yang merupakan nilai *timer*. Thx sebagai tempat untuk mengisi ulang ke TLx setiap terjadi limpahan.

d. Mode 3

Pada mode 3, *Timer 0* dipisah menjadi 2 *timer*. TL0 sebagai pencacah biner 8 bit dengan TF0 sebagai *over flow flag* dan TH0 juga sebagai pencacah biner 8 bit dengan TF0 sebagai *over flow flag*. *Timer 1* merupakan *timer* ketiga dengan TH1 sebagai pencacah biner 8 bit dan TF1 sebagai *over flow flag*.



Gambar 2.6 Blok diagram inti AT89S51/52



Gambar 2.7 Struktur memori program dan data pada AT89S51/52

Special Function Register yang terdapat di dalam RAM menempati alamat 80h hingga FFh. Beberapa dari register-register ini juga mampu dialamati dengan

pengalamatan bit sehingga dapat dioperasikan seperti yang ada pada RAM yang lokasinya dapat dialamati dengan pengalamatan bit. *Special Function Register* ini digunakan mencakup *port-port*, pewaktuian (*timer*), kontrol *peripheral* dan lain-lain. Register ini hanya bisa diakses dengan pengalamatan langsung. Terdapat 16 alamat dalam ruang *Special Function Register* dapat diakses baik secara *byte* maupun *bit*.

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H									0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XXXXXX000								0BFH
0B0H	P2 11111111								0B7H
0A8H	IE 0XXXX000								0AFH
0A0H	P2 11111111		AUXR1 XXXXXXXX00				WDTRST XXXXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCN 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXXXXXXXXX		8FH
80H	PC 11111111	SP 00000111	DP0L 00000000	DP0H 00000000	DP1L 00000000	DP1H 00000000		PCON 0X000000	87H

Gambar 2.8 Pemetaan SFR

- ACC
Register ini terletak pada alamat E0h. Hampir semua operasi aritmatik dan operasi logika selalu menggunakan register ini. Untuk proses pengambilan dan pengiriman data ke memori eksternal diperlukan register ini. Atau dengan kata lain register ini digunakan untuk menyimpan data sementara dalam program register ini sebagai register A.
- Port
AT89S51 mempunyai empat buah port yaitu port 0, port 1, port 2, dan port 3 yang terletak pada alamat 80h, 90h, A0h dan B0h. Semua port ini dapat diakses dengan pengalamatan secara bit sehingga dapat dilakukan perubahan *output* pada tiap-tiap pin dari port ini tanpa mempengaruhi pin-pin yang lainnya.
- PSW

Program Status Word terletak pada alamat D0H berisi informasi status program yang terdiri dari beberapa bit sebagai berikut :

Tabel 2.7 Bit-bit PSW

PSW.7	PSW.6	PSW.5	PSW.4	PSW.3	PSW.2	PSW.1	PSW.0
CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

- **Stack Pointer (SP)**
Merupakan sebuah register 8 bit yang terletak pada alamat 81H. Isi dari *stack pointer* ini merupakan alamat dari data yang disimpan di tack. *Stack pointer* dapat diedit dan dibiarkan saja mengikuti standar sesudah terjadi reset. Data yang terakhir tersimpan pada proses penyimpanan data yang pertama kali diambil keluar pada proses pengambilan data dari *stack pointer*.
- **Register B**
Register B digunakan bersama akumulator untuk prose aritmatik selain dapat juga difungsikan sebagai register biasa. Register ini juga bersifat *bit addressable*. Pada alamat F0h dapat digunakan operasi perkalian dan pembagian.
- **Data Pointer (DPTR)**
Merupakan register 16 bit dan terletak pada alamat 82h untuk DPL dan 83h untuk DPH. DPTR biasa digunakan untuk mengakses *source code* atau data yang terletak di memori eksternal.
- **Register Timer**
AT89S52 memiliki 2 buah 16 bit *Timer/Counter* yaitu *timer 0* dan *timer 1*. *Timer 0* teletak pada alamat 8Ah untuk TL0 dan 8Ch untuk TH0 dan *Timer 1* terletak pada alamat 8Bh untuk TL1 dan 8Dh untuk TH1.
- **Register Port Serial**
AT89S52 mempunyai sebuah *on chip serial port* (port serial di dalam keeping) yang dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan peralatan lain yang menggunakan serial port. *Buffer* (penyangga) untuk proses pengiriman maupun pengambilan data terletak pada register SBUF, yaitu pada alamat 99h.

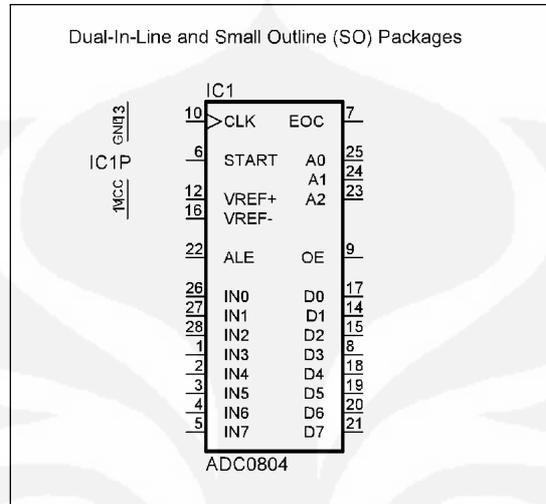
- Capture Register
Pasangan register (RCAP2H,RCAP2L) lokasi CBh dan CAh merupakan register *capture* untuk mode *timer 2 capture*.
- Kontrol Register
Register-register IP, IE, TMODTCON, T2CON, T2MOD, SCON dan PCON berisi bit-bit kontrol dan status untuk sistem interupsi, pencacah/pewaktu dan port serial.

2.2.3 ADC 0804

Analog to Digital Converter (ADC) adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal analog menjadi sinyal-sinyal digital. IC ADC 0804 dianggap dapat memenuhi kebutuhan dari rangkaian yang akan dibuat. IC jenis ini bekerja secara cermat dengan menambahkan sedikit komponen sesuai dengan spesifikasi yang harus diberikan dan dapat mengkonversikan secara cepat suatu masukan tegangan. Hal-hal yang juga perlu diperhatikan dalam penggunaan ADC ini adalah tegangan maksimum yang dapat dikonversikan oleh ADC dari rangkaian pengkondisi sinyal, resolusi, pewaktu eksternal ADC, tipe keluaran, ketepatan dan waktu konversinya. Konverter A/D tersedia secara komersial sebagai rangkaian terpadu dengan resolusi 8 bit sampai dengan 16 bit. Pada percobaan ini akan memperkenalkan ADC0804, yaitu sebagai sebuah konverter A/D 8 bit yang mudah di-*interface*-kan dengan sistem mikrokontroler. A/D ini menggunakan metode aproksimasi berturut-turut untuk mengkonversikan masukan analog (0-5V) menjadi data digital 8 bit yang ekuivalen. ADC0804 mempunyai pembangkit clock internal dan memerlukan catu daya +5V. Dalam dunia komputer, semua nilai tegangan dijadikan dalam bentuk digital, dan menggunakan sistem bilangan biner. Untuk itu dalam sistem ini, karena output dari Solar Cell berupa tegangan analog, maka diperlukan pengubah tegangan analog ke digital. IC ADC0804 adalah IC ADC 8-bit dengan diagram pewaktuan yang kompatibel dengan mikrokontroler. Fitur yang disajikan dalam IC ADC0804 antara lain:

- Mempunyai *timing bus* yang kompatibel dengan mikroprosesor dan mikrokontroler.

- Mempunyai internal *Clock Generator*
- Resolusi 8-bit
- Mempunyai waktu konversi 100 μ S (maksimal)



Gambar 2.9 Simbol ADC0804

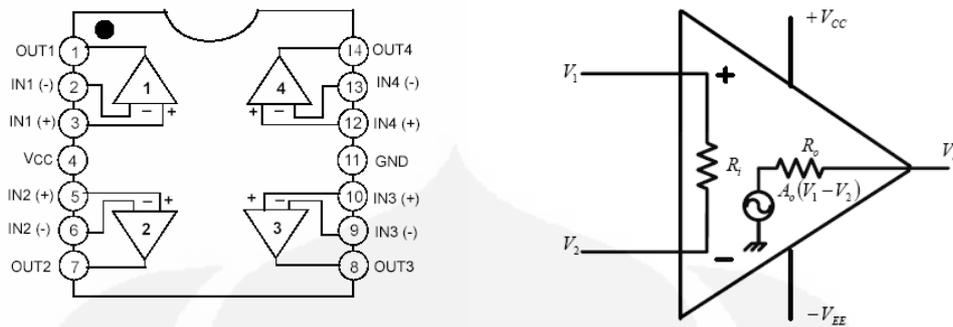
Adapun proses konversi dari mulai tegangan analog input hingga menjadi data digital 8 bit adalah tegangan input 5 volt menjadi tegangan referensi yang akan dibagi dengan 255 (8 bit output) yang menghasilkan nilai 0,0196 atau dapat dibulatkan menjadi 0,02. Dan kemudian nilai ini akan menjadi pembagi tegangan analog input dengan rentang 0 – 5 volt.

2.2.4 LM 324 (Quad Operational Amplifier)

Op-Amp dinamakan juga dengan penguat *differensial* dengan impedansi input tinggi dan output impedansi rendah. Op-Amp banyak digunakan untuk pengubah tegangan (amplituda dan polaritas), osilator, filter dan rangkaian instrumentasi. IC yang digunakan dalam membentuk sebuah komparator adalah IC op-amp dengan frekuensi rendah. IC LM324 merupakan IC yang dapat digunakan sebagai komparator. IC pembalik dengan masukan negatif akan membandingkan sinyal hasil penerimaan dengan pemodulasi yang dipertahankan konstan pada level tertentu.



Gambar 2.10 Diagram blok Op-Amp



Gambar 2.11 LM 324

Umumnya Op-Amp bekerja dengan *dual supply* ($CC+V$ dan $EE-V$) atau *single supply* ($+V_{CC}$ dan $-$ ground). $R_i = \infty$, $R_o = 0$, dan $A = \infty$ (penguatan loop terbuka). Penguatan yang besar membuat Op-Amp menjadi tidak stabil dan penguatannya menjadi tidak terukur, oleh karena itu diperlukan *feedback* negatif. Ada 2 aturan penting dalam melakukan analisis rangkaian Op-Amp :

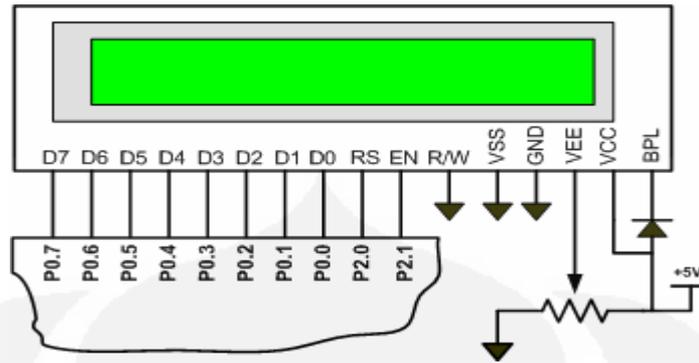
1. Perbedaan tegangan $+V$ dan $-V$ adalah nol
2. Arus input Op-Amp adalah nol.

Operational Amplifier diaplikasikan bersama komponen-komponen lain seperti resistor dan kapasitor untuk menghasilkan berbagai operasi matematis, seperti penjumlahan, pengurangan, perkalian, integrasi, dan diferensiasi. Inilah yang menjadi alasan mengapa dinamakan *operational amplifier*.

2.2.5 Penampil LCD 16 x 2

Penampil informasi yang digunakan adalah LCD (*Liquid crystal display*). LCD yang digunakan adalah LCD *Dot Matrik* dengan jumlah karakter 16x2. LCD ini nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat, yaitu berupa indikator pewaktuan, nilai konversi ADC dan lain-lain. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah:

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris
2. Mempunyai 192 karakter tersimpan
3. Terdapat karakter generator terprogram
4. Dapat dialamati dengan mode 8-bit dan 4-bit
5. Dilengkapi dengan *backlight*.



Gambar 2.12 Bentuk LCD (Liquid Crystal Display) 16×2

Pada LCD ini terdiri dari 8 jalur data, 3 jalur kendali dan fasilitas pengaturan kontras serta *backlight*. LCD ini dapat dikendalikan dengan mikrokontroler atau mikroposeosor.

2.2.6 T-2XX Tailtwister Rotator

T-2XX Tailtwister Rotator merupakan rotator yang sesungguhnya difungsikan sebagai penggerak utama antenna agar dapat berputar 180^0 ke kiri maupun ke kanan namun saat ini difungsikan sebagai penggerak utama *bracket* solar cell yang fungsinya juga akan menyerupai fungsi sesungguhnya. Rotator tersusun atas satu kesatuan sistem yang didalamnya terdapat motor ac satu phase 24 volt yang dapat berputar bolak-balik, *magnetic brake*, *limit switch*, *ball bearings*, *bearing retainer* dan beberapa hal yang lain. Pada motor ini terdapat empat lubang pada bagian atas sebagai tempat *U-bolt* untuk tempat mengikatkan tiang penyangga kerangka utama *bracket* solar cell. Sedangkan pada motor bagian bawah terdapat lubang baut tempat mengikat dengan *bracket* sehingga rotator ini yang berputar bagian luarnya sementara bagian dalam diam dan perputaran yang terjadi dikarenakan suatu sistem yang membantu berupa *bearings* dan *bearing retainer*.



Gambar 2.13 T-2XX Tailtwister Rotator

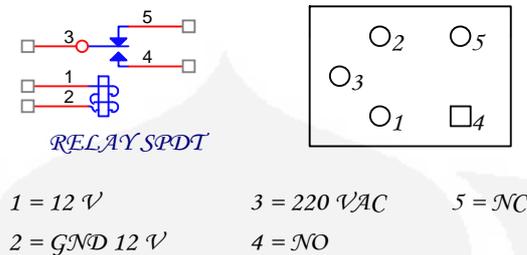
2.2.7 Relay

Relay merupakan komponen elektronis yang berperan dalam proses pensaklaran. Susunan relay yang paling sederhana terdiri atas kumparan kawat penghantar yang dililitkan pada *former* mengitari teras magnet. Karena itu, *relay* yang berisi kumparan tersebut, apabila dimagnetisasi arus searah akan membangkitkan medan magnet yang akan membuat atau memutus satu atau lebih kontak mekanis. Beberapa susunan kontak dapat digunakan secara elektrik terisolasi dari rangkaian kumparan :

1. Normal terbuka (*Normally Open/NO*). Kontak-kontak tertutup apabila *relay* dienergikan/diberi arus.
2. Normal tertutup (*Normally Close/NC*). Kontak-kontak terbuka apabila *relay* dienergikan/diberi arus.
3. Tukar sambung (*Change Over/CO*). *Relay* ini mempunyai kontak tengah yang normalnya tertutup tetapi melepaskan diri dari posisi ini dan membuat kontak dengan yang lain apabila dienergikan/diberi arus.

Masing-masing relay mempunyai batasan arus, baik arus kumparan maupun arus kontak. Arus kontak harus diperhitungkan terhadap rangkaian yang akan disambungkan. Apabila batasan kontak dilalui terlampaui tinggi dapat menyebabkan kontak rusak dan *relay* tidak dapat digunakan. Di bawah ini

merupakan *relay* 5 pin, yang menggunakan prinsip hubungan antara *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC) :



Gambar 2.14 Simbol relay dan kaki relay tampak bawah

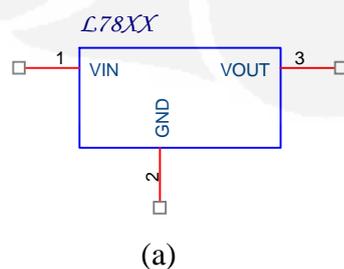
2.2.8 Regulator Tegangan

Regulator tegangan menggunakan IC LM 78XX, yaitu regulator tegangan positif dengan 3 terminal yang dapat diperoleh dalam berbagai tegangan tetap sehingga dapat digunakan dengan jelajahan penerapan yang lebar.

Seri ini dapat diperoleh dalam kemasan TO-3 aluminium yang dilengkapi dengan pembatas arus untuk membatasi arus keluaran puncak pada harga yang aman. Selain itu juga dilengkapi pengaman bagi daerah aman untuk transistor akhir guna membatasi borosan (*disipasi*) daya internal. Apabila borosan daya internal menjadi terlampaui bagi benaman panas yang dikenakan, maka rangkaian penindas termik mengambil alih dan mencegah IC menjadi terlampaui panas.

Sifat-sifatnya :

- arus keluaran maksimal 1 A,
- pengamanan pembebanan lebih termik secara internal,
- tidak diperlukan komponen eksternal tambahan,
- terdapat pengaman daerah aman untuk transistor keluaran,
- pembatas arus hubung singkat,
- dapat diperoleh dalam kemasan TO-3 aluminium.



Pin 1. Input
2. Ground
3. Output

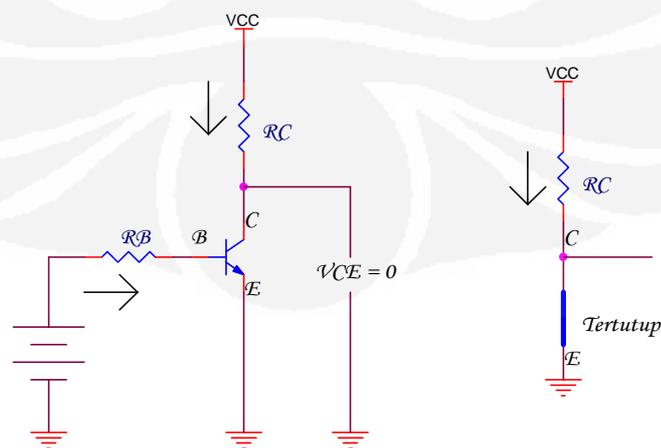
(b)

Gambar 2.15 (a) Simbol IC 78XX (b) Koneksi pin 78XX

2.2.9 Transistor

Transistor digunakan sebagai saklar dalam mengaktifkan *relay*. Pada umumnya transistor digunakan untuk menguatkan arus. Arus masukannya adalah arus basis yang membangkitkan arus kolektor yang lebih besar ($I_c = I_b \times h_{fe}$). Cara sederhana untuk mengerti tentang transistor adalah menggunakannya sebagai saklar dengan mengoperasikannya pada salah satu titik jenuh atau titik sumbat. Transistor akan mengalami perubahan kondisi dari menyumbat ke jenuh dan sebaliknya..

Seperti telah disebutkan diatas bahwasannya pada sistem elektronis transistor banyak difungsikan sebagai saklar. Transistor yang dimanfaatkan sebagai saklar memiliki keuntungan antara lain dapat beroperasi *ON* dan *OFF* pada kecepatan tinggi, memerlukan tegangan dan arus penggerak yang sangat rendah untuk memicu aksi perhubungan dan tidak mengalami gesekan mekanis. Transistor dalam keadaan menyumbat dapat dianalogikan sebagai saklar dalam keadaan *off*. Sedangkan transistor dalam keadaan jenuh sebagai saklar dalam keadaan *on*. Untuk membuat transistor menghantar, dijalan masuk basis perlu diberi tegangan. Tegangan masukan ini harus lebih besar dari V_{be} yaitu 0,2 untuk *germanium* dan 0,7 untuk *silicon* supaya dapat mengalirkan arus basis. Ketika transistor pada daerah *saturasi*, maka arus mengalir tanpa halangan dari kolektor menuju emitor, sedangkan arus kolektor jenuh. Kondisi ini menyerupai saklar pada kondisi tertutup (*ON*). Untuk membuat kondisi transistor konduksi maka diperlukan arus basis.

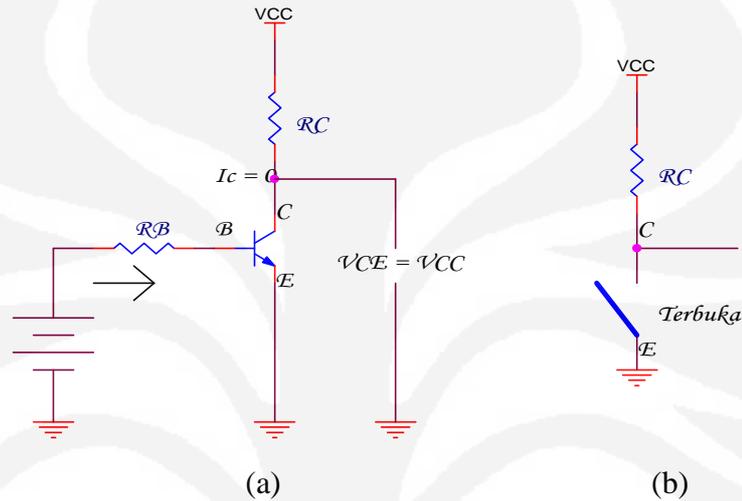


(a)

(b)

Gambar 2.16 (a) Transistor kondisi ON (b) Sama seperti saklar tertutup

Pada kondisi transistor non konduktif (*cut off*) akan menyerupai saklar pada kondisi terbuka (*OFF*). Konduksi non konduktif diperoleh dengan cara tidak memberikan bias pada basis atau dengan cara memberi tegangan mundur emiter pada basis.

Gambar 2.17 (a) Transistor kondisi *OFF* (b) sama seperti saklar terbuka

Perhitungan kondisi saklar secara teori adalah sebagai berikut :

1. Kondisi *cut off*

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

Karena kondisi *cut off* $I_C = 0$ (kondisi ideal), maka :

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - 0 \cdot R_C \\ &= V_{CC} \end{aligned}$$

Besar arus basis I_B adalah :

$$\begin{aligned} I_B &= I_C / \beta \\ &= 0 / \beta \\ &= 0 \end{aligned}$$

2. Kondisi *Saturasi* atau jenuh

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

Karena kondisi *saturasi* $V_{CE} = 0$ (kondisi ideal), maka :

$$I_C = V_{CC} / R_C$$

Besar tahanan untuk mendapatkan arus basis pada kondisi *saturasi* adalah:

$$R_B = (V_{BB} - V_{BE}) / I_{B \text{ saturasi}}$$

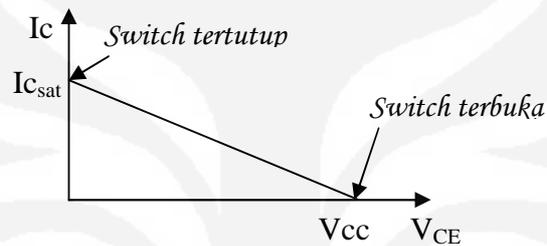
Besar arus basis *saturasi* adalah :

$$I_{B \text{ saturasi}} > I_C / \beta$$

Bila besar tegangan masukan basis melalui rangkaian pembagi tegangan, maka besar tegangan basis dan tahanan basis adalah :

$$R_B = R_a / R_b$$

$$V_B = R_a \cdot V_{in} / (R_a + R_b)$$

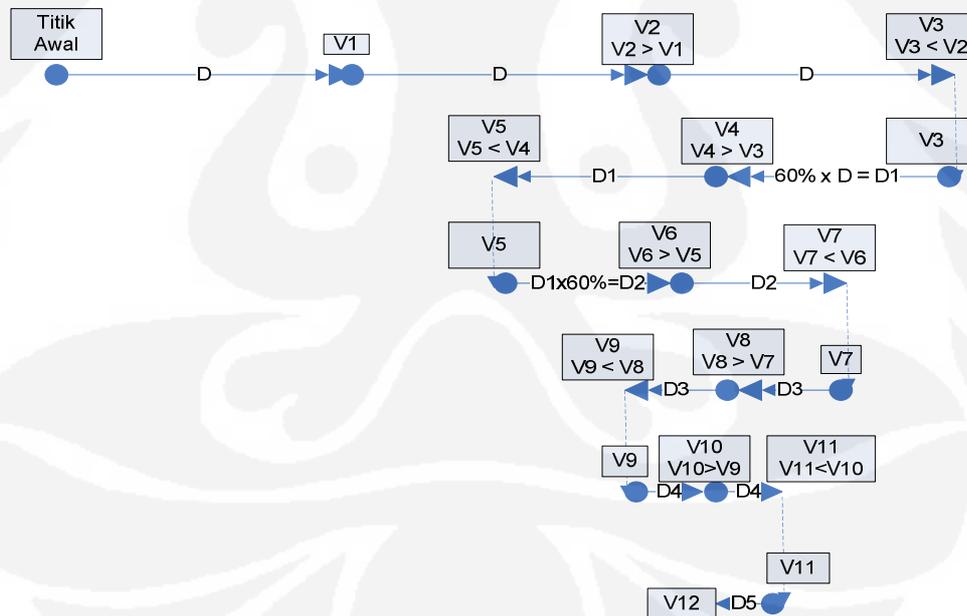


Gambar 2.18 Garis beban dc pada *switch* transistor

BAB III RANCANG BANGUN SISTEM

3.1 Prinsip Kerja Sistem

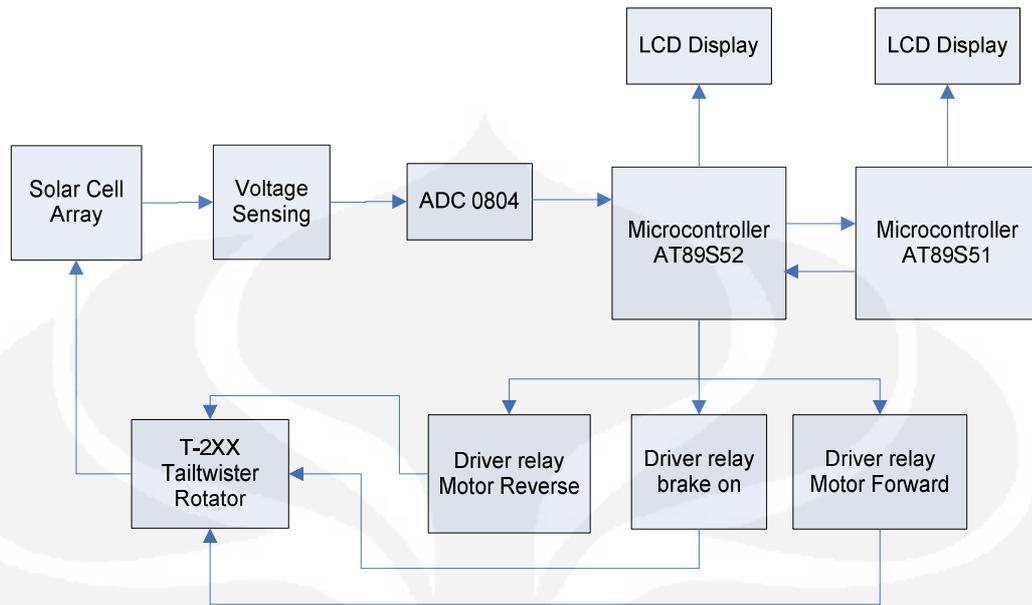
Sistem mengambil tegangan solar cell sebagai inputan untuk diolah oleh mikrokontroler yang mendasarkan pengolahannya pada konsep pencarian algoritma optimasi untuk menentukan maksimum daya yang dapat dicapai oleh 15 blok solar cell yang disusun menjadi satu kesatuan secara seri sehingga akan menghasilkan kurang lebih 300 volt dc pada keadaan sinar matahari normal dengan arus maksimum yang dapat dicapai adalah 3 Ampere. Proses sistem ini adalah dengan mengubah masukan tegangan analog menjadi data digital yang kemudian oleh mikrokontroler akan diolah untuk mendapatkan pergerakan motor rotator kearah daya yang paling maksimal. Tentunya secara logika tegangan maximal dicapai pada saat solar cell mengikuti pergerakan atau perpindahan matahari. Untuk memudahkan memahami proses yang terjadi, berikut adalah ilustrasi pencarian titik maximum.



Ket: D, D1-D5 = waktu pergerakan motor
 $D3 = 60\% \times D2$
 $D4 = 60\% \times D3$
 $D5 = 60\% \times D4$

Gambar 3.1 Ilustrasi pencarian titik maximum

3.1.1 Blok Diagram dan Fungsinya



Gambar 3.2 Blok diagram sistem

Untuk memahami diagram blok diatas berikut diberikan pemaparan maksud dan tujuan masing-masing blok:

1. Mikrokontroler AT89S52

Microkontroler ini bertugas sebagai pengendali utama rangkaian driver penggerak relay baik yang diperuntukkan sebagai pembuka *brake*, penggerak motor forward atau maju maupun penggerak motor reverse atau mundur. Selain itu AT89S52 ini juga mengolah data masukan dari ADC yang digunakan untuk mencari titik maksimum.

2. Mikrokontroler AT89S51

Pada prinsipnya sistem ini tidak berjalan terus menerus untuk mencari titik maximum namun untuk beberapa saat berhenti sampai saat tertentu sistem akan bergerak kembali untuk melaksanakan tugasnya. Kaitannya dengan jeda tersebut AT89S51 bertugas sebagai pewaktu atau *timer* untuk mengakomodir maksud tersebut.

3. LCD *display*

Bertugas menampilkan informasi yang ingin diketahui sesuai dengan keinginan *user* ataupun pengguna sistem ini.

4. ADC 0804

Mengkonversi nilai tegangan analog menjadi data digital yang dapat diolah oleh mikrokontroler

5. Sensor tegangan (*voltage Sensing*)

Tugasnya adalah mengukur tegangan Solar Cell sehingga dapat dibaca oleh ADC 0804

6. Solar Cell (*Solar Photovoltaic Power Modules*)

Sebagai pengumpul energi matahari yang akan diubah menjadi tegangan DC

7. *Driver Relay*

Terdiri dari rangkaian transistor NPN dan resistor pull up yang bertugas untuk memberi penguatan terhadap logika 1 (satu) dari mikrokontroler

3.2 REALISASI PERANGKAT KERAS

3.2.1 Konstruksi

Perangkat keras disusun atas dasar lebar dan panjang solar cell module dengan panjang 63,9 cm dan lebar 65,2 cm dengan besar permodulnya 4166,28 cm², disusun menjadi 3 baris 5 kolom sehingga panjang total menjadi 319,5 cm dan lebar 195,6 cm seperti tampak pada gambar 3.3. Beban permodul solar cell mencapai 5 kg sehingga total menjadi kurang lebih 75 kg. Atas dasar itulah maka disusun suatu konstruksi yang dipertimbangkan seringan mungkin namun mampu menahan beban sebesar 75 Kg. Alasan seringan mungkin dikarenakan beban akan melayang atau berdiri diatas motor rotator sehingga beban akan bertumpu pada motor rotator itu sendiri seperti tampak pada gambar 3.5 sebagai hasil akhir konstruksi. Disamping itu dirancang pula *bracket* atau tempat kedudukan motor dc seperti diperlihatkan pada gambar 3.4 yang akan dipakai sebagai penggerak solar cell.



Gambar 3.3 Bracket solar cell



Gambar 3.4 Bracket rotator

Bahan-bahan penyusun konstruksi terdiri dari besi panjang segiempat atau biasa disebut besi *hollow*, besi siku dan juga besi plat yang perinciannya sebagai berikut:

- besi hollow ($5 \times 5 \times 2.8$)mm
- besi hollow ($3 \times 3 \times 2$)mm
- besi siku 4
- besi siku 3
- besi plat 10 mm



Gambar 3.5 Konstruksi akhir solar cell

3.2.2 Perangkat Elektronika

Perangkat keras secara keseluruhan dibuat dengan menggunakan komponen-komponen sesuai dengan fungsi dari blok-blok sistem yang digambarkan pada Gambar 3.2 dengan didalamnya dibangun oleh komponen-komponen semikonduktor, komponen pasif dan aktif dan juga relay.

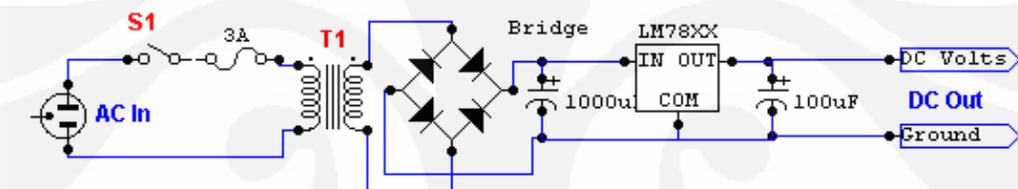
3.2.2.1 Power Supply

Rangkaian catu daya dapat memberikan kebutuhan arus dan tegangan yang sesuai, dimana pencatu daya ini akan mengubah daya masukan ac menjadi daya keluaran dc. Pada perancangan ini diperlukan 3 buah tegangan dc, yaitu +5 Volt +12 Volt dan -12 Volt. Tegangan +5 V digunakan untuk mencatu rangkaian sistem minimum mikrokontroler, ADC 0804, relay penggerak motor dan juga rangkaian driver. Sedangkan tegangan +12 V dan -12 Volt digunakan untuk mencatu rangkaian sensor tegangan.

Rangkaian catu daya yang digunakan terdiri atas *transformator* CT, rangkaian penyearah gelombang penuh, *filter* (kapasitor yang dipasang sebelum dan sesudah *regulator*), dan *regulator* tegangan. Pencatu daya semacam ini dinamakan pencatu daya teregulasi (distabilkan). Keluarannya *linier*, artinya apabila tegangan masukan naik, daya masukan juga akan naik.

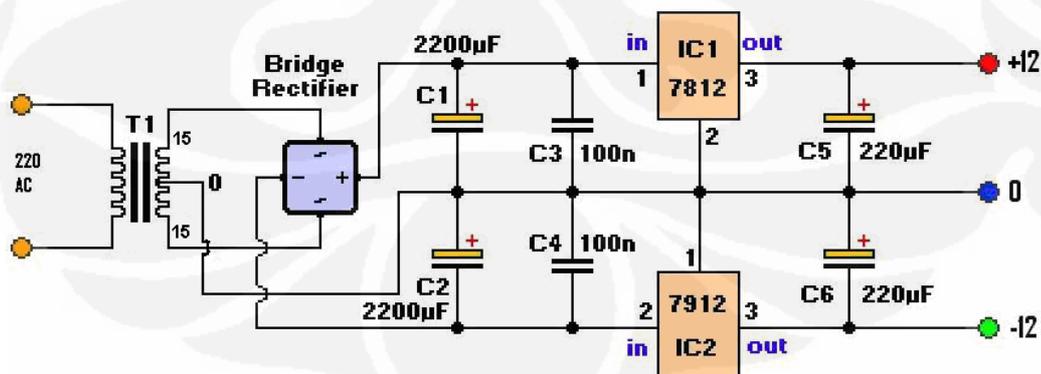
Jenis *transformator* yang digunakan adalah *transformator Center Tap* (CT) sebesar 1 *Ampere*. Untuk menghasilkan tegangan simetris, maka diperlukan rangkaian penyearah. Rangkaian tersebut menggunakan rangkaian penyearah gelombang penuh yang dibentuk oleh dioda bridge dengan kemampuan menghantar arus sebesar 1 A.

Tegangan dc yang dihasilkan oleh penyearah berupa tegangan dc dengan riak (*ripple*) yang relatif besar. Untuk mengurangi riak (*ripple*) pada tegangan dc diperlukan suatu penapis (*filter*), yaitu berupa kapasitor yang dipasang sebelum dan sesudah IC *regulator*. Kapasitor yang digunakan sebagai *filter* memiliki nilai 2200 $\mu\text{F}/25\text{V}$ untuk C1 dan C2, sedangkan 220 $\mu\text{F}/25\text{V}$ untuk C5 dan C6. Kapasitor C1 digunakan sebagai perata tegangan yang telah disearahkan oleh rangkaian penyearah, sedangkan kapasitor C5 dan C6 digunakan untuk memperbaiki respon *transien* dari *regulator* tegangan.



DC Power Supply

LM78XX = LM7805 (5v) LM7812 (12v)
 LM7808 (9v) LM7815 (15v)
 LM7809 (9v) LM7824 (24v)



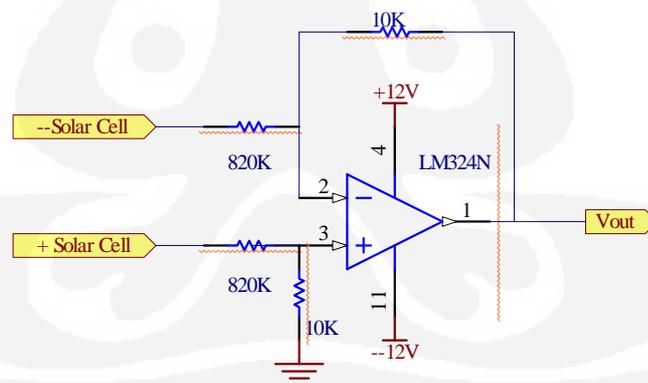
Gambar 3.6 Rangkaian *power supply*

Untuk menjaga tegangan agar berada pada nilai tegangan yang dikehendaki digunakan IC *regulator* tegangan. *Regulator* tegangan yang digunakan berupa IC *linier type* LM78XX. Untuk menghasilkan tegangan 12 V

digunakan IC LM7812 dan untuk tegangan 5 V digunakan IC LM7805, sementara penghasil tegangan -12 Volt adalah IC 7912. Seri IC *linier* ini merupakan *regulator* dengan 3 terminal yang dapat diperoleh dengan berbagai tegangan tetap. *Regulator* ini menghasilkan tegangan dengan penyearahan yang relatif baik dan memungkinkan untuk digunakan dalam sistem digital maupun piranti elektronika lainnya.

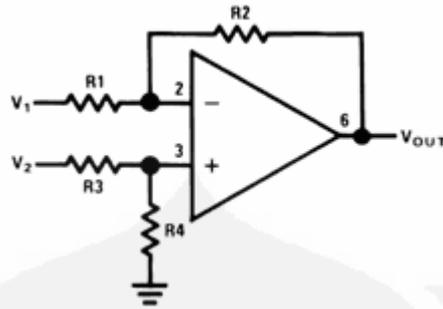
3.2.2.2 Sensor Tegangan (Voltage Sensing)

Untuk mengukur tegangan suplay dari solar cell digunakanlah rangkaian differensial op-amp. Alasan utamanya karena Tegangan solar cell terlalu tinggi dan arusnya terlalu besar untuk bisa langsung dikirimkan ke ADC (*Analog to Digital Converter*) dan perlu diturunkan agar menjadi tegangan dalam rentang 0 – 5 volt yang merupakan toleransi yang dapat diterima oleh ADC. Rangkaiannya diperlihatkan pada gambar 3.7 yaitu rangkaian di set agar mempunyai penguatan 0.01, karena dengan penguatan ini dan dengan asumsi input tegangan maximum solar cell adalah 300 volt, maka V_{out} dari sensor tegangan ini akan menjadi seperseratusnya atau dengan nilai 3 volt. Tentu ini sangat aman bila dibaca langsung oleh ADC.



Gambar 3.7 Skema sensor tegangan

Differential op-amp mempunyai persamaan seperti berikut ini:



$$V_{OUT} = \left(\frac{R1 + R2}{R3 + R4} \right) \frac{R4}{R1} V_2 - \frac{R2}{R1} V_1$$

For $R1 = R3$ and $R2 = R4$

$$V_{OUT} = \frac{R2}{R1} (V_2 - V_1)$$

$$R1 // R2 = R3 // R4$$

Gambar 3. Simbol differential op-amp dan persamaan V_{out}
 Dengan melihat persamaan diatas maka dapat kita hitung nilai V_{out} dari sensor
 tegangan adalah:

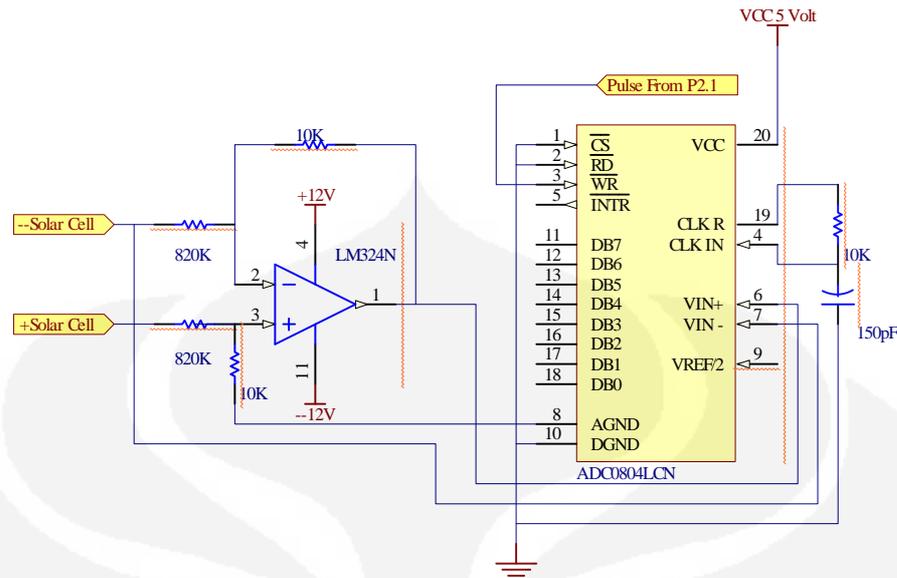
$$V_{out} = \left(\frac{820 + 10}{820 + 10} \right) \frac{10}{820} 300 - \frac{10}{820} 0$$

$$V_{out} = \frac{10}{820} 300$$

$$V_{out} = 3.66 \text{ Volt}$$

3.2.2.3 Sistem ADC (*Analog to Digital Converter*)

ADC mengkonversi nilai tegangan analog menjadi nilai tegangan digital delapan bit dalam waktu maximal $100\mu\text{S}$. Mode kerja yang dipilih pada perancangan ini adalah free running artinya ADC akan selalu aktif dan siap memberikan nilai konversi bila mendapat input *trigger* atau pemicu dari mikrokontroler. Konfigurasi sistem seperti ditunjukkan pada gambar 3.9 Pada gambar tersebut \overline{CS} dan \overline{RD} dihubung ke ground agar selalu mendapat logika 0, ini merupakan syarat ADC *free running*, sedangkan \overline{WR} mendapat logika 0 dari mikrokontroler AT89S52 untuk mulai melakukan konversi.



Gambar 3.9 Rangkaian sensor tegangan dan ADC 0804

3.2.2.4 Rangkaian Penggerak Relay

Untuk menghubungkan mikrokontroler dengan peralatan luar yang arus dan tegangannya besar tidak bisa secara langsung, karena tegangan keluar dari mikrokontroler maksimum hanya 5 volt dengan arus kurang dari 10 mA. Oleh karena itu, dibutuhkan rangkaian *interface* sehingga mikrokontroler bisa menjalankan peralatan dengan tegangan dan arus yang besar. Rangkaian interface atau dapat disebut juga driver ini adalah sebuah transistor NPN dengan resistor basis yang dihubungkan ke port mikrokontroler. Penentuan komponen-komponen yang digunakan dalam rangkaian *driver relay* sedikitnya atau minimal terdiri dari tiga tahap yaitu menentukan Arus Beban (I_c beban), menentukan transistor dan menentukan resistor.

1. Menentukan Arus Beban (I_c beban)

Arus beban yg dimaksud disini adalah arus dengan beban berupa relay. Dalam kasus ini dimisalkan didapat arus bebannya adalah 34.6 mA. Arus beban ini nantinya dijadikan acuan untuk memilih transistor yg akan dipakai.

2. Menentukan Transistor

Transistor yang digunakan pada rangkaian driver relay ini dijadikan switch untuk memutus dan menyambungkan aliran arus yg menuju ke relay, dengan syarat:

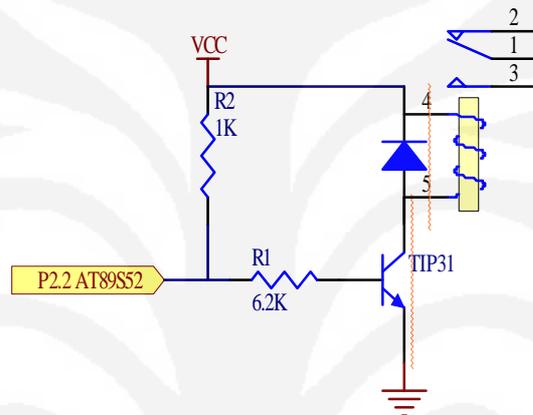
$$I_c \text{ beban} < I_c \text{ max}$$

$$Hfe > 5 \times \frac{Ic_{beban}}{Ic_{max}}$$

Sebagai contoh, dipakai TIP31 yang mempunyai $Ic_{max} = 3A$. dengan hfe_{max} pada nilai 50 maka akan diperoleh nilai I_b (arus basis) dengan perhitungan seperti berikut ini:

$$I_B = \frac{I_c}{hfe} = \frac{34.6mA}{50} = 0.692mA$$

3. Menentukan Resistor

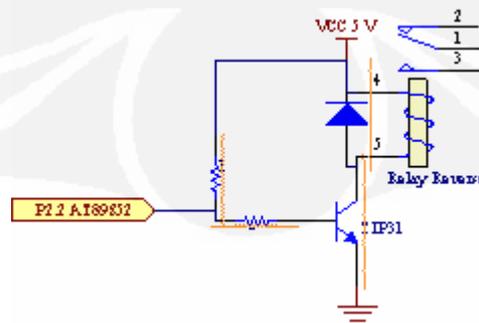


Gambar 3.10 resistor basis dan resistor pull up

R1 berfungsi sebagai pembatas arus basis TIP31, nilainya adalah:

$$R1 = \frac{Vb - Vbe}{Ib} = \frac{5 - 0.7}{0.692} = 6.2 K\Omega$$

R2 berfungsi sebagai pull up resistor, yaitu untuk menegaskan tegangan 5 volt dan membantu menyalurkan arus ke resistor basis. Ini dilakukan dikarenakan arus keluaran dari mikrokontroler sangat kecil sehingga perlu adanya suatu bantuan dari luar. Besarnya nilai R2 dibebaskan asalkan masih mampu mensupplay arus basis yang besarnya 0.692 mA

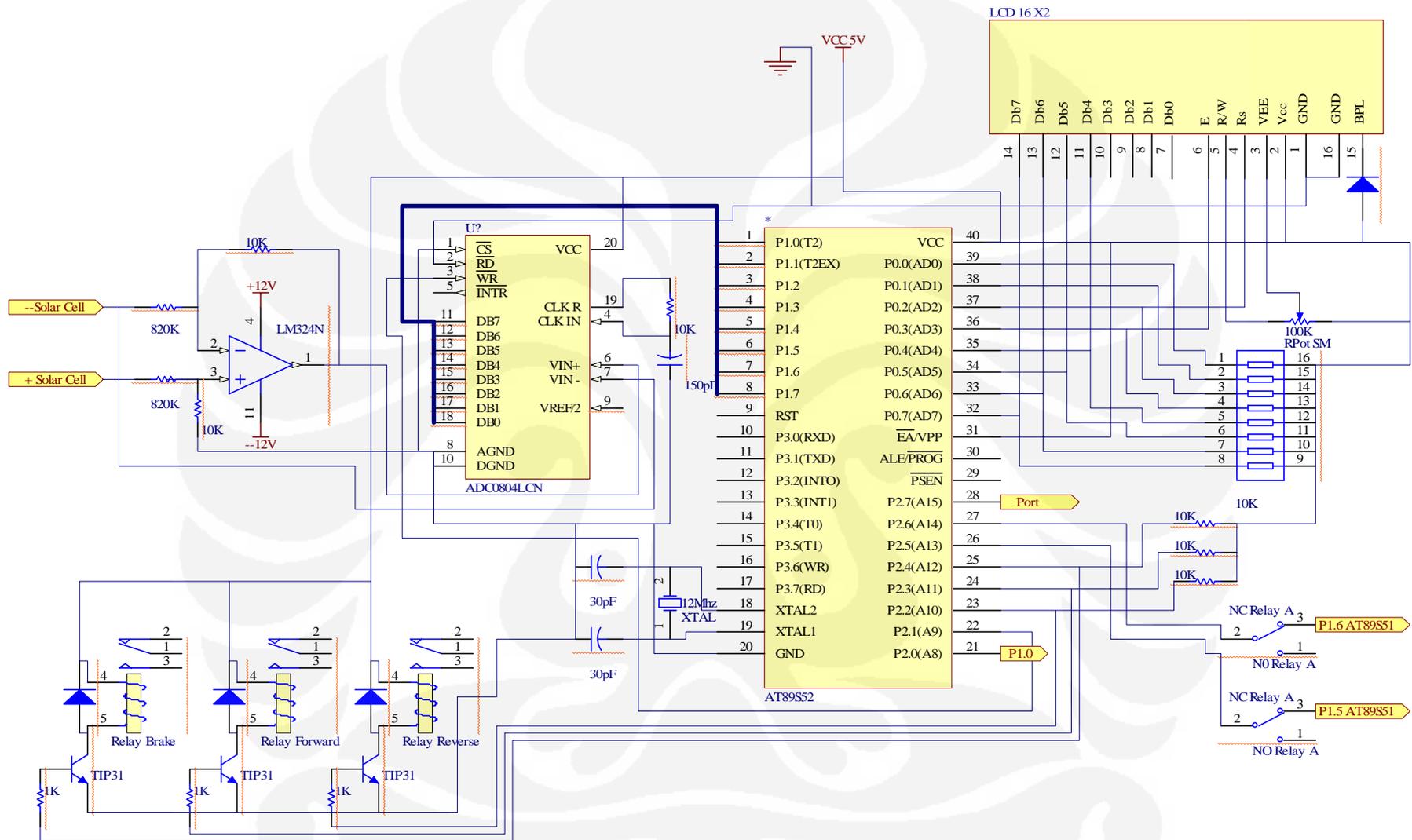


Gambar 3.11 Rangkaian penggerak relay

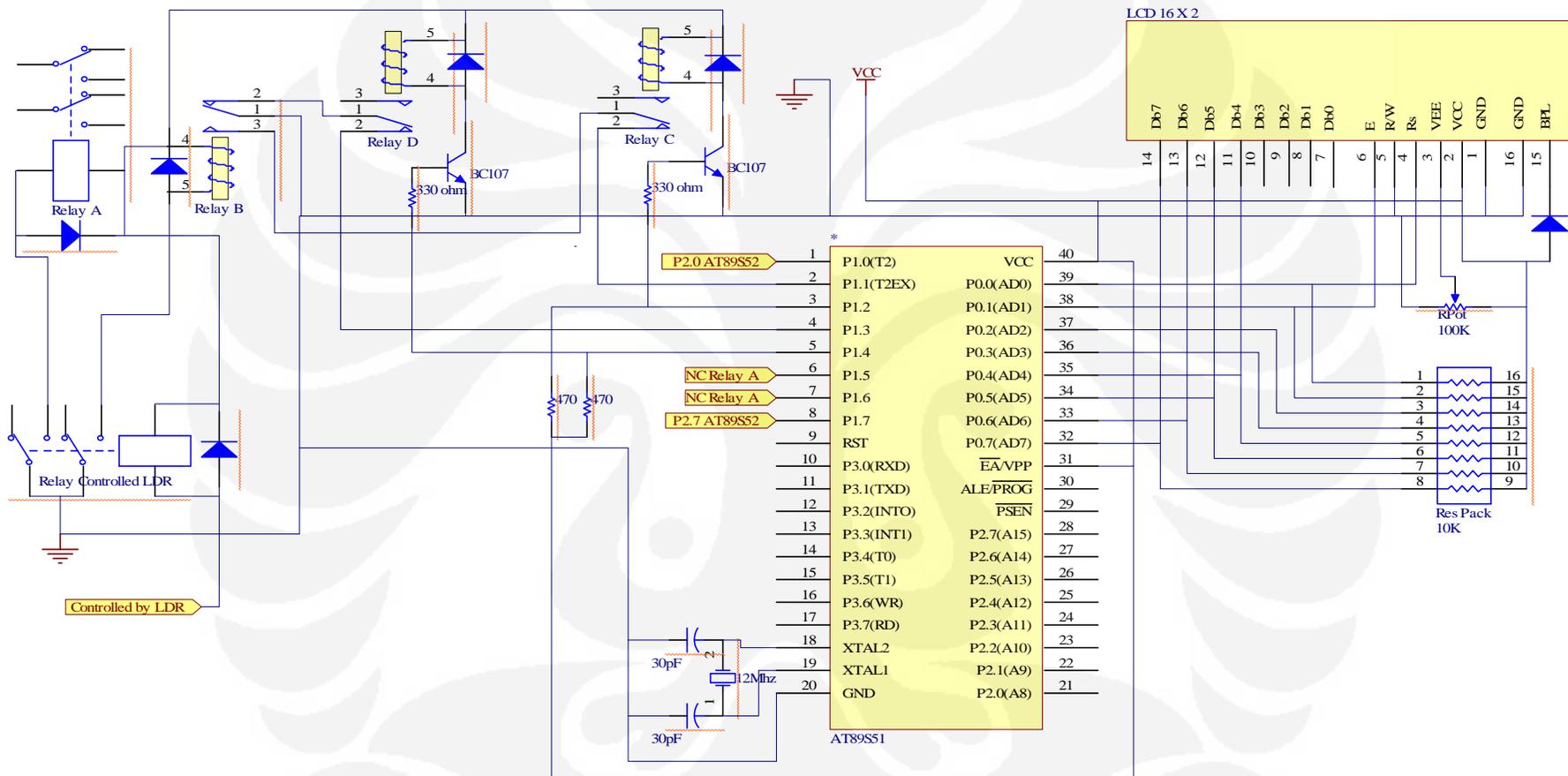
3.2.2.5 Rangkaian Utama

Rangkaian utama terdiri atas rangkaian sistem minimum AT89S52 dan AT89S51. Fungsi utama dari AT89S51 adalah mengatur waktu tunda atau waktu pengambilan data hasil proses *scanning* pertama dengan proses *scanning* berikutnya. Disamping itu juga sebagai kontrol terhadap sistem apabila senja telah tiba. Artinya pada saat itu perangkat lunak yang telah ditanam pada IC Atmel 89S52 akan memicu *rotator* untuk aktif dan bergerak searah jarum jam (CW) sejauh pergerakan solar cell mengejar matahari hingga berhenti kembali di titik awalnya.

Rangkaian sistem minimum Atmel AT89S52 merupakan penggerak utama sistem penjejak energi matahari ini. Inilah yang menjadi otak dari sistem dapat bekerja maksimal sesuai dengan algoritma titik maksimum.



Gambar 3.12 Sistem minimum AT89S52 dan sensor tegangan



Gambar 3.13 Sistem minimum AT89S51 dan driver kontrol relay rotator

3.3 REALISASI PERANGKAT LUNAK

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah BASCOM-8051 yang merupakan program *basic compiler* berbasis *Windows* untuk mikrokontroler keluarga 8051 seperti AT89C51, AT89C2051, dan yang lainnya. BASCOM-8051 merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi basic yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS Electronic.

3.3.1 Diagram Alir Sistem *Scanning Solar Cell*

Perangkat lunak yang disajikan disini tersaji dalam dua bagian ini dikarenakan memang sistem yang dirancang disini terdiri atas dua buah mikrokontroler yang bekerja saling menopang agar terjadi suatu sinergi sehingga sistem ini dapat digunakan sebagaimana yang diharapkan.

1. Perangkat Lunak Dalam AT89S52

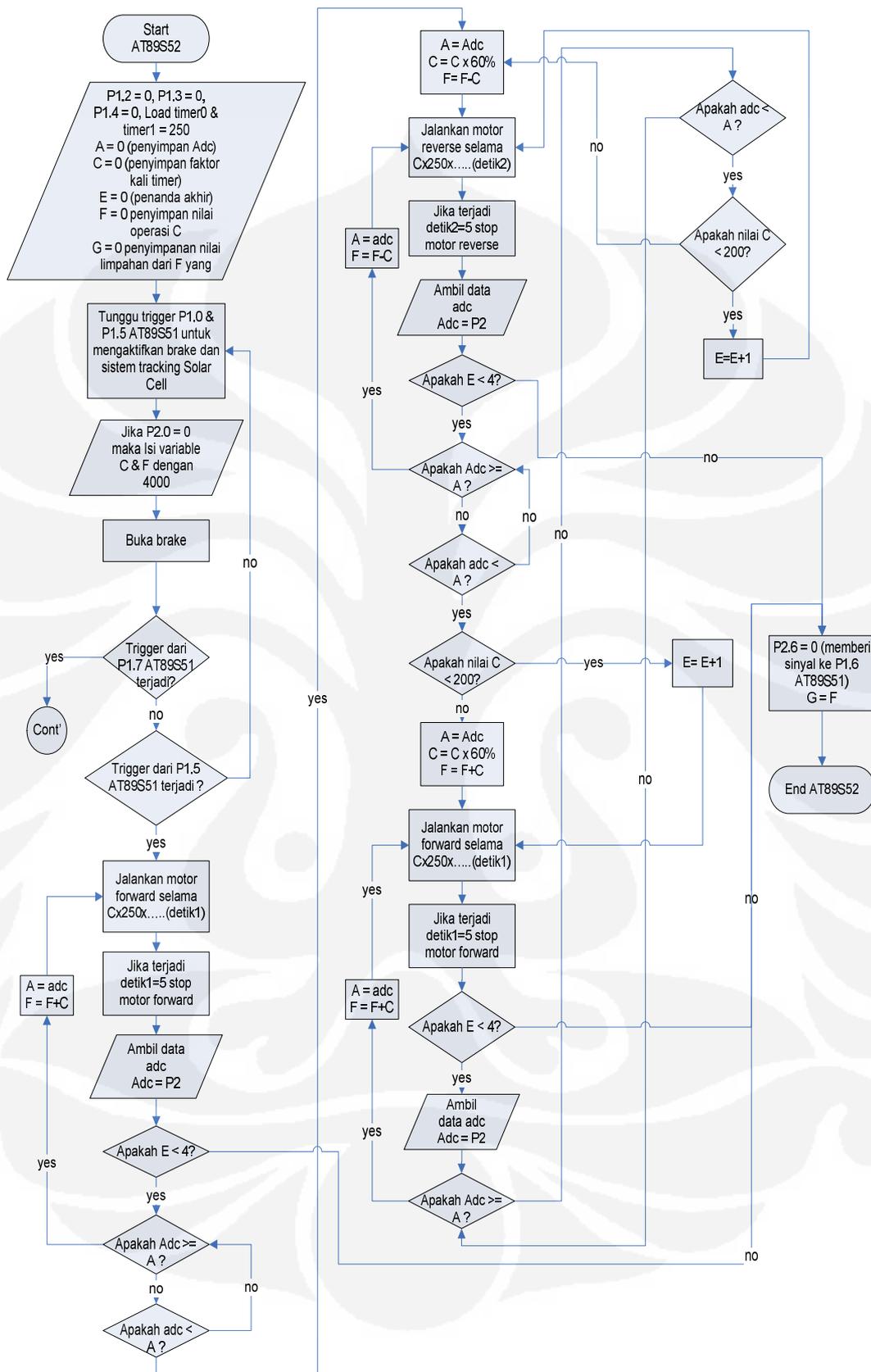
Mikrokontroler ini merupakan otak utama sistem *scanning solar cell* terhadap sinar matahari, mengapa dikatakan demikian sebab seluruh proses kontrol dan olahan data *feedback*-nya terjadi disini. Mikrokontroler ini memanfaatkan port 0 sebagai bus data untuk pengiriman informasi ke LCD, hanya P0.0 dan P0.1 yang tidak terpakai sebagai jalur data. Dalam sistem ini P0.0 yang tak terpakai dimanfaatkan untuk menerima *pulse* atau *trigger* atau dapat disebut juga pemicu bagi terbukanya *brake* atau sistem pengereman rotator. Ini dalam kaitannya sistem yang diputar kembali ke posisi awal, artinya sistem ini dibuat untuk mengenal sejauh mana sudah berputar sampai titik terakhir. Kami mengasumsikan sistem pelacakan tegangan solar cell ini bekerja mulai dari semenjak fajar hingga senja hari. Pengenalan fajar hingga senja ini nantinya bisa saja disatukan dengan sistem LDR yaitu suatu sistem peka cahaya yang akan mengaktifkan relay misalnya setelah senja tiba.

Selanjutnya Port 1 bertugas sebagai input dari nilai tegangan digital yang dikirimkan oleh ADC. Dalam proses pengolahan data tidak diperlukan adanya suatu sistem konversi dari data biner 8 bit dirubah menjadi informasi tegangan yang sesungguhnya sebab yang diolah hanyalah membandingkan antara data baru dengan data sebelumnya yaitu mana yang lebih besar dan mana yang lebih kecil. Port 2 difungsikan baik sebagai input maupun sebagai output. P1.0, P1.5, P1.7

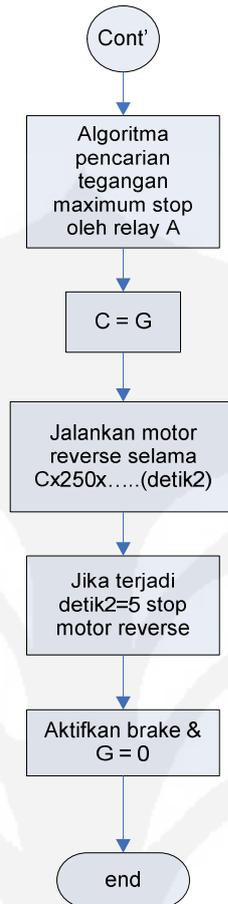
berfungsi sebagai input, sementara sisanya bertugas sebagai output. Untuk lebih jelas dalam memahami fungsi kerja masing-masing port berikut disajikan tabelnya.

Table 3.1 Port pada AT89S52 dan fungsinya

Port	Sub Port	Fungsi
Port 0	P0.2, P0.3, P0.4, P0.5, P0.6, P0.7	<ul style="list-style-type: none"> o Bertugas sebagai jalur data LCD display 16×2
	P0.0	<ul style="list-style-type: none"> o Bertugas sebagai inputan yang akan mengaktifkan brake atau membuka <i>brake</i> lebih tepatnya pada saat sistem memulai proses kembali ke titik awal o Pemicu nilai $C = G$, yang mana nilai G ini adalah data simpanan jarak ataupun lama waktu sistem berjalan. C sendiri adalah faktor kali <i>timer0</i> maupun <i>timer1</i>
Port 1	P1.0 s/d P1.7	<ul style="list-style-type: none"> o Dimanfaatkan sebagai port ADC
Port 2	P2.0	<ul style="list-style-type: none"> o Bertugas sebagai pengaktif <i>brake</i> atau membuka <i>brake</i> o Pemicu nilai $C = F = 4000$. C sebagai pengali <i>timer</i> dan F sebagai nilai yang ditambah dan dikurang berdasarkan arah gerakan
	P2.1	<ul style="list-style-type: none"> o Sebagai <i>output</i> sinyal pembaca ADC
	P2.2	<ul style="list-style-type: none"> o Sebagai <i>output</i> penggerak brake
	P2.3	<ul style="list-style-type: none"> o Sebagai <i>output</i> untuk rotator CCW
	P2.4	<ul style="list-style-type: none"> o Sebagai <i>output</i> untuk motor CW
	P2.5	<ul style="list-style-type: none"> o Sebagai <i>input</i> untuk <i>timer0</i> mulai bergerak ini juga yang menandai sistem mulai aktif melakukan <i>scanning</i>
	P2.6	<ul style="list-style-type: none"> o Sebagai sinyal <i>output</i> bahwa proses <i>scanning</i> telah selesai dan memberikan tanda kepada AT89S51 untuk memulai proses pewaktuannya
P2.7	<ul style="list-style-type: none"> o Sebagai sinyal <i>input</i> yang dikirimkan oleh AT89S51 agar sistem memutar mundur <i>rotator</i> kembali ke posisi awal. 	
Port 3	-	Tidak difungsikan

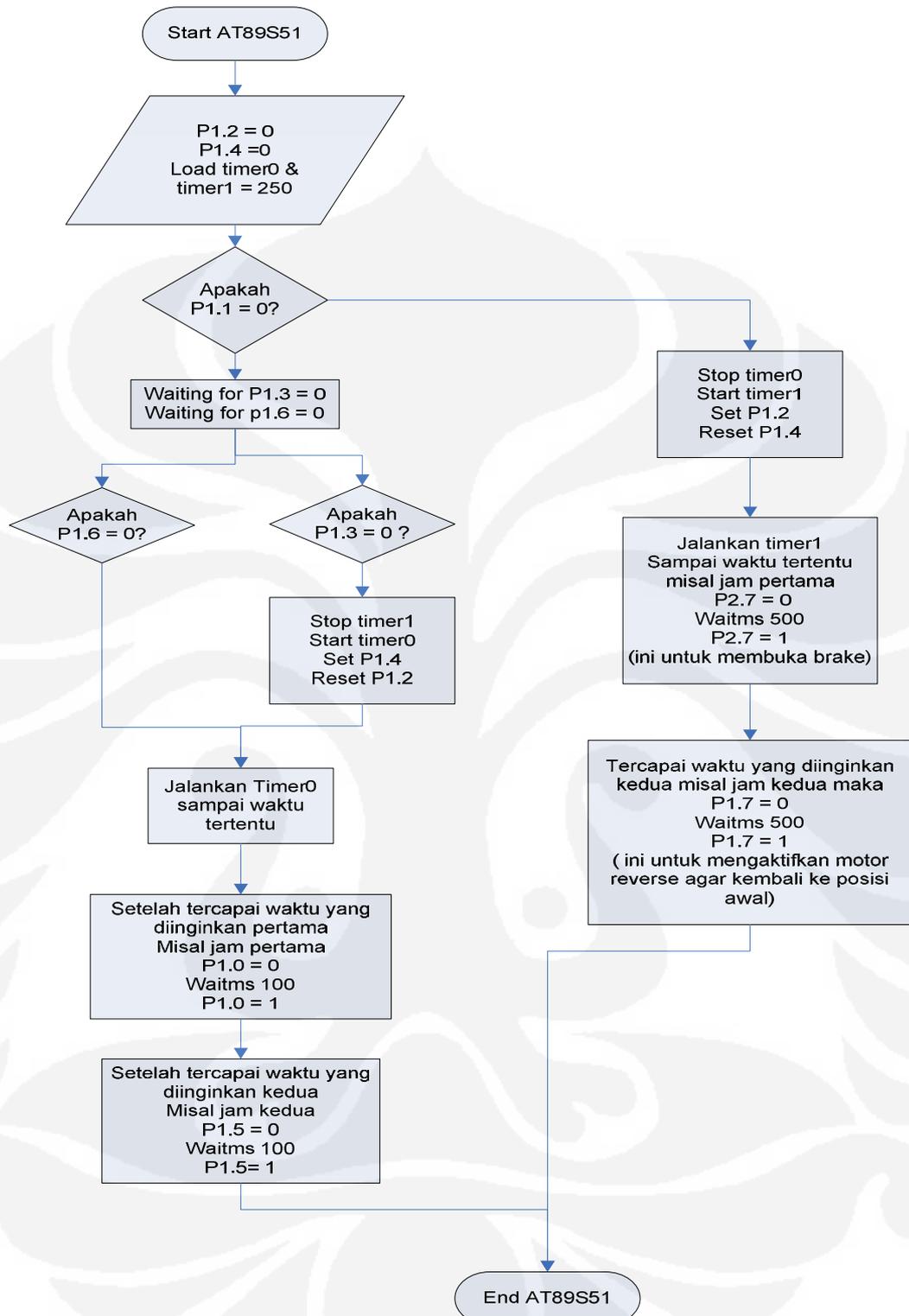


Gambar 3.14 Flowchart sistem scanning AT89S52



Gambar 3.15 Flowchart sistem *scanning* solar cell (AT89S52) lanjutan
 2. Perangkat Lunak Dalam AT89S51

Algoritma pemrograman yang terdapat pada AT89S51 lebih sederhana bila dibandingkan dengan yang terdapat pada AT89S52. Hal ini dikarenakan fungsinya adalah sebagai penopang fungsi utama proses *scanning*. Disini hanya terdapat proses pewaktuan antara waktu *scanning* pertama dengan proses *scanning* berikutnya. Juga terdapat fungsi pewaktuan yang mulai menghitung setelah ada informasi dari LDR yang menyatakan bahwa sistem harus berhenti karena telah memasuki malam hari. Setelah dicapai waktu yang ditentukan oleh *user* maka sistem akan mulai memutar *rotator* agar kembali ke posisi awalnya. Untuk lebih memahami fungsi dan peranan tiap-tiap *port* pada AT89S51 dapat dilihat pada Tabel 3.2.



Gambar 3.16 Flowchart *timer* pada AT89S51

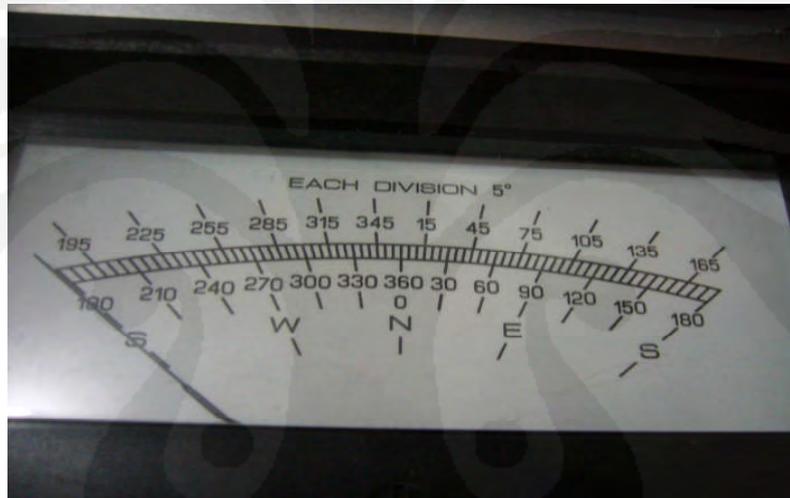
Table 3.2 Port pada AT89S51 dan fungsinya

Port	Sub Port	Fungsi
Port 0	P0.0, P0.1,	o Sebagai <i>output</i> untuk LCD 16 × 2

	P0.4, P0.5, P0.6, P0.7	
Port 1	P1.0	o Sebagai pengirim sinyal informasi kepada AT89S52 untuk memicu pemberian nilai $C = 4000$
	P1.1	o Sebagai pemicu aktifnya <i>timer1</i>
	P1.2	o Port keluaran penggerak relay
	P1.3	o Sebagai pemicu aktifnya <i>timer0</i>
	P1.4	o Port keluaran penggerak relay
	P1.5	o Port keluaran pemicu AT89S52 bekerja
	P1.6	o Port masukan pemicu pewaktu <i>timer0</i> pada AT89S51 mulai bekerja
	P1.7	o Port keluaran pemicu <i>rotator</i> mengembalikan arah solar cell ke posisi semula
Port 2	P2.7	o Pemicu <i>brake</i> terbuka pada proses <i>rotator</i> kembali ke posisi awal

BAB IV ANALISA SISTEM

Pada Bab IV ini akan dilakukan serangkaian pengujian dan pengolahan data sistem untuk mendukung dasar pemikiran Rancang Bangun Sistem Penangkapan Energi Maksimum Pada Solar Cell. Pada pembahasan bab empat ini akan banyak menggunakan perbandingan antara sudut dan tegangan ataupun sudut dan nilai konversi ADC. Pada gambar 4.1 diperlihatkan indikator dari peralatan kontrol motor rotator yang jarum penunjuknya akan bergerak kekanan maupun ke kiri sesuai arah gerakan dari rotator.



Gambar 4.1 Meter Kontrol Rotator

Pada indikator meter juga terdapat penunjuk arah utara, selatan, timur dan barat. Penunjuk arah ini pada kenyataannya di lapangan tidak sesuai dengan standar seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dikarenakan pada proses pemasangan awal tidak mempertimbangkan faktor kesamaan sudut dengan arah hadap solar cell. Untuk sudut dan arah yang saat ini berlaku ditunjukkan pada tabel 4.2 yang proses penentuan arahnya membutuhkan bantuan kompas.

Tabel 4.1 Sudut dan Arah Mata Angin Menurut Standar Berlaku

Sudut	Arah
0	Utara
90	Timur
180	Selatan
270	Barat

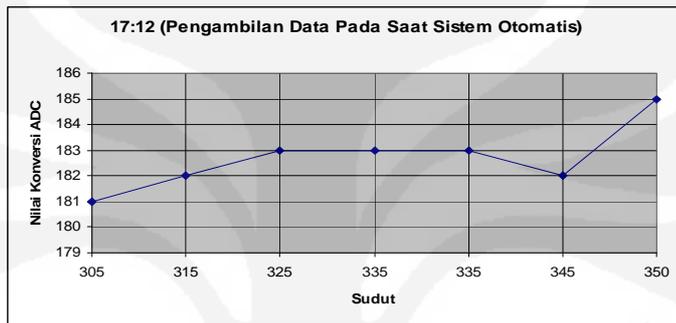
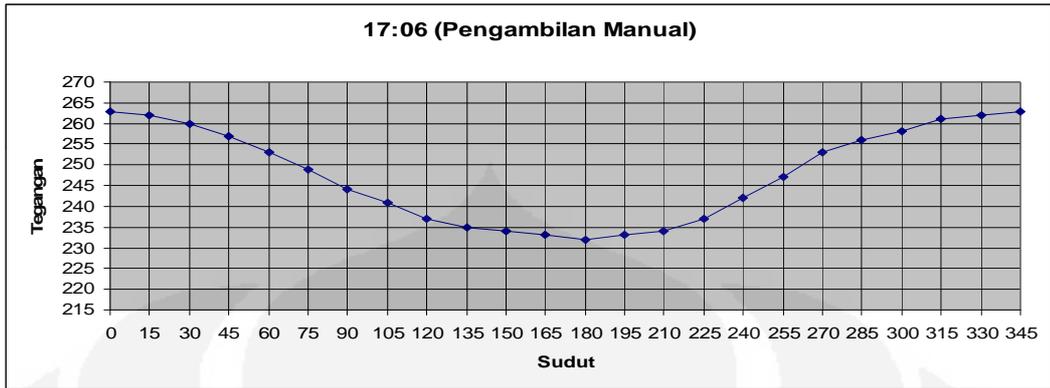
Tabel 4.2 Sudut dan Arah Berdasarkan Penunjukan Kompas

Sudut	Arah
0	Barat Laut
45	Utara
90	Timur Laut
135	Timur
180	Tenggara
225	Selatan
270	Barat Daya
315	Barat

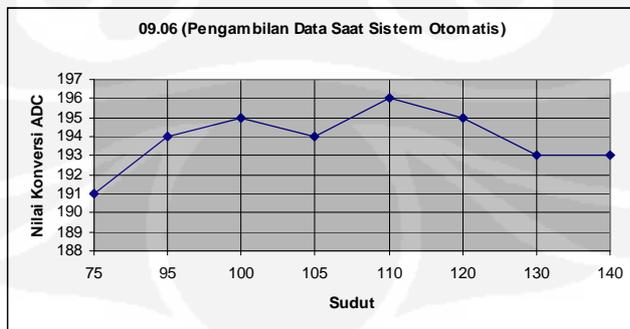
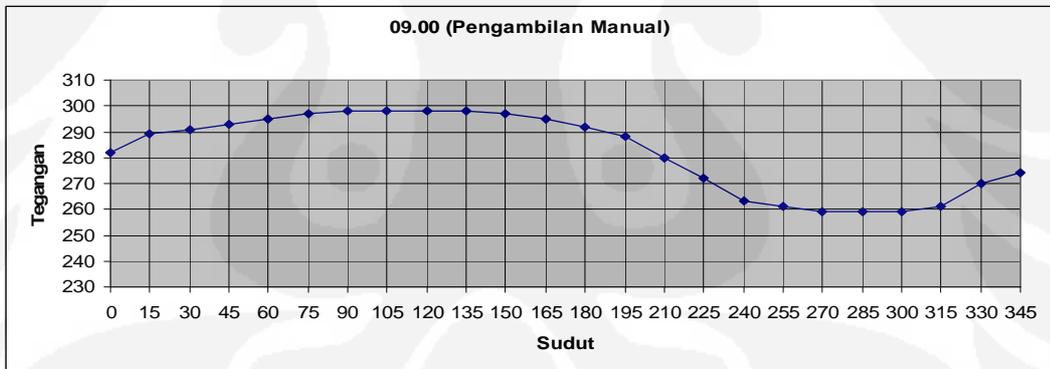
Dari kedua tabel diatas dapat dilihat bahwasanya terjadi perbedaan sebesar 45° dengan melihat sudut nol derajatnya. Dari tabel 4.2 pula dapat dilihat perkiraan gerakan solar cell akan dimulai pada sudut 135° di arah timur dan berakhir di sudut 315° di arah barat, itu artinya solar cell akan bergerak sejauh 180° .

4.1 Analisa Kinerja *Voltage Sensing*

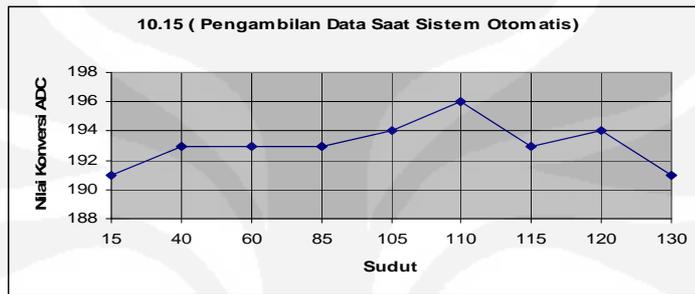
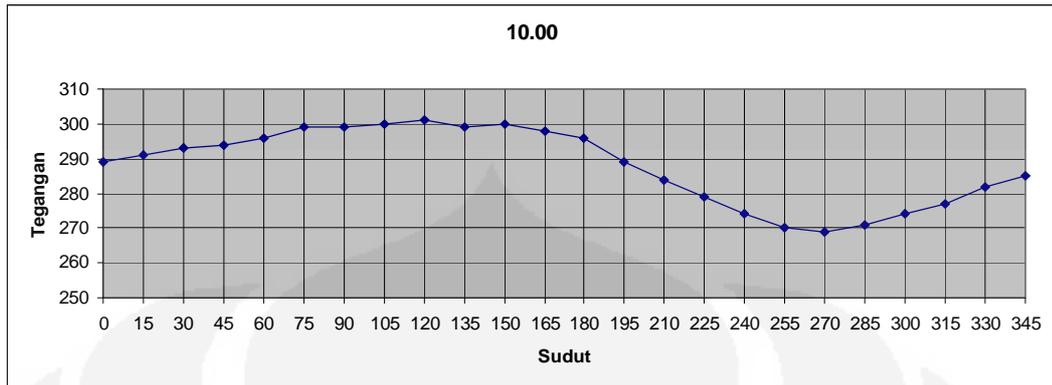
Untuk menguji kinerja *voltage sensing* yang akan dilakukan disini adalah dengan membandingkan karakteristik grafik pengambilan data tegangan *versus* sudut secara manual dan nilai konversi ADC pada LCD *display versus* sudut. Artinya bila keduanya menunjukkan kecendrungan sifat yang sama maka dapat dikatakan bahwa sensor tegangan sudah dapat berfungsi dengan baik. Pada grafik-grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2 sampai 4.3 ditunjukkan persamaan karakteristik data yang diambil dari dua cara menjalankan sistem yang berbeda dengan pemilihan waktu diambil secara acak agar lebih bervariasi. Hasilnya adalah pada pemilihan waktu yang sama grafik karakteristiknya hampir mendekati kesamaan. Hal tersebut dapat dilihat pada posisi sudut yang berada di rentang yang kurang lebih sama maka baik data pengambilan manual maupun otomatis bentuk grafiknya menyerupai.



Gambar 4.1 Persamaan Karakteristik Grafik Pada Saat Sistem Dijalankan Manual dan Otomatis Sekitar Pukul 17.00



Gambar 4.1 Persamaan Karakteristik Grafik Pada Saat Sistem Dijalankan Manual dan Otomatis Sekitar Pukul 09.00

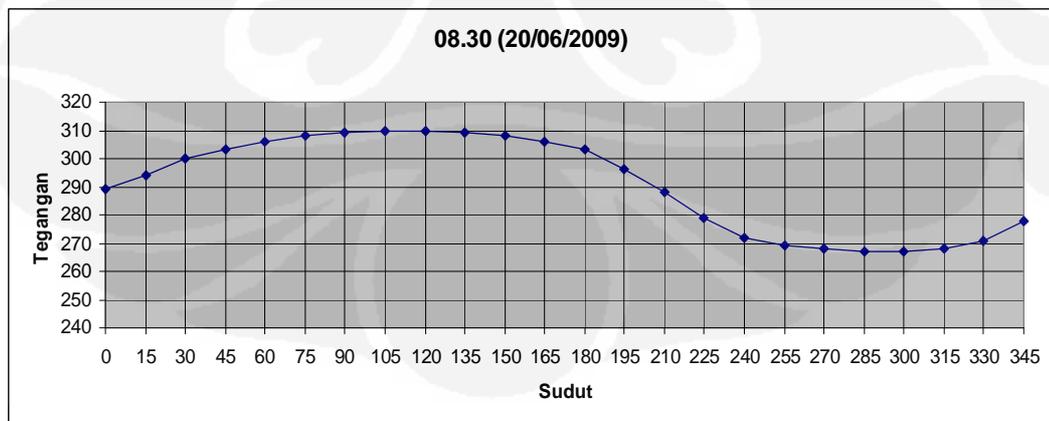


Gambar 4.1 Persamaan Karakteristik Grafik Pada Saat Sistem Dijalankan Manual dan Otomatis Sekitar Pukul 10.00

4.2 Analisa Karakteristik Solar Cell Terhadap Tegangan Maksimum

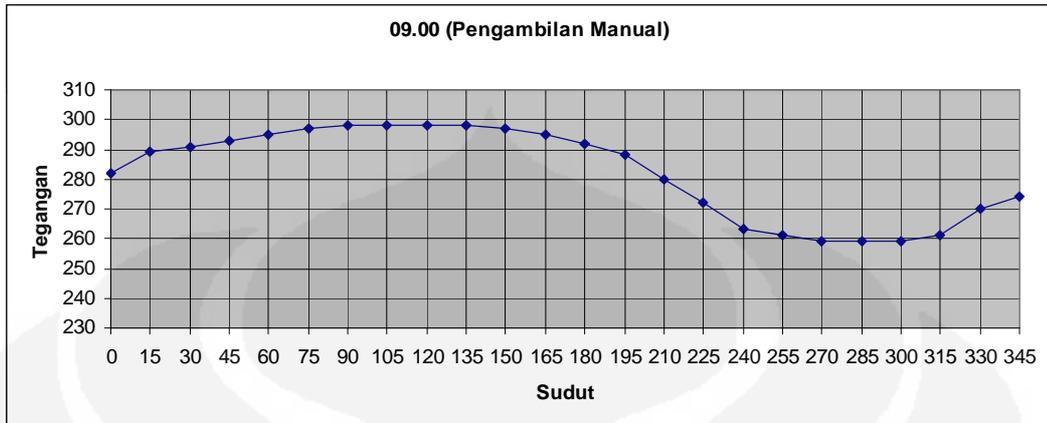
Grafik-grafik yang disajikan pada sub-bab berikut ini adalah hasil pengukuran manual. Dengan melihat dan mengamati keseluruhannya maka kita dapat menyimpulkan bagaimana karakteristik yang terjadi dan pada kisaran sudut berapakah terjadi tegangan maksimum.

a. Pengukuran pada jam 08.30



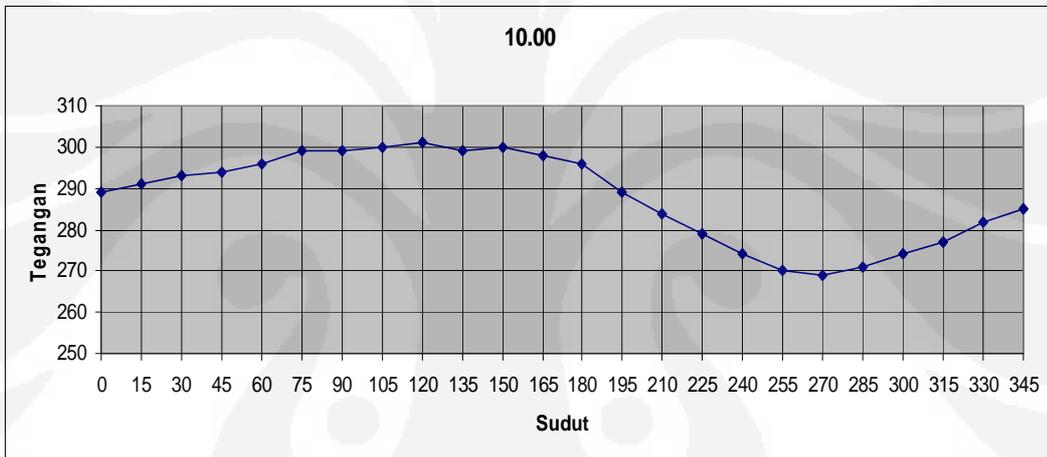
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Solar Cell Pada Pukul 08.30

b. Pengukuran pada jam 09.00



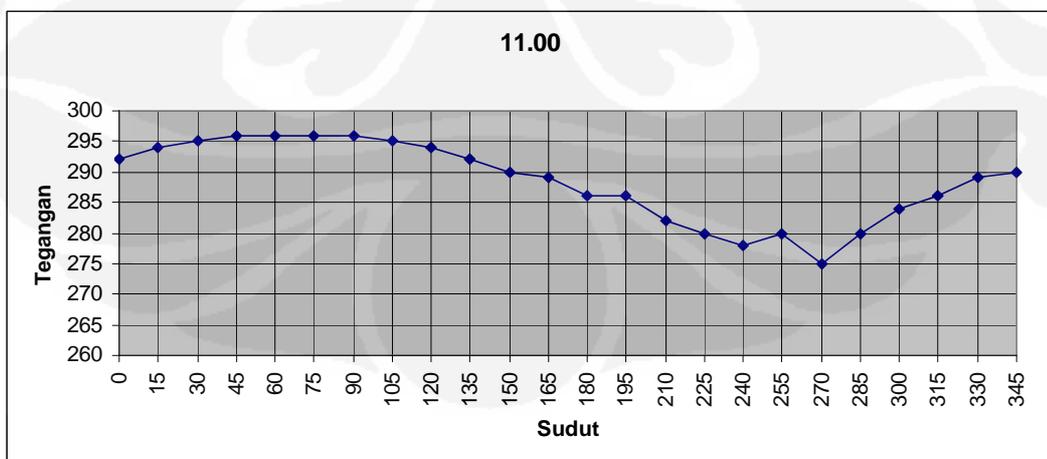
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Solar Cell Pada Pukul 09.00

c. Pengukuran pada jam 10.00



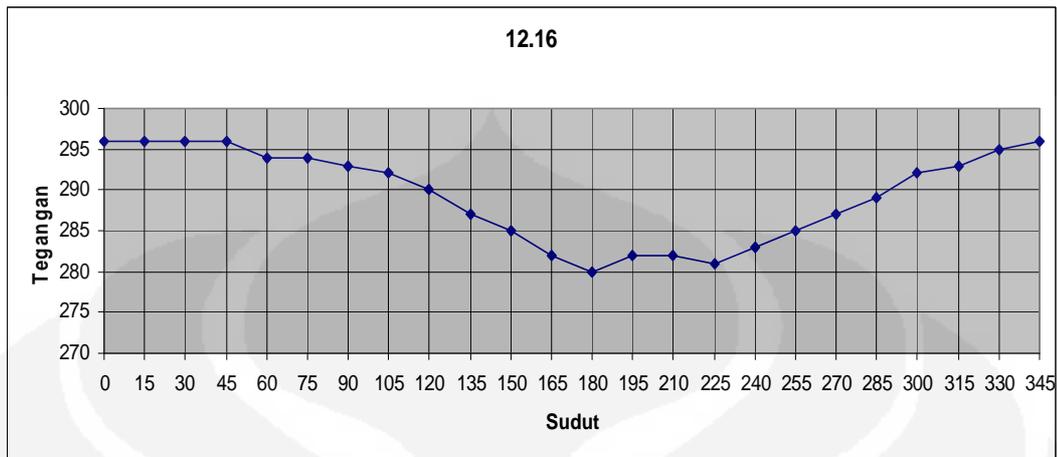
Gambar 4.3 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 10.00

d. Pengukuran pada jam 11.00



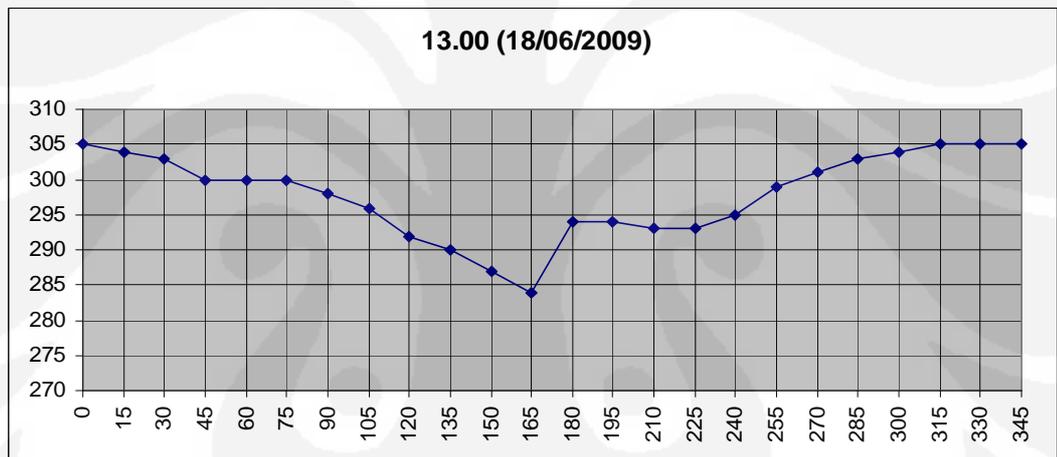
Gambar 4.4 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 11.00

e. Pengukuran pada jam 12.00



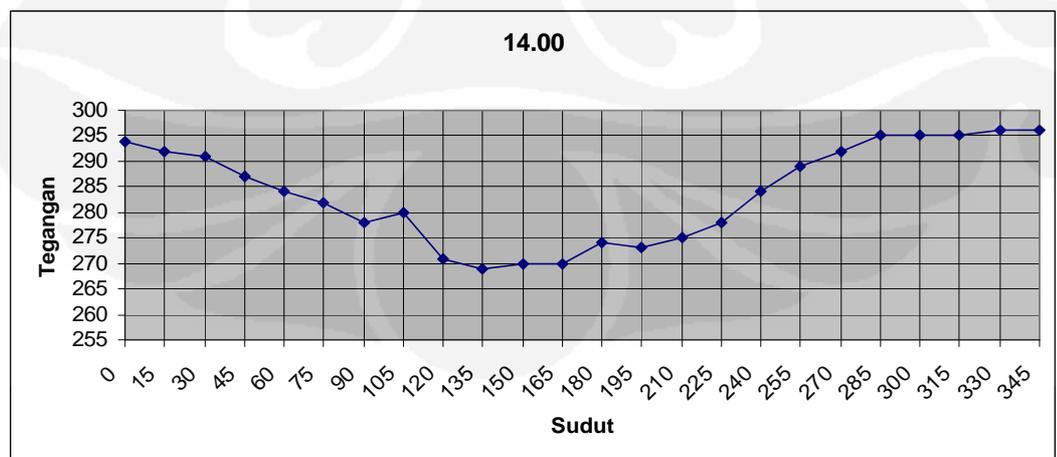
Gambar 4.5 Grafik tegangan Solar Cell Pada Pukul 12.00

f. Pengukuran pada jam 13.00



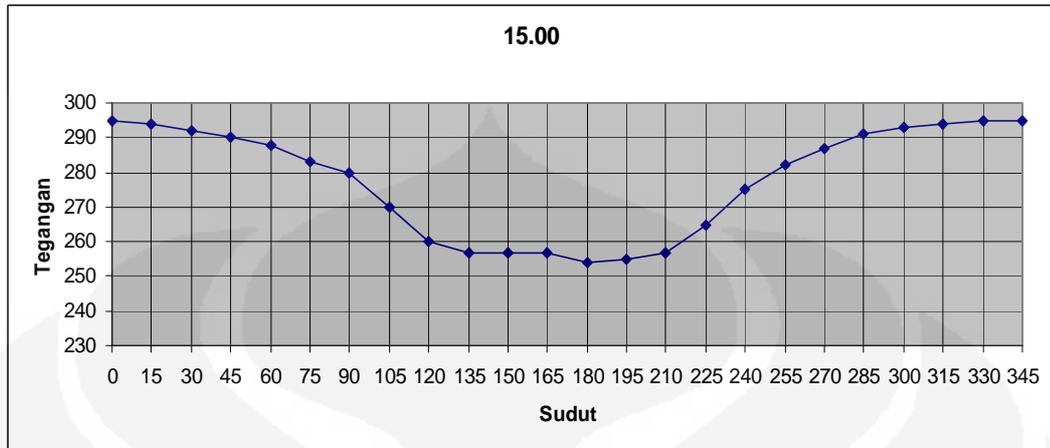
Gambar 4.6 Grafik Tegangan Solar Cell Pada Pukul 13.00

g. Pengukuran pada jam 14.00



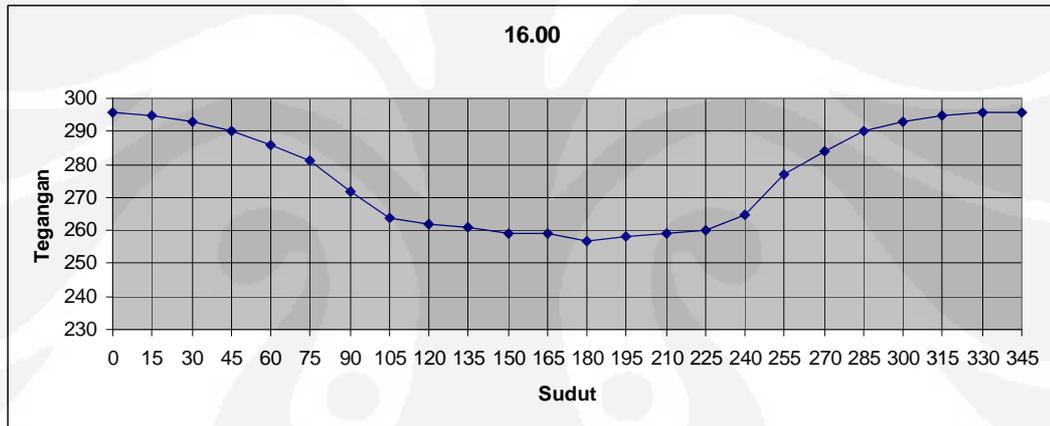
Gambar 4.6 Grafik Tegangan Solar Cell Pada Pukul 14.00

h. Pengukuran pada jam 15.00



Gambar 4.6 Grafik Tegangan Solar Cell Pada Pukul 15.00

i. Pengukuran pada jam 16.00



Gambar 4.6 Grafik Tegangan Solar Cell Pada Pukul 16.00

Grafik-grafik diatas memberikan suatu kesimpulan bahwasannya tegangan maksimum terjadi pada rentang sudut yang berbeda. Memang pada beberapa pengambilan data tertentu dengan waktu yang saling berdekatan masih menunjukkan terjadi tegangan maksimum di rentang sudut yang sama dan memang demikianlah karakteristiknya. Tetapi untuk pergerakan posisi matahari yang semakin siang maka posisi grafik akan semakin bergeser ke sudut 0^0 .

4.2 Analisa Kinerja Sistem Keseluruhan

Dengan menggunakan informasi grafik diatas lalu dibandingkan dengan posisi berhenti sistem pada saat dijalankan secara otomatis seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3 maka dapat dilihat bagaimana sistem yang dirancang ini apakah dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan ataukah sebaliknya.

Tabel 4.3 Tabel Perbandingan Sistem Dijalankan Otomatis dan Manual

Data ke	Waktu	Sudut Berhenti Saat Sistem Dijalankan Otomatis (derajat)	Kisaran Terjadi Tegangan Maksimum Secara Manual (derajat)
1	08.40	95	90 – 135 (lihat pada jam 08.30)
2	08.55	110	90 – 135 (lihat pada jam 08.00)
3	09.07	110	90 – 135 (lihat pada jam 09.00)
4	09.20	105	90 – 135 (lihat pada jam 09.00)
5	09.33	90	90 – 135 (lihat pada jam 09.00)
6	09.45	50	90 – 135 (lihat pada jam 09.00) 75 – 150 (lihat pada jam 10.00)
7	09.58	120	75 – 150 (lihat pada jam 10.00)
8	10.12	60	75 – 150 (lihat pada jam 10.00)
9	10.34	30	75 – 150 (lihat pada jam 10.00)
10	10.46	75	75 – 150 (lihat pada jam 10.00)
11	11.00	105	45 – 90 (lihat pada jam 11.00)
12	11.25	40	45 – 90 (lihat pada jam 11.00)
13	11.36	60	45 – 90 (lihat pada jam 11.00)
14	11.49	30	345 – 45 (lihat pada jam 12.00)
15	12.02	10	345 – 45 (lihat pada jam 12.00)
16	12.16	15	345 – 45 (lihat pada jam 12.00)
17	12.31	0	345 – 45 (lihat pada jam 12.00)
18	12.43	10	345 – 45 (lihat pada jam 12.00)
19	13.00	0	315 – 360 (lihat pada jam 13.00)
20	13.14	345	315 – 360 (lihat pada jam 13.00)
21	13.26	340	315 – 360 (lihat pada jam 13.00)
22	13.40	10	315 – 360 (lihat pada jam 13.00)
23	13.53	350	330 – 360 (lihat pada jam 14.00)
24	14.08	0	330 – 360 (lihat pada jam 14.00)
25	14.21	330	330 – 360 (lihat pada jam 14.00)
26	14.37	335	330 – 360 (lihat pada jam 14.00)
27	14.50	5	330 – 360 (lihat pada jam 15.00)
28	15.04	335	330 – 360 (lihat pada jam 15.00)
29	15.16	345	330 – 360 (lihat pada jam 15.00)
30	15.30	360	330 – 360 (lihat pada jam 15.00)
31	15.42	350	330 – 360 (lihat pada jam 15.00)
32	15.53	335	330 – 360 (lihat pada jam 16.00)
33	16.03	340	330 – 360 (lihat pada jam 16.00)

Dari hasil tabel 4.3 yang diambil dari mulai pukul 08.30 sampai dengan 16.03 terdapat 4 data yang tidak sesuai dengan yang diharapkan ini berarti terjadi error atau kesalahan dengan besarnya adalah 12%. Namun demikian ini bukan suatu nilai mutlak kesalahan sebab jika data diambil lebih dari satu hari maka tentunya error kesalahan ini akan berubah. Dan kesalahan yang terjadi tersebut juga dapat diakibatkan salah dalam pembacaan sistem *voltage sensing* yang bisa diakibatkan oleh solar cell yang tidak diam setelah rotator berputar dan juga dapat diakibatkan berubahnya kondisi pencahayaan matahari karena tertutup awan ataupun kondisi mendung. Untuk melihat kondisi pengambilan tegangan dari awal sampai akhir dapat dilihat pada tabel 4.4 yang nilai tegangannya sudah dikonversi.

Tabel 4.4 Pengamatan Proses Pencarian Tegangan Maksimum Data Diambil Sekitar Jam 11.00

Nilai Konversi ADC	Sudut (derajat)	Arah Putaran Rotator	Nilai Pengali Timer
192	40		
191	360	CCW	4000
193	20	CW	2400
194	45	CW	2400
192	65	CW	2400
192	55	CCW	1440
191	40	CCW	1440
194	50	CW	864
191	60	CW	864
191	55	CCW	518
194	50	CCW	518
192	45	CCW	518
193	50	CW	310
191	55	CW	310
192	50	CCW	186
191	45	CCW	186
194	50	CW	186

Ket: CCW = *Counterclockwise* (berlawanan jarum jam)

CW = *Clockwise* (searah jarum jam)

Tabel 4.4 Pengamatan Proses Pencarian Tegangan Maksimum Data Diambil Sekitar Jam 11.30

Nilai Konversi ADC	Sudut (derajat)	Arah Putaran Rotator	Nilai Pengali Timer
192	50		
191	20	maju	4000
191	45	mundur	2400
191	65	mundur	2400
191	90	mundur	2400
188	110	mundur	2400
191	100	maju	1440
192	85	maju	1440
191	75	maju	1440
190	80	mundur	864
194	75	maju	518
191	70	maju	518
190	75	mundur	310
188	70	maju	310
191	70	mundur	186
192	70	mundur	186
191	65	maju	186
192	60	maju	186

Tabel 4.4 dan 4.5 memperlihatkan pergerakan arah dari rotator ketika dijalankan secara otomatis. Nilai tegangan sudah dikonversi oleh ADC di kolom "Nilai Konversi ADC" jadi nilai tersebut bukan mencerminkan tegangan sesungguhnya sebab yang dilakukan sistem ini adalah hanya membandingkan lebih besar dan lebih kecil sampai ditemukan titik maksimum. Sudut adalah posisi berhenti rotator setiap interval waktu tertentu pada proses pencarian. Lalu arah putaran rotator menggambarkan pergerakan sebagai hasil pengolahan algoritma yang sudah ditentukan. Dan yang terakhir adalah faktor kali *counter* penghitung yaitu ketika pergerakan rotator harus berubah arah maka lama waktu *counter* penghitung perputaran harus menjadi 60% dari lama waktu sebelumnya. Pada tabel 4.5 terdapat satu nilai yang mendapat pewarnaan berbeda menunjukkan konversi tegangan yang paling besar dan hasil akhir tabel tidak mengarah ke nilai tersebut. Ini dimungkinkan terjadi seperti permasalahan yang terjadi pada tabel 4.3 yaitu adanya suatu error pembacaan karena faktor solar cell yang bergoyang dan tidak dapat langsung diam setelah berhenti bergerak. Namun secara umum

sistem yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan dan algoritma pencarian titik maksimum dengan pengurangan waktu putar rotator menjadi 60% dari waktu sebelumnya ketika berbalik arah dapat memberikan hasil yaitu sebuah tegangan maksimum.



BAB V

KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan Rancang Bangun Sistem Penangkapan Energi Maksimum Pada Solar Cell dan juga pengolahan data hasil pengukuran lapangan maka ada beberapa hal yang akan disimpulkan berikut ini:

1. sistem solar cell ataupun photovoltaik yang dirancang untuk penangkapan energi maksimum ini dapat bekerja dengan baik dan memberikan energi maksimumnya bila posisinya menghadap matahari
2. untuk mengambil tegangan solar cell dari luar dan diolah pada ADC maka LM324 yang dibentuk menjadi *differential amplifier* dapat diandalkan sebagai sensor tegangan
3. Algoritma pencarian titik maksimum dengan suatu dasar pemikiran rasio emas atau *golden section* yang dipakai untuk menangkap energi maksimum berhasil diaplikasikan namun demikian tetap tidak ada sistem yang sempurna dalam hal ini bila dilihat pada tabel 4.3 yaitu perbandingan antara sistem yang dijalankan secara otomatis dan manual. Dalam tabel tersebut terdapat kesalahan penempatan posisi terakhir dan nilai kesalahan itu adalah empat (4) dari tiga puluh tiga (33), artinya bila dipersentase menjadi sebesar 12%. Namun persentase tersebut masih lebih kecil dari pada persentase kecendrungan data benarnya, oleh karena itu dapat ditarik suatu kesimpulan bahwasannya sistem ini dapat bekerja dengan baik meskipun tidak sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

Putra, E, Agfianto, 2002, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*, Gava Media, Yogyakarta

Wahyudin, Didin. Belajar Mudah Mikrokontroler AT89S52 dengan Bahasa BASIC Menggunakan BASCOM-8051

Luknanto, M.sc., Ph.D., Ir. Djoko, Mei 2000, Pengantar Optimasi Nonlinier

Atmel Corporation (2000). *AT89C51 Datasheet*. Diakses 5 Mei 2009, dari Atmel. <http://www.atmel.com>

Malvino, Paul, Albert, 1996, *Prinsip-prinsip Elektronika*, Erlangga, Jakarta.

LAMPIRAN

Source code AT89S51

'P0.0, P0.1, P0.4, P0.5, P0.6, P0.7 sebagai output LCD display
'P1.0 sebagai output pulsa pemberi Nilai C
'P1.1 sebagai sinyal (digerakkan LDR) dimulainya waktu tunda untuk rotator kembali ke awal
'P1.2 sebagai output relay pemutus hubungan GRD dengan P1.1
'P1.3 sebagai sinyal dimulainya waktu jeda antara pengambilan data sekarang dan berikutnya
'P1.4 sebagai output relay pemutus hubungan GRD dengan P1.3
'P1.5 sebagai output pulsa pengaktif AT89S52
'P1.6 sebagai input dari AT89S52 yaitu dimulainya waktu jeda antara pengambilan data sekarang dan berikutnya
'P1.7 sebagai output sinyal masukan ke P2.7(AT89S52) untuk rotator kembali ke awal
'P2.7 sebagai output sinyal masukan ke P0.0(AT89S52) untuk pemberian parameter/variable sebelum dimulainya rotator kembali ke awal

```
$large  
$regfile = "8052.dat"  
$crystal = 12000000
```

```
Dim Flag1 As Bit , Flag2 As Bit  
Dim Jam1 As Byte , Menit1 As Byte , Detik1 As Byte , Pengali_timer0 As Word  
Dim Jam2 As Byte , Menit2 As Byte , Detik2 As Byte , Pengali_timer1 As Word
```

```
Config Lcdbus = 4  
Config Lcd = 16 * 2  
Config Lcdpin = Pin , Db7 = P0.7 , Db6 = P0.6 , Db5 = P0.5 , Db4 = P0.4 , E =  
P0.1 , Rs = P0.0  
Cursor Off
```

```
Config Timer0 = Timer , Gate = Internal , Mode = 2  
Config Timer1 = Timer , Gate = Internal , Mode = 2  
Enable Interrupts  
Enable Timer0  
Enable Timer1  
On Timer0 Timer_0  
On Timer1 Timer_1  
Reset P1.2  
Reset P1.4
```

```
Do  
If P1.1 = 0 Then  
Stop Timer0  
Flag1 = 0  
Detik1 = 0  
Menit1 = 0
```

```

    Pengali_timer0 = 0
    Gosub Marking_2
    Reset P1.4
    Wait 1
    Set P1.2
End If
If P1.3 = 0 Then
    Stop Timer1
    Flag2 = 0
    Detik2 = 0
    Menit2 = 0
    Pengali_timer1 = 0
    Gosub Marking_1
    Reset P1.2
    Wait 1
    Set P1.4
End If
If P1.6 = 0 Then
    Gosub Marking_1
End If
Select Case Menit1
    Case 1 : Reset P1.0
        Waitms 100
        Set P1.0
End Select
Gosub Hitung_timer0
Gosub Hitung_timer1
Gosub Tampil
Loop
End
'-----interrupts-----
Marking_1:
If Flag1 = 1 Then
    Stop Timer0
    Flag1 = 0
Else
    Waitms 500
    Start Timer0
    Flag1 = 1
End If
Return

Timer_0:
Load Timer0 , 250
Incr Pengali_timer0
If Pengali_timer0 = 3231 Then
    Pengali_timer0 = 0
    Incr Detik1
End If
Return

Marking_2:
If Flag2 = 1 Then

```

```
Stop Timer1
Flag2 = 0
Else
Waitms 500
Start Timer1
Flag2 = 1
End If
Return
```

```
Timer_1:
Load Timer1 , 250
Incr Pengali_timer1
If Pengali_timer1 = 3231 Then
Pengali_timer1 = 0
Incr Detik2
End If
Return
```

-----sub program-----

```
Hitung_timer0:
If Detik1 = 60 Then
Detik1 = 0
Incr Menit1
End If
If Menit1 = 2 Then
Menit1 = 0
Gosub Marking_1
P1.5 = 0
Waitms 500
P1.5 = 1
End If
If Jam1 = 24 Then
Jam1 = 0
End If
Return
```

```
Hitung_timer1:
If Detik2 = 60 Then
Detik2 = 0
Incr Menit2
End If
If Menit2 = 9 Then
P2.7 = 0
Waitms 500
P2.7 = 1
Elseif Menit2 = 10 Then
Menit2 = 0
Gosub Marking_2
P1.7 = 0
Waitms 500
P1.7 = 1
End If
If Jam2 = 24 Then
Jam2 = 0
```

End If
Return

Tampil:
Locate 1 , 1
Lcd "Timer1:"

Locate 1 , 8
Lcd " "
If Jam1 < 10 Then
 Locate 1 , 9
 Lcd "0"
 Locate 1 , 10
 Lcd Jam1
Elseif Jam1 > 9 Then
 Locate 1 , 9
 Lcd Jam1
End If
 Locate 1 , 11
 Lcd ":",

If Menit1 < 10 Then
 Locate 1 , 12
 Lcd "0"
 Locate 1 , 13
 Lcd Menit1
Elseif Menit1 > 9 Then
 Locate 1 , 12
 Lcd Menit1
End If
 Locate 1 , 14
 Lcd ":",

If Detik1 < 10 Then
 Locate 1 , 15
 Lcd "0"
 Locate 1 , 16
 Lcd Detik1
Elseif Detik1 > 9 Then
 Locate 1 , 15
 Lcd Detik1
End If

Locate 2 , 1
Lcd "Timer2:"

Locate 2 , 8
Lcd " "
If Jam2 < 10 Then
 Locate 2 , 9
 Lcd "0"
 Locate 2 , 10
 Lcd Jam2

```
Elseif Jam2 > 9 Then
  Locate 2 , 9
  Lcd Jam2
End If
  Locate 2 , 11
  Lcd ":"
```

```
If Menit2 < 10 Then
  Locate 2 , 12
  Lcd "0"
  Locate 2 , 13
  Lcd Menit2
Elseif Menit2 > 9 Then
  Locate 2 , 12
  Lcd Menit2
End If
  Locate 2 , 14
  Lcd ":"
```

```
If Detik2 < 10 Then
  Locate 2 , 15
  Lcd "0"
  Locate 2 , 16
  Lcd Detik2
Elseif Detik2 > 9 Then
  Locate 2 , 15
  Lcd Detik2
End If
Return
```

'Source code AT89S52

'A sebagai adc sebelumnya
'C sebagai load timer1
'E sebagai penanda 3x putar forward & reverse maka sistem selesai
'F sebagai nilai yang dikurangi dan ditambah untuk diakhir proses scanning ditambahkan ke G
'G sebagai nilai G = C untuk rotator kembali ke awal
'P0.0 sebagai pemberi nilai pendahuluan untuk motor putar balik
'P0.2 to LCD
'P0.3 to LCD
'P0.4 to LCD
'P0.5 to LCD
'P0.6 to LCD
'P0.7 to LCD
'P1 sebagai inputan ADC
'P2.0 sebagai input C = 4000
'P2.1 sebagai pulsa pencuplik Adc
'p2.2 sebagai brake on
'p2.3 sebagai on motor forward (CCW)
'p2.4 sebagai on motor reverse (CW)
'P2.5 sebagai start_stop_forward atau dimulainya proses scanning
'P2.6 sebagai output pemicu ke p1.6 AT89S51 yaitu jeda waktu scanning
'P2.7 sebagai input start stop motor reverse atau dimulainya proses rotator kembali ke titik awal

\$large
\$regfile = "89s52.dat"
\$crystal = 12000000

Pulse_at Alias P2.6

Dim A As Byte , C As Long , E As Byte , F As Word , G As Long
Dim Pengali_timer0 As Word , Pengali_timer1 As Word , Detik1 As Byte
Dim Flag1 As Bit , Flag2 As Bit , Flag3 As Bit , Adc As Byte , Detik2 As Byte

Config Lcdbus = 4
Config Lcd = 16 * 2
Config Lcdpin = Pin , Db7 = P0.7 , Db6 = P0.6 , Db5 = P0.5 , Db4 = P0.4 , E = P0.3 , Rs = P0.2
Cursor Off

Config Timer0 = Timer , Gate = Internal , Mode = 2
Config Timer1 = Timer , Gate = Internal , Mode = 2
Enable Interrupts
Enable Timer0
Enable Timer1
On Timer0 Forward
On Timer1 Reverse
P2.2 = 0
P2.3 = 0
P2.4 = 0

```

Do
If P2.0 = 0 Then
  C = 4000
  Waitms 100
  Gosub Tampil_c
  Set P2.2
  F = C
  Gosub Tampil_f
  Flag3 = 0
End If
If P2.5 = 0 Then
  Gosub Start_stop_forward
End If
If P2.7 = 0 Then
  Gosub Start_stop_reverse
End If
If P0.0 = 0 Then
  Flag3 = 1
  Set P2.2
  C = G
  Gosub Tampil_c
End If
If Flag3 = 0 Then
  Gosub Satu
  Gosub Dua
Elseif Flag3 = 1 Then
  If Detik2 >= 5 Then
    Gosub Start_stop_reverse
    Reset P2.2
    Detik2 = 0
    Gosub Tampil_d2
    G = 0
    Gosub Tampil_g
  End If
End If
Gosub Tampil
Loop
End

'-----interrupts-----
Start_stop_forward:
If Flag1 = 1 Then
  Stop Timer0
  P2.3 = 0
  Flag1 = 0
Else
  Waitms 500
  Start Timer0
  P2.3 = 1
  Flag1 = 1
End If

```

Return

Forward:

Load Timer0 , 250

Incr Pengali_timer0

If Pengali_timer0 = C Then

 Pengali_timer0 = 0

 Incr Detik1

End If

Return

Start_stop_reverse:

If Flag2 = 1 Then

 Stop Timer1

 P2.4 = 0

 Flag2 = 0

Else

 Waitms 500

 Start Timer1

 P2.4 = 1

 Flag2 = 1

End If

Return

Reverse:

Load Timer1 , 250

Incr Pengali_timer1

If Pengali_timer1 = C Then

 Pengali_timer1 = 0

 Incr Detik2

End If

Return

'-----sub program-----'

Satu:

If Detik1 >= 5 Then

 Gosub Start_stop_forward

 Detik1 = 0

 Gosub Tampil_d1

 Wait 2

 Gosub Pulse_adc

 Waitms 500

 Adc = P1

 Gosub Tampil_adc

If E < 4 Then

 If Adc >= A And C > 200 Then

 Wait 1

 A = Adc

 Gosub Tampil_awal

 F = F + C

 Gosub Tampil_f

 Gosub Start_stop_forward

 Goto Satu

```

Elseif Adc < A And C > 200 Then
    Wait 1
    A = Adc
    Gosub Tampil_awal
    C = C * 6
    C = C / 10
    F = F - C
    Gosub Tampil_f
    Gosub Tampil_c
    Wait 1
    Gosub Start_stop_reverse
    Goto Dua
Elseif Adc >= A And C <= 200 Then
    Wait 1
    A = Adc
    Gosub Tampil_awal
    F = F + C
    Gosub Tampil_f
    Gosub Start_stop_forward
    Goto Satu
Elseif Adc < A And C <= 200 Then
    Wait 1
    A = Adc
    Gosub Tampil_awal
    F = F - C
    Gosub Tampil_f
    E = E + 1
    Gosub Start_stop_reverse
    Gosub Dua
End If
Elseif E >= 4 Then
    Pulse_at = 0
    Waitms 500
    Pulse_at = 1
    Reset P2.2
    G = G + F
    Gosub Tampil_g
    E = 0
End If
End If
Return

Dua:
If Detik2 >= 5 Then
    Gosub Start_stop_reverse
    Detik2 = 0
    Gosub Tampil_d2
    Wait 2
    Gosub Pulse_adc
    Waitms 500
    Adc = P1
    Gosub Tampil_adc
    If E < 4 Then

```

```

If Adc >= A And C > 200 Then
  Wait 1
  A = Adc
  Gosub Tampil_awal
  F = F - C
  Gosub Tampil_f
  Gosub Start_stop_reverse
  Goto Dua
Elseif Adc < A And C > 200 Then
  Wait 1
  A = Adc
  Gosub Tampil_awal
  C = C * 6
  C = C / 10
  F = F + C
  Gosub Tampil_f
  Gosub Tampil_c
  Wait 1
  Gosub Start_stop_forward
  Goto Satu
Elseif Adc >= A And C <= 200 Then
  Wait 1
  A = Adc
  Gosub Tampil_awal
  F = F - C
  Gosub Tampil_f
  Gosub Start_stop_reverse
  Goto Dua
Elseif Adc < A And C <= 200 Then
  Wait 1
  A = Adc
  Gosub Tampil_awal
  F = F + C
  Gosub Tampil_f
  E = E + 1
  Gosub Start_stop_forward
  Gosub Satu
End If
Elseif E >= 4 Then
  Pulse_at = 0
  Waitms 500
  Pulse_at = 1
  Reset P2.2
  G = G + F
  Gosub Tampil_g
  E = 0
End If
End If
Return

'-----gosub-----
Tampil:
Locate 1 , 1

```

Lcd "C"

Locate 1 , 7
Lcd "Adc"

Locate 1 , 13
Lcd "A"

Locate 2 , 1
Lcd "G"

Locate 2 , 7
Lcd "F"

Locate 2 , 13
Lcd "M"
Locate 2 , 14
Lcd Detik1

Locate 2 , 15
Lcd "B"
Locate 2 , 16
Lcd Detik2

Tampil_c:

If C < 10 Then
 Locate 1 , 2
 Lcd C
 Locate 1 , 3
 Lcd " "
 Locate 1 , 4
 Lcd " "
 Locate 1 , 5
 Lcd " "
 Locate 1 , 6
 Lcd " "

Elseif C < 100 Then
 Locate 1 , 2
 Lcd C
 Locate 1 , 4
 Lcd " "
 Locate 1 , 5
 Lcd " "
 Locate 1 , 6
 Lcd " "

Elseif C < 1000 Then
 Locate 1 , 2
 Lcd C
 Locate 1 , 5
 Lcd " "
 Locate 1 , 6
 Lcd " "

Elseif C < 10000 Then

```
Locate 1 , 2
Lcd C
Locate 1 , 6
Lcd " "
Elseif F > 9999 Then
Locate 1 , 2
Lcd F
End If
Return
```

```
Tampil_adc:
If Adc < 10 Then
Locate 1 , 10
Lcd Adc
Locate 1 , 11
Lcd " "
Locate 1 , 12
Lcd " "
Elseif Adc < 100 Then
Locate 1 , 10
Lcd Adc
Locate 1 , 12
Lcd " "
Elseif Adc > 99 Then
Locate 1 , 10
Lcd Adc
End If
Return
```

```
Tampil_awal:
If A < 10 Then
Locate 1 , 14
Lcd A
Locate 1 , 15
Lcd " "
Locate 1 , 16
Lcd " "
Elseif A < 100 Then
Locate 1 , 14
Lcd A
Locate 1 , 16
Lcd " "
Elseif A > 99 Then
Locate 1 , 14
Lcd A
End If
Return
```

```
Tampil_g:
If G < 10 Then
Locate 2 , 2
Lcd G
```

```
Locate 2 , 3
Lcd " "
Locate 2 , 4
Lcd " "
Locate 2 , 5
Lcd " "
Locate 2 , 6
Lcd " "
Elseif G < 100 Then
Locate 2 , 2
Lcd G
Locate 2 , 4
Lcd " "
Locate 2 , 5
Lcd " "
Locate 2 , 6
Lcd " "
Elseif G < 1000 Then
Locate 2 , 2
Lcd G
Locate 2 , 5
Lcd " "
Locate 2 , 6
Lcd " "
Elseif F < 10000 Then
Locate 2 , 2
Lcd F
Locate 2 , 6
Lcd " "
Elseif G > 9999 Then
Locate 2 , 2
Lcd G
End If
Return

Tampil_f:
If F < 10 Then
Locate 2 , 8
Lcd F
Locate 2 , 9
Lcd " "
Locate 2 , 10
Lcd " "
Locate 2 , 11
Lcd " "
Locate 2 , 12
Lcd " "
Elseif F < 100 Then
Locate 2 , 8
Lcd F
Locate 2 , 10
Lcd " "
Locate 2 , 11
```

```
Lcd " "  
Locate 2 , 12  
Lcd " "  
Elseif F < 1000 Then  
Locate 2 , 8  
Lcd F  
Locate 2 , 11  
Lcd " "  
Locate 2 , 12  
Lcd " "  
Elseif F < 10000 Then  
Locate 2 , 8  
Lcd F  
Locate 2 , 12  
Lcd " "  
Elseif F > 9999 Then  
Locate 2 , 8  
Lcd F  
End If  
Return  
  
Tampil_d1:  
Locate 2 , 14  
Lcd Detik1  
Return  
  
Tampil_d2:  
Locate 2 , 16  
Lcd Detik2  
Return  
  
Pulse_adc:  
P2.1 = 0  
Wait 2  
P2.1 = 1  
Return
```