

Sistem Tracking Matahari Menggunakan Solar Cell Berbasis Mikrokontroler ATmega16

Heru Nugroho¹ Supriyana Nugroho²

¹ Teknik Elektro Fakultas Teknik Elektro Dan Informatika Universitas Surakarta

supriyananugroho@gmail.com

ABSTRACT

Energy is a very important requirement because all activities require energy. Energy sources have been found to meet human needs. Energy sources are divided into 2, which can be updated and cannot be updated. Energy sources that can be updated are solar energy, mechanical energy (hydropower, wind power), and others. Energy sources that cannot be renewed are natural gas energy, coal energy, nuclear, and others. In general, the Atmega16 Microcontroller-Based Solar Tracking System is designed using. ATmega16 Microcontroller, Solar Cell, REED SWITCH Sensor, LDR Sensor, LCD, LED. The microcontroller accepts input from the solar cell, LDR sensor and REED SWITCH sensor, then performs data processing and provides LCD output as a display, LED as an indication of light and power window motor as a solar cell panel drive. This tool serves to increase the efficiency of the solar cell. This tool is made in 1 year. This tool works by following the direction of sunlight. In the presence of sunlight this system will light up. This tool will not stop working while still getting energy from sunlight.

Keywords : ATmega16 microcontroller, LDR sensor, REED SWITCH sensor, Solar Cell, LCD, LED.

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan suatu kebutuhan sangat penting karena semua kegiatan memerlukan energi. Berbagai sumber energi telah ditemukan untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Sumber energi dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu sumber energi yang dapat diperbaharui dan yang tidak dapat diperbaharui. Contoh sumber energi yang dapat diperbaharui yaitu : energi matahari, energi mekanik (tenaga air, tenaga angin), dan lain-lain. Contoh sumber energi yang tidak dapat diperbaharui yaitu : energi gas bumi, energi batu bara, energi nuklir, dan lain-lain.

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi yang berpotensi sebagai sumber energi

utama pembangkit listrik di masa depan karena energi matahari yang selalu tersedia dan ramah lingkungan. Proses perubahan energi matahari menjadi energi listrik dilakukan dengan menggunakan panel surya atau biasa disebut solar cell.

Salah satu kendala dalam proses konversi energi matahari menjadi energi listrik yaitu terletak pada tingkat efisiensi yang rendah. Saat ini efisiensi tertinggi yang dapat dicapai tidak lebih dari 20 persen, itupun dalam skala laboratorium. Untuk meningkatkan efisiensi maka perlu diberikan sebuah sistem tambahan, yaitu Sistem Tracking Matahari Menggunakan Solar Cell Berbasis ATmega 16. Dengan Sistem Tracking Matahari Menggunakan Solar Cell

Berbasis ATmega 16, posisi solar cell dapat diarahkan sesuai dengan arah datangnya sinar matahari sehingga proses konversi energi lebih optimal.

Metodologi penelitian yang digunakan adalah Metode Literatur, Metode Perancangan dan Pembuatan Alat, Metode Pengisian Program serta Metode Pengujian Alat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sel Surya

Solar cell atau sel surya atau sel fotovoltaik merupakan alat yang dapat mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Pada prinsipnya sel fotovoltaik beroperasi melalui 3 tahap yaitu penyerapan cahaya yang menyebabkan eksitasi elektron dari material fotovoltaik, sehingga menghasilkan pasangan electron-hole atau disebut juga dengan exciton. Proses selanjutnya yaitu pemisahan pembawa muatan (Charge carrier) yang muatannya berbeda. Selanjutnya muatan-muatan tersebut masuk ke dalam sirkuit eksternal (Rahmawati, Fitria, Dr. 2013).

B. LDR (Light Dependent Resistor)

LDR ini memanfaatkan cahaya tampak sebagai pemicu perubahan nilai resistansinya (Pitowarni, Endro . 2005).

C. Reed Switch

Reed switch adalah saklar listrik yang dioperasikan oleh medan magnet (http://id.wikipedia.org/wiki/Reed_switch).

D. Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler AVR ini memiliki arsitektur RISC (Reduce Instruction Set Computing) delapan bit, di mana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus clock (Marausna, 2011).

E. Komparator

Sebuah pembandingan (komparator) adalah rangkaian yang berfungsi membandingkan tegangan sinyal input dengan suatu tegangan referensi (Pujiono, 2012).

F. RANGKAIAN PEMBAGI TEGANGAN

Pembagian tegangan terjadi pada rangkaian dalam satu loop karena pada satu loop arusnya sama sedangkan tegangannya berbeda tergantung nilai resistansinya, sehingga terjadi pembagian tegangan yang proporsional terhadap nilai resistansi (Pujiono, 2012).

G. Optocoupler

Optocoupler adalah suatu komponen penghubung (coupling) yang bekerja berdasarkan "picu" cahaya/optic (Pitowarni, Endro . 2005).

H. Baterai

Baterai merupakan sel elektro kimia yang dapat mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik (Rahmawati, Fitria, Dr. 2013).

I. LCD 2 x16

LCD yang digunakan mempunyai lebar display 2 baris 6 kolom atau biasa disebut dengan LCD character 2x16, dengan 16 pin konektor (Akbar, 2010).

J. LED

Salah satu fungsi output port yang paling dasar adalah memberikan informasi hasil proses melalui indikasi lampu atau tanda tunggal (Pitowarni, Endro . 2005).

K. Relay

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektro magnetik) (<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/teori-relay-elektro-mekanik/>).

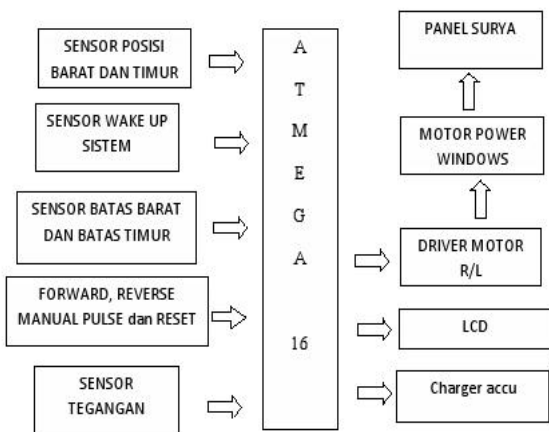
L. Prinsip Kerja Motor Arus Searah (DC)

Prinsip kerja motor DC adalah mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Secara umum konstruksimotor dc terdiri dari stator dan rotor. Motor-motor DC pada awalnya membutuhkan momen gerak (gaya torsi) yang besardan tidak memerlukan kontrol kecepatan putar. Kecepatan putar motor selanjutnyaakan dikontrol oleh medan magnet (Peni Handayani, Trisno Yuwono Putro, 2008).

III. METODOLOGI

A. Rancangan Alat

Rancangan alat sistem pelacak panel solar cell bisa digambarkan seperti gambar berikut:



Gambar 1. Rancangan alat sistem pelacak panel solar cell

Rancangan alat ini terdiri dari berbagai bagian yaitu :

- 1) Bagian input meliputi :
 - a. Sensor posisi barat dan posisi timur.
 - b. Sensor wake up system.
 - c. Sensor batas barat dan batas timur.
 - d. Sensor tegangan accu dan sensor tegangan solar cell.
 - e. Tombol manual forward dan reverse serta reset.
- 2) Bagian proses meliputi Mikrokontroler Atmega 16.

3) Bagian output meliputi :

- a. LCD.
- b. Charger accu.
- c. Driver motor.
- d. Motor power window.
- e. Panel solar cell.

Setelah rancangan alat selesai, kemudian membuat program menggunakan komputer yang kemudian di kompail kedalam bahasa baskom avr setelah itu di download ke mikrokontroler ATMEGA 16 menggunakan software Khazama AVR Programmer.

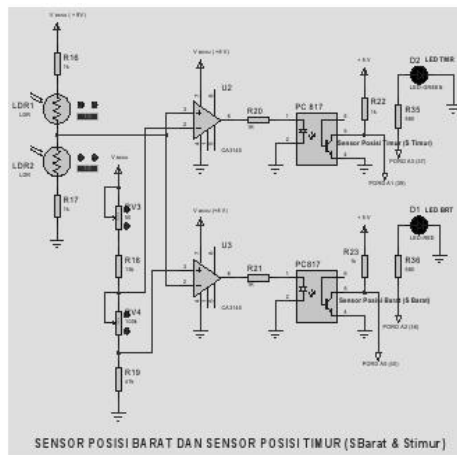
B. Pembuatan Hardware (Perangkat Keras)

Di dalam pembuatan hardware (perangkat keras) dan terdiri dari beberapa bagian antara lain :

1) Bagian input

Bagian input ini meliputi :

- a. Sensor Posisi Barat dan Sensor Posisi Timur



Gambar 2 Skematik sensor posisi barat dan posisi timur

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi arah datangnya cahaya matahari. Cara kerjanya adalah ketika cahaya matahari mengenai kedua LDR tegangan yang keluar dari LDR tersebut adalah 4 volt dengan perhitungan sebagai berikut :



Gambar 3 Hasil tes LDR saat terang terkena sinar matahari

$$V_{out} = \frac{LDR2 + 1K}{LDR2 + 1K + LDR1 + 1k} \times V_{cc}$$

$$V_{out} = \frac{72.7\Omega + 1K}{72.7\Omega + 1K + 72.7\Omega + 1K} \times 8$$

$$V_{out} = \frac{1072.7\Omega}{2145.4\Omega} \times 8$$

$$V_{out} = \frac{1}{2} \times 8 = 4 \text{ Volt}$$

Jika salah satu dari LDR terkena cahaya atau terhalang cahaya membuat output dari pembagi tegangan (voltage divider) akan berubah.

Untuk tegangan referensi sebagai pembanding dari 2 LDR adalah antara 3 volt dan 5 volt, untuk membuat ke dua nilai tegangan maka bisa dihitung nilai hambatannya dengan rumus:

$$V_1 = i.R_1 = \frac{V_s}{R_1+R_2+R_3} \cdot R_1 = \frac{V_s}{R_1+R_2+R_3} \cdot V_s$$

$$R_1 = \frac{V_1}{\frac{V_s}{R_1+R_2+R_3}} \cdot V_s$$

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2+R_3} \cdot V_s$$

$$8 = \frac{R_1}{R_1+R_2+R_3} \cdot 8$$

$R_1 = R_1 + R_2 + R_3$ ------(Pers.1)

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2+R_3} \cdot V_s$$

$$5 = \frac{R_2}{R_1+R_2+R_3} \cdot 8$$

$5 (R_1+R_2+R_3) = 8 R_2$ ------(Pers.2)

$$V_3 = \frac{R_3}{R_1+R_2+R_3} \cdot V_s$$

$$3 = \frac{R_3}{R_1+R_2+R_3} \cdot 8$$

$3 (R_1+R_2+R_3) = 8 R_3$ ------(Pers.3)

Dari ke 3 persamaan diatas dapat di tentukan nilai hambatan (R) dengan eliminasi :

$$R_1 = R_1+R_2+R_3$$

$$8 R_2 = 5 (R_1+R_2+R_3) \rightarrow 8 R_2 = 5R_1 + 5R_2 + 5R_3$$

$$8 R_3 = 3 (R_1+R_2+R_3) \rightarrow 8 R_3 = 3R_1 + 3R_2 + 3R_3$$

$$R_1 = R_1+R_2+R_3 \quad | \times 15 |$$

$$8 R_2 = 5R_1 + 5R_2 + 5R_3 \quad | \times 3 |$$

$$8 R_3 = 3R_1 + 3R_2 + 3R_3 \quad | \times 5 | \text{ menjadi :}$$

$$15R_1 = 15R_1 + 15R_2 + 15R_3$$

$$24R_2 = 15R_1 + 15R_2 + 15R_3$$

$$40R_3 = 15R_1 + 15R_2 + 15R_3$$

$$15R_1 \times 24R_2 \times 40R_3 = 0$$

Jadi nilai hambatan (R) nya adalah

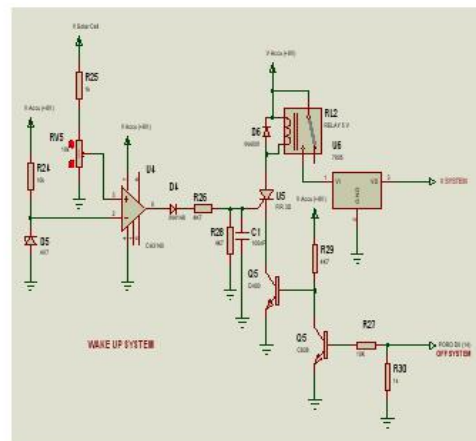
$$R_1 = 15 K$$

$$R_2 = 24 K$$

$$R_3 = 40 K$$

Untuk mendapatkan nilai R2 dan R3 yang ada di pasaran maka dapat menggunakan Variabel Resistor (VR) yaitu untuk VR2 = 50K dan VR3 = 100K.

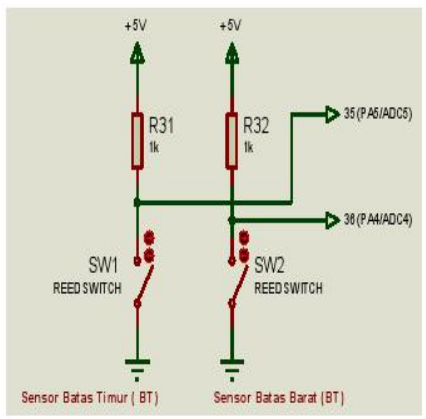
b. Wake Up Sistem



Gambar 4. Wake Up Sistem

Wake Up Sistem adalah sistem yang berfungsi mendeteksi tegangan solar cell yang terkena cahaya matahari. Cara kerja wake up sistem ini adalah tegangan yang keluar dari solar cell di bandingkan dengan tegangan accu menggunakan comparator. Jika tegangan solar cell melebihi tegangan referensi dari accu maka output komparator akan mengaktifkan gate pada scr. Ketika gate mendapatkan tegangan picu maka akan mengaktifkan relay. Relay ini berfungsi sebagai tegangan sistem kontrol tracking matahari. Sistem kontrol tracking ini mengaktifkan sensor posisi dari LDR memanfaatkan intensitas cahaya matahari. Kemudian keluaran tegangan dari LDR ini yang menentukan pada saat kapan sistem tracking akan aktif.

c. Sensor Batas Barat dan Batas Timur

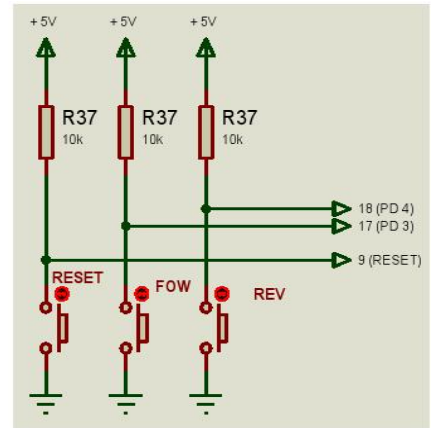


Gambar 5 Sensor batas barat dan batas timur

Sensor ini menggunakan reed switch, sensor ini bekerja apabila ada magnet yang mendekati pada sensor tersebut. Sensor ini berfungsi untuk batas barat dan batas timur. Cara kerja sensor ini adalah jika posisi matahari terbenam maka posisi panel solar cell akan menghadap ke barat dan ujung panel solar cell terdapat magnet yang mengenai sensor reed switch. Setelah mengenai sensor reed switch maka motor akan berputar kembali ke posisi timur menghadap matahari terbit sampai ujung dari panel solar cell yang terdapat magnet mengenai sensor reed switch maka motor akan berhenti mematikan sistem dan

proses tracking akan berhenti menunggu sampai matahari terbit.

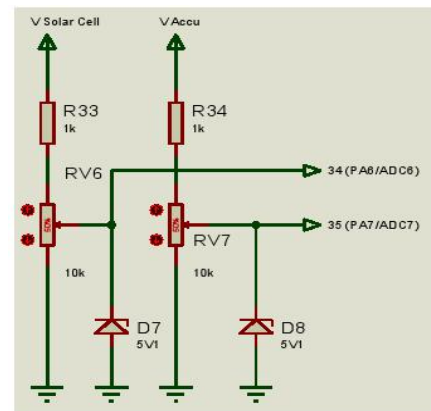
d. Tombol Forward, Reverse Secara Manual



Gambar 6 Tombol forward, reverse, dan reset program

Tombol forward ini berfungsi untuk mengerjakan panel menuju ke posisi barat. Tombol reverse ini berfungsi untuk mengerjakan panel menuju ke posisi timur. Tombol reset ini berfungsi untuk mereset program apabila terjadi kesalahan (error) pada saat proses berlangsung.

e. Sensor Tegangan

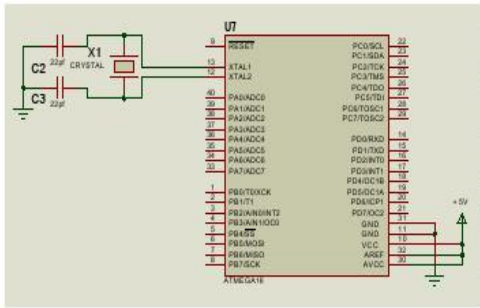


Gambar 7 Rangkaian sensor tegangan

Sensor tegangan adalah suatu sensor yang dapat mengatur keluaran tegangan, sensor ini di bangun dengan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian ini kemudian diolah ke dalam

mikrokontroler sebagai masukan ADC untuk ditampilkan ke dalam LCD.

2) Bagian sistem minimum mikrokontroler atmega 16

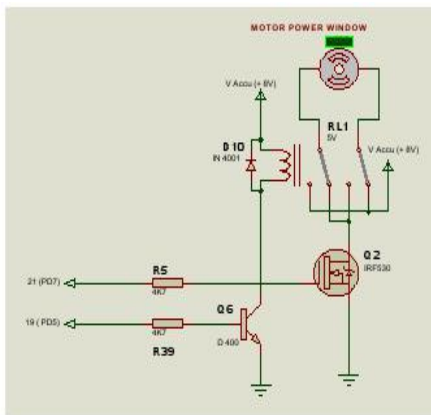


Gambar 8 Konfigurasi mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler ini berfungsi sebagai otak dari sistem yang dijalankan.

3) Bagian output

a. Driver Motor



Gambar 9 Driver Motor

Driver motor ini berfungsi untuk mengatur putaran motor forward dan reverse dengan mengatur masukan PD7 dan PD5 menggunakan program Bascom AVR.

Dari data gambar skema rangkaian yang digunakan pada rangkaian transistor yang dihubungkan ke sistem mikrokontroler. Apabila diketahui : V_{bb} = tegangan pin mikrokontroler saat kondisi logika hight (nilainya 5 volt). Dari

data sheet Transistor D400 diperoleh data hfe dengan nilai mendekati 100 dan $V_{be} = 0,7$ (data sheet terlampir pada lampiran). Dari datasheet SONGLE RELAY diperoleh data bahwa untuk koil relay dengan tegangan kerja 5 volt di peroleh bahwa arus relay adalah 89,3 miliAmper (datasheet terlampir pada lampiran).

Dari data di atas dapat dihitung

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}}$$

$$I_b = \frac{89,3 \text{ mA}}{100}$$

$$I_b = 0,893 \text{ mA}$$

$$R_b = \frac{(V_{bb} - V_{be})}{I_b}$$

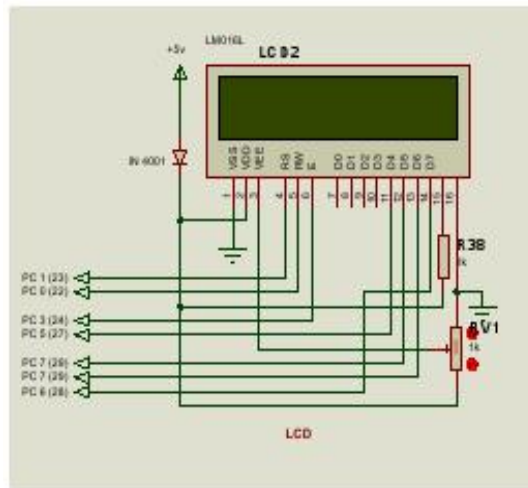
$$R_b = \frac{(5 \text{ volt} - 0,7 \text{ volt})}{0,893 \text{ mA}}$$

$$R_b = \frac{4,3 \text{ volt}}{0,893 \text{ mA}}$$

$$R_b = 4815 \text{ ohm}$$

Nilai resistor yang ada dipasaran dan mendekati nilai tersebut adalah 4700 ohm atau 4k7 jadi nilai resistor basis adalah 4k7 ohm. Dioda pada koil relai berfungsi sebagai proteksi transistor untuk menghubung singkat tegangan induksi yang terjadi saat perubahan kondisi dari on ke off.

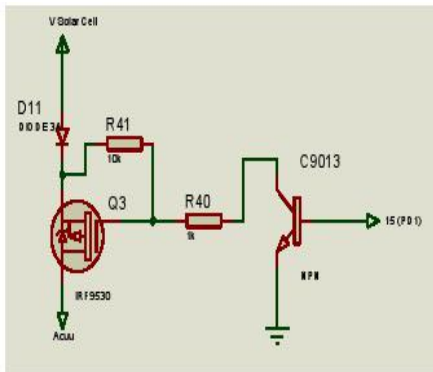
b. LCD



Gambar 10 Skema LCD

LCD berfungsi untuk menampilkan tegangan solar cell, tegangan accu, waktu untuk mencari posisi tracking, dan pengecasan.

c. Charger Accu



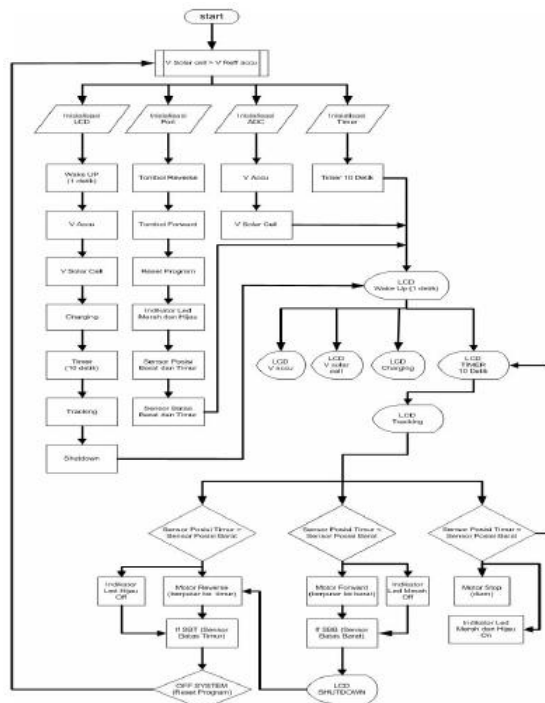
Gambar 11 Skema charger accu

Charger accu rangkaian ini berfungsi untuk proses pengisian accu dari tegangan solar cell. Cara kerja rangkaian ini adalah ketika transistor C9013 cut off maka arus dari solar cell melewati R41 menyebabkan mosfet IRF9530 menjadi saturasi dan mengisi accu. Proses pengisian ini terjadi akibat terdapat beda potensial tegangan antara accu dan solar cell, jika tegangan accu < dari solar cell mengakibatkan solar cell akan mengisi accu, dan sebaliknya jika tegangan accu > dari pada solar cel mengakibatkan input dari adc yang masuk ke dalam mikrokontroler mendeteksi bahwa accu dalam keadaan penuh. Hal ini mengakibatkan output pada mikrokontroler alamat PD1 menjadi mengeluarkan tegangan dan menyebabkan transistor D400 menjadi saturasi dan arus yang mengalir pada accu dibuang menuju ground.

C. Pembuatan Software

Secara garis besar software system tracking ini menggunakan flow char (diagram alir). Pada saat saklar tegangan accu dinyalakan dan sinar matahari mengenai panel solar cell. Hal ini menyebabkan tegangan solar cell lebih besar dari pada tegangan accu. Selama proses ini berlangsung mengakibatkan program On. Tampilan LCD menjadi Wake Up, Wake Up ini

ditampilkan selama 1 detik. Setelah 1 detik layar pada tampilan LCD tertulis Va : 8.4, Vs : 13, Chg, dan Tm : 10. Va : 8.4 maksudnya adalah tegangan aki = 8.4 Volt, Vs : 13 maksudnya adalah tegangan accu = 13 Volt, Chg hal ini menyatakan bahwa solar cell sedang melakukan pengecasan, dan Tm : 10 maksudnya timer ini bekerja selama 10 detik.



Gambar 12 Flow chart diagram arus tracking

Setelah timer berjalan 10 detik maka sensor posisi bekerja dan LCD menampilkan tracking. Cara kerja sensor posisi ini mengikuti arah sinar matahari. Sensor posisi ini ada 2 yaitu sensor posisi barat dan timur. Sensor posisi timur ini menggunakan LDR (Light Dependent Resistor). LDR ini bekerja apabila terkena sinar matahari mengakibatkan nilai resistansinya menjadi turun dan tegangannya menjadi naik, apabila sinar matahari terhalang sesuatu (bayangan dari cerobong LDR) mengakibatkan nilai resistansinya menjadi naik dan tegangannya menjadi turun.

Ketika LDR sensor posisi timur terhalang cerobong menyebabkan tegangan menjadi naik dan lebih besar dari LDR sensor posisi barat yang terkena sinar matahari. Hal ini mengakibatkan indicator led timur mati, motor berputar ke reverse dan pergerakan motor ke timur ini dibatasi oleh sensor batas timur yaitu reed switch. Jika sensor batas timur ini aktif maka akan mengakibatkan sistem mati (off system). Syarat mengaktifkan off system adalah tegangan solar cell harus lebih kecil dari pada tegangan accu.

Ketika LDR sensor posisi timur terhalang terkena sinar matahari menyebabkan tegangan menjadi turun dan lebih kecil dari LDR sensor posisi barat yang terhalang cerobong. Hal ini mengakibatkan indicator led barat mati, motor berputar ke foward dan pergerakan motor ke barat ini dibatasi oleh sensor batas barat yaitu reed switch. Ketika sensor batas barat ini aktif tampilan LCD menjadi shutdown dan motor berputar reverse sampai mengaktifkan sensor batas timur. Jika sensor batas timur ini aktif maka akan mengakibatkan sistem mati (off system). Syarat mengaktifkan off system adalah tegangan solar cell harus lebih kecil dari pada tegangan accu.

Ketika LDR sensor posisi timur sama dengan sensor posisi timur yaitu intensitas sinar matahari yang masuk kedalam cerobong LDR sama. Hal ini mengakibatkan indicator led timur dan barat barat menyala, motor tidak berputar (diam) dan timer bekerja selama 10 detik. Jika selama 10 detik tidak ada perubahan tegangan antara sensor posisi barat dan timur maka motor akan diam.

Ketika selama 10 detik sensor posisi timur lebih besar dari sensor posisi barat maka motor berputar reverse sampai mencari posisi yang setimbang (sensor posisi timur sama dengan sensor posisi timur yaitu intensitas sinar matahari yang masuk kedalam cerobong LDR sama). Jika tidak sama maka motor berputar reverse sampai sensor batas timur aktif. Jika sensor batas timur ini aktif maka akan mengakibatkan sistem mati (off system). Syarat mengaktifkan off system

adalah tegangan solar cell harus lebih kecil dari pada tegangan accu.

Ketika selama 10 detik sensor posisi timur lebih kecil dari sensor posisi barat maka motor berputar foward sampai mencari posisi yang setimbang (sensor posisi timur sama dengan sensor posisi timur yaitu intensitas sinar matahari yang masuk kedalam cerobong LDR sama). Jika tidak sama maka motor berputar terus sampai sensor batas barat aktif. Ketika sensor batas barat ini aktif tampilan LCD menjadi shutdown dan motor berputar reverse sampai mengaktifkan sensor batas timur. Jika sensor batas timur ini aktif maka akan mengakibatkan sistem mati (off system). Syarat mengaktifkan off system adalah tegangan solar cell harus lebih kecil dari pada tegangan accu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perhitungan Secara Teori

Dari data panel solar cell diketahui :

1. Ukuran panel solar cell panjang = 204 mm, dan lebar = 185 mm

$$Ac = 204 \text{ mm} \times 185 \text{ mm}$$

$$Ac = 0,20 \text{ m} \times 0,185 \text{ m}$$

$$Ac = 0,03774 \text{ m}$$

2. Open – Circuit – Voltage (V_{oc}) = 14,65 V
3. Working Voltage (V_{mp}) = 11,85 V
4. Fluks Radiasi = 1000 W/m²
5. Peak Power = 3 WP
6. Short – Circuit – Current (I_{sc}) = 270 mm
7. Working Current (I_{mp}) = 260 mm

Efisiensi maksimum dari panel surya secara teori adalah

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{(E^{sws} \times Ac)} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{3}{(1000 \times 0,03774)} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{3}{37,74} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 0,0795 \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 7,95 \%$$

B. Hasil Pengujian Keluaran Arus-Tegangan (v-i) Panel Solar Cell Secara Diam

Hasil pengujian keluaran panel solar cell dapat ditampilkan dalam hubungan arus terhadap tegangan seperti :

Table 2 Diam Statik

V (Accu)	V (Solar Cell)	Time	I (Solar Cell)	Daya Solar Cell (P= I x V)	Keterangan Cuaca
8.1	13	8	160 mA	2,08 W	Cerah
8.5	13.5	9	177.9 mA	2,40 W	Cerah
8.6	13.7	10	220 mA	3,01 W	Cerah
8.8	14	11	270 mA	3,78 W	Cerah
8.8	14	12	270 mA	3,78 W	Cerah
8.7	13.8	13	220 mA	3,03 W	Cerah
8.6	13.6	14	198.5 mA	2,70 W	Cerah
8.6	13.7	15	143.2 mA	1,96 W	Cerah
8.4	13.3	16	72.2 mA	0,96 W	Cerah
8.3	13.1	17	14.1 mA	0,18 W	Cerah

Dari data diam statik di dapat nilai rata-rata :

Tegangan accu (Va) adalah

$$V_{rata-rata} = \frac{V_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{8,1+8,5+8,6+8,8+8,8+8,7+8,6+8,6+8,4+8,3}{10}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{85,4}{10}$$

$$V_{rata-rata} = 8,54 \frac{V}{h}$$

Tegangan Solar Cell (Vs) adalah

$$V_{s rata-rata} = \frac{V_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$V_{s rata-rata} = \frac{13+13,5+13,7+14+14+13,8+13,6+13,7+13,3+13,1}{10}$$

$$V_{s rata-rata} = \frac{135,7}{10}$$

$$V_{s rata-rata} = 13,7 \frac{V}{h}$$

Arus Solar Cell (Is) adalah

$$I_{s rata-rata} = \frac{I_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$I_{s rata-rata} = \frac{160+177,9+220+270+220+198,5+143,2+72,2+14,1}{10}$$

$$I_{s rata-rata} = \frac{1745,9}{10}$$

$$I_{s rata-rata} = 174,59 \frac{mA}{h}$$

Daya Solar Cell (Ps) adalah

$$P_{s rata-rata} = \frac{P_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$P_{s rata-rata} = \frac{2,08+2,40+3,01+3,78+3,78+3,03+2,70+1,96+0,96+0,14}{10}$$

$$P_{s rata-rata} = 2,388 \frac{Watt}{h}$$

Efisiensi maksimum dari panel surya secara diam adalah

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{(E^{sw_s} \times A_c)} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{2,388}{(1000 \times 0,03774)} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{2,388}{37,74} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 0,0633 \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 6,33 \%$$

C. Hasil Pengujian Keluaran Arus Dan Tegangan (i-v) Panel Solar Cell Secara Bergerak (Tracking)

Hasil pengujian keluaran panel solar cell dapat ditampilkan dalam hubungan arus terhadap tegangan seperti :

Table 3 Gerak mengikuti sinar matahari

V (Accu)	V (Solar Cell)	Time	I (Solar Cell)	Daya Solar Cell (P= I x V)	Keterangan Cuaca
8.1	13	8	180 mA	2,34 W	Cerah
8.5	13.5	9	250 mA	3,37 W	Cerah
8.6	13.7	10	300 mA	4,11 W	Cerah
8.8	14	11	290 mA	4,06 W	Cerah
8.8	14	12	280 mA	3,92 W	Cerah
8.7	13.8	13	260 mA	3,59 W	Cerah
8.6	13.6	14	240 mA	3,26 W	Cerah
8.6	13.7	15	210 mA	2,87 W	Cerah
8.4	13.3	16	140 mA	1,86 W	Cerah
8.3	13.1	17	110 mA	1,44 W	Cerah

Dari data secara tracking di dapat nilai rata-rata :

Tegangan accu (Va) adalah

$$V_{rata-rata} = \frac{V_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{8,1+8,5+8,6+8,8+8,8+8,7+8,6+8,6+8,4+8,3}{10}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{85,4}{10}$$

$$V_{rata-rata} = 8,54 \frac{V}{h}$$

Tegangan Solar Cell (Vs) adalah

$$V_{srata-rata} = \frac{V_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$V_{srata-rata} = \frac{13+13,5+13,7+14+14+13,8+13,6+13,7+13,3+13,1}{10}$$

$$V_{srata-rata} = \frac{135,7}{10}$$

$$V_{srata-rata} = 13,7 \frac{V}{h}$$

Arus Solar Cell (Is) adalah

$$I_{srata-rata} = \frac{I_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$I_{srata-rata} = \frac{180+250+300+290+280+260+240+210+140+110}{10}$$

$$I_{srata-rata} = \frac{2260}{10}$$

$$I_{srata-rata} = 226 \frac{mA}{h}$$

Daya Solar Cell (Ps) adalah

$$P_{srata-rata} = \frac{P_{total}}{Waktu_{total}}$$

$$P_{srata-rata} = \frac{2,34+3,37+4,11+4,06+3,92+3,56+3,26+2,87+1,86+1,44}{10}$$

$$P_{srata-rata} = \frac{30,82}{10}$$

$$P_{srata-rata} = 3,82 \frac{Watt}{h}$$

Efisiensi maksimum dari panel surya dengan sitem tracking matahari adalah

$$\eta_{max} = \frac{P_{max}}{(E^{sws} \times Ac)} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{3,82}{(1000 \times 0,03774)} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = \frac{3,82}{37,74} \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 0,1012 \times 100\%$$

$$\eta_{max} = 10,12 \%$$

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Cara mengarahkan posisi solar cell agar sesuai dengan arah datangnya sinar matahari adalah dengan sistem tracking matahari menggunakan solar cell di kontrol dengan mikrokontroler ATMEGA 16 sebagai otak dari program, sensor posisi barat dan timur menggunakan LDR, sensor batas barat dan timur menggunakan Reed switch, untuk menggerakkan panel solar cell agar sesuai dengan arah datangnya sinar matahari menggunakan motor power window, dan energy yang di serap dari matahari di simpan ke dalam accu 2200 mA .
2. Dari hasil perhitungan secara teori, riset panel solar cell posisi diam dan panel solar cell posisi tracking yang dilakukan maka efisiensi daya yang dihasilkan dengan perhitungan secara tertulis adalah panel solar cell mengeluarkan energi sebesar 7.95 %, secara riset panel solar cell dengan posisi diam mengeluarkan energi sebesar 6.33%, dan posisi tracking mengeluarkan energi sebesar 10,12%. Jadi dari hasil riset yang dilakukan efisiensi daya yang dihasilkan mengalami peningkatan daya sebesar 3.79 %.

REFERENSI

- Agfiyanto E.P., 2004: Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi), edisi 2, Gava Media, Yoryakarta.
- Rahmawati, Fitria, Dr. 2013, ELEKTROKIMIA; Transformasi Energi Kimia-Listrik, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Pitowarni, Endro. 2005, Mikroprosesor & Interfacing, Andi Offset, Yogyakarta.
- Pujiono, 2012, RANGKAIAN ELEKTRONIKA ANALOG, Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Pujiono, 2013, RANGKAIAN LISTRIK Edisi Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Peni Handayani, Trisno Yuwono Putro, 2008, Teknik Pemeliharaan dan Perbaikan Sistem Elektronika, Jilid 1 untuk SMK, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.

Eko Putro, Agfianto, 2010, Mikrokontroler Atmel AVR Menggunakan BACOM-AVR, Hak cipta dilindungi undang – undang, Yogyakarta.

<http://www.fsec.ucf.edu/pvt/pvbasics/index.htm>.

http://id.wikipedia.org/wiki/Reed_switch

<http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/teori-relay-elektro-mekanik/>

http://agfi.staff.ugm.ac.id/blog/index.php/2011/10/lcd-2x16-karakter-dan-arduino/cara_kerja_lcd

Anonim, 2004: Data Sheet ATMEGA 16, <http://www.atmel.com>