

# SISTEM KENDALI PENJEJAK SINAR MATAHARI MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA8535

Emanuel Budi Raharjo<sup>1</sup>, Sumardi<sup>2</sup>, Iwan Setiawan<sup>2</sup>  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

## Abstrak

Sistem kendali penjejak sinar matahari adalah alat yang berfungsi sebagai pengendali sistem penjejak sinar matahari untuk memperoleh intensitas sinar matahari yang terbesar. Tujuan dari sistem penjejakan ini adalah untuk menempatkan penampang agar selalu dalam posisi menghadap keatas ke arah sinar matahari, sehingga jika ditempatkan sel surya diatasnya, energi listrik yang dihasilkan menjadi maksimal.

Untuk mencari arah datangnya sinar matahari, digunakan dua sensor Light Dependent Resistor (LDR) yang memberikan informasi besar intensitas cahaya yang diterima masing-masing sensor. Informasi dari kedua sensor tersebut kemudian diproses dan digunakan sebagai penentu arah putaran penampang dan juga menentukan nilai data untuk periode hidup Pulse Width Modulation (PWM).

Pengolahan data-data intensitas, penentuan arah putaran penampang dan penentuan data untuk periode hidup PWM dilakukan oleh mikrokontroler ATMEGA8535. Metode yang digunakan dalam pengendalian motor DC adalah pertimbangan bersyarat berdasar selisih data intensitas yang diterima oleh kedua sensor LDR untuk menentukan data PWM. Jika ada perbedaan data intensitas pada kedua sensor (LDR1 dan LDR2), maka nilai selisih data dihitung sehingga dapat digunakan sebagai penentu arah putaran motor DC berikut nilai data PWM. Pembangkitan PWM terus dilakukan hingga tidak ada lagi perbedaan intensitas pada kedua LDR, yang menghasilkan kondisi permukaan penampang menghadap kearah datangnya sinar matahari. Sistem kendali penjejak sinar matahari ini mampu menjejak sinar dengan kesalahan rata-rata 2,4° pada saat dilakukan pengujian menggunakan sumber cahaya lampu.

Kata kunci : Pulse width modulation, intensitas, motor DC, arah putaran penampang.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketergantungan akan energi, terutama bahan bakar fosil masih menjadi faktor penentu dalam kelangsungan hidup manusia. Industri garmen, logam, makanan, alat-alat transportasi, bahkan industri rumah tangga adalah contoh-contoh industri yang membutuhkan bahan bakar fosil tersebut. Fakta bahwa cadangan energi ini akan semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui lagi menimbulkan persoalan pemenuhan energi bagi manusia. Berdasarkan pertimbangan ini, maka sumber-sumber energi alternatif selain bahan bakar fosil terus diusahakan untuk dikembangkan guna mengurangi ketergantungan tersebut. Energi alternatif ini dapat berupa energi matahari, energi angin, energi air, energi panas bumi sampai energi nuklir yang masih terus menjadi perdebatan.

Menanggapi permasalahan yang ada maka dibuat sebuah sistem kendali penjejak sinar matahari sebagai bentuk pengembangan teknologi dalam rangka konservasi energi memanfaatkan energi matahari. Sistem kendali penjejak dibuat untuk diterapkan lebih lanjut pada sebuah piranti sel surya sebagai alat pengumpul energi matahari. Prinsip sistem kendali ini adalah menjejak pergerakan sinar matahari dari pagi sampai sore hari agar jumlah sinar yang diperoleh maksimal. Energi matahari dipilih sebagai sumber energi alternatif karena sangat mudah didapatkan, melimpah, tidak memiliki dampak buruk terhadap lingkungan dan yang paling utama adalah gratis.

### 1.2 Tujuan Tugas Akhir

Membuat sebuah sistem kendali penjejak sinar matahari baik perangkat lunak maupun perangkat keras dengan kemampuan untuk memaksimalkan penerimaan

cahaya matahari. Menerapkan konsep mengenai cara untuk memaksimalkan tingkat penerimaan sinar matahari dengan mengatur posisi penampang menghadap arah datangnya sinar matahari.

### 1.3 Batasan Masalah

Pembahasan yang dikemukakan dalam penulisan tugas akhir dan batasan masalahnya adalah :

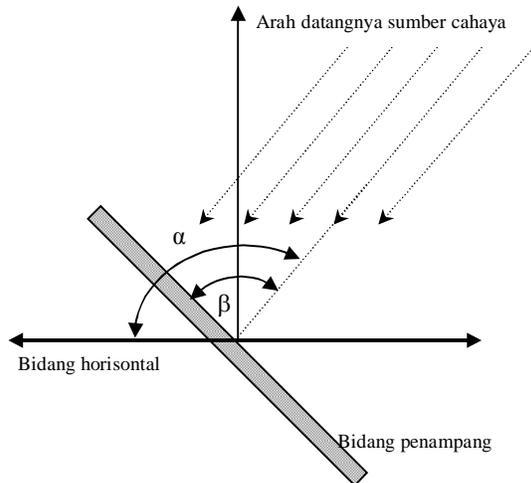
1. Perancangan perangkat keras sistem penjejak pada satu sumbu dari arah Timur ke Barat yang terdiri dari perancangan perangkat keras sensor, perangkat keras penampil, sistem mekanik secara umum, dan alokasi port mikrokontroler berikut perangkat lunaknya.
2. Cara untuk menjejak sebuah sumber cahaya memanfaatkan komponen LDR.
3. Tugas Akhir yang dibuat adalah sebuah sistem kendali penjejak sinar matahari.
4. Sinar matahari sebagai sumber cahaya disimulasikan dengan sebuah lampu untuk menguji kemampuan menjejak.
5. Ruang yang digunakan untuk pengujian memiliki kondisi pencahayaan yang lebih rendah dari sumber cahaya lampu penguji.
6. Memperhitungkan penghematan energi alat yang berhubungan dengan jumlah arus yang dibutuhkan oleh sistem kendali penjejak matahari pada saat beroperasi dan tidur.

## II. DASAR TEORI

### 2.1 Sistem Kendali Penjejak Sinar Matahari.

Sistem kendali penjejak sinar matahari adalah sebuah sistem yang berfungsi untuk mengendalikan posisi penampang dalam alat sistem kendali penjejak sinar matahari

dengan tujuan mengusahakan penampang selalu menghadap arah datangnya sumber cahaya. Sistem kendali penjejak yang dirancang ini adalah sebuah sistem kendali penjejakan satu sumbu. Pertimbangan yang digunakan dalam penggunaan penjejakan satu sumbu adalah kemudahan dalam pembuatan sistem mekanik serta untuk mengurangi biaya pembuatan alat. Kondisi penampang yang menghadap arah datangnya sumber cahaya sebenarnya adalah suatu kondisi yang mengakibatkan sudut antara arah datangnya sumber cahaya terhadap bidang penampang selalu mendekati tegak lurus. Penggambaran mengenai sudut ini diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 . Sudut-sudut yang berpengaruh pada sistem kendali penjejak.

## 2.2 Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler ATMEGA8535 adalah sebuah *chip* mikrokontroler 8 bit yang memiliki memori program *flash* sebesar 8 Kbyte. Piranti Mikrokontroler ini dibuat dengan menggunakan teknologi *memory non-volatile* dari Atmel dengan instruksi-instruksi program yang kompatibel dengan mikrokontroler standar MCS51.

*Chip* mikrokontroler ATMEGA8535 memiliki fasilitas yang mampu memberikan solusi paling efektif, murah dan sangat fleksibel untuk aplikasi-aplikasi pengontrolan. ATMEGA8535 memiliki kelebihan antara lain : Flash memory sebesar 4 Kbyte, EEPROM internal sebesar 512 bytes, RAM sebesar 512 bytes, kecepatan clock sampai dengan 16MHz, dua buah timer 8 bit dan satu buah timer 16 bit, ADC internal dengan resolusi 10 bit sebanyak 8 saluran, port komunikasi serial, 11 interupsi, sebuah analog komparator, 32 saluran Input-Output dan dirancang dengan mempertimbangkan sifat-sifat pengkodean bahasa C.

## 2.3 Light Dependent Resistor (LDR)

Piranti ini disebut juga sebagai *photoresistive*. Bahan dasar pembuatan LDR ini adalah dari lapisan tipis semikonduktor seperti *silicon*, *selenium*, atau *cadmium sulfide (CdS)* atau elemen-elemen sejenisnya. Konstruksi LDR diperlihatkan seperti Gambar 2.2.



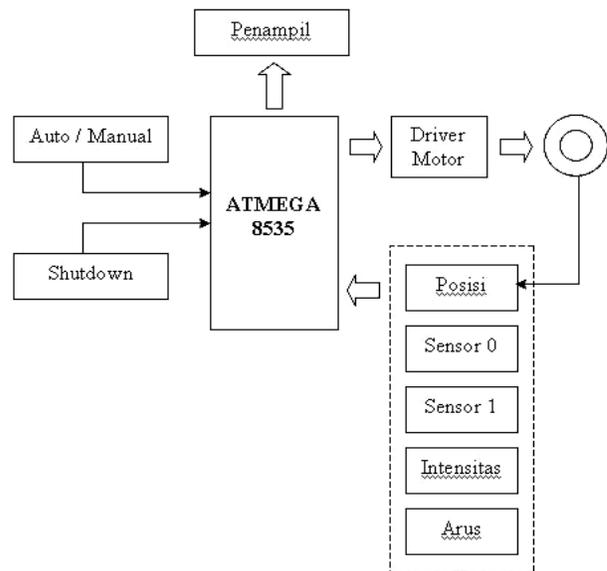
Gambar 2.2. Light dependent resistor.

Garis-garis yang berliku-liku pada permukaan LDR memiliki tujuan memperbesar area yang terbuka terhadap adanya cahaya luar. Sifat dari sel ini tahanannya akan turun jika cahaya jatuh pada permukaannya dan sebaliknya jika cahaya menjadi redup atau gelap maka tahanannya akan naik. Nilai tahanan LDR sangat bervariasi namun dapat diambil suatu nilai perkiraan antara  $6,5\Omega$  -  $0,5M\Omega$ . Selain tahanan ada faktor lain yang perlu diperhatikan pada sebuah LDR saat akan digunakan dalam sebuah rangkaian elektronik, yaitu disipasi daya maksimum yang mampu ditangani oleh LDR saat nilai tahanannya mencapai nilai terendah (intensitas cahaya jatuh dipermukaan tinggi). Secara umum dapat diambil nilai rata-rata kemampuan disipasi daya LDR adalah  $\pm 250mW$ .

## III. PERANCANGAN ALAT

### 3.1 Perancangan Perangkat Keras

Blok diagram perangkat keras sistem kendali penjejak sinar matahari yang dibuat pada perancangan Tugas Akhir ini secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

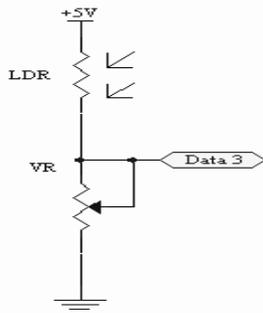


Gambar 3.1 Diagram blok perancangan perangkat keras

Blok diagram sistem pada Gambar 3.1 terdiri dari piranti masukan, pusat kendali dan piranti keluaran dari sistem kendali penjejak sinar matahari ini. Mikrokontroler ATMEGA8535 mengambil data dari analog dari sensor-sensor kemudian memrosesnya dan menghasilkan keluaran bagi driver motor sebagai alat gerak dari sistem kendali penjejak ini dan menampilkan data dari sensor ke *seven segmen*.

### 3.1.1 Perancangan Rangkaian Sensor Cahaya

Gambar 3.2 adalah rangkaian sensor cahaya pada sistem kendali penjejak sinar matahari.



Gambar 3.2 Rangkaian Sensor Cahaya

Pada Gambar 3.2, LDR dan resistor 100K dikonfigurasi sebagai rangkaian pembagi tegangan dengan posisi LDR diatas, maka ketika ada cahaya, rangkaian akan menghasilkan tegangan keluaran dengan kisaran antara 0-5 V perhitungan tegangan outputnya adalah :

- Kondisi gelap dengan tahanan LDR 4,2 M $\Omega$  dan diasumsikan VR = 100 k $\Omega$

$$V_{out} = \frac{100k}{100k + 4,2M} \times 5V = 0,116 \text{ Volt}$$

- Kondisi terang dengan tahanan LDR  $\approx 0 \Omega$  dan diasumsikan VR = 100 k $\Omega$

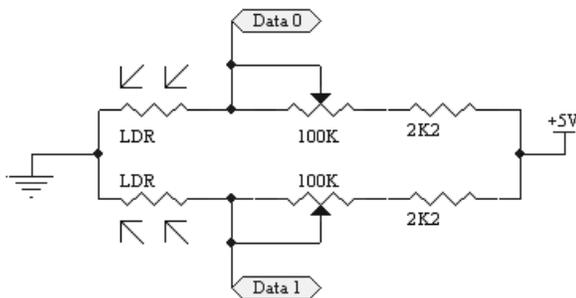
$$V_{out} = \frac{100k}{100k + 0} \times 5V = 5 \text{ Volt}$$

Diketahui bahwa saat LDR gelap tegangan keluaran hanya mencapai 0,116 volt sedangkan diinginkan nilainya 0 volt, maka untuk mengatur tegangan Data\_3 mendekati 0 volt kita dapat memperkecil nilai tahanan VR hingga 9 k $\Omega$ .

Tegangan keluaran yang dihasilkan rangkaian sensor cahaya ini mempunyai range antara 0 - 5 volt, keluaran rangkaian ini tidak memerlukan pengkondisi sinyal sehingga dapat langsung sebagai masukan analog dari rangkaian ADC

### 3.1.2 Perancangan Rangkaian Pendeteksi Pergerakan Sumber Cahaya.

Gambar 3.3 adalah rangkaian pendeteksi pergerakan sumber cahaya.



Gambar 3.3 Rangkaian pendeteksi pergerakan sumber cahaya.

Besar tegangan yang terjadi pada titik Data\_0 dan Data\_1 adalah bervariasi tergantung dari nilai tahanan yang dimiliki oleh LDR1 dan LDR2. Sesuai hasil percobaan, nilai tahanan dari masing-masing LDR saat mendapat intensitas cahaya matahari secara maksimum adalah  $\approx 0\Omega$  dan saat intensitas sinar matahari minimum adalah sebesar 4,2 M $\Omega$ . Langkah selanjutnya ditentukan nilai-nilai untuk R1,R2 sebesar 2,2 k $\Omega$  dan VR1,VR2 = 100 k $\Omega$ , sehingga menggunakan teori Thevenin besar tegangan pada Data\_0 adalah :

- Kondisi gelap dengan tahanan LDR 4,2 M $\Omega$  dan diasumsikan VR1 = 100 k $\Omega$ , R1 = 2,2 k $\Omega$

$$V_{out} = \frac{4,2M}{2,2k + 100k + 4,2M} \times 5V = 4,881 \text{ Volt}$$

- Kondisi terang dengan tahanan LDR  $\approx 0\Omega$  dan diasumsikan VR1 = 100 k $\Omega$ , R1 = 2,2 k $\Omega$

$$V_{out} = \frac{0}{2,2k + 100k + 0} \times 5V = 0 \text{ Volt}$$

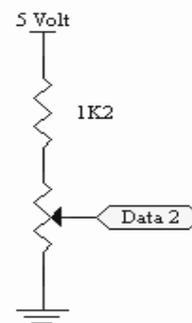
Rs1=Rs2, VR1=VR2, LDR1=LDR2 sehingga nilai tegangan yang dihasilkan antara Data\_0 dan Data\_1 pada kondisi intensitas cahaya yang sama, akan sama juga.

Diketahui bahwa saat LDR gelap tegangan keluaran hanya mencapai 4,881 volt sedangkan diinginkan nilainya 5 volt, maka untuk mengatur tegangan Data\_0 dan Data\_1 mendekati 5 volt kita dapat memperkecil nilai tahanan VR1 dan VR2 hingga 21 k $\Omega$ .

Tegangan keluaran yang dihasilkan rangkaian sensor intensitas ini mempunyai jangkauan antara 0 - 5 volt, keluaran rangkaian ini tidak memerlukan pengkondisi sinyal sehingga dapat langsung digunakan sebagai masukan analog ke ADC.

### 3.1.3 Perancangan Rangkaian Sensor Posisi.

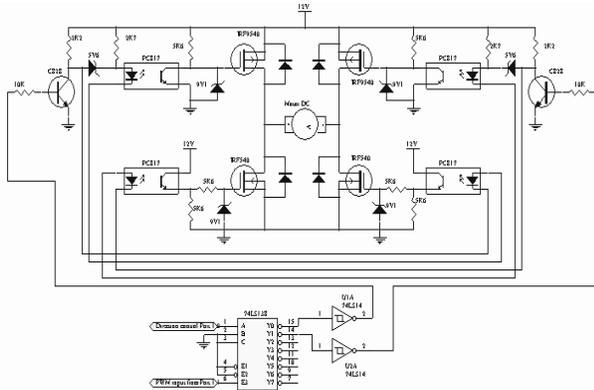
Penampil sensor posisi dalam sistem kendali penjejak sinar matahari berfungsi untuk menunjukkan posisi penampang terhadap titik 0 $^\circ$  pada bidang horisontal. Sensor ini menunjukkan jarak yang dijejaki penampang dalam jangkauan 50 $^\circ$  sampai 130 $^\circ$  seperti yang direncanakan. Sensor posisi yang digunakan dalam sistem penjeakan sinar matahari terdiri dari dua buah komponen yaitu sebuah tahanan tetap dan potensiometer dalam konfigurasi pembagi tegangan. Konfigurasi ini menghasilkan informasi posisi penampang dengan melihat besar tegangan yang dihasilkan. Rangkaian yang digunakan sebagai pembagi tegangan adalah seperti Gambar 3.4 di bawah ini.



Gambar 3.4 Rangkaian sensor posisi

### 3.1.4 Rangkaian Driver Motor.

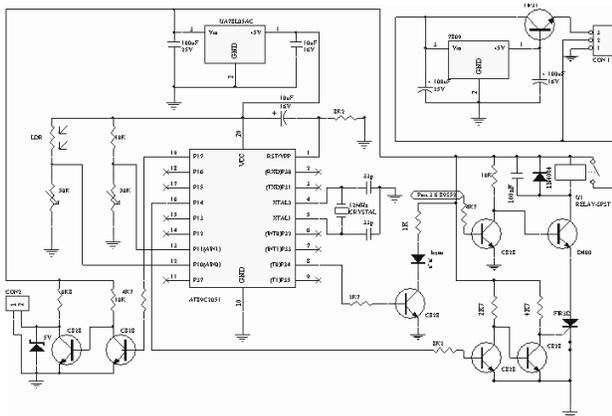
Rangkaian *driver* motor berfungsi untuk menjembatani rangkaian sistem minimum ATMEGA8535 dengan motor DC, sehingga dengan keluaran port yang hanya mempunyai range tegangan 0 – 5 V dapat mengendalikan motor dengan tegangan dan arus yang lebih besar. *Driver* motor yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian *driver* motor DC

### 3.1.5 Perancangan Sistem Wake Up.

Sistem memiliki sensor pendeteksi penyalaan berupa sebuah LDR dan sebuah resistor tetap yang dirangkai dalam bentuk pembagi tegangan. Sistem *wake up* memanfaatkan fasilitas sebuah mikrokontroler AT89C2051 untuk membangun prinsip kerja yang diinginkan. Memanfaatkan komparator internal pada mikrokontroler ini maka tegangan hasil deteksi sensor penyalaan dapat dibandingkan dengan sebuah referensi tegangan tetap sehingga dapat digunakan sebagai penentu waktu sistem menyala. Kondisi keluaran komparator yang berlogika tinggi menandakan bahwa sistem telah mendapatkan intensitas matahari yang cukup dan akan dideteksi selama beberapa waktu ( $\pm 15$  detik). Selama kondisi keluaran tidak berubah setelah jangka waktu tersebut sistem akan menyala dan rangkaian indikator *auto shutoff* mengeluarkan logika tinggi. Penyalaan sistem dilakukan dengan memicu rangkaian SCR yang pada kaki anodanya dibebani sebuah *relay* 12 Volt. Induk *relay* tersebut dihubungkan dengan tegangan sumber 12 Volt untuk memberikan tegangan sumber pada rangkaian-rangkaian selanjutnya. Skema rangkaian *wake up* diperlihatkan pada Gambar 3.6 berikut.



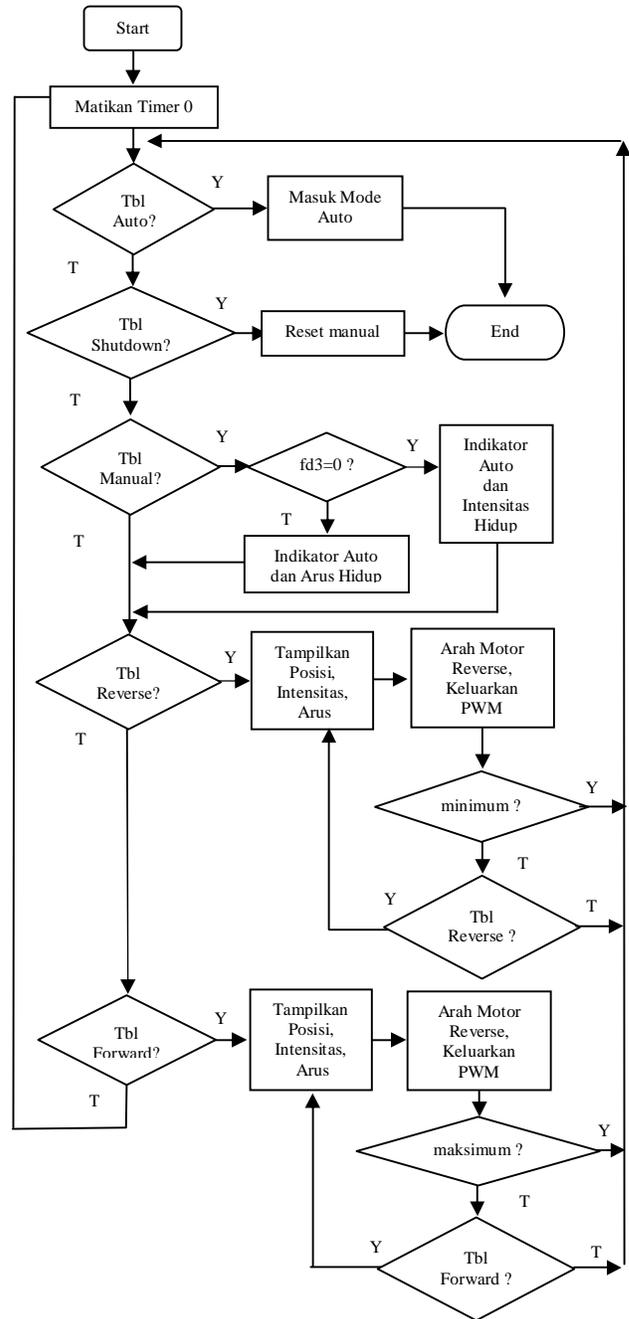
Gambar 3.6. Rangkaian penyalaan pada sistem kendali penjejak sinar matahari.

## 3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem kendali penjejak sinar matahari ini terdiri dari :

### 3.2.1 Mode Manual

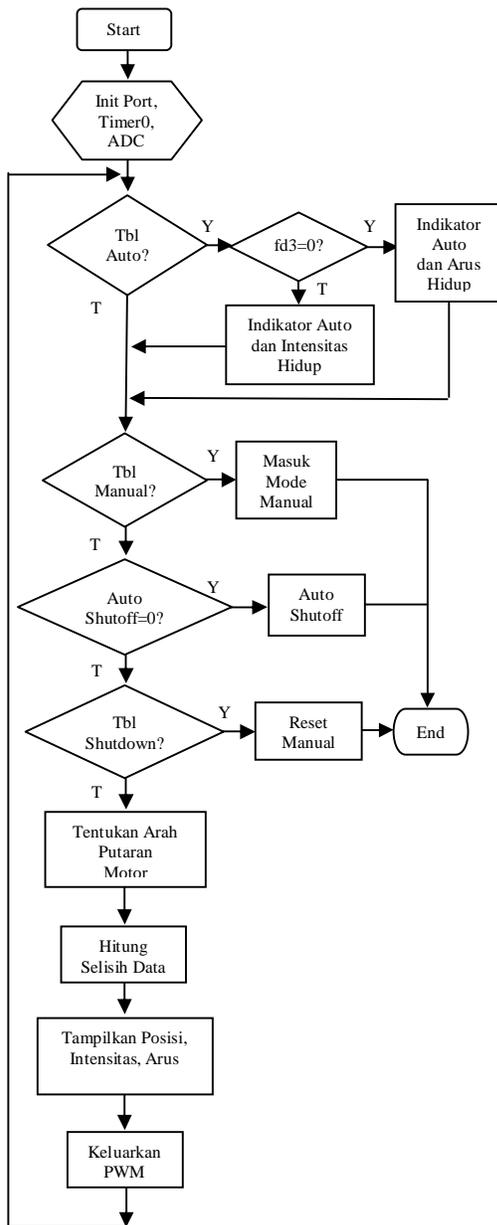
Diagram alir pada Gambar 3.7 menjelaskan proses kerja sistem secara manual, mode ini mengatur pergerakan penampang sesuai penekanan tombol *forward* atau *reverse* pada panel kontrol. Tombol *auto*, *manual*, *shutdown*, *forward* dan *reverse* dibaca secara bergantian, untuk penekanan tombol *forward* atau *reverse* digunakan mengatur pembuatan sinyal PWM, menampilkan informasi, sekaligus mendeteksi kondisi minimum atau maksimum penampang beserta penekanan tombol itu sendiri.



Gambar 3.7 Diagram alir mode manual.

### 3.2.2 Mode Otomatis.

Kondisi normal alat adalah otomatis, seluruh sistem akan bekerja tanpa operator mulai dari pertama menyala (*wake up*) sampai sistem reset dan mati (*shut down*). Sistem bekerja jika pada sensor *wake up* telah mendapatkan intensitas cahaya yang dapat merepresentasikan bahwa sinar matahari telah terbit dalam jangka waktu tertentu (misalnya 15 detik) secara terus menerus. Kondisi intensitas sinar matahari yang sangat kecil dalam jangka waktu tertentu (misalnya 15 detik) membuat sistem menganggap bahwa matahari telah terbenam dan sistem akan mengembalikan posisi penampang pada arah Timur. Setelah posisi penampang berada pada posisi minimum maka secara otomatis sistem akan mematikan seluruh peralatan termasuk pada sistem minimum mikrokontroler itu sendiri, sedangkan rangkaian yang tetap aktif adalah rangkaian *wake up*. Diagram alir mode otomatis ditunjukkan pada Gambar 3.8.

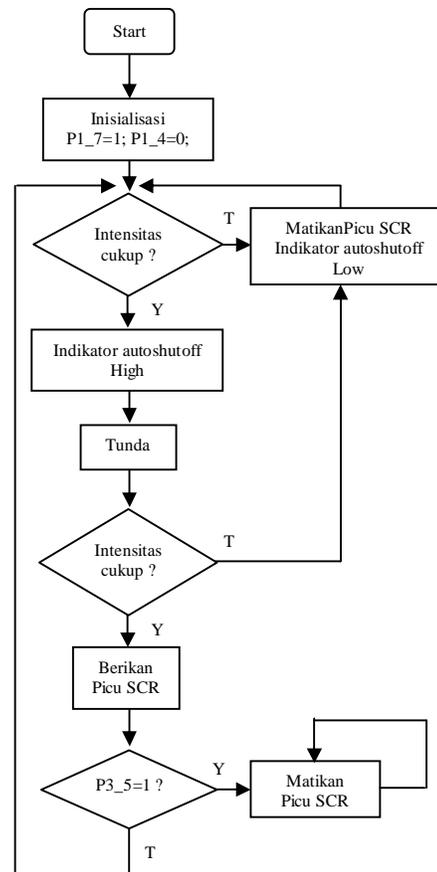


Gambar 3.8 Diagram alir mode otomatis.

### 3.2.3 Sistem WakeUp.

Perangkat lunak sistem *wake up* memiliki fungsi utama untuk mengatur penyaluran tegangan sumber ke rangkaian sistem minimum ATMEGA8535, rangkaian *driver* motor, rangkaian penampil, dan rangkaian tombol kontrol. Proses kerjanya dimulai dari mendeteksi keluaran komparator internal AT89C2051 sebagai indikator matahari terbit atau tenggelam. Logika tinggi pada keluaran komparator menandakan matahari sudah terbit dan akan diteruskan dengan proses penundaan waktu pada sistem *wake up* sebelum memicu rangkaian SCR. Sistem tidak melakukan apapun jika logika pada keluaran komparator berlogika rendah dan akan menunggu sampai didapatkan intensitas sinar yang cukup pada sensor *wake up*.

Diagram alir sistem *wake up* dapat dilihat pada Gambar 3.9, pada diagram alir ini menjelaskan proses pendeteksian intensitas sinar juga pengaturan sinyal pemicu penyalan sistem.



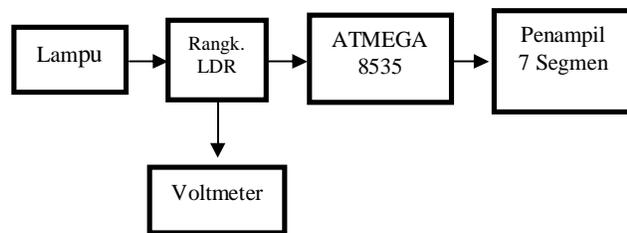
Gambar 3.9 Diagram alir sistem *wake up*.

## IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

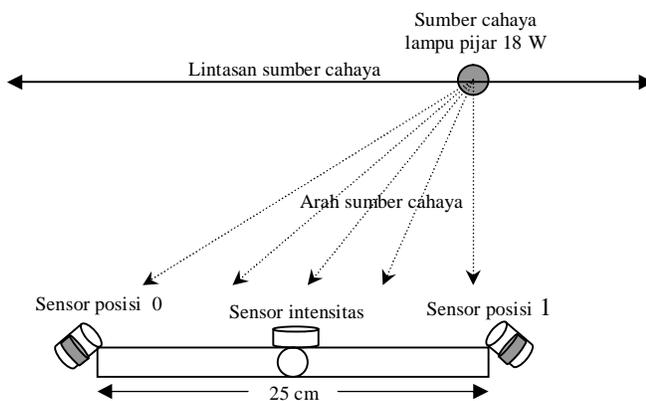
Pengujian sistem kendali penjejak sinar matahari dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem berkenaan dengan integrasi antara perangkat lunak dan perangkat keras yang telah dirancang pada bab III. Secara umum sistem kendali penjejak sinar matahari sudah dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Pergerakan penampang pada saat menjejak sinar dapat langsung diamati ketika sistem kendali dioperasikan.

#### 4.1.1 Pengujian Rangkaian Pendeteksi Pergerakan Sumber Cahaya.

Pengujian rangkaian LDR pendeteksi pergerakan sumber cahaya ini berguna untuk mengetahui tanggapan sensor LDR1, LDR2 dalam hal tegangan keluaran dan data digital keluaran terhadap terjadinya perubahan posisi sumber cahaya, sekaligus untuk mengetahui apakah penempatan LDR pada penampang sesuai Gambar 4.1(b) sudah mampu memberikan selisih data yang diperlukan untuk diolah mikrokontroler. Pengujian dilakukan menggunakan pencahayaan lampu pijar 18 watt yang ditempatkan pada ketinggian  $\pm 1\text{m}$  diatas plat penampang. Teknis pengujian dilakukan dengan menggeser-geser posisi lampu ke kiri dan ke kanan dengan sudut  $\alpha$  tertentu yang telah ditentukan sebelumnya, kemudian diukur tegangan keluaran dari rangkaian LDR yang dikonfigurasi sebagai pembagi tegangan. Adapun blok diagram rangkaian pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.1(a)



Gambar 4.1(a) Blok diagram pengujian rangkaian pendeteksi pergerakan sumber cahaya.



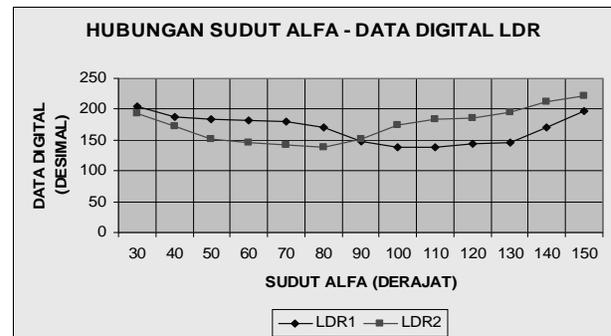
Gambar 4.1(b) Ilustrasi pengujian rangkaian pendeteksi sumber cahaya.

Pengujian dilakukan dengan menggeser lampu pijar mulai sudut  $\alpha = 30^\circ$  sampai  $150^\circ$  dengan kenaikan  $10^\circ$ . Ilustrasi pengujian rangkaian pendeteksi sumber cahaya dapat dilihat pada Gambar 4.1(b) Pengujian dilakukan untuk mengambil data sebanyak 13 buah, sehingga sudah mewakili untuk dapat digunakan menganalisis rangkaian pendeteksi pergerakan sumber cahaya dan hasil dari pengujian ini dimasukkan pada Tabel 4.1.

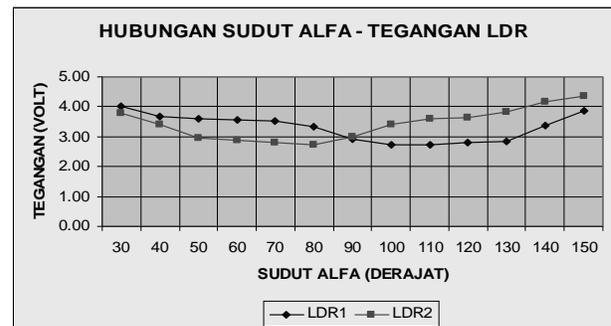
Tabel 4.1. Pengujian rangkaian pendeteksi pergerakan sumber cahaya berdasarkan sudut  $\alpha$

Sudut $\alpha$ ( $^\circ$ )	Tegangan keluaran LDR 1 (volt)	Tegangan keluaran LDR 2 (volt)	Data Digital LDR 1 (desimal)	Data Digital LDR 2 (desimal)
30	4,02	3,78	205	193
40	3,69	3,39	188	173
50	3,61	2,96	184	151
60	3,55	2,86	181	146
70	3,51	2,78	179	142
80	3,33	2,73	170	139
90	2,90	2,98	148	152
100	2,73	3,41	139	174
110	2,73	3,59	139	183
120	2,80	3,65	143	186
130	2,84	3,82	145	195
140	3,35	4,18	171	213
150	3,86	4,35	197	222

Adapun grafik karakteristik rangkaian LDR dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3



Gambar 4.2. Grafik hubungan sudut  $\alpha$  - data digital LDR.



Gambar 4.3. Grafik hubungan sudut  $\alpha$  - tegangan LDR.

Dari Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 dapat diamati bahwa semakin besar sudut  $\alpha$ , maka tegangan yang dihasilkan rangkaian LDR1 semakin kecil, sedangkan tegangan yang dihasilkan LDR2 semakin besar, begitu juga perubahan data digital LDR1 dan LDR2 juga mengikuti pola perubahan tegangan LDR.

#### 4.1.2 Pengujian Rangkaian Pendeteksi Posisi Penampang.

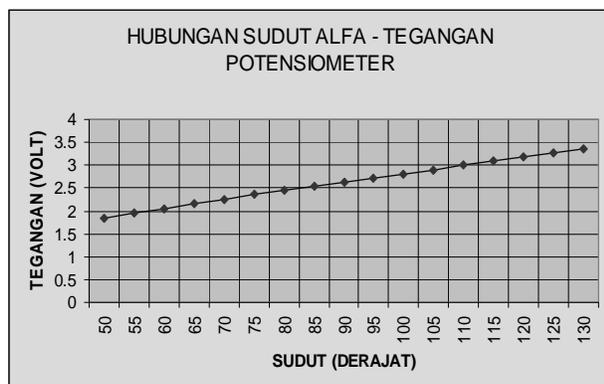
Pengujian rangkaian pendeteksi posisi penampang bertujuan menguji kinerja rangkaian dalam menghasilkan tegangan analog. Hasil pengujian rangkaian pendeteksi posisi disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Pengujian rangkaian pendeteksi posisi .

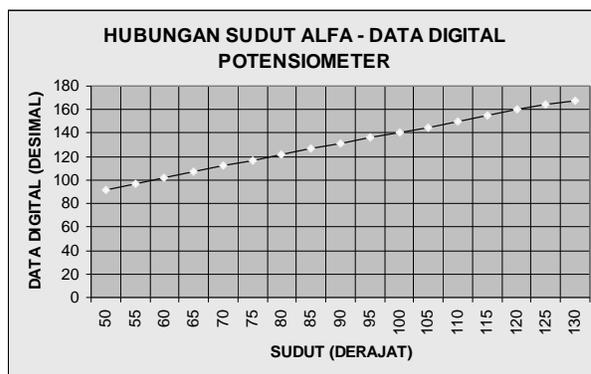
Indeks	Sudut $\alpha$ (°)	Tegangan Keluaran (volt)	Data Digital (desimal)
1	50	1,85	92
2	55	1,96	97
3	60	2,05	102
4	65	2,16	107
5	70	2,25	112
6	75	2,36	117
7	80	2,45	122
8	85	2,54	127
9	90	2,62	131
10	95	2,72	136
11	100	2,81	140
12	105	2,89	145
13	110	3	150
14	115	3,09	155
15	120	3,19	160
16	125	3,27	164
17	130	3,36	168

Pengujian dilakukan dengan menempatkan penampang pada posisi minimum  $\alpha = 50^\circ$  oleh penunjukkan jarum pada busur derajat, setelah tercapai posisi penampang maka dilakukan pengukuran tegangan keluaran rangkaian pendeteksi posisi, pengujian selanjutnya dilakukan untuk sudut dengan beda  $10^\circ$  yaitu pada sudut  $60^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $80^\circ$ , dan seterusnya sampai  $130^\circ$  dengan menggunakan cara yang sama.

Berdasarkan data hasil pengujian yang tercatat pada Tabel 4.2, dapat dibuat grafik yang menunjukkan kerja dari rangkaian pendeteksi posisi. Pertambahan nilai tegangan yang dihasilkan oleh potensiometer tidak menghasilkan nilai beda yang sama atau dengan kata lain bahwa pertambahan tegangan keluaran potensiometer tidak linier. Grafik hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara sudut  $\alpha$  dengan tegangan potensiometer.

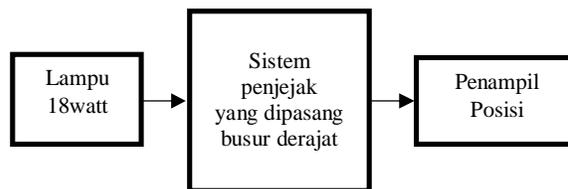


Gambar 4.5. Grafik hubungan antara sudut  $\alpha$  dengan data digital potensiometer.

Bentuk dan pola grafik hubungan antara sudut  $\alpha$  dengan perubahan tegangan potensiometer hampir sama dengan grafik hubungan antara sudut  $\alpha$  dengan perubahan data digital potensiometer.

#### 4.1.3 Pengujian Sistem Penjejak Dengan Cahaya Lampu.

Pengujian akan dilakukan di dalam ruangan dengan pencahayaan lampu lebih redup dibanding sumber cahaya pengujinya yaitu lampu 18 watt, hal ini dilakukan karena sumber cahaya ruangan yang lebih terang mempengaruhi proses pendeteksian sehingga menjadi tidak sempurna karena mekanisme pencarian sumber cahaya hanya bergantung pada kedua LDR. Mekanisme pengujian dilakukan dengan cara mengamati sudut  $\alpha$  hasil penjejakan terhadap perubahan sudut  $\alpha$  sumber cahaya yang telah ditetapkan. Sumber cahaya lampu diposisikan diatas penampang dan dipasang benang sepanjang  $\pm 1m$ , kemudian benang tersebut dihubungkan ke poros penampang tepat didepan busur derajat penunjuk posisi.. Benang digunakan sebagai penunjuk sudut  $\alpha$  sumber cahaya pada sebuah busur derajat yang dipasangkan pada rumah poros alat, sedangkan sudut  $\alpha$  hasil penjejakan dapat dilihat pada penampil posisi. Blok diagram pengujian tersaji pada Gambar 4.6.



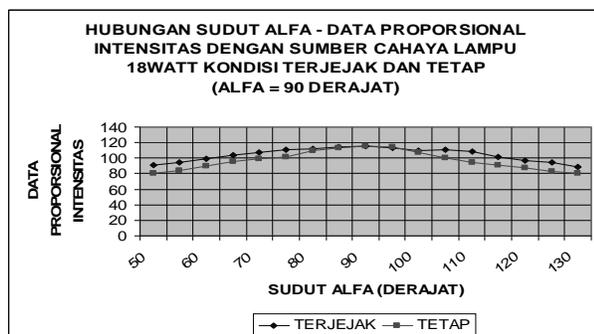
Gambar 4.6. Blok diagram pengujian sistem penjejak dengan cahaya lampu.

Pengujian sistem penjejak dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat mengikuti pergerakan sumber cahaya sekaligus menguji keberhasilan program dan algoritma yang telah dirancang dengan melihat besar kesalahan antara sudut  $\alpha$  sumber cahaya terhadap sudut  $\alpha$  hasil penjejakan. Data hasil pengujian sistem penjejak dengan sumber cahaya lampu disajikan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3. Pengujian sistem penjejak mengikuti sumber cahaya lampu.

Sudut $\alpha$ Sumber Cahaya	Sudut $\alpha$ Hasil Penjejakan	Besar Kesalahan	Data Proporsional Intensitas	Data Proporsional Intensitas $\alpha=90^\circ$
50°	54°	4°	91	81
55°	58°	3°	95	84
60°	63°	3°	99	90
65°	68°	3°	104	96
70°	71°	2°	107	99
75°	77°	2°	111	102
80°	81°	1°	112	110
85°	86°	1°	114	113
90°	91°	1°	116	116
95°	92°	1°	113	114
100°	101°	1°	110	107
105°	107°	2°	111	100
110°	112°	2°	108	95
115°	118°	3°	101	91
120°	123°	3°	97	88
125°	129°	4°	94	83
130°	135°	5°	89	80

Tabel 4.3 memberikan data perbandingan untuk pengujian pada dua kondisi penampang yaitu kondisi penampang yang menjejak sumber cahaya dan diam pada posisi sudut  $\alpha = 90^\circ$ . Kesimpulan yang dapat diambil dari data-data tersebut bahwa untuk sistem yang menjejak sumber cahaya menghasilkan tingkat penerimaan sinar yang lebih baik. Berdasarkan hasil pengujian, maka aturan-aturan yang telah dibuat untuk menentukan update data PWM sudah memberikan hasil yang cukup memuaskan, hal ini dapat langsung dilihat dan diamati ketika alat dijalankan. Kinerja alat sangat tergantung pada kondisi ruangan tempat dilakukannya pengujian, kondisi ruangan dengan pecahayaan yang kuat dan *heterogen* melebihi sumber cahaya yang akan dijejak akan mengganggu kinerja sistem penjejak dalam pergerakannya mengikuti sumber cahaya. Grafik pada Gambar 4.7 menunjukkan respon data proporsional intensitas untuk sistem dengan penampang diam terhadap sistem dengan kondisi penampang menjejak sumber cahaya lampu.

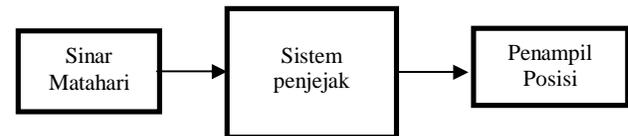


Gambar 4.7. Grafik hubungan sudut  $\alpha$  terhadap data intensitas untuk kondisi diam dan menjejak.

Gambar 4.7 menunjukkan bahwa sistem dengan kemampuan untuk mengikuti pergerakan sumber cahaya menghasilkan tingkat penerimaan sinar yang lebih baik jika dibandingkan sistem yang tetap, sehingga grafik yang dihasilkan juga lebih landai.

#### 4.1.4 Pengujian Sistem Penjejak Dengan Cahaya Matahari.

Pengujian sistem penjejak dengan sumber cahaya matahari memiliki tujuan yang sama dengan pengujian sistem dengan sumber cahaya lampu yaitu untuk mengetahui kemampuan alat mengikuti pergerakan sumber cahaya sekaligus menguji keberhasilan program dan algoritma yang telah dirancang dengan melihat grafik penerimaan sinar matahari juga grafik tegangan keluaran sel surya tipe TRONY SC25100101. Adapun blok diagram pengujian disajikan pada Gambar 4.8

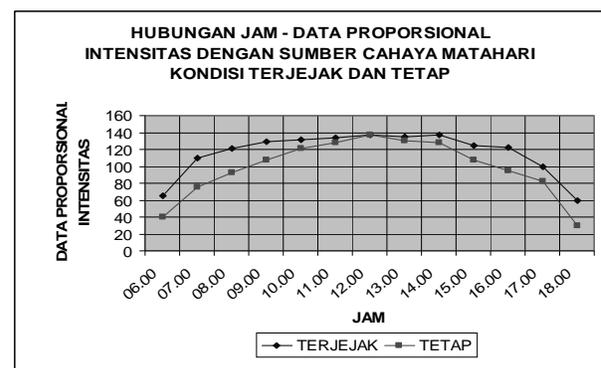


Gambar 4.8. Blok diagram pengujian sistem penjejak dengan cahaya matahari.

Mekanisme pengujian dilakukan dengan menempatkan alat didaerah yang bebas dari penghalang sinar matahari dan mengatur alat ke kondisi otomatis kemudian mengamati jumlah sinar yang diterima pada sensor intensitas juga tegangan sel surya untuk setiap jamnya selama 12 jam dimulai dari jam 06.00 sampai jam 18.00. Hasil pengujian ini disajikan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.4. Hasil pengujian penerimaan sinar dengan sumber sinar matahari.

JAM (WIB)	Sudut $\alpha$	Data Proporsional Intensitas	Data Proporsional Intensitas $\alpha = 90^\circ$
06.00	<50°	65	40
07.00	<50°	110	75
08.00	<50°	121	93
09.00	60°	129	108
10.00	68°	132	121
11.00	80°	134	128
12.00	96°	137	137
13.00	109°	135	130
14.00	119°	137	128
15.00	126°	125	108
16.00	>130°	122	95
17.00	>130°	100	82
18.00	>130°	60	30



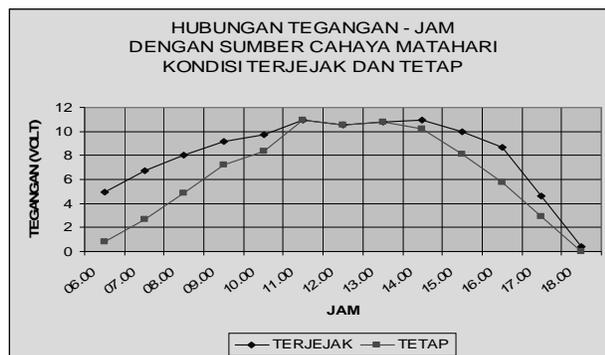
Gambar 4.9. Grafik data intensitas dengan cahaya matahari selama 12 jam.

Berdasarkan Gambar 4.9, dapat ditarik kesimpulan bahwa jumlah sinar yang diterima penampang sistem penjejak pada kondisi penampang menjejak mampu memaksimalkan tingkat penerimaan sinar untuk jam 07.00 – 10.00 dan jam 15.00 – 17.00.

Tabel 4.5. Hasil pengujian tegangan sel surya dengan sumber sinar matahari.

JAM (WIB)	Tegangan	Tegangan Pada Sudut $\alpha = 90^\circ$
06.00	4,92 V	0,78 V
07.00	6,77 V	2,70 V
08.00	7,99 V	4,87 V
09.00	9,13 V	7,19 V
10.00	9,75 V	8,38 V
11.00	10,96 V	10,96 V
12.00	10,52 V	10,52 V
13.00	10,76 V	10,76 V
14.00	10,96 V	10,22 V
15.00	10,01 V	8,13 V
16.00	8,68 V	5,75 V
17.00	4,63 V	2,92 V
18.00	0,43 V	0 V

Hasil pengujian pada Tabel 4.5. memberikan kesimpulan bahwa untuk pengujian tegangan sel surya tipe TRONY SC25100101 pada sistem penjejak dengan sumber sinar matahari mulai dari jam 06.00 sampai jam 18.00, memberikan perbedaan hasil tegangan keluaran pada kondisi penampang tetap dan menjejak. Sistem dengan kondisi penampang yang tidak bergerak menghasilkan tegangan keluaran yang lebih rendah pada jam-jam tertentu jika dibandingkan sistem yang penampangnya bergerak mengikuti sinar. Sistem yang memiliki kemampuan menjejak mampu memaksimalkan tegangan keluaran sel surya lebih tinggi untuk jam 07.00 – 10.00 dan jam 15.00 – 17.00 dibandingkan sistem dengan kondisi penampang tetap. Grafik pada Gambar 4.10 menunjukkan tegangan keluaran sel surya pada sistem penjejak



Gambar 4.10. Grafik tegangan sel surya dengan cahaya matahari selama 12 jam.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Rangkaian sensor pendeteksi pergerakan sumber cahaya dengan konfigurasi penempatan kedua LDR saling condong  $\pm 45^\circ$  yang ditempatkan didalam sebuah pipa dan berjarak 25 cm antar LDR mampu memberikan data selisih yang diperlukan untuk diolah sebagai data penentu arah pergerakan sumber cahaya dan menentukan nilai data PWM.
2. Sistem kendali penjejak dapat bekerja dengan optimal apabila sumber cahaya yang dideteksi mempunyai intensitas cahaya yang lebih besar dari kondisi pencahayaan lingkungan.
3. Sistem penjejakan mampu bekerja normal mengikuti perubahan posisi sumber cahaya dengan tingkat kesalahan rata-rata sebesar  $2,4^\circ$ .
4. Pengujian sistem dengan kondisi penampang yang selalu mengikuti pergerakan sumber cahaya mengakibatkan jumlah penerimaan cahaya yang lebih baik pada bagian penampang jika dibandingkan dengan sistem yang penampangnya berada pada kondisi tetap (sudut  $\alpha = 90^\circ$ ).
5. Tingkat keberhasilan sistem penjejak dalam melakukan proses kerja secara total adalah 10 kali dari 10 kali percobaan baik dalam kondisi ruangan gelap maupun dalam kondisi ruangan terang.
6. Konsumsi arus alat pada kondisi tidur adalah 59 mA, kondisi bekerja tanpa adanya beban motor 460 mA, sedangkan kondisi bekerja dengan beban motor 560 mA.

### 5.1 Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Melakukan perbaikan terhadap kinerja sensor pendeteksi pergerakan dengan penelitian dan pengujian lebih lanjut mengenai sudut kemiringan yang efektif pada sensor dengan menggunakan komponen LDR terhadap jarak antara kedua sensor, jarak sumber cahaya, juga penggunaan pipa untuk rumah LDR dalam hal kedalaman penempatan sensor LDR didalam pipa juga bentuk potongan permukaan pipa.
2. Menggunakan potensiometer dengan jumlah perputaran lebih banyak seperti *resistor multiturn* sebagai pendeteksi posisi penampang untuk mendapatkan tingkat pergeseran tegangan yang lebih kecil sehingga mampu mendeteksi perubahan sudut dengan lebih baik.
3. Mengembangkan sistem menjadi sebuah sistem yang nyata dengan menempatkan sel surya ukuran besar sebagai penampang sehingga mampu benar-benar diuji efektifitas sistem penjejak dalam memaksimalkan tingkat penerimaan intensitas sinar matahari.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Joni, I.M. dan B. Raharjo, *Pemrograman C dan Implementasinya*, Informatika, Bandung, 2006.
- [2]. Budioko, T., *Belajar Dengan Mudah dan Cepat Pemrograman Bahasa C dengan SDCC (Small Device Compiler) pada Mikrokontroler AT89X051/AT89C51/52*, Gava Media, Yogyakarta, 2005.
- [3]. Putra, A.E., *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori dan aplikasi)*, Penerbit Gava Media, Yogyakarta, 2002.
- [4]. Ogata, K., *Teknik Kontrol Automatik*, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- [5]. Malvino, A.P., *Prinsip-prinsip Elektronika*, Erlangga, Jakarta, 1992.
- [6]. Pratomo, A., *Panduan Praktis Pemrograman AVR Mikrokontroler AT90S2313*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.
- [7]. Wardhana, L., *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATMEGA8535 Simulasi, Hardware, dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2006.
- [8]. Wasito, S., *Vademekum Elektronika*, PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1990.
- [9]. ----, *Getting Started with the CodeVisionAVR C Compiler* [www.hpinfotech.ro/getstart.pdf](http://www.hpinfotech.ro/getstart.pdf), Oktober 2006.
- [10]. ----, *CodeVisionAVR V1.24.8 User Manual*, [www.hpinfotech.ro/cvavrman.zip](http://www.hpinfotech.ro/cvavrman.zip), Oktober 2006.
- [11]. ----, *8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash*, [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2502.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2502.pdf), Oktober 2006.
- [12]. ----, *Using the AVR's High-Speed PWM*, [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2542.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2542.pdf), Oktober 2006.



Emanuel Budi Raharjo, lahir di Surakarta 24 Desember 1980, menyelesaikan studi di Akademi Teknologi Warga Surakarta (ATW) Jurusan Teknik Elektronika pada Tahun 2003. Saat ini sedang menyelesaikan studi di Teknik Elektro Universitas Diponegoro Program Studi Kontrol.  
Email: [manual\\_tech1980@yahoo.com](mailto:manual_tech1980@yahoo.com)

Menyetujui dan mengesahkan,

Pembimbing I

Pembimbing II

Sumardi, ST, MT  
NIP. 132.125.670

Iwan Setiawan, ST, MT  
NIP. 132.283.183