

SKRIPSI

**SISTEM PENJEJAK SINAR MATAHARI UNTUK PANEL
SOLAR CELL**



Disusun Oleh:

CITRA WIBOWO

20000120012

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

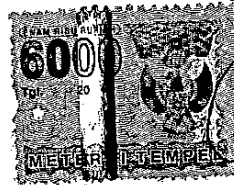
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

HALAMAN PERNYATAAN

Semua yang tertulis dalam naskah skripsi ini adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan atau bukan menjiplak hasil karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 7 Mei 2008

Yang menyatakan



Citra
Citra Wibowo

HALAMAN PENGESAHAN I

SKRIPSI

SISTEM PENJEJAK SINAR MATAHARI UNTUK PANEL
SOLAR CELL

Oleh :

CITRA WIBOWO

20000120012

Telah diperiksa dan disetujui :

Dosen Pembimbing I



Rifan Tegaf Ir MT

Dosen Pembimbing II



HM Fathul Qadir Ir

HALAMAN PENGESAHAN II

**SISTEM PENJEJAK SINAR MATAHARI UNTUK PANEL
SOLAR CELL**

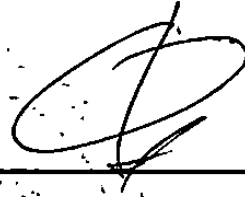
Skripsi ini telah dipertahankan dan disahkan di depan dewan penguji pada tanggal

1 April 2008

Dewan Penguji :

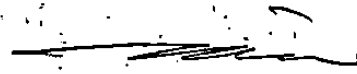
Rif'an Tsaqif, Ir., MT.

Ketua penguji / pembimbing I



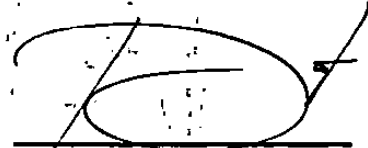
HM. Fathul Qodir, Ir.

Penguji anggota / Pembimbing II



DwiJoko Purbohadi, Ir., MT.

Penguji anggota



Helman Muhammad, ST., MT.

Penguji anggota



Menyetujui

Ketua Jurusan

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

PERSEMBAHAN

Karya ini kupersembahkan untuk:

**Allah SWT yang telah memberikan keimanan.
kesabaran. keikhlasan dalam menghadapi
cobaan.**

**Papa dan mamaku tercinta. yang memberikan
dorongan secara moral maupun material.**

**Buat kakek yang sangat ananda cintai. teri
makasih atas nasehatmu.**

Adik-adikku. Teguh dan Wahyu.

**Buat yang tersayang. miranty. makasih atas
kesetiannya menantikanku.**

**Buat diriku sendiri. Makasih atas semua
kesalahan2ku. Semoga aku bisa
berbuat lebih baik lagi.**

MOTO

*Cukupkanlah ALLAH sebagai pelindung kami
dan Dia adalah sebaik-baik pelindung
(QS Ali' Imran : 173)*

**Sesungguhnya telah ada pada (diri)
Rasulullah itu suri teladan yang baik
bagimu
(QS.Al-Ahzaab (33):21)**

*Seekor lebah akan menghisap sejuta bunga
untuk memberikan setetes madu
(Dr.Akrim Ridha)*

KATA PENGANTAR



Assalammu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

***Alhamdulillah*, Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya. Sholawat serta salam senantiasa kami sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga dan sahabat-sahabatnya yang telah membawa kita dari alam kebodohan menuju alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.**

Selama dalam penyusunan skripsi dengan judul “*SISTEM PENJEJAK SINAR MATAHARI UNTUK PANEL SOLAR CELL*”, penyusun telah memperoleh dorongan, doa', petunjuk, bimbingan dan bantuan baik moril maupun materiil. Maka dengan selesainya tugas akhir ini, penyusun menyampaikan terima-kasih kepada :

- 1. Kepada Ibu bapakku dan adik-adikku yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak secara langsung, baik dari segi materi maupun dari segi moril.**
- 2. Bapak Ir. Rif'an Tsaqif. MT, selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis selama ini hingga dapat menyelesaikan laporan ini.**
- 3. Bapak Ir. HM. Fathul Qodir, selaku Dosen Pembimbing II yang dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis hingga dapat menyelesaikan laporan ini.**
- 4. Bapak Ir. Dwijoko Purbohadi. MT. dan Bapak Helman Muhammad, ST.,**

MT, selaku Dosen pembimbing terimakasih atas nasihat nasihatnya

5. Bapak Ir. Slamet Suropto sebagai Ketua Jurusan Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Bapak Ir. Tony K. Hariadi, MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
8. Teman2 seperjuangan semua.. teman2 klas B 00 terutama Driverku Criscenko "thanx friend", motivatorQ Dikie dan juga sobat2Q "take care each other and keep together".
9. Semua pihak yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga Skripsi ini berguna bagi semua pembaca, dan semua kesalahan dalam menyusun laporan Skripsi ini adalah dari Penulis semata.

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pernyataan	iii
Halaman Pengesahan I	iv
Halaman Pengesahan II	v
Halaman Persembahan	vi
Moto	vii
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	x
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xiv
Daftar Grafik	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	2
C. Batasan Masalah	2
D. Tujuan	2
E. Kontribusi	3
F. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Dasar Teori	5
1. Otomatisasi	5
2. Lintasan Pergerakan Matahari	6

4. Panel Surya	8
5. Sensor Sebagai Penentu Letak Matahari	11
6. Transistor Sebagai Saklar	13
7. Pasangan Darlington	15
8. Komparator	15
9. Motor DC	17
B. Penelitian Terdahulu	18

BAB III METODOLOGI

A. Prosedur Perancangan	20
B. Analisis Syarat dan Kebutuhan	21
C. Spesifikasi Alat	21
D. Desain	22
E. Prototyping	24
F. Verifikasi	24
G. Validasi	24
H. Pengambilan Kesimpulan	25

BAB IV IMPLEMENTASI DAN ANALISIS HASIL PENGUJIAN

A. Pengujian dan Analisa Blok Rangkaian	26
1. Hasil dan Analisa Pengujian Blok I	
a. Sensor On/Off	27
b. Sensor Penjejak Posisi Matahari	28
2. Hasil dan Analisa Pengujian Blok II	
a. Rangkaian Relay On/Off Sistem	33
b. Rangkaian Pengolah Isyarat Sensor Penjejak Posisi	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Lintasan Pergerakan Matahari	6
Gambar 2.2. Spektrum Radiasi Sinar Matahari	7
Gambar 2.3. Panel Sel Surya	9
Gambar 2.4.a. Karakteristik LDR terhadap Radiasi Cahaya	12
Gambar 2.4.b. Penampang Sebuah LDR	12
Gambar 2.5. Resistor Sebagai Pembagi Tegangan	12
Gambar 2.6. Transistor Sebagai Saklar Untuk Menyalakan Beban	14
Gambar 2.7. Pasangan Darlington	15
Gambar 2.8. Konfigurasi Pin IC LM 393	16
Gambar 2.9. Proses Putaran Motor DC	17
Gambar 2.10. Prinsip H Bridge	18
Gambar 3.1. Flow Chart Tahapan Metodologi Penelitian	20
Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem	22
Gambar 4.1. Rangkain Sensor on/off sistem	27
Gambar 4.2. Rangkaian Sensor Penjejak Posisi Matahari	29
Gambar 4.3. Desain Sensor	30
Gambar 4.4. Sudut Kemiringan Sensor	30
Gambar 4.5. Rangkaian Relay On/Off Sistem	33
Gambar 4.6. Rangkaian Pengolah Isyarat Sensor Penjejak Posisi Matahari	36
Gambar 4.7. Rangkaian Pengerak Motor	38
Gambar 4.8. Rangkaian Catu Daya	40
Gambar 4.9. Sistem Penjejak Sinar Matahari Untuk Panel Sel Surya	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tanggapan Keluran Sel Surya Terhadap Sudut Datang Radiasi Sinar	
Matahari	10
Tabel 2.2. Perbandingan Alat Penjejak Cahaya dengan Sistem Penjejak Sinar	
Matahari untuk Panel Solar Sel	19
Tabel 3.1. Spesifikasi Alat	21
Tabel 4.1. Data Hasil Pengamatan Keluaran Tegangan Sensor On/Off Sistem	28
Tabel 4.2. Data Hasil Pengukuran Tegangan Sensor Penjejak	32
Tabel 4.3. Data Hasil Pengamatan Rangkaian Relay <i>On/Off</i> Sistem	34
Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Rangkaian Komparator	36
Tabel 4.5. Data Pengujian Rangkaian Pengerak Motor	39
Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Rata-Rata	43
Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Hari Pertama	48
Tabel 4.8. Data Hasil Pengujian Hari Kedua	49
Tabel 4.9. Data Hasil Pengujian Hari Ketiga	50
Tabel 4.10. Data Hasil Pengujian Hari Keempat	51

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik Tegangan Sel Surya	44
Grafik 4.2 Grafik Daya Sel Surya	44

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Krisis energi saat ini telah banyak menjadi wacana dikalangan masyarakat. Karena beberapa sumber energi yang dipakai, beberapa diantaranya memiliki keterbatasan yang hampir habis, seperti bahan bakar minyak, batu bara, gas dan lain sebagainya. Berawal dari sini, orang mulai mencari energi alternatif untuk menggantikan sumber energi yang akan habis tersebut. Sinar matahari dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi alternatif, terutama didaerah yang beriklim tropis. Sinar matahari tersebut dapat diubah menjadi energi listrik dengan memanfaatkan solar sel (*solar cell*) sebagai sarannya.

Energi listrik yang dihasilkan solar sel sangat dipengaruhi oleh besarnya radiasi energi cahaya matahari yang diterima permukaan solar sel. Pengumpulan energi cahaya matahari pada permukaan solar sel akan maksimal pada saat permukaan solar sel tersebut berhadapan langsung dengan matahari. Pemasangan papan panel solar sel yang statis (tetap) mengakibatkan sinar matahari yang mengenai permukaan solar sel akan maksimal hanya pada saat-saat tertentu sesuai dengan posisi panel solar sel. Untuk menghasilkan energi listrik secara maksimal sepanjang hari maka diusahakan agar panel solar sel tegak lurus terhadap datangnya sinar matahari. Namun permasalahan muncul, ketika diketahui bahwa posisi matahari tidaklah tetap melainkan bergerak (relatif) dari timur ke barat tiap harinya dan juga bergerak ke utara selatan tiap 6 bulan dalam setahun.

B. Identifikasi Masalah

Pengumpulan energi cahaya matahari pada permukaan solar sel akan maksimal pada saat permukaan solar sel tersebut berhadapan langsung dengan matahari, sedangkan posisi matahari tidaklah tetap melainkan bergerak (relatif) dari timur ke barat tiap harinya dan juga bergerak ke utara-selatan tiap 6 bulan dalam setahun. Oleh karenanya bagaimana mewujudkan peralatan yang dapat selalu mengarahkan panel solar sel ke arah datangnya sinar matahari (dari pagi sampai petang).

C. Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang teridentifikasi, maka skripsi ini dibatasi pada :

1. Mengendalikan dua motor penggerak panel solar sel menuju sudut datang arah sinar matahari.
2. Pengendalian pengarah panel disesuaikan dengan perubahan posisi matahari untuk daerah tropis.

D. Tujuan

Merancang dan membuat peralatan otomatis sinar matahari untuk panel

E. Kontribusi

Desain “Sistem Penjejak Sinar Matahari Untuk Panel Solar Cell ” ini diharapkan akan memberikan kontribusi antara lain:

- Sebagai bahan penunjang untuk diaplikasikan pada instrumentasi dalam optimalisasi perolehan energi listrik menggunakan sel surya.
- Memberikan khasanah perluasan ide dalam pembuatan alat otomatisasi penjejak sinar matahari.

F. Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini disusun dengan menggunakan susunan penulisan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, batasan masalah, tujuan, kontribusi, serta susunan penulisan laporan skripsi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang dasar teori teknik yang digunakan. Pembahasan tentang komponen berdasarkan sifat, kegunaan, atau karakteristik dari komponen tersebut.

BAB III METODOLOGI

Membahas tentang tata cara perancangan meliputi analisis kebutuhan,

test, dan validasi. Selain sistem perancangan verifikasi, validasi dan

BAB IV ANALISIS PERANCANGAN ALAT

Menyajikan realisasi hasil disain dan analisis masing-masing blok mekanis dan hasil pengujian fungsional terhadap secara keseluruhan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Dasar Teori

1. Otomatisasi

Suatu otomasi pada dasarnya merupakan suatu kendali On-Off yang bekerja sendiri atau aktif dengan sendirinya pada suatu kondisi. Otomatis merupakan sifat suatu peralatan dimana peralatan tersebut akan bekerja pada kondisi yang dikehendaki. Beroperasinya pengendalian panel sel surya pada sistem otomatisasi penjejak sinar matahari membutuhkan informasi/input yang didapat dari arah dan kuat radiasi sinar matahari. Dengan demikian maka sistem penjejak sinar matahari untuk panel sel surya adalah peralatan yang akan bekerja mengendalikan arah/posisi panel sel surya sesuai dengan posisi matahari dan akan mematikan sistem pengendalian bila tidak ada radiasi sinar matahari (intensitas matahari rendah).

Suatu sistem pengendali secara garis besar mempunyai prosedur dan rangkaian proses yang saling berkaitan. Bermula dari data yang ditangkap dan diolah oleh pengolah sinyal yang kemudian diteruskan sebagai keluaran dari olah data dalam bentuk kondisi pengendalian

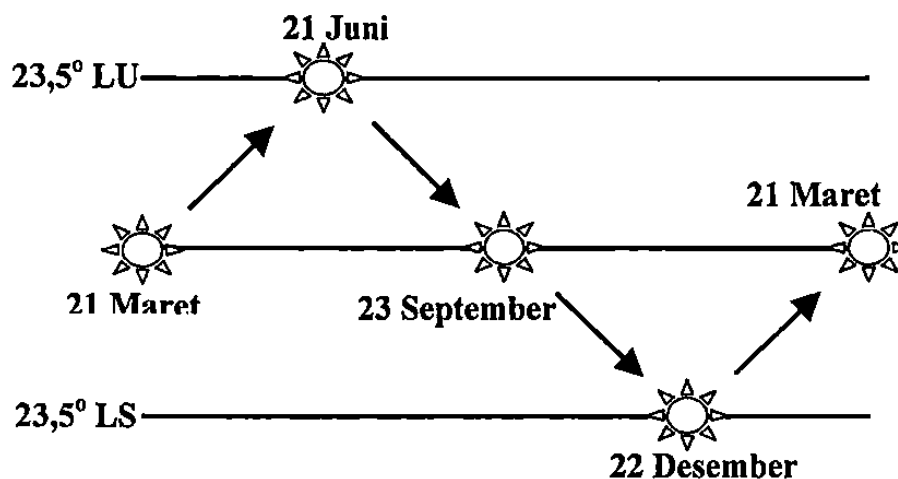
Suatu sistem pengendali otomatis dapat bekerja dengan baik apabila sistem tersebut dapat menerima input, mengolah input dan mampu membuat keputusan dalam mentransformasikan input ke output. Dengan demikian sistem

penjejak sinar matahari untuk panel sel surya dikatakan otomatis apabila memiliki komponen:

- Input, sudut datang dan kuat radiasi sinar matahari.
- Pengolah Isyarat input, yaitu komponen yang mampu megolah data input dan mampu membuat keputusan dalam mentransformasikan input ke output.
- Output, yaitu pengendalian gerakan motor panel sel surya.

2. Lintasan Pergerakan Matahari

Rotasi dan revolusi bumi meyebabkan terjadinya pergerakan semu harian dan tahunan matahari. Gerak semu matahari merupakan gerak peredaran matahari dilihat dari bumi. Siklus pergerakan tahunan matahari dapat dilihat pada Gambar 2.1. Pada tanggal 21 juni, matahari akan terbit dikoordinat 23,5 derajat arah utara katulistiwa. Sebaliknya dibulan desember tanggal 22, matahari akan terbit 23,5 derajat arah selatan katulistiwa. Sedangkan pada tanggal 21 maret dan tanggal 21 september matahari akan sejajar dengan garis katulistiwa.

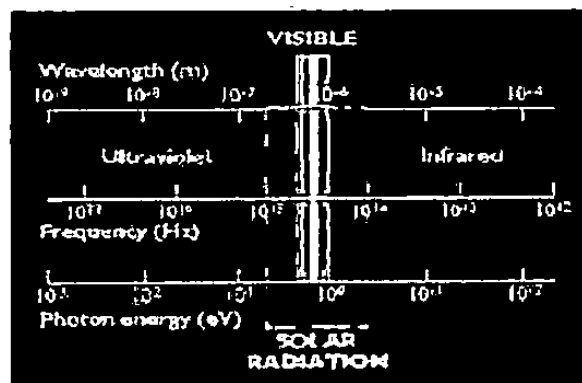


Gambar 2.1. Lintasan pergerakan Matahari

Lintasan gerak semu matahari menggambarkan adanya perubahan deklinasi matahari secara periodik. Deklinasi adalah jarak sudut antara sebuah benda langit dengan garis katulistiwa. Pertambahan/pengurangan deklinasi matahari adalah sebesar 0,2573 derajat. Dengan begitu, waktu yang dibutuhkan untuk pergerakan matahari dari +23,5 derajat ke -23,5 derajat adalah 182,6211 hari. (<http://cosmicemission.wordpress.com>)

3. Cahaya

Cahaya hanya merupakan satu bagian dari berbagai jenis gelombang elektromagnetis yang terbang ke angkasa. Gelombang tersebut memiliki panjang dan frekuensi tertentu, yang nilainya dapat dibedakan dari energi cahaya lainnya dalam spektrum elektromagnetisnya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik yang secara spectrum dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Spektrum radiasi sinar matahari

(www.chem-is-try.com)

Sinar matahari terdiri dari paket-paket energi yang disebut dengan foton.

dengan partikel elementer lain seperti elektron, karena ia tidak bermassa dan dalam ruang vakum foton selalu bergerak dengan kecepatan cahaya, c . Foton memiliki sifat gelombang maupun partikel ("dualisme gelombang-partikel").

Sebagai gelombang, satu foton tunggal tersebar di seluruh ruang dan menunjukkan fenomena gelombang seperti pembiasan oleh lensa dan interferensi destruktif ketika gelombang terpantulkan saling memusnahkan satu sama lain. Sebagai partikel, foton hanya dapat berinteraksi dengan materi dengan memindahkan energi sejumlah $E = hc/\lambda$, di mana h adalah konstanta Planck, c adalah laju cahaya, dan λ adalah panjang gelombangnya. (www.wikipedia.com).

Radiasi sinar matahari sampai ke permukaan bumi melalui tiga macam cara yaitu :

a. Radiasi langsung (Beam / Direct Radiation).

Adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.

b. Radiasi hambur (Diffuse Radiation).

Adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat pemantulan dan penghamburan.

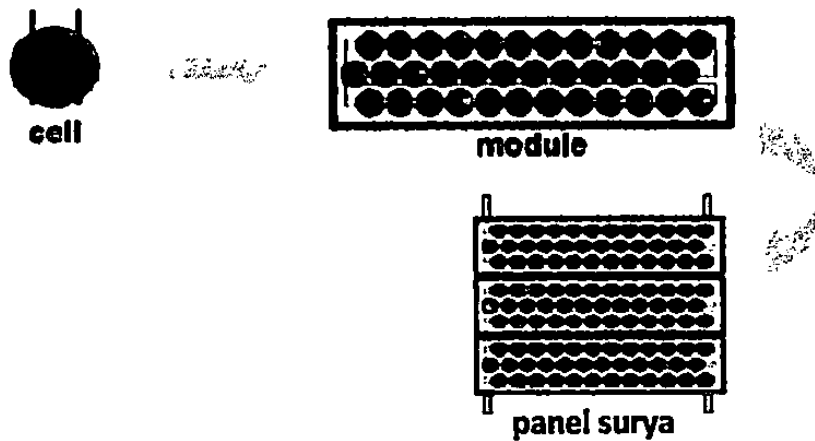
c. Radiasi total (Global Radiation).

Adalah penjumlahan radiasi langsung dan radiasi hambur.

4. Panel Surya

Panel surya adalah instrumentasi atau alat yang terdiri atas paket-paket solar cell (sel surya). Panel surya sering kali disebut sel photovoltaic (sel PV), sel

PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan.



Gambar 2.3. Panel sel surya

Sel surya adalah suatu elemen aktif yang terbuat dari bahan semikonduktor dengan ketebalan antara 0.3mm sampai 0.5mm dan menggunakan sambungan p-n (p-n junction) untuk mengubah sinar matahari menjadi energi listrik, sehingga bila suatu sinar mengenai sel surya maka akan timbul beda potensial pada kedua kutubnya. Permukaan sel yang aktif berupa lapisan tipis dari silicon jenis n yang diletakkan diatas sebuah silicon jenis p atau sebaliknya.

Ada beberapa jenis sel surya antara lain adalah Silikon berkrystal (Si), silicon amorf (a-Si), Galium Arsenida (GaAs) dan Cadmium Selnium (CdSe). sel surya jenis silicon berkrystal paling banyak digunakan sedangkan silicon amorf mulai banyak digunakan karena biaya pembuatannya yang lebih murah dari jenis silicon berkrystal. Jenis Galium Arsenida adalah jenis sel surya yang memberikan daya guna tingi namun masih terlalu mahal untuk diproduksi, sedang jenis Cadmium Selnium sedang dalam tingkat pengembangan

Satu keping sel surya hanya mempunyai tegangan tanpa beban antara 0.5 V sampai 1 V (tergantung intensitas cahaya dan bahan) dan arus hubung singkat maksimum 0.3 A (dari luas permukaan 100 cm²). Sementara itu intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 Watt. Tapi karena daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltaiik baru mencapai 25%, maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m². (www.wikipedia.com).

Energi listrik yang dihasilkan sel surya merupakan penyerapan energi dari radiasi sinar matahari. Sinar matahari yang terdiri dari photon-photon, jika menimpa permukaan bahan sel surya, akan diserap, dipantulkan atau dilewatkan begitu saja, dan hanya photon dengan level energi tertentu yang akan membebaskan elektron dari ikatan atomnya, sehingga mengalir arus listrik. (www.chem-is-try.com).

Energi listrik yang dihasilkan sel surya berdasarkan sudut radiasi sinar matahari ditunjukkan pada tabel 2.1, Energi listrik maksimal diperoleh pada saat arah datang sinar matahari tegak lurus terhadap permukaan sel surya atau sudut datang sinar matahari terhadap permukaan sel surya sebesar 90°.

Tabel 2.1 Tanggapan keluran sel surya terhadap sudut datang radiasi sinar matahari

No	Perubahan sudut (Derajat)	Tegangan Sel Surya (Volt)
1	0	0,45
2	10	0,89
3	20	1,33
4	30	1,77

No	Perubahan sudut (Derajat)	Tegangan Sel Surya (Volt)
5	40	2,12
6	50	2,42
7	60	2,64
8	70	2,86
9	80	2,93
10	90	3,00
11	100	2,90
12	110	2,83
13	120	2,61
14	130	2,38
15	140	2,05
16	150	1,72
17	160	1,26
18	170	0,83
19	180	0,40

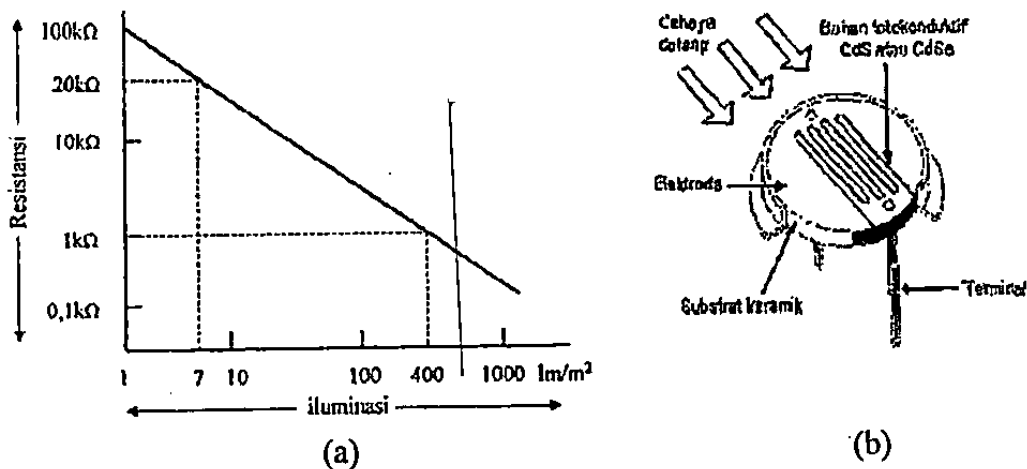
5. Sensor Sebagai Penentu Letak Matahari

LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR adalah merupakan salah satu jenis dari resistor atau hambatan, akan tetapi dengan sifat yang berbeda dimana nilai resistansinya dapat berubah-ubah tergantung pada sinar yang jatuh pada permukaannya. Karakteristik perubahan nilai resistansi LDR terhadap sinar dapat dilihat pada gambar 2.4.a. Semakin besar tingkat intensitas sinar yang masuk, maka akan semakin kecil nilai hambatannya, dan sebaliknya semakin sedikit intensitas sinar yang masuk maka nilai hambatannya akan semakin besar.

Bahan semikonduktor yang digunakan dalam pembuatan LDR adalah *Kadmium Sulfida* (CdS) dan *Kadmium Selenida* (CdSe). Bahan-bahan ini paling sensitif terhadap sinar dalam spektrum tampak dengan puncak pada sekitar

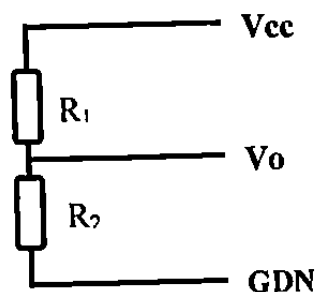
0,6 mikrometer untuk CdS dan 0,75 mikrometer untuk CdSe. Penampang dalam sebuah LDR diperlihatkan pada Gambar 2.4.b.



Gambar 2.4. a). Karakteristik LDR terhadap Radiasi Sinar. b). Penampang Sebuah LDR (Sumber : www.ukrida.ac.id)

Fungsi resistor sebagai pembagi tegangan

Selain berfungsi sebagai penahan arus, fungsi resistor yang banyak digunakan adalah fungsi resistor sebagai pembagi tegangan. Fungsi ini banyak terdapat pada pengatur volume suatu pengeras suara, equaliser, *tone* kontrol dan lain sebagainya. Sistem resistor sebagai pembagi tegangan dibentuk oleh 2 buah resistor yang dipasang secara seri. Rangkaian resistor sebagai pembagi tegangan adalah seperti pada gambar berikut ini :



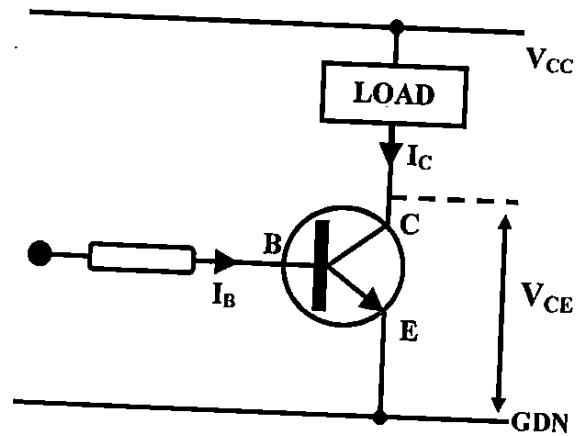
Gambar 2.5 diatas, bila nilai R1 dan R2 memiliki nilai yang sama maka tegangan yang terukur pada titik Vo adalah setengah dari nilai tegangan jepit rangkaian tersebut.. Penulisan rumus untuk rangkaian tersebut adalah sebagai berikut :

$$V_o = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \times V_{CC} \dots \dots \dots (2.1)$$

Nilai tegangan yang keluar dari titik Vo dapat berubah-ubah bila perbandingan besarnya nilai hambatan kedua resistor juga berubah-ubah, dengan memanfaatkan konsep inilah maka fungsi LDR dapat digunakan sebagai sensor ada atau tidaknya sinar, dimana salah satu resistor diatas diganti dengan sebuah LDR, hanya saja penempatan LDR pada rangkaian ini akan mempengaruhi arah tegangan keluarannya, misalnya kalau LDR dipasang untuk menggantikan posisi R2 maka pada saat nilai resistansi LDR menurun (menerima intensitas sinar yang kuat) maka tegangan Vo akan mengecil dan sebaliknya bila nilai resistansi LDR naik (intensitas sinar yang diterima lemah) maka tegangan Vo akan semakin membesar.

6. Transistor Sebagai Saklar

Salah satu penggunaan umum dari transistor dalam suatu rangkaian digital adalah sebagai saklar (Switching). Gambar 2.6 berikut merupakan rangkaian



Gambar 2.6 Transistor sebagai saklar untuk menyalakan beban

Untuk dapat memfungsikan transistor sebagai saklar maka transistor harus dalam keadaan off dan on penuh. Dalam keadaan on penuh tegangan V_{CE} hampir nol dan dikatakan transistor dalam keadaan jenuh, karena tidak dapat melewatkan arus kolektor I_C lagi. Keluaran peralatan yang tersaklari transistor ini biasanya disebut "beban".

Daya yang digunakan untuk pensaklaran ini adalah sangat kecil:

- Keadaan OFF : power = $I_C \times V_{CE}$, tetapi $I_C = 0$, maka dayanya adalah nol.
- Keadaan ON : power = $I_C \times V_{CE}$, tetapi $V_{CE} = 0$ (mendekati), maka dayanya sangat kecil.

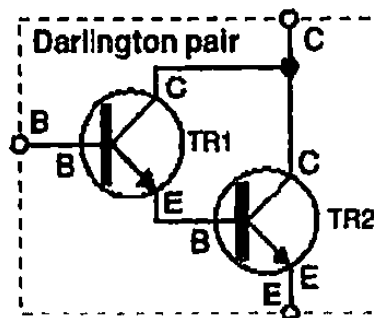
Hal terpenting dalam perangkaian saklar transistor adalah arus kolektor maksimal

$I_C(\max)$ dan penguatan arus minimal $h_{FE}(\min)$.

(<http://www.kpsec.freeuk.com/trancirc.htm>)

7. Pasangan darlington

Daya yang bisa ditangani oleh sebuah transistor dengan masukan daya kecil seperti logika TTL tidak bisa digunakan untuk perangkat dengan keperluan daya yang lebih tinggi, seperti motor. Maka dibuat pasangan darlington.



Gambar 2.7. Pasangan Darlington

Dua transistor ini disambungkan bersama maka arus dikuatkan transistor pertama dan dikuatkan lagi oleh transistor kedua. Penguatan totalnya adalah sama dengan dua buah transistor yang melipatkan arus secara bersamaan.

Penguatan arus darlington adalah $h_{FE} = h_{FE1} \times h_{FE2}$.

Ini membuat pasangan Darlington mempunyai penguatan arus yang sangat tinggi, maka hanya dengan arus yang kecil untuk membuat saklar menjadi on.

Pasangan Darlington dibuat dengan Q1 yang bertipe daya rendah, dan Q2 dengan tipe daya tinggi. Arus kolektor maksimal, $I_C(\max)$, dari pasangan tersebut adalah sama dengan $I_C(\max)$ dari Q2.

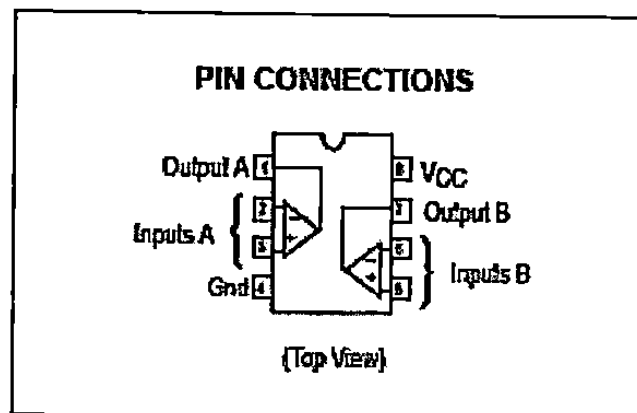
(<http://www.kpsec.freeuk.com/trancirc.htm#darlington>)

8. Komparator

IC komparator LM 393 (lihat gambar 2.8) adalah merupakan IC yang

membutuhkan satu polaritas yaitu ground dan Vcc (bukan sistem catu simetris, -V, 0, +V), dan untuk besar tegangannya dapat berkisar dari 3 hingga 18 Volt. Berbeda dengan komparator/op-amp lainnya, IC ini pada keluarannya hanya ada dua kondisi yaitu kondisi Low (0) dan Blank. Dua kondisi ini diperoleh dengan syarat :

- bila $V_{(\text{pembalik})} \geq V_{(\text{bukan pembalik})}$, output = Low (0)
- bila $V_{(\text{pembalik})} < V_{(\text{bukan pembalik})}$, output = Blank



Gambar 2.8. Konfigurasi Pin IC LM 393 (sumber: Datasheet LM 393)

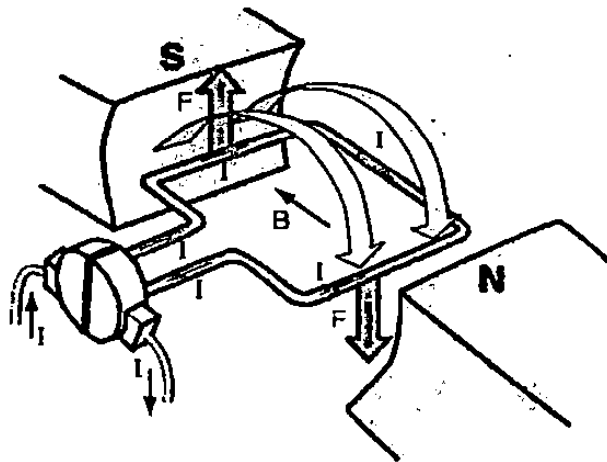
Dengan hanya 2 kondisi inilah maka IC LM 339 sebagai IC op-amp yang banyak digunakan untuk digabungkan dengan rangkaian digital. Untuk benar-benar dapat memberikan kondisi biner 0 dan 1, maka biasanya pada output IC ini diberi suatu resistor yang berfungsi sebagai *pull up* bila suatu saat keluaran pada kondisi blank dengan adanya resistor ini maka output akan selalu berada pada kondisi 1.

9. Motor DC

Motor DC merupakan suatu alat yang berfungsi mengubah energi listrik arus searah menjadi gerak mekanik. Motor DC mempunyai prinsip kerja berdasarkan hukum Lorentz yang berbunyi:

“ Jika sebatang penghantar listrik yang berarus berada di dalam medan magnet pada kawat penghantar tersebut akan timbul suatu gaya interaksi”.

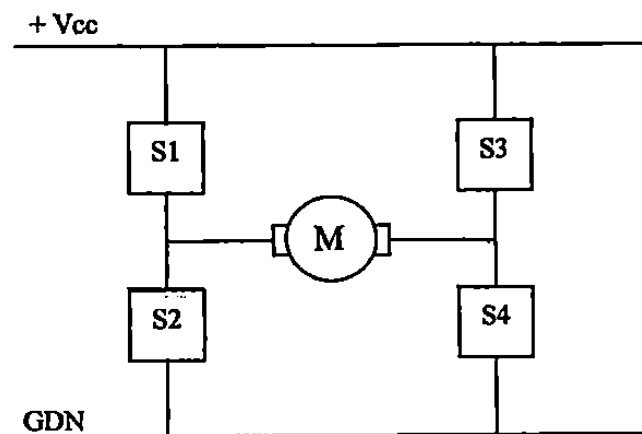
Motor DC berputar sebagai hasil interaksi antara medan magnet permanen dengan gaya yang bekerja pada lilitan (kumparan) karena arus yang mengalir pada lilitan tersebut. Antara magnet permanen dengan gaya yang timbul pada kumparan akan saling tarik-menarik dan saling tolak-menolak pada masing-masing kutub, hal ini mengakibatkan motor berputar.



Gambar 2.9. Proses putaran motor DC

Motor dc dalam aplikasinya seringkali digunakan untuk mengendalikan arah putaran yang searah dengan jarum jam maupun sebaliknya. Untuk mengubah putaran dari sebuah motor dapat dilakukan dengan mengubah arah arus yang mengalir melalui motor tersebut. hal ini dapat dilakukan hanya dengan mengubah

Arah putaran motor dc dapat diatur dengan menggunakan konfigurasi H-Bridge (Gambar 2.10). Dengan konfigurasi ini kita akan dapat menjalankan motor dc, membalik arah putaran atau menghentikan dengan kontrol logika TTL. Untuk mendapatkan arah putaran pertama kita menutup saklar S1 dan S4. Sedangkan untuk membalik arah putaran kita buka saklar S1 dan S4, dan menutup saklar S2 dan S3. (www.robotindonesia.com)



Gambar 2.10 Prinsip H=Bridge

B. Penelitian Terdahulu

Dalam skripsi yang berjudul “Alat Penjejak Sumber Sinar”, dijelaskan perancangan dan pembuatan penjejak sinar. Yang membedakan perancangan

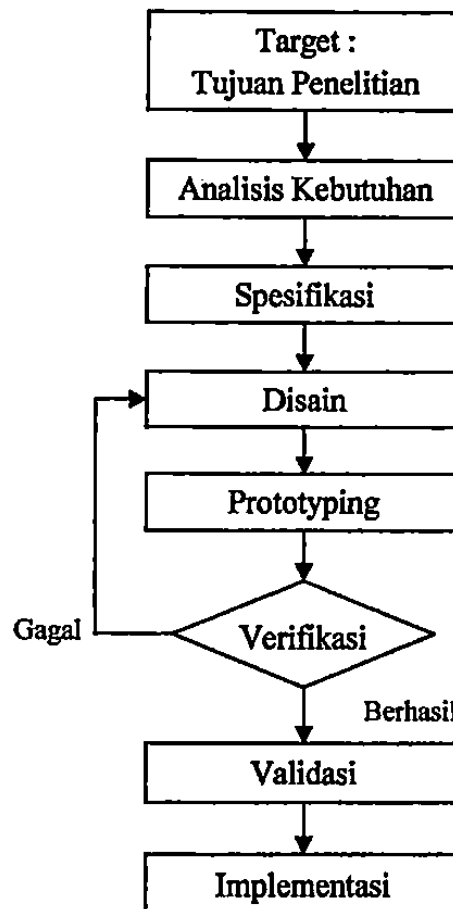
Tabel 2.2 Perbandingan Alat Penjejak Sumber Sinar dengan Sistem Penjejak Sinar Matahari untuk Panel Sel surya

No	Alat Penjejak Sumber Sinar	Sistem Penjejak Sinar Matahari Untuk Panel Sel surya
1	Mikrokontroler yang digunakan adalah tipe ATmega 8535 dari Atmel.	Tidak Menggunakan Mikrokontroler
2	Sensor sinar yang digunakan TSL 230	Menggunakan LDR
3	Proses sistem mencari intensitas sinar lampu tertinggi untuk arah horizontal	Proses sistem pengarah panel sel surya dua arah sesuai dengan posisi sumber sinar (matahari)

BAB III METODOLOGI

A. Prosedur Penelitian

Prosedur yang dimaksud adalah tata cara pencapaian target penelitian sebagaimana tertulis dalam tujuan penelitian. Diagram tahap-tahap perancangan dapat dilihat pada Gambar 3.1, *flowchart* tahapan proses perancangan dibuat untuk mempermudah dalam penyelesaian pekerjaan, karena pada tiap tahap perancangan dapat dikerjakan jika tahap sebelumnya dapat diselesaikan.



Gambar 3.1 Flow Chart Tahapan Metodologi Penelitian

B. Analisis Syarat dan Kebutuhan

Sistem yang akan dibangun merupakan sistem otomatisasi penjejak sinar matahari untuk pegarahan panel solar sel kearah sumber cahaya, sehingga semua gerakan panel disesuaikan dengan perubahan posisi matahari. Untuk itu sistem membutuhkan sensor dan dua motor penggerak dalam mengendalikan gerakan panel, yaitu :

- Panel surya dapat dikendalikan untuk bergerak dari sudut 0° (menghadap ke timur) sampai dengan 180° (menghadap ke barat).
- Pengendalian gerakan panel sejauh $+23,5^{\circ}$ menghadap ke utara dan $-23,5^{\circ}$ menghadap ke selatan, sesuai dengan gerakan posisi matahari untuk daerah tropis.
- Memiliki sistem otomatis untuk memulai (saat matahari terbit) dan mengakhiri (sebelum terbenam matahari) sistem kendali panel surya.

C. Pendefinisian Spesifikasi Alat

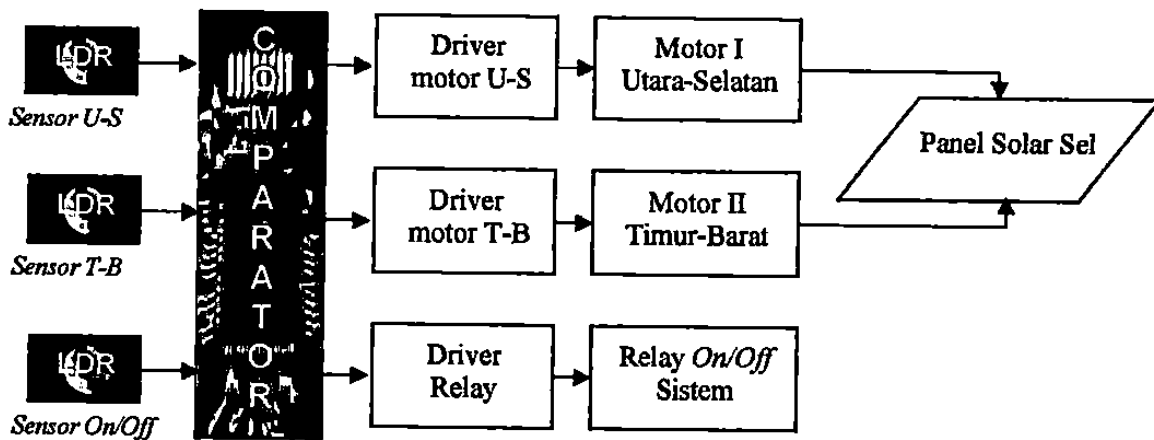
Tabel 3.1 Spesifikasi alat

No	Nama	Spesifikasi
1	Catu Daya	Masukan : AC 220 Volt Keluran : DC 9 Volt, 5 Volt
2	Sensor LDR	-
3	Comparator LM 339, LM 393	Catu Daya : 2.0Vdc – 36Vdc Tegangan masukan : - 0,3 Vdc sampai +36 Vdc Suhu kerja : 0 sampai +70°C

4	Motor DC	Catu Daya : 6 Vdc
6	Panel Surya	Tegangan keluaran : Max 3 Vdc

D. Desain

Diagram blok keseluruhan sistem ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram blok sistem.

Penjelasan blok sistem:

– Blok I Sensor dan Comparator

Terdiri dari rangkaian sensor dan comparator sebagai sistem pendeteksi arah gerak dan posisi sumber cahaya.

– Blok II penggerak motor panel solar sel

Berisi rangkaian penggerak motor untuk menggerakkan alat ke arah Timur-Barat dan Utara-Selatan

– Blok III Relay *On/Off* Sistem

Berisi rangkaian penerjemah intruksi dari sensor untuk memulai dan

Perubahan nilai resistansi pada sensor cahaya (LDR) sebagai hasil nilai intensitas cahaya yang diterimanya pada masing-masing arah dibandingkan oleh *comparator*, hasil perbandingan digunakan sebagai instruksi ke *driver* motor untuk menggerakkan motor. Putaran motor akan menggerakkan panel solar sel kearah datangnya sinar matahari. Bila panel solar sel telah mengarah tepat kearah datangnya sinar matahari, maka nilai kedua LDR akan kembali seimbang dan akan menghentikan gerakan motor.

Sebagai penentu waktu kapan dimulai dan diakhirinya sistem kendali, diperlukan sensor cahaya sebagai pendeteksi apakah sinar matahari telah cukup terang untuk dimulainya pengarahannya (beberapa saat setelah matahari terbit) ataukah sudah terlalu gelap sehingga sistem kendali perlu diakhiri (beberapa saat sebelum matahari terbenam). Untuk mewujudkan rancangan desain, diperlukan alat dan bahan antara lain adalah sebagai berikut:

1. Alat bantu dan alat penguji

- PC (*Personal Computer*). Digunakan untuk membuat skematik dari rangkaian yang akan dibuat.
- Multimeter yang digunakan untuk mengukur tegangan catu daya, arus yang mengalir, mengecek jalur PCB (*Printed Circuit Board*)

2. Bahan

Komponen-komponen utama yang dipersiapkan pada sistem

- Transistor FCS 9012
- Motor DC
- Mekanik pengarah panel solar sel ke matahari
- IC regulator 7805
- Transformator dan komponen penunjang lainnya

E. Prototyping

Setelah spesifikasi dan desain sistem ditetapkan, selanjutnya dilakukan tahap pembangunan sistem. Sistem dibangun perbagian fungsi, berbagai kesalahan dapat ditemui dalam tahapan ini. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap perangkat yang akan dibangun dan untuk kemudian dilakukan koreksi.

F. Verifikasi

Verifikasi merupakan tahap pengujian perbagian fungsi dari blok rangkaian sistem yang akan dibangun. Jika semua bagian telah lulus uji maka dilakukan integrasi bagian-bagian fungsi tersebut menjadi kesatuan utuh sistem otomatisasi penjejak cahaya matahari untuk panel solar sel.

G. Validasi

Validasi sistem merupakan tahap pengujian fungsional, dimana pengujian dilakukan sesuai dengan standar pengujian yang ada. Sistem akan diuji apakah

H. Pengambilan Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan merujuk dari data hasil pengamatan masing-masing pengujian. Data dari pengujian fungsional (validasi) akan disimpulkan dan dibandingkan dengan tujuan perancangan alat pengendali, yaitu membuat suatu

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN ANALISA

A. Pengujian dan Analisa Blok Rangkaian

Pengamatan dilakukan untuk menguji hasil perancangan dan implementasi alat, sehingga dapat diketahui sejauh mana alat dapat bekerja. Pengamatan yang terpenting adalah bagian-bagian blok rangkaian. Dengan mendapatkan parameter hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan rangkaian secara keseluruhan dan cara kerja alat dapat diketahui.

Pengujian blok rangkaian (Gambar 3.1) meliputi beberapa bagian yaitu :

1. Pengujian Blok I (Bagian Sensor)
2. Pengujian Blok II (Bagian Komparator dan Relay)
3. Pengujian Blok III (Rangkaian Pengerak Motor)
4. Pengujian Catu Daya

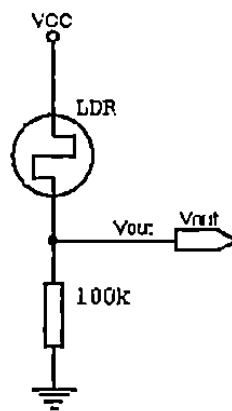
1. Hasil dan Analisa Pengujian Blok I (Bagian Sensor)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tanggapan keluaran dari sensor LDR terukur multimeter berdasarkan kuat radiasi cahaya yang berbeda-beda.

Pengujian bagian sensor terdiri dari pengujian sensor on/off sistem dan sensor

a. Sensor *On/Off* system

Rangkaian sensor on/off sistem (Gambar 4.2) terdiri dari seri resistor 100k dan LDR. Output sensor merupakan tegangan jepit antara resistor dan LDR. Perubahan radiasi cahaya yang diterima permukaan LDR akan mempengaruhi nilai resistansinya, sehingga mempengaruhi output sensor. Nilai resistor 100K, merupakan nilai yang diambil dengan mengacu pada resistansi LDR pada kondisi gelap atau tidak ada sinar, sehingga pada kondisi gelap tegangan keluaran sensor akan bernilai setengah dari nilai tegangan sumber.



Gambar 4.1 Rangkaian sensor *On/Off* sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tanggapan keluaran sensor terhadap perubahan kuat radiasi cahaya yang diterimanya. Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui level tegangan keluaran sensor yang akan dipergunakan untuk memulai/mengakhiri kinerja sistem, sehingga pengukuran dilakukan pada kondisi tertentu yaitu pada saat gelap mendekati terang dan terang mendekati gelap. Data hasil pengukuran sensor on/off sistem diperlihatkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data hasil pengamatan keluaran tegangan sensor on/off sistem

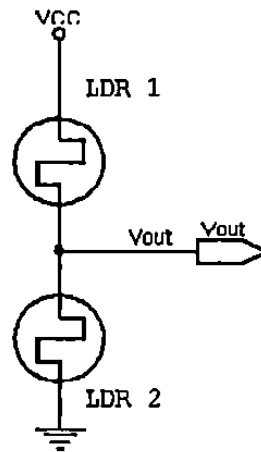
No	Waktu Pengukuran (WIB)	Resistansi LDR (K Ω)	Tegangan Keluaran (Volt)
1	05:00	91,6	2,56
2	06:00	18,7	4,21
3	18:00	23,6	4,08
4	19:00	95,3	2,53

Analisa data hasil pengukuran

Data hasil pengujian tabel 4.1 menunjukkan bahwa untuk memulai/mengakhiri kinerja alat mengacu pada hasil pengamatan level tegangan keluaran sensor pada jam 06:00 wib dan jam 18:00 wib. Dari rata-rata keluaran tegangan pada kondisi ini, untuk memulai kinerja alat maka digunakan level tegangan keluaran sensor yang lebih besar dari 4 volt, sedangkan level tegangan keluaran sensor dibawah 4 volt digunakan untuk mengakhiri kinerja alat.

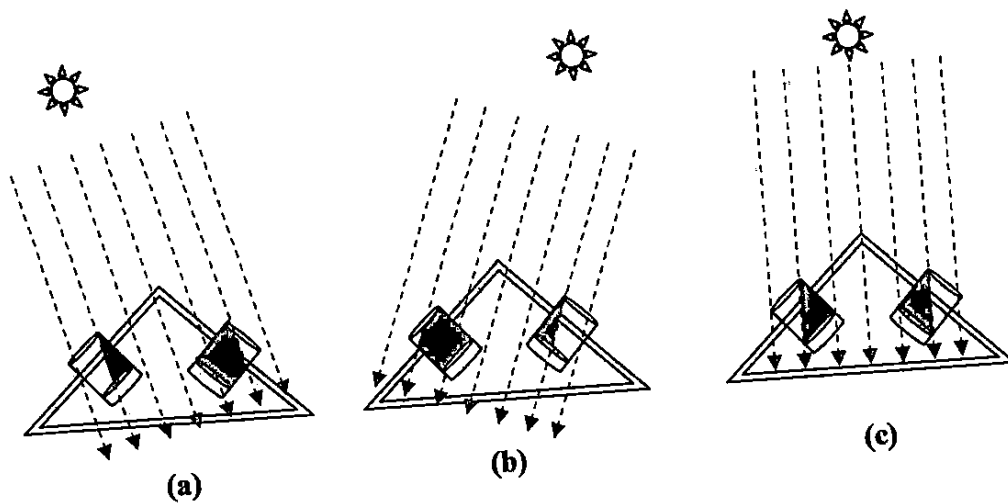
b. Sensor penjejak posisi matahari

Rangkaian sensor penjejak posisi matahari (Gambar 4.3) terdiri dari seri dua buah LDR. Output sensor merupakan tegangan jepit di antara kedua sensor. Besarnya radiasi cahaya yang diterima permukaan kedua sensor akan mempengaruhi nilai resistansinya, sehingga mempengaruhi level tegangan output



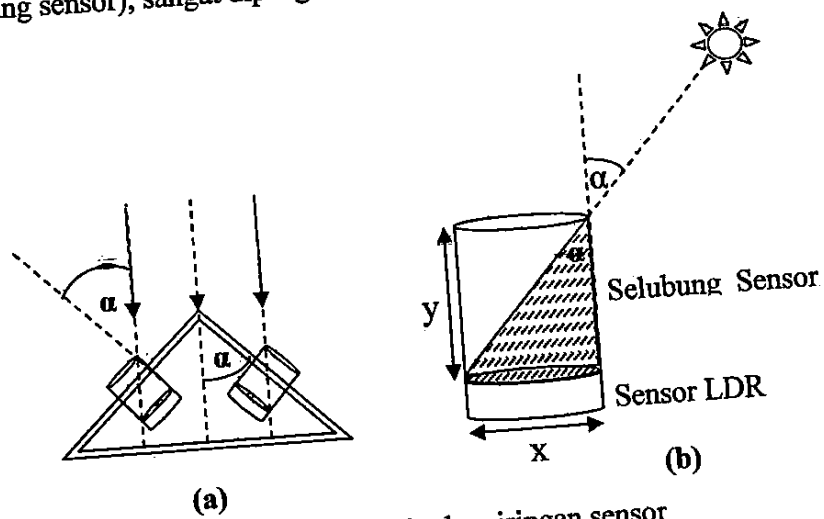
Gambar 4.2 Rangkaian sensor penjejak posisi matahari

Sensor penjejak posisi matahari didesain dengan posisi saling berhadapan, seperti pada Gambar 4.4. Posisi matahari dapat diketahui dari proyeksi gelap pada permukaan sensor, akibat terhalangnya arah datang sinar matahari pada permukaan sensor yang disebabkan oleh selubung sensor. Proyeksi merupakan luas permukaan sensor yang tidak teradiasi secara langsung oleh sinar matahari. Pada saat matahari tidak tepat berada diatas sensor (Gambar 4.4. a dan b), salah satu sensor akan memperoleh proyeksi radiasi yang lebih banyak dari sensor pasangannya. Sedangkan pada saat matahari tepat berada diatas sensor, kedua sensor akan memperoleh proyeksi radiasi yang sama (Gambar 4.4 c).



Gambar 4.3. Desain sensor

Sensor didesain dengan kemiringan atau sudut hadap sensor sebesar α , seperti pada Gambar 4.5.a. Sudut kemiringan sensor sama dengan sudut datang cahaya matahari terhadap sensor dalam memperoleh proyeksi gelap maksimum pada permukaan sensor (Gambar 4.5.b). Sudut datang cahaya dalam memperoleh proyeksi gelap maksimum pada permukaan sensor (sama dengan diameter selubung sensor), sangat dipengaruhi oleh tinggi selubung sensor (y).



Gambar 4.4. Sudut kemiringan sensor

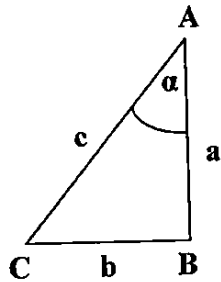
Dimana : α = Sudut kemiringan/Sudut hadap sensor

y = Tinggi selubung sensor

x = Diameter selubung sensor

Perhitungan untuk mencari sudut kemiringan/sudut hadap sensor.

Rumus dasar Goneometri :



AB = a = Proyektor
BC = b = Proyeksi
CA = c = Proyektum

$$\sin \alpha = \frac{b}{c}, \cos \alpha = \frac{a}{c}, \tan \alpha = \frac{b}{a} \dots \dots \dots (\text{Persamaan 4.1})$$

Data spesifikasi sensor :

1. Tinggi selubung sensor (y) = a = 10 mm
2. Diameter selubung sensor (x) = b = 7 mm

Sudut kemiringan dapat dicari dengan persamaan 4.1

$$\tan \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\alpha = \tan^{-1} b/a$$

$$\alpha = \tan^{-1} 7/10$$

$$\alpha = 34,99^\circ$$

Pengujian sensor penjejak posisi matahari dilakukan pada tiga kondisi berbeda, yaitu pada saat LDR1 mendapatkan radiasi cahaya lebih banyak dari LDR2, LDR1 mendapatkan radiasi cahaya lebih sedikit dari LDR2, serta LDR1 dan LDR2 menerima radiasi cahaya yang sama. Data hasil pengukuran sensor penjejak posisi cahaya ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran tegangan sensor penjejak

No	Kondisi Penerimaan Sinar Sensor	Resistansi LDR 1 (K Ω)	Resistansi LDR 2 (K Ω)	Tegangan Keluaran (Volt)
1	LDR1 > LDR 2	40	81	3,35
2	LDR1 < LDR 2	50	28	1,82
3	LDR1 = LDR 2	76	76	2,49

Analisa data hasil pengukuran

Data hasil pengujian tabel 4.2 menunjukkan bahwa pada kondisi pertama dan kedua dimana salah satu sensor menerima lebih banyak radiasi cahaya dari sensor lainnya, sehingga pada saat LDR1 menerima radiasi yang lebih banyak dari LDR2 mengakibatkan output tegangan sensor lebih besar dari setengah tegangan jepit rangkaian sebesar 3,35 Volt. Sebaliknya terjadi pada kondisi kedua dimana LDR2 memperoleh radiasi yang lebih banyak dari LDR1 sehingga tegangan keluaran sensor lebih kecil dari setengah tegangan jepit sebesar 1,82 volt. Sedangkan pada saat penerimaan radiasi sinar matahari pada permukaan sensor

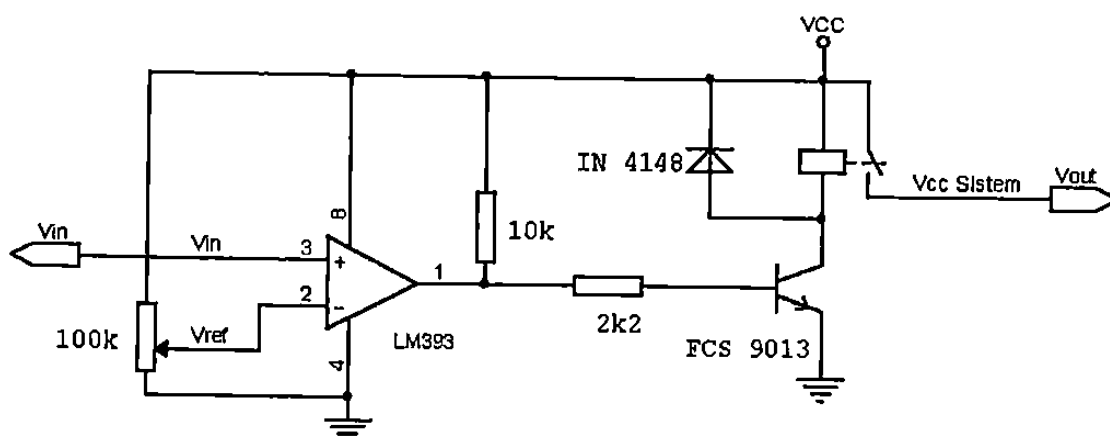
sama, mengakibatkan nilai resistansi sensor akan sama sebesar 76k ohm dengan tegangan output sensor setengah dari tegangan sumber sebesar 2,49 Volt.

2. Hasil dan Analisa Pengujian Blok II (Bagian Komparator dan Relay)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tanggapan komparator terhadap sinyal input dari sensor untuk diolah sebagai output kendali sistem. Ouput kendali terdiri dari rangkaian relay dan rangkaian penggerak motor.

a. Rangkaian relay *On/Off* sistem

Rangkaian komparator dan relay on/off sistem ditunjukkan pada Gambar 4.6. Komparator berfungsi membaca level tegangan input dari tegangan keluaran sensor yang akan dibandingkan dengan tegangan referensi. Output komparator digunakan untuk mengendalikan rangkaian relay on/off sistem.



Gambar 4.6 Rangkaian relay on/off sistem

Resistor variabel 100k pada rangkaian digunakan untuk menentukan tegangan referensi pada komparator sebagai pembanding untuk memulai dan mengakhiri sistem kendali. Keluaran dari komparator terpasang sebuah transistor NPN seri FCS 9013 yang berfungsi sebagai sakelar untuk mencatu relay. Transistor ini akan bekerja pada saat keluaran dari komparator berlogika tinggi dan akan *off* pada saat berlogika rendah.

Pengujian dilakukan pada dua kondisi yaitu pada kondisi terang dan redup. Kondisi terang pada saat tegangan masukan berada diatas tegangan referensi, sebaliknya kondisi gelap dengan tegangan masukan pada komparator dibawah tegangan referensi. Data hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Data hasil pengamatan rangkaian relay *On/Off* sistem

Kondisi masukan sinar	Tegangan masukan	Tegangan referensi	Tegangan Keluaran
Terang	4,95 Volt	4,0 Volt	5 Volt
Redup	2,30 Volt	4,0 Volt	0 Volt

Analisa data hasil pengukuran

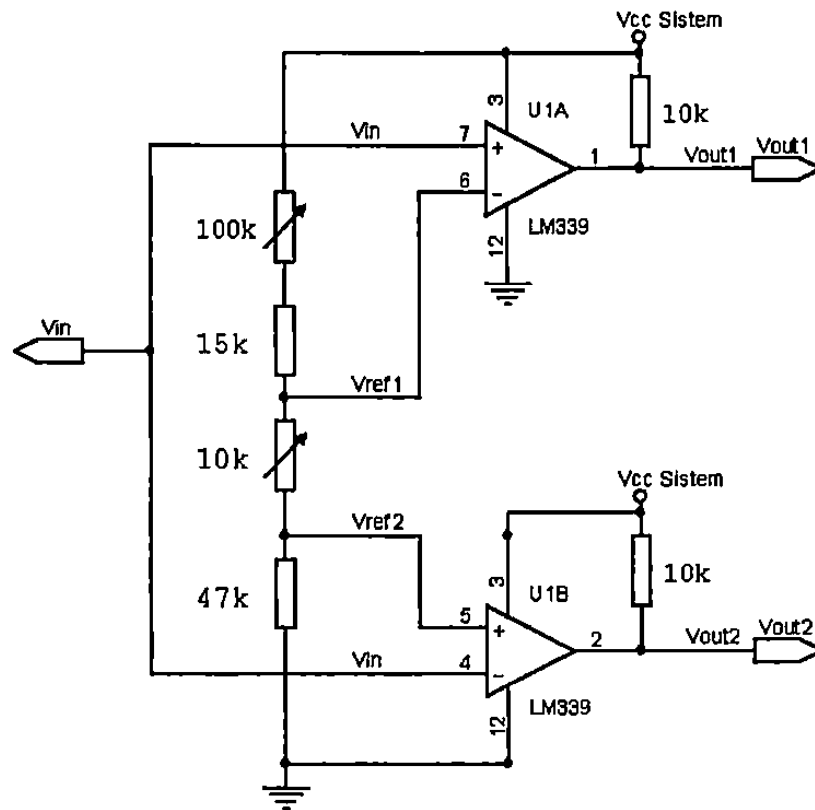
Data hasil pengujian Tabel 4.3 menunjukkan bahwa pada kondisi terang tegangan masukan pada komparator sebesar 4,95 Volt dan redup dengan tegangan masukan 2,3 Volt. Berdasarkan bahasan tentang komparator pada bab 2, bahwa pada saat masukan V^- lebih tinggi dari V^+ , keluaran komparator akan bernilai rendah dan pada saat V^- lebih rendah dari V^+ , keluaran komparator akan blank (impedansi tinggi). Pada keluaran komparator terpasang resistor *null*

up 10k ohm sehingga pada saat keluaran komparator berimpedansi tinggi level tegangan keluaran menjadi tinggi atau mendekati level tegangan catu daya positif.

Kondisi terang dengan tegangan masukan pada komparator sebesar 4,95 volt, lebih besar dari pada tegangan referensi, sehingga keluaran komparator akan berlogika blank dengan tegangan keluaran sebesar 5 volt. Pada kondisi ini transistor akan aktif sebagai saklar sehingga relay akan *on*. Sebaliknya pada kondisi redup dengan tegangan masukan pada komparator sebesar 2,3 volt sehingga keluaran komparator akan berlogika rendah dengan tegangan keluaran 0 volt. kondisi ini mengakibatkan transistor tidak aktif sehingga relay berada dalam kondisi *off*.

b. Rangkaian pengolah isyarat sensor penjejak posisi matahari

Rangkaian pengolah isyarat dari sensor penjejak posisi matahari ditunjukkan pada Gambar 4.7. komparator difungsikan untuk merepresentasikan kondisi dari kedua LDR pada kondisi keluaran digital dua jalur. Output rangkaian digunakan untuk mengendalikan rangkaian penggerak motor panel sel surya. Resistor variabel 100k ohm digunakan untuk menentukan level tegangan referensi interval tertinggi dan resistor variable 10k ohm digunakan untuk menentukan level interval tegangan referensi terkecil yang akan dihasilkan pada komparator



Gambar 4.6. Rangkaian pengolah isyarat sensor penjejak posisi matahari

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tanggapan keluaran rangkaian untuk mengendalikan rangkaian penggerak motor terhadap masukan tegangan dari sensor penjejak posisi matahari. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data hasil pengujian rangkaian komparator

No	Vin (Volt)	Vref 1 (Volt)	Vref 2 (Volt)	Vout 1 (Volt)	Vout 2 (Volt)
1	3,35	2,54	2,46	4,98	0
2	1,82	2,54	2,46	0	4,98
3	2,48	2,54	2,46	4,98	4,98

Analisa data hasil pengukuran

Data hasil pengujian Tabel 4.4, dimana pengujian dilakukan dengan tiga kondisi masukan tegangan pada rangkaian komparator, dengan hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi masukan pertama dengan tegangan masukan 3,35 volt, yang lebih besar dari tegangan interval referensi (2,58 -2,24 Volt), keluaran komparator pada Vout 1 akan berlogika high (4,98 Volt) dan Vout2 akan berlogika low (0 Volt). Kondisi sebaliknya terjadi pada kondisi tegangan masukan kedua dimana tegangan masukan lebih kecil (1,82 Volt) dari interval tegangan referensi sehingga output tegangan pada Vout1 akan berlogika low (0 Volt) dan pada Vout2 berlogika high (4,98 volt). Pada kondisi ketiga dengan tegangan 2,48 volt, dimana tegangan masukan berada pada daerah interval tegangan referensi, output komparator pada kedua line akan berlogika high (4,98 Volt).

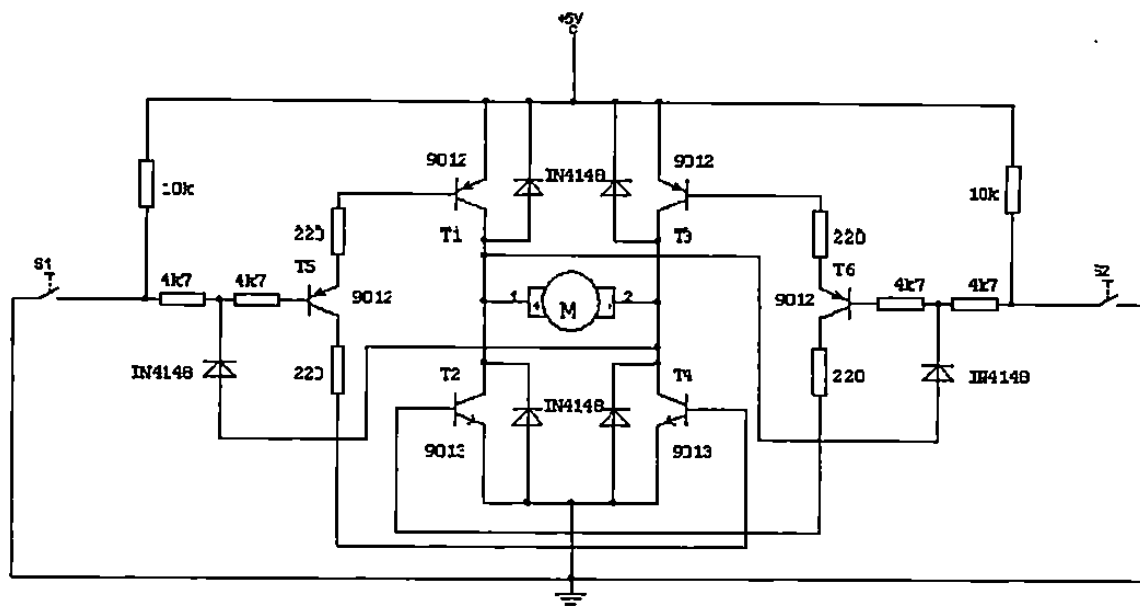
3. Hasil dan Analisa Pengujian Blok III (Rangkaian Penggerak Motor)

Rangkaian penggerak motor (Gambar 4.8) dikendalikan oleh dua sakelar pada kedua jalur masukannya, bila sakelar pada masukan ditekan maka masukan tersebut akan mendapatkan logika 0 (off) karena sakelar ini terhubung ke titik 0 rangkaian, dan bila sakelar tidak ditekan maka masukan berlogika 1 (on) yang bersumber dari resistor *pull up* pada masukannya.

Masing-masing pasangan transistor di dalam jembatan dikendalikan oleh sebuah pasangan transistor tunggal. Bilamana T5 dibuat menghantar, T1 juga akan

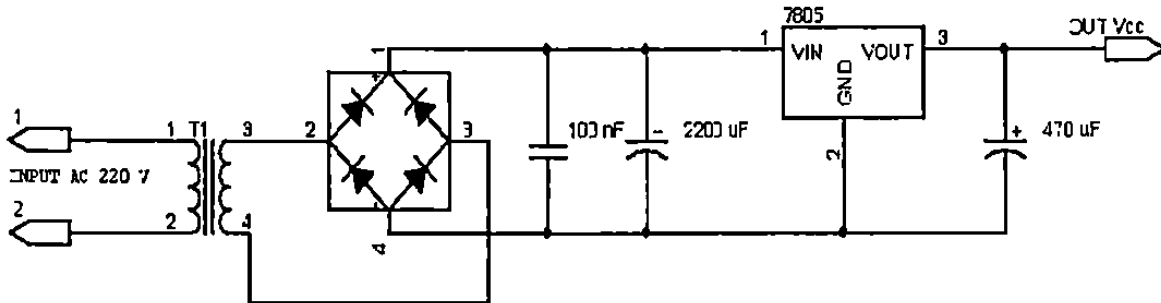
menghantar. Pada saat yang sama arus mengalir dari T1 melalui T5 ke basis T4 sehingga transistor inipun akan menghantar. Dengan demikian pada rangkaian tersebut digunakannya arus basis T1 dan T3 untuk menggerakkan T2 dan T4 memberikan rangkaian penggerak bersama.

Ada dua komponen penting yang digunakan dalam rangkaian ini yang bertugas menjaga rangkaian dari kesalahan masukan yaitu dioda yang terhubung pada basis transistor dikedua masukan. Dengan adanya dua buah dioda ini bila pada kedua masukan bernilai nol maka dioda ini akan menahan kedua transistor tersebut untuk tidak aktif. Aktifnya salah satu pasangan transistor hanya akan terjadi bila salah satu masukan berlogika 1 dan yang lainnya berlogika 0.



Gambar 4.7. Rangkaian penggerak motor

Pengujian dilakukan dengan membuka dan menutup pasangan saklar pada rangkaian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tanggapan rangkaian dan arah gerak putaran motor. Data hasil pengujian rangkaian ditunjukkan pada tabel 4.5



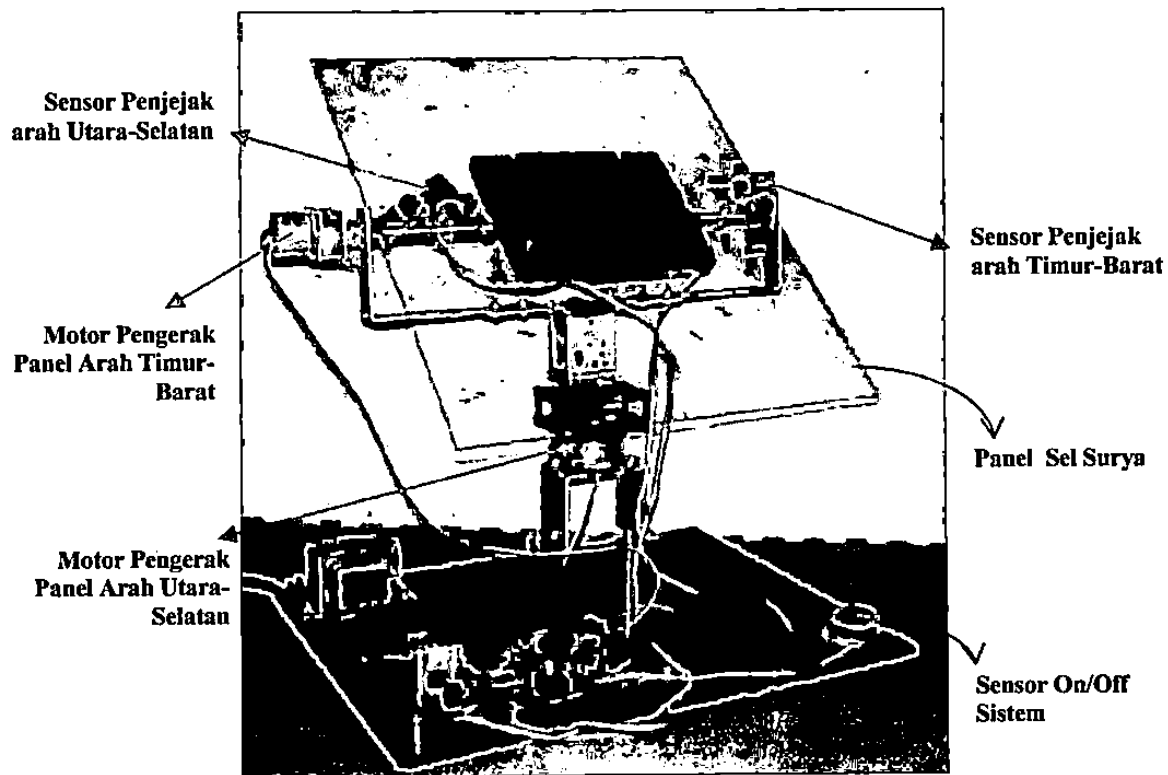
Gambar 4.8. Rangkaian catu daya

Data hasil pengukuran yang telah dilakukan terhadap rangkaian catu daya, telah diperoleh hasil pengukuran tegangan keluaran sebesar 4,99 Volt. Keluaran tegangan sebesar ini telah mewakili informasi bahwa rangkaian catu daya berada pada kondisi baik untuk menyuplai arus ke rangkaian.

B. Integrasi Sistem

Integrasi sistem merupakan penggabungan sistem secara keseluruhan (rangkaiannya dan desain alat) setelah dilakukan verifikasi. Rangkaian keseluruhan sistem dapat dilihat pada halaman lampiran. Desain rancangan alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.10.

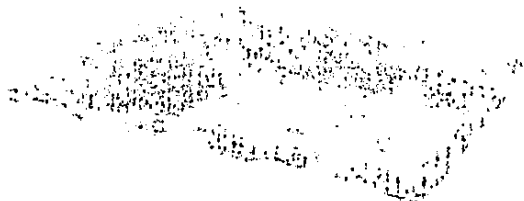
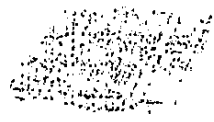
Alat penjejak sinar matahari untuk panel solar sel menggunakan LDR sebagai sensor. Sensor terdiri atas sensor on/off yang berfungsi untuk memulai/mengakhiri kinerja alat dan sensor penjejak posisi matahari yang terdiri dari sensor penjejak arah timur-barat dan sensor penjejak arah utara-selatan. Untuk mengolah level tegangan keluaran dari sensor digunakan komparator. Output komparator akan digunakan untuk mengendalikan rangkaian relay dan rangkaian penergerak motor panel sel surya



Gambar 4.9. Sistem penjejak sinar matahari untuk panel sel surya

Cara kerja alat adalah sebagai berikut :

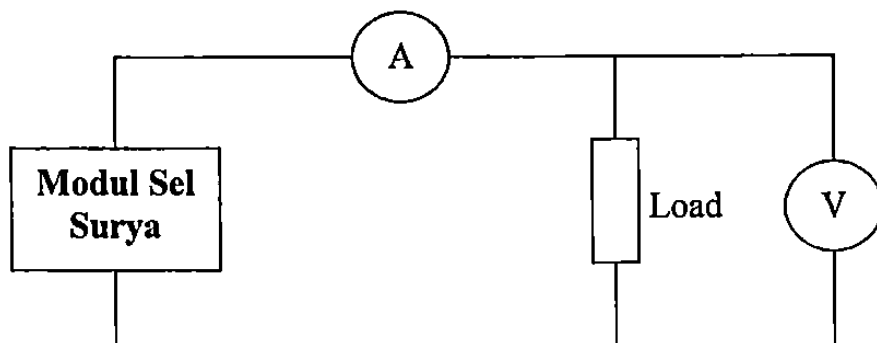
1. Alat akan bekerja secara otomatis pada saat sensor on/off menangkap radiasi cahaya matahari, dengan level tegangan keluaran sensor diatas 4 volt, dan akan mematikan kerja apabila tegangan sensor dibawah 4 volt.
2. Sensor penjejak posisi matahari akan mengerakkan motor untuk mengendalikan sudut panel sel surya kearah sumber sinar, pada kondisi nilai resistansi pasangan kedua sensor penjejak tidak sama.
3. Pengendalian panel akan berhenti pada saat resistansi pasangan sensor penjejak



4. Pada saat pengendalian berhenti merupakan kondisi sudut optimal datangnya arah sinar matahari.

C. Validasi Sistem

Validasi sistem dilakukan dengan pengujian langsung pada sumber cahaya matahari. Pengujian dilakukan untuk mengetahui perubahan sudut panel per jam dan daya sel surya. Daya sel surya diperoleh dengan menghubungkan sel surya kedalam rangkaian seperti Gambar 4.10, dengan mencatat perubahan tegangan dan arus pada beban sebesar 3,3k ohm. Daya yang dihasilkan sel surya diukur dengan dua cara yaitu metode pengendalian dan metode statis. Melalui metode pengendalian daya yang diukur merupakan daya yang dihasilkan sel surya pada saat mengikuti perubahan posisi matahari. Sedangkan metode statis, daya yang diukur merupakan daya yang dihasilkan sel surya dengan satu arah hadap yaitu tegak lurus.



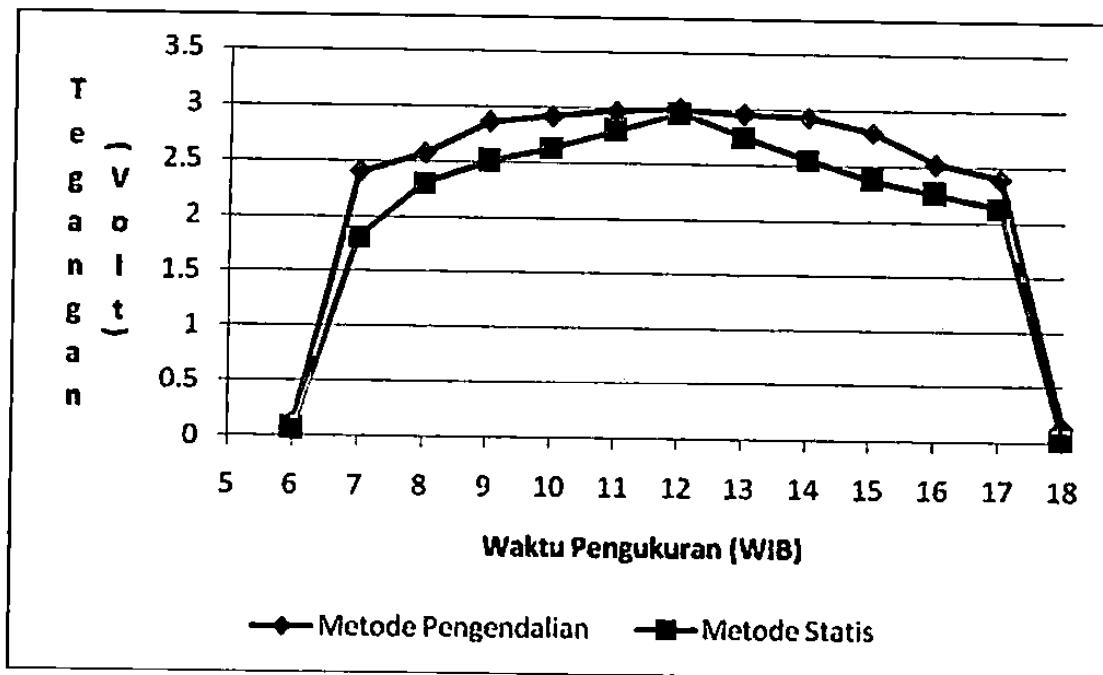
Gambar 4.10. Rangkaian pengukuran daya sel surya

Pengujian dilakukan selama 4 hari dari pukul 06:00 – 18:00 Wib, dengan data rata-rata hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 4.6 dan data hasil pengujian per hari ditunjukkan pada tabel 4.7 – 4.10.

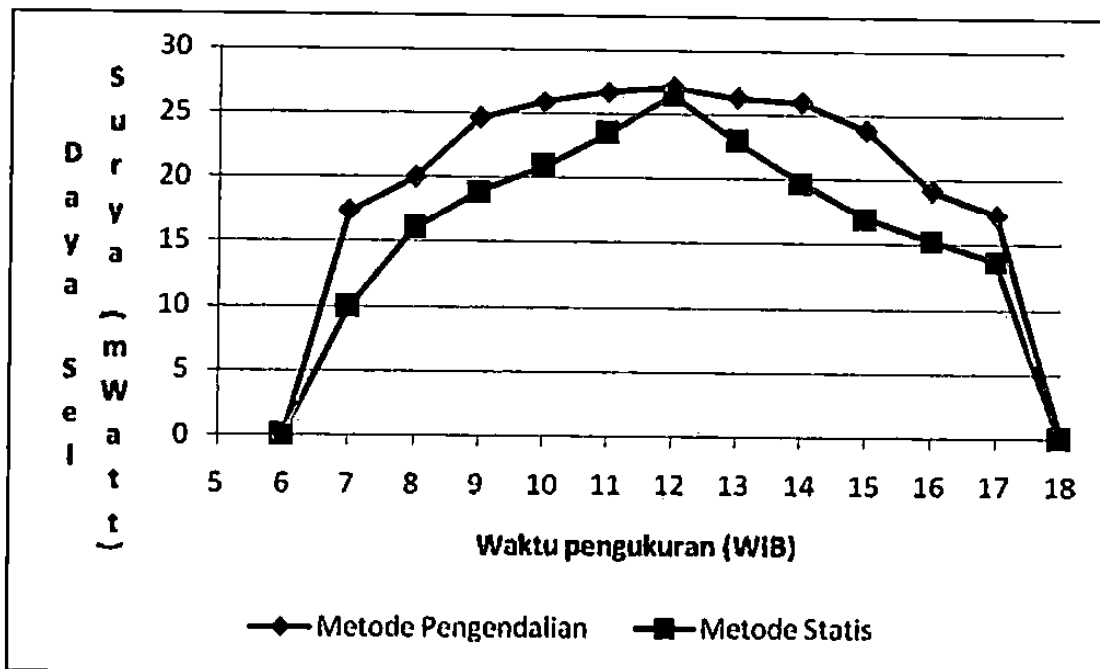
Tabel 4.6 Data hasil pengujian rata-rata

No	Jam (WIB)	Pengendalian					Statis		
		Sudut Panel		Daya Sel Surya			Daya Sel Surya		
		T-B	U-S	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)
1	06:00	5	94,75	0,12	0,38	0,04	0,06	0,18	0,01
2	07:00	16	94,75	2,40	7,28	17,4	1,81	5,49	9,9
3	08:00	30	94,75	2,57	7,78	20,0	2,30	6,96	16,0
4	09:00	45	94,75	2,86	8,62	24,6	2,50	7,58	18,9
5	10:00	60	94,75	2,92	8,87	25,9	2,63	7,97	20,9
6	11:00	75	94,75	2,97	9,00	26,7	2,79	8,45	23,5
7	12:00	89	94,75	2,99	9,08	27,1	2,96	8,96	26,5
8	13:00	105	94,75	2,95	8,94	26,4	2,75	8,34	22,9
9	14:00	121	94,75	2,93	8,87	26,0	2,55	7,74	19,7
10	15:00	135	94,75	2,80	8,50	23,8	2,37	7,20	17,0
11	16:00	150	94,75	2,52	7,65	19,2	2,25	6,82	15,3
12	17:00	165	94,75	2,39	7,24	17,3	2,13	6,46	13,7
13	18:00	175	94,75	0,13	0,18	0,02	0,03	0,10	0,003
	Rata-Rata			2,35		19,5	2,08		15,7

Tabel 4.6, merupakan tabel rata-rata hasil pengujian selama 4 hari. Data hasil pengujian dari tabel 4.6, ditampilkan dalam bentuk grafik pada Grafik 4.1, yang merupakan grafik tegangan rata-rata per jam yang dihasilkan sel surya selama empat hari melalui metode pengendalian dan metode statis. Sedangkan Grafik 4.2 merupakan grafik daya rata-rata per jam yang dihasilkan sel surya selama empat hari melalui metode pengendalian dan metode statis.



Grafik 4.1, Grafik Tegangan Sel Surya



Grafik 4.2 Grafik Daya Sel Surya

Grafik 4.1 dan Grafik 4.2, menunjukkan bahwa melalui metode statis dimana

sudut badan panel surya tetap satu arah yaitu tegak lurus (90°) terhadap sinar

matahari yang selalu berubah-ubah seiring dengan waktu pengukuran (jam 6 - 18 wib), sehingga grafik daya/tegangan yang dihasilkan, naik secara linier dari jam 6 - 12 wib dan turun secara linier dari jam 12 - 18 wib, dengan daya/tegangan maksimal didapat pada jam 12 wib sebesar 26,5 mWatt atau 2,96 Volt.

Melalui metode pengendalian panel surya, dimana pengendalian selalu memposisikan arah hadap panel tegak lurus terhadap posisi matahari, diperoleh grafik daya/tegangan yang lebih besar dari metode statis. Pada pukul 7,8,9, dan pukul 15,16,17 dengan pengendalian arah hadap panel surya sebesar 16° - 45° dan 135° - 165° terhadap arah timur, diperoleh kurva daya/tegangan yang lebih besar dari kuva daya statis, namun belum mencapai daya maksimal, hal ini dikarenakan pada pagi dan sore hari terjadi pengembunan dan partikel diudara sehingga tidak dapat menerima semua radiasi langsung dari matahari akibat penghamburan radiasi sinar matahari diudara. Pada pukul 10:00 - 14:00 wib dengan pengendalian arah hadap panel sebesar 60° - 121° diperoleh daya/tegangan optimum dimana daya/tegangan yang dihasilkan sel surya mendekati tegangan maksimal, dengan grafik daya/tegangan yang hampir datar. Tegangan/daya maksimal diperoleh pada jam 12 wib sebesar 27 ,1 mWatt atau 2,99 volt dengan sudut hadap panel surya 89° terhadap arah timur dan $94,75^{\circ}$ terhadap arah utara.

Grafik daya dan tengangan dari Grafik 4.1 dan Grafik 4.2, pada jam 6 dan 18 menunjukan bahwa, baik dengan metode statis maupun metode pengendalian, daya/tegangan yang dihasilkan sel surya sangat kecil atau hampir tidak ada, hal ini dikarenakan posisi matahari berada pada titik 0° atau 180° terhadap panel surya

Rata-rata perubahan sudut pengendalian panel sel surya untuk arah timur-barat per jam dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$\alpha \text{ rata - rata} = \sum_{t=6}^{18} \frac{(\alpha_{t+1} - \alpha_t)}{\Delta t} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 4.1)}$$

Berdasarkan data hasil pengujian dari tabel 4.6 dan persamaan 4.1, sehingga diperoleh perubahan sudut panel surya per jam, yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} \alpha \text{ rata - rata} &= \frac{(16-5)+(30-16)+(45-30)+\dots+(150-135)+(165-150)+(175-165)}{12} \\ &= \frac{170}{12} \\ &= 14,1^\circ \end{aligned}$$

Jadi rata-rata pengendalian sudut panel sel surya perjam untuk arah timur-barat adalah sebesar $14,1^\circ$. Sedangkan pengendalian sudut untuk arah utara-selatan dapat dilihat dari tabel 4.7 - 4.10 dengan perubahan sudut sebesar 1° dalam 4 hari, sehingga pengendalian sudut untuk arah utara-selatan adalah sebesar $\frac{1}{4}$ atau sama dengan $0,25^\circ$ per hari.

Data hasil pengujian pada Tabel 4.6, menunjukkan bahwa daya rata-rata yang dihasilkan sel surya melalui metode pengendalian panel surya lebih besar dari metode statis, dengan perbandingan daya yang dihasilkan sel surya sebesar 19,5 mWatt untuk metode pengendalian dan sebesar 15,7 mWatt untuk metode statis. Besarnya peningkatan daya yang diperoleh melalui metode pengendalian terhadap daya yang dihasilkan sel surya melalui metode statis adalah sebesar 23,5%.

$$\text{Peningkatan Daya/Tegangan} = \frac{\text{Daya/tegangan pengendalian} - \text{Daya/tegangan Statis}}{\text{Daya/tegangan Statis}} \times 100\%$$

..... (Persamaan 4.2)

Berdasarkan persamaan 4.2, diperoleh nilai peningkatan daya yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan Daya} &= \frac{19,5 \text{ mWatt} - 15,7 \text{ mWatt}}{15,7 \text{ mWatt}} \times 100\% \\ &= \frac{3,8}{15,7} \times 100\% \\ &= 24,2\% \end{aligned}$$

Jadi, melalui metode pengendalian diperoleh 3,8 mWatt daya yang lebih besar dari daya yang dihasilkan metode statis atau diperoleh peningkatan daya sebesar 24,2 % dari daya yang dihasilkan metode statis. Sedangkan peningkatan tegangan sel surya diperoleh sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan Tegangan} &= \frac{2,35 \text{ Volt} - 2,08 \text{ Volt}}{2,08 \text{ Volt}} \times 100\% \\ &= \frac{0,27}{2,08} \times 100\% \\ &= 12,98\% \end{aligned}$$

Jadi, melalui metode pengendalian diperoleh 0,27 volt tegangan yang lebih besar dari tegangan yang dihasilkan metode statis atau diperoleh peningkatan tegangan sebesar

Tabel 4.7 Data hasil pengujian hari pertama

No	Jam (WIB)	Pengendalian					Statis		
		Sudut Panel		Daya Sel Surya			Daya Sel Surya		
		T-B	U-S	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)
1	06:00	5	95	0,17	0,51	0,08	0,05	0,15	0,007
2	07:00	16	95	2,32	7,03	16,3	1,96	5,93	11,6
3	08:00	31	95	2,58	7,81	20,1	2,28	6,90	15,7
4	09:00	45	95	2,87	8,69	24,9	2,47	7,48	18,4
5	10:00	60	95	2,96	8,96	26,5	2,65	8,03	21,2
6	11:00	74	95	2,98	9,03	26,9	2,78	8,42	23,4
7	12:00	89	95	2,99	9,06	27,0	2,96	8,96	26,5
8	13:00	104	95	2,95	8,93	26,3	2,72	8,24	22,4
9	14:00	120	95	2,93	8,87	26,0	2,53	7,66	19,3
10	15:00	136	95	2,82	8,54	24,0	2,39	7,24	17,3
11	16:00	151	95	2,52	7,63	19,2	2,26	6,84	15,4
12	17:00	165	95	2,46	7,45	18,3	2,17	6,57	14,2
13	18:00	175	95	0,05	0,15	0,007	0,04	0,12	0,004
		Rata-Rata		2,35		19,6	2,09		15,8

Tabel 4.7, merupakan tabel pengujian pada hari pertama. Dari data tabel 4.7, daya rata-rata yang dihasilkan sel surya pada hari pertama melalui metode statis sebesar 15,8 mWatt dan melalui metode pengendalian sebesar 19,6 mWatt, peningkatan daya hari pertama diperoleh sebesar 24 %. Sedangkan peningkatan tegangan sebesar 12,4 %, dengan tegangan pengendalian rata-rata sebesar 2,35 volt dan tegangan statis rata-rata sebesar 2,09 volt. Pada metode pengendalian rata-rata perubahan sudut pengendalian panel surya terhadap arah timur per jam sebesar $14,1^{\circ}$ dan pengendalian terhadap arah utara sebesar 05°

Tabel 4.8 Data hasil pengujian hari kedua

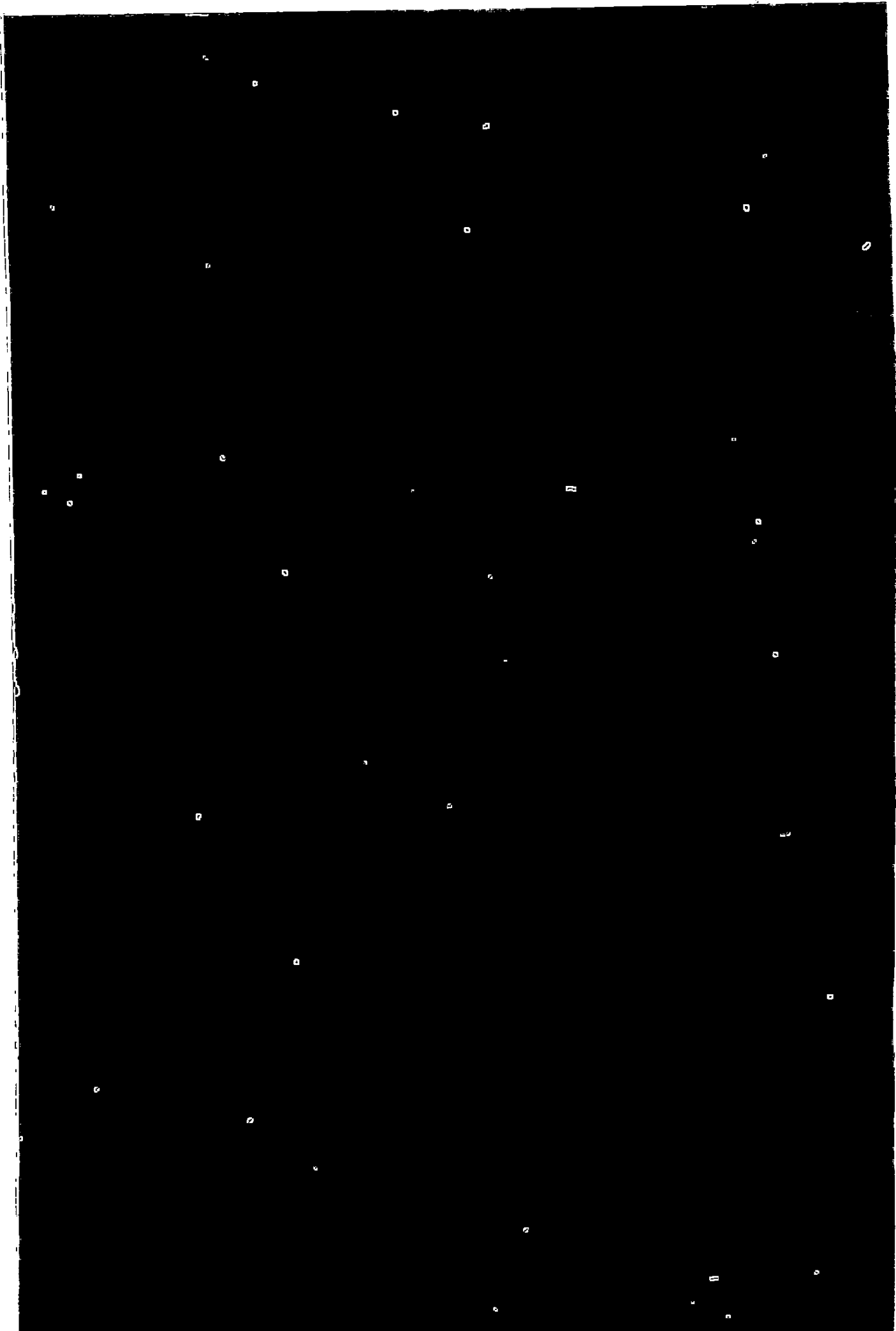
No	Jam (WIB)	Pengendalian					Statis		
		Sudut Panel		Daya Sel Surya			Daya Sel Surya		
		T-B	U-S	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)
1	06:00	5	95	0,09	2,27	0,02	0,04	0,12	0,004
2	07:00	15	95	2,46	7,47	18,3	2,04	6,18	12,61
3	08:00	30	95	2,55	7,72	19,7	2,22	6,72	14,93
4	09:00	46	95	2,89	8,75	25,3	2,49	7,54	18,78
5	10:00	59	95	2,93	8,87	26,0	2,65	8,03	21,28
6	11:00	75	95	2,97	9,00	26,7	2,75	8,33	22,91
7	12:00	89	95	3,01	9,12	27,5	2,96	8,96	26,55
8	13:00	105	95	2,96	8,96	26,5	2,76	8,36	23,08
9	14:00	121	95	2,94	8,90	26,2	2,51	7,60	19,09
10	15:00	135	95	2,78	8,42	23,4	2,38	7,21	17,16
11	16:00	150	95	2,53	7,66	19,3	2,31	7,00	16,17
12	17:00	165	95	2,41	7,30	17,6	2,22	6,72	14,93
13	18:00	175	95	0,07	0,21	0,01	0,03	0,09	0,002
		Rata-Rata		2,35		19,7	2,10		15,9

Tabel 4.8, merupakan tabel pengujian pada hari kedua. Dari data tabel 4.8, daya rata-rata yang dihasilkan sel surya pada hari pertama melalui metode statis sebesar 15,9 mWatt dan melalui metode pengendalian sebesar 19,7 mWatt, peningkatan daya hari kedua diperoleh sebesar 23,8 %. Sedangkan peningkatan tegangan sebesar 11,9 %, dengan tegangan pengendalian rata-rata sebesar 2,35 volt dan tegangan statis rata-rata sebesar 2,10 volt.. Pada metode pengendalian rata-rata perubahan sudut pengendalian panel surya terhadap arah timur per jam sebesar $14,1^\circ$ dan pengendalian terhadap arah utara sebesar 05°

Tabel 4.9 Data hasil pengujian hari ketiga

No.	Jam (WIB)	Pengendalian					Statis		
		Sudut Panel		Daya Sel Surya			Daya Sel Surya		
		T-B	U-S	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (mWatt)
1	06:00	5	95	0,12	0,36	0,04	0,07	0,21	0,01
2	07:00	17	95	2,40	7,27	17,4	2,06	6,24	12,8
3	08:00	29	95	2,56	7,75	19,8	2,31	7,00	16,1
4	09:00	44	95	2,75	8,33	22,9	2,49	7,54	18,7
5	10:00	60	95	2,87	8,69	24,9	2,60	7,87	20,4
6	11:00	75	95	2,94	8,90	26,1	2,83	8,57	24,2
7	12:00	89	95	2,98	9,03	26,9	2,96	8,96	26,5
8	13:00	105	95	2,94	8,90	26,1	2,75	8,33	22,9
9	14:00	121	95	2,92	8,84	25,8	2,59	7,84	20,3
10	15:00	134	95	2,83	8,57	24,2	2,39	7,24	17,3
11	16:00	151	95	2,49	7,54	18,7	2,23	6,75	15,1
12	17:00	164	95	2,31	7,00	16,1	2,10	6,36	13,3
13	18:00	175	95	0,05	0,15	0,007	0,03	0,09	0,002
		Rata-Rata		2,32		19,2	2,10		16,0

Tabel 4.9, merupakan tabel pengujian pada hari ketiga. Dari data tabel 4.9, daya rata-rata yang dihasilkan sel surya pada hari pertama melalui metode statis sebesar 16 mWatt dan melalui metode pengendalian sebesar 19,2 mWatt, peningkatan daya hari ketiga diperoleh sebesar 20 %. Sedangkan peningkatan tegangan sebesar 10,4 %, dengan tegangan pengendalian rata-rata sebesar 2,32 volt dan tegangan statis rata-rata sebesar 2,10 volt.. Pada metode pengendalian rata-rata perubahan sudut pengendalian panel surya terhadap arah timur per jam sebesar $14,1^{\circ}$ dan pengendalian terhadap arah utara sebesar 05°



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian didapat kesimpulan bahwa alat mampu menjejak posisi matahari dan mengendalikan arah hadap panel surya sesuai dengan posisi matahari. Hasil pengujian implementasi menunjukkan bahwa :

1. Alat mampu mengendalikan panel dengan rata-rata pengendalian arah hadap sudut panel surya per jam sebesar $14,1^{\circ}$ terhadap arah timur dan $0,25^{\circ}$ per hari terhadap arah utara.
2. Melalui metode pengendalian, sel surya menghasilkan peningkatan daya sebesar 24,2 %. dan tegangan sebesar 12,98 % dari daya dan tegangan yang dihasilkan melalui metode statis.

B. Diskusi

Selama dan setelah perancangan dan pembuatan alat ini terlaksana terdapat permasalahan-permasalahan yaitu:

1. Pengendalian arah hadap panel ke sumber cahaya menjadi lebih baik dan tepat, bila digunakan motor dengan gerakan rotasi yang lambat, sehingga osilasi pergerakan papan dapat ditekan. Untuk itu dalam pengembangan kedepan, desain rancangan disarankan menggunakan desain bandul

2. Bila sistem ini akan diterapkan dilapangan, hal-hal yang harus diperhatikan adalah:
 - Motor yang digunakan harus terlindung dari masuknya air agar motor tidak mudah rusak.
 - Komponen sensor juga dilindungi dari masuknya air dengan menggunakan

DAFTAR PUSTAKA

Blocher, Richard, 2004, "*Dasar Elektronika*", ANDI, Jakarta

Zuhal, 1991, "*Dasar Teknik Listrik*", ITB, Bandung

<http://cosmicemission.wordpress.com>

<http://www.chem-is-try.com>

<http://www.wikimedia.com>

<http://www.ukrida.ac.id>

<http://www.kpsec.freeuk.com/trancirc.htm>