



**RANCANG BANGUN SCANNING REFLEKTOR BERBASIS
IoT (*Internet of Things*) PADA PANEL SURYA**

SKRIPSI

Oleh

Muhammad Taufik

NIM. 151910201015

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**RANCANG BANGUN SCANNING REFLEKTOR BERBASIS
IoT (*Internet of Things*) PADA PANEL SURYA**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapai tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Muhammad Taufik

NIM. 151910201015

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap puji dan syukur kehadiran Allah SWT limpahan kasih dan karunia -Mu telah memberikan kekuatan dan kemudahan sehingga skripsi ini bisa terselesaikan. Sholawat dan salam selalu dipanjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Dengan tulus ikhlas dan penuh kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibunda Sariya dan Ayahanda Saiful tercinta, terima kasih atas pengorbanan, usaha, kasih sayang, dorongan, nasehat, dan air mata yang menetes dalam setiap untaian doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi perjuangan dan keberhasilan penulis;
2. Guru-guruku dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi khususnya dosen pembimbing yang sangat saya hormati dan saya banggakan bapak Samsul Bachri M. ST., MT;
3. Almamaterku Universitas Jember yang aku cintai dan banggakan;
4. Keluarga UKM dan rekan ASLAB komputer dan multimedia Teknik elektro yang sebagai wadah saya dalam mencari wawasan tentang dunia *engineering*, serta keluarga dalam mengemban tugas bersama untuk mengharumkan almamater tercinta;
5. Via Mufidatudiniyah yang selalu mendukung dan menemani proses pembuatan tugas akhir ini beserta Hasan selaku tim sukses pembuatan alat.
6. Sahabat kosan dan teman teman yang tak bisa saya sebut satu – satu khususnya Malikul Fanani, Rijal Al-kautsar muluk dan Abdul Kharis Ismail yang telah membantu saya menjadi mahasiswa berprestasi.
7. Eka, Ataufik, Anshori, Florin, Ira, Fina, Indry Himawan, Tika Dan Rizky sahabat tercinta yang sangat kubanggakan, selalu menyeru terhadap kebaikan dan mencegah kemungkaran. Semoga tetap mnjadi sahabat di dunia sampai di syurga kelak serta membawa kemaslahatan dan kafilah perubahan yang hakiki terhadap umat di negeri dan dunia ini.

MOTTO

*“Jangan Bingung Mengenai Sesuatu yang Belum Kamu Miliki, namun
Bingunlah Mengenai Sesuatu yang Belum Kamu Syukuri”
(Sahabat Penulis)*

*”Barang Siapa Yang Menghendaki Kehidupan Dunia Maka Wajib Baginya
Memiliki Ilmu, Dan Barang Siapa Yang Menghendaki Kehidupan Akherat, Maka
Wajib Baginya Memiliki Ilmu, Dan Barang Siapa Menghendaki Keduanya Maka
Wajib Baginya Memiliki Ilmu”.
(HR. Turmudzi)*

*“Hai orang-orang beriman apabila kamu dikatakan kepadamu: "berlapang-
lapanglah dalam majlis", maka lapangkanlah niscaya Allah akan memberi
kelapangan untukmu. dan apabila dikatakan: "berdirilah kamu", maka berdirilah,
niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan
orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat. dan Allah Maha
mengetahui apa yang kamu kerjakan”
(Q.S Al – Mujaadalah ayat 11)*

*“Barangsiapa bertakwa kepada Allah niscaya Dia akan mengadakan baginya
jalan keluar, dan memberinya rezki dari arah yang tiada disangka-sangkanya.
Dan barangsiapa yang bertawakkal kepada Allah niscaya Allah akan
mencukupkan (keperluan)nya”
(Q.S. At-Tholaaq : 2-3)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Taufik

NIM : 151910201015

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Rancang Bangun *Scanning* Reflektor Berbasis IoT (*Internet of Things*) Pada Panel Surya" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya Tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Maret 2019

Yang menyatakan,

Muhammad Taufik
NIM 151910201015

SKRIPSI

RANCANG BANGUN SCANNING REFLEKTOR BERBASIS IoT (*Internet of Things*) PADA PANEL SURYA

Oleh

Muhammad Taufik

NIM 151910201015

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Samsul Bachri M., ST.,MMT

Dosen Pembimbing Anggota : Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko., M.M.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun *Scanning* Reflektor Berbasis IoT (*Internet of Things*) Pada Panel Surya” karya Muhammad Taufik telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 19 Maret 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim penguji,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota ,

Samsul Bachri M., ST.,MMT
NIP 196403171998021001

Prof. Dr.Ir.Bambang Sujanarko, M.M.
NIP 196312011994021002

Penguji I,

Penguji II,

H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T.
NIP 196906081999031002

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

Mengesahkan Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Rancang Bangun *Scanning Reflektor* Berbasis IoT (*Internet of Things*) Pada Panel Surya; Muhammad Taufik; 151910201015; 2019; 65 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Matahari merupakan salah satu dari beberapa energi yang jumlahnya tidak terbatas, bahkan matahari adalah energi yang dapat diperbarui sehingga tersedia sangat melimpah. Saat ini pengembangan energi listrik tenaga surya atau panel surya, merupakan sumber energi yang dapat diperbarui dan juga bebas polusi, realitanya kurang bisa diandalkan oleh masyarakat. Untuk itu perlu adanya pengembangan teknologi yang menunjang kinerja panel surya. Pengawasan, kontrol dan akuisi data diperlukan untuk menemukan titik daya maksimum terhadap instalasi dan pengoperasian panel surya. Selama beroperasi panel surya harus tetap berada pada titik daya maksimum secara otomatis, berbagai indikator direkam secara *real-time* sehingga dapat memberikan efisiensi yang maksimal serta mengetahui kelayakan energi akibat pemanfaatan cermin datar sebagai reflektor. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan sarana komunikasi yang dapat melakukan fungsi pengawasan, fungsi kontrol dan fungsi akuisi data.

IoT (*Internet Of Things*) memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet. Tantangan utama dalam IoT adalah menjembatani kesenjangan antara dunia fisik dan dunia informasi. Seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu. Dengan sarana IoT memungkinkan pengguna melakukan fungsi pengawasan, fungsi kontrol dan fungsi monitor dari mana dan kapan saja. Fungsi tersebut bahkan dapat dilakukan hanya dengan genggaman tangan menggunakan sebuah ponsel pintar. Ramah lingkungan, mudah digunakan dan mampu menghasilkan daya yang optimal tentu akan menjadi daya Tarik sendiri terhadap perkembangan penggunaan panel surya secara masal.

Pengujian terhadap sistem telah dilakukan pada tanggal 17 April 2019 dengan selang pengambilan data setiap 30 menit sekali dan berlangsung dari jam 8 pagi hingga jam 4 sore. Pengambilan data terekam ke data *base* sistem secara otomatis, data meliputi arus, tegangan, intensitas cahaya dan sudut reflektor. Sensor sebelumnya telah di kalibrasi sehingga pengukuran di dapatkan akurat, untuk menentukan data yang di *upload* pada data *base* sesuai dengan data yang terekam oleh *mikrokontroller* maka juga disajikan data pada serial monitor. Ketika dibandingkan maka semua data cocok dan tidak ada data yang cacat ketika di *upload* ke data *base*, dengan begitu maka sistem bekerja dengan baik tanpa cacat data.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang maha kuasa atas segalanya, karena dengan ridho, hidayah dan petunjukNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun *Scanning* Reflektor Berbasis IoT (*Internet of Things*) Pada Panel Surya”. Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak yang turut memberikan bantuan berupa motivasi, inspirasi, bimbingan, doa, fasilitas dan dukungan lainnya yang membantu memperlancar pengerjaan skripsi ini.

Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada.

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rezeki, rahmat, hidayah dan karunia serta kasih sayang-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi besar Muhammad SAW, yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat.
3. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
5. Bapak Samsul Bachri M., ST.,MMT selaku Dosen Pembing Utama serta Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko., M.M. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T selaku Dosen Pembing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa.
8. Ibunda Sariya dan Ayahanda Saiful serta keluarga yang selalu memberikan motivasi, nasehat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa yang tak terhingga.

9. Semua dulur teknik elektro, rekan asisten laboratorium, rekan UKM dan teman kotrakan yang telah menjadi sahabat sekaligus saudara saya selama di perantauan.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro. Kritik dan saran yang mambangun diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan skripsi ini dan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya

Penulis, 19 Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
SKRIPSI	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. Tinjauan Pustaka	5
2.1 <i>Internet of Things</i>	5
2.2 Radiasi Surya	6
2.3 Intensitas Cahaya	6
2.4 Foton	7
2.5 <i>Photovoltaic</i>	7
2.6 Sel Surya (<i>Solar Cell</i>)	8
2.7 Analisis <i>Solar Photovoltaic System (SPS)</i>	10
2.8 Karakteristik Panel Surya.....	13
2.9 Arduino UNO.....	16
2.10 Motor <i>Stepper</i>	18
2.11 ermin Datar	19
BAB 3. Metode Penelitian	22
3.1 Tempat Penelitian	22
3.2 Waktu Penelitian	22
3.3 Tahapan Penelitian	23
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	25
3.5 Rancangan Penelitian	25
3.5.1 <i>Flowchart</i> Program	27
3.5.2 <i>Flowchart webservice</i>	28
3.5.3 Desain panel surya, cermin, sensor dan <i>actuator</i>	29

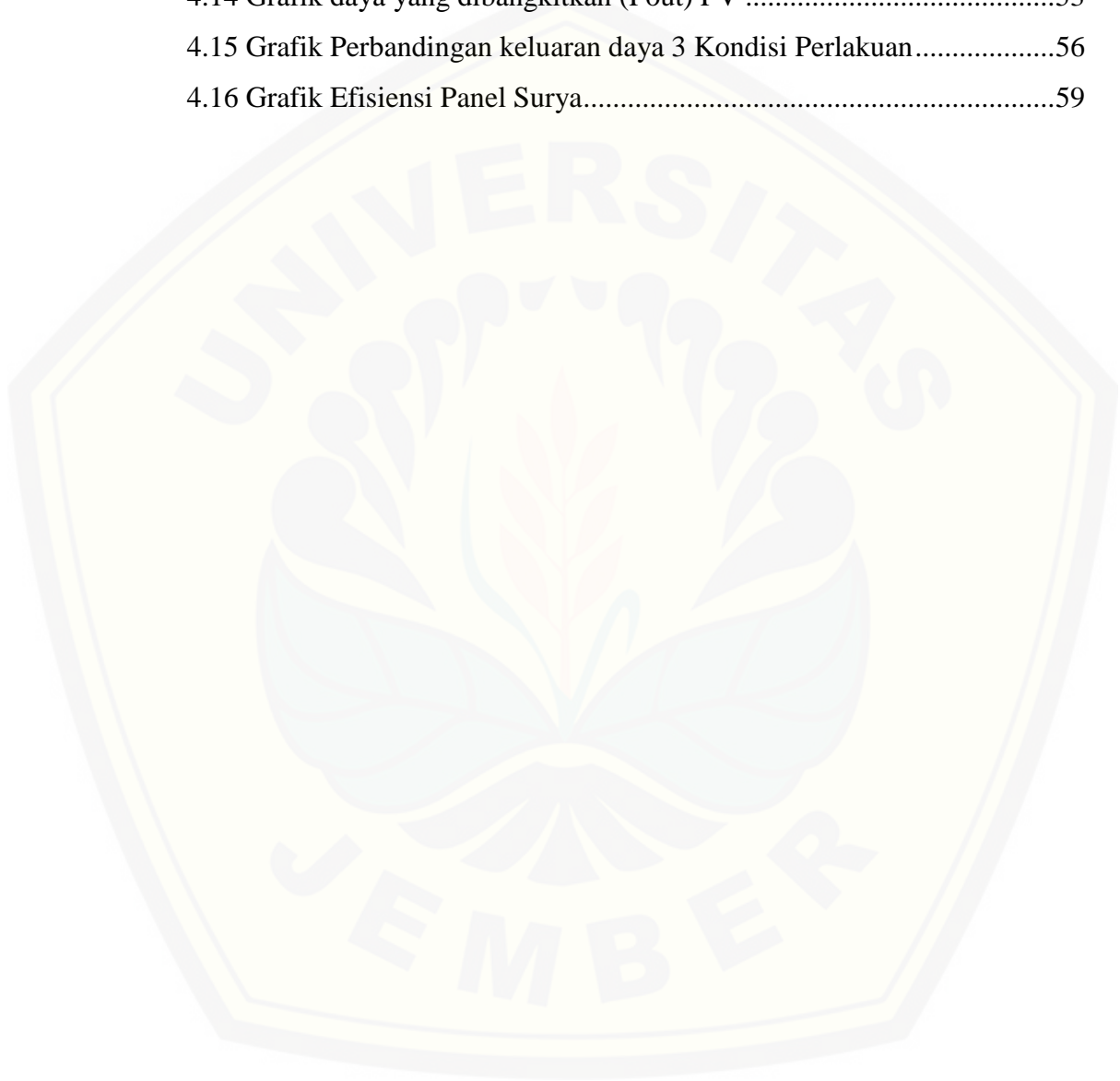
3.5.4 Desain Rangkaian sistem	30
3.5.5 Desain <i>Grafiphic user interface</i> pada <i>webserver</i>	30
3.5.6 Cara kerja alat	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pengujian Alat Ukur.....	34
4.2 Pengujian Karakteristik <i>solar Cell</i> 5 WP	44
4.3 Reflektor Datar.....	46
4.4 Hasil Pengujian Scanning Reflektor pada PV.....	47
4.5 Nilai Daya	53
4.6 Perbandingan Keluaran Daya Dengan 3 Kondisi Perlakuan.....	56
4.7 Daya Akibat Irradiance Matahari.....	57
4.8 Efisiensi Panel Surya.....	58
BAB 5. PENUTUP.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Konsep <i>Internet of Things</i> (IoT)	5
2.2 Kontruksi sel surya	9
2.3 Mekanisme terjadinya electron bebas bahan semikonduktor	10
2.4 Model diode tunggal untuk rangkaian ekivalen PV	11
2.5 Kurva IV <i>solar cell</i> yang menunjukkan asus <i>short circuit</i>	14
2.6 kurva IV <i>solar cell</i> yang menunjukkan tegangan <i>open circuit</i>	14
2.7 Mikrokontroler Arduino UNO	17
2.8 Motor <i>stepper</i>	17
2.9 Sudut pantul cermin	19
2.10 Modul ESP8266.....	20
3.1 Tahapan penelitian.....	23
3.2 Sel surya merk GH solar 5 WP.....	26
3.3 <i>Flowchart</i> program arduino.....	27
3.4 <i>Flowchart webserver</i>	28
3.5 Desain modul panel surya dan penempatan cermin.	29
3.6 Rangkaian sistem.....	30
3.8 Tampilan pada <i>webserver</i>	30
3.9 cara kerja alat.....	31
4.1 Desain <i>Scanning Reflktor</i> Dengan IoT	33
4.2 <i>Buck Converter</i>	34
4.3 Grafik pembacaan Sensor Sudut 1 dan Sudut 2	35
4.4 Grafik Regresi dan Nilai Korelasi Persamaan Sensor Cahaya	36
4.5 Regresi dan Korelasi Sensor Tegangan	38
4.6 Pengujian Sensor Tegangan.....	39
4.7 Regresi dan Nilai korelasi Kalibrasi Sensor Arus	40
4.8 Grafik Hasil Pengujian Sensor Arus.....	42
4.9 Grafik karakteristik Voc dan Isc Panel Surya	44

4.10 Grafik Voc dari <i>Database</i>	47
4.11 Grafik Isc Dari <i>Database</i> Sistem.....	48
4.12 Grafik Intensitas Cahaya Dari <i>Database</i> Sistem.....	49
4.13 Grafik Sudut Reflektor Dari <i>Database</i> Sistem.....	50
4.14 Grafik daya yang dibangkitkan (Pout) PV	53
4.15 Grafik Perbandingan keluaran daya 3 Kondisi Perlakuan.....	56
4.16 Grafik Efisiensi Panel Surya.....	59

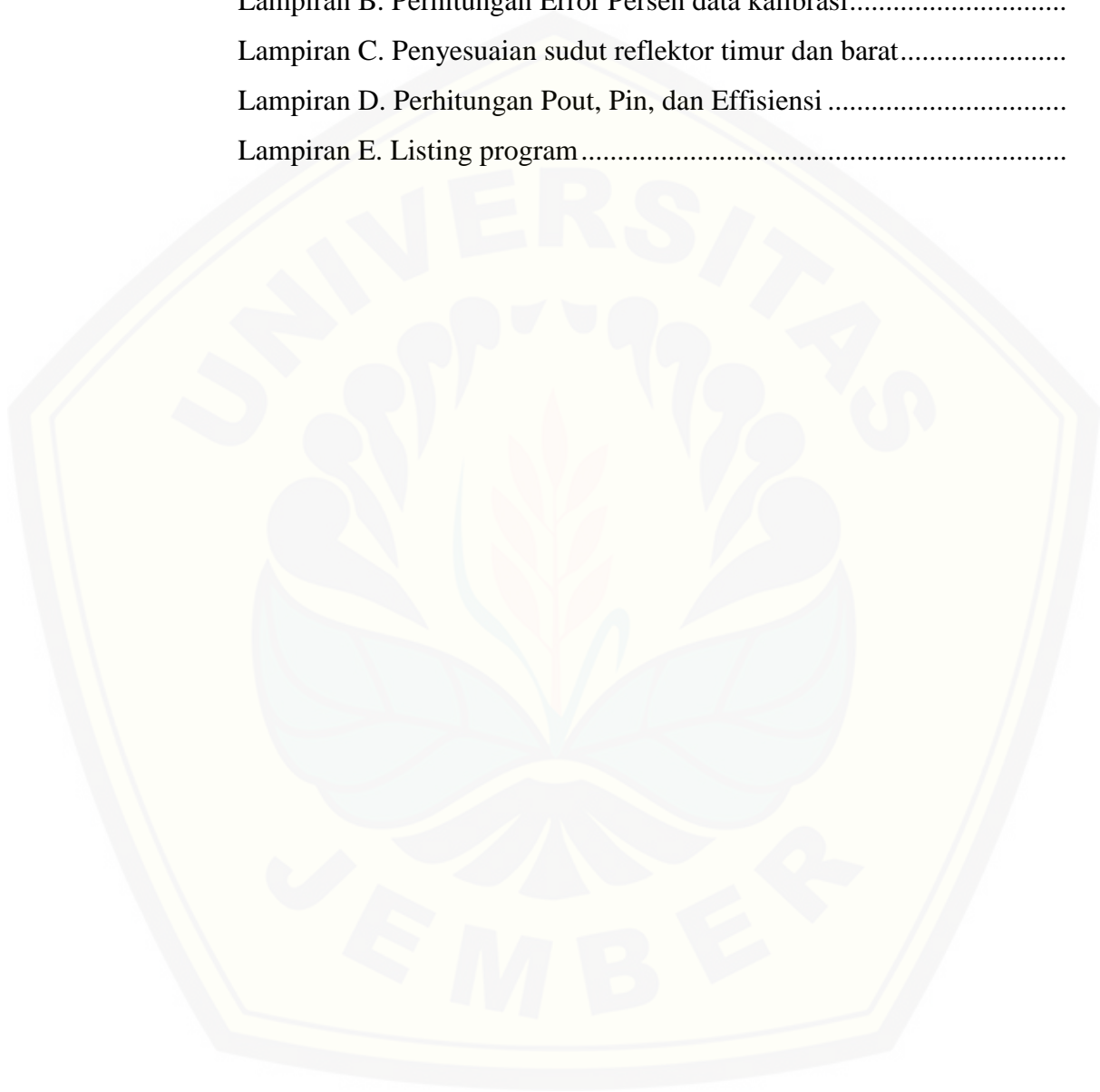


DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi arduino uno	17
3.1 Rancangan dan jadwal pelaksanaan penelitian	22
3.2 Data spesifikasi sel surya merk GH solar 5 WP	26
4.1 Pengujian Sensor Sudut	34
4.2 Kalibrasi Sensor Cahaya	36
4.3 Kalibrasi Sensor Tegangan	37
4.4 Pengujian Sensor Tegangan	39
4.5 Kalibrasi Sensor Arus	40
4.6 Pengujian Sensor Arus	41
4.7 Karakteristik Panel Surya.....	43
4.8 Data Uji Reflektor Timur dan Barat.....	45
4.9 Data <i>Download Databse</i> Sistem	46
4.10 Hasil Keluaran Daya Penelitian	51
4.11 Perbandingan Daya Pada 3 Kondisi Perlakuan Berbeda.....	54
4.12 Nilai Pin (daya <i>Irradiance</i>) Panel Surya	57
4.13 Efisiensi Panel Surya.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Alamat web sistem dan cara unduh aplikasi.....	
Lampiran B. Perhitungan Error Persen data kalibrasi.....	
Lampiran C. Penyesuaian sudut reflektor timur dan barat.....	
Lampiran D. Perhitungan Pout, Pin, dan Effisiensi	
Lampiran E. Listing program.....	



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini mendorong manusia untuk melakukan berbagai penemuan terkait dengan adanya sumber energi listrik. Salah satunya yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik adalah matahari. Matahari merupakan salah satu dari beberapa energi yang jumlahnya tidak terbatas, bahkan matahari adalah energi yang dapat diperbarui sehingga tersedia sangat melimpah. Saat ini pengembangan energi listrik tenaga surya atau panel surya, merupakan sumber energi yang dapat diperbarui dan juga bebas polusi, realitanya kurang bisa diandalkan oleh masyarakat. Untuk itu perlu adanya pengembangan teknologi yang menunjang kinerja panel surya.

Penelitian sebelumnya yakni penggunaan reflektor cermin datar sebagai penjejak matahari (Priahandoko, 2014), telah memberikan inovasi baru, sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik jika kita bandingkan dengan panel surya tanpa reflektor penjejak matahari, terlihat dari nilai efisiensi yang dihasilkan. Namun penggunaan reflektor cermin datar pada penelitian tersebut mempunyai beberapa kekurangan yaitu penggunaan panel surya harus menyesuaikan waktu terbit dan terbenamnya matahari sehingga kurang optimalnya nilai efisiensi, pemanfaatan energi matahari saat kondisi berawan serta kurang dijelaskan lebih mendalam mengenai kelayakan energi listrik pada penelitian sebelumnya.

IoT (*Internet of Things*) Muncul sebagai isu besar di internet, Diharapkan bahwa milyaran hal fisik atau benda akan dilengkapi dengan berbagai jenis sensor terhubung ke internet melalui jaringan serta dukungan teknologi seperti tertanam sensor dan aktualisasi, frekuensi radio identifikasi (RFID), jaringan sensor nirkabel, *real-time* dan layanan web. IoT sebenarnya *cyber* fisik sistem atau jaringan dari jaringan. Sensor dan aktuator yang terhubung ke internet, besar-besaran dan dalam beberapa kasus aliran data *real-time* akan otomatis dihasilkan oleh hal-hal yang terhubung dan sensor. Dari semua kegiatan yang ada dalam IoT adalah untuk mengumpulkan data mentah yang benar dengan cara yang efisien, tapi lebih penting adalah untuk menganalisis dan mengolah data mentah menjadi

informasi lebih berharga (C. Wang et al., 2013). *Internet of Things* dalam penerapannya juga dapat mengidentifikasi, menemukan, melacak, memantau objek dan memicu reaksi terkait secara otomatis dan *real-time*. Pengembangan dan penerapan komputer, internet dan teknologi informasi dan komunikasi lainnya membawa dampak yang besar pada masyarakat, manajemen ekonomi, operasi produksi, sosial manajemen dan bahkan kehidupan pribadi. (Q. Zhou & Zhang, 2011).

Pengawasan, kontrol dan akuisi data diperlukan untuk menemukan titik daya maksimum terhadap instalasi dan pengoperasian panel surya. Selama beroperasi panel surya harus tetap berada pada titik daya maksimum secara otomatis, berbagai indikator direkam secara *real-time* sehingga dapat memberikan efisiensi yang maksimal serta mengetahui kelayakan energi akibat pemanfaatan cermin datar sebagai reflektor. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan sarana komunikasi yang dapat melakukan fungsi pengawasan, fungsi kontrol dan fungsi akuisi data. IoT (*Internet Of Things*) memungkinkan pengguna untuk mengelola dan mengoptimalkan elektronik dan peralatan listrik yang menggunakan internet. Tantangan utama dalam IoT adalah menjembatani kesenjangan antara dunia fisik dan dunia informasi. Seperti bagaimana mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik melalui sebuah *interface* antara pengguna dan peralatan itu. Sensor mengumpulkan data mentah fisik dari skenario *realtime* dan mengkonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga akan mudah dipertukarkan antara berbagai bentuk format data (*Thing*) (Suresh, Daniel, & Aswathy, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan topik penelitian yang akan dibahas, dapat dirumuskan suatu permasalahan diantaranya :

1. Bagaimana merancang dan membangun *scanning reflector* menggunakan IoT (*Internet of Things*) terhadap reflektor cermin datar?
2. Bagaimana karakteristik arus dan tegangan yang dihasilkan dari penggunaan teknologi IoT (*Internet of Things*) terhadap reflektor cermin datar?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan tujuan penelitian maka penulis memberi batasan masalah rencana penelitian ini. Adapun yang menjadi batasan penelitian ini adalah sebagai berikut, yaitu :

1. Waktu pengambilan data diambil jam 08:00 hingga 16:00 dan tidak membahas musim hujan serta mendung.
2. Panel surya yang di gunakan merupakan panel surya jenis GH-sollar dengan kapasitas 5 WP (Watt Peak) dengan lingkungan penelitian daerah kabupaten Jember.
3. Fokus penelitian merupakan *scanning* terhadap arus, tegangan dan daya sehingga bagaimana nanti daya di konversi, rugi – rugi akibat konversi, dan bagaimana daya akan disimpan tidak akan dijelaskan secara spesifik pada penelitian kali ini.
4. Setelah diketahui pola nilai daya alat tidak akan secara otomatis pada sudut tertentu sehingga beberapa pengerjaan lapangan akan tetap menggunakan cara manual.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan penelitian maka tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mendesain dan membangun panel surya dengan IoT (*Internet of Things*) terhadap reflektor cermin datar.
2. Mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan akibat pengaruh penggunaan teknologi IoT (*Internet of Things*) terhadap reflektor cermin datar.
3. Mengetahui kelayakan nilai daya panel surya akibat pengaruh teknologi *scanning* reflektor cermin datar.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diharapkan penelitian mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di bangku kuliah.
2. Sebagai pembelajaran peneliti untuk mengembangkan lebih lanjut penelitian ini.

3. Meningkatkan konsep atau teori yang mendukung upaya optimalisasi daya panel surya.
4. Memberikan inovasi baru sebagai sarana mendobrak minat masyarakat untuk beralih ke pemanfaatan energi surya sebagai sumber pembangkit energi listrik.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) adalah paradigma komunikasi yang dimana objek kehidupan sehari-hari akan dilengkapi dengan mikrokontroler, *transceiver* untuk komunikasi digital, dan tumpukan protokol yang sesuai yang memungkinkan mereka berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan internet. Konsep *Internet of Things* ini cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur pembentuknya. Elemen tersebut seperti barang fisik yang dilengkapi modul *Internet of Things*, perangkat koneksi ke internet seperti modem dan *router wireless*, dan *cloud data center* tempat untuk menyimpan aplikasi beserta *database*. Konsep *internet of things* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 2.1 Konsep Internet Of Things (IoT)
(Sumber : <http://www.mobnasesemka.com>)

Konsep IoT bertujuan untuk menjadikan fungsi Internet semakin mendalam dan meluas, dengan memungkinkan mengakses dan berinteraksi dengan beragam perangkat seperti peralatan rumah tangga, kamera pengintai, sensor pemantauan, aktuator, *display*, kendaraan, dan sebagainya melalui internet yang memanfaatkan jumlah dan variasi data yang berpotensi besar yang dihasilkan oleh benda-benda tersebut untuk memberikan layanan baru kepada warga negara, perusahaan, dan administrasi publik. Paradigma ini memang menemukan aplikasi di berbagai domain, seperti otomasi rumah, otomasi industri, alat bantu medis, perawat⁵ kesehatan, bantuan lansia, manajemen energi cerdas dan grid pintar, manajemen lalu lintas, otomotif, dan banyak lainnya.

2.2 Radiasi Surya

Radiasi surya merupakan suatu pemancaran energi yang berasal dari hasil proses *thermonukli* cahaya matahari. Radiasi matahari dapat berupa sinar dan gelombang yang terdiri dari dua buah sinar yakni sinar pendek dan sinar bergelombang panjang. Berikut ini merupakan kategori sinar gelombang pendek yakni, sinar x, sinar *gamma* dan sinar *ultra violet*, sedangkan kategori sinar gelombang panjang yakni sinar *infrared*. Pada prinsipnya jumlah total radiasi yang diterima di permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama adalah jarak matahari, semakin jauh dan dekat jarak bumi terhadap matahari maka akan menimbulkan variasi perubahan energi radiasi yang diterima. Kedua adalah Intensitas radiasi matahari yang dipengaruhi oleh besar kecilnya sudut datang matahari pada permukaan bumi.

Jumlah intensitas matahari yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus. Ketiga adalah panjang hari (*sun-duration*) yakni jarak dan lamanya matahari dapat bersinar pada permukaan bumi, secara umum panjangnya hari dapat kita lihat dari lamanya antara matahari terbit hingga matahari terbenam. Keempat adalah pengaruh dari atmosfer, pada prinsipnya sinar datang dari matahari tidak sepenuhnya diterima oleh bumi, melainkan sebagian akan diserap oleh gas-gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi.

2.3 Intensitas cahaya

Intensitas Cahaya merupakan besaran pokok fisika untuk mengukur besarnya daya yang dipancarkan oleh suatu cahaya dengan arah tertentu dengan satuan sudut. Intensitas pada radiasi surya sangat bergantung dari kondisi atmosfer pada permukaan bumi, pada batas luar atmosfer bumi tercatat radiasi bumi sebesar 1353 W/m^2 dengan jarak rata-rata bumi terhadap matahari. Angka

tersebut biasa kita namakan dengan konstanta surya yang didefinisikan sebagai besaran energi rata-rata yang diterima oleh bumi dari matahari per unit luas permukaan. Pada dasarnya seluruh energi yang disebut sebagai konstanta surya tersebut tidak dapat mencapai permukaan bumi secara keseluruhan karena sebagian dari energi tersebut juga terserap (*absorsi*) yang sangat kuat oleh karbon dioksida dan uap air yang berada di atmosfer.

2.4 Foton

Foton adalah partikel elementer dalam fenomena elektromagnetik. Biasanya foton dianggap sebagai pembawa radiasi elektromagnetik, seperti cahaya, gelombang radio, dan Sinar-X. Foton tidak bermassa dan dalam ruang vakum foton selalu bergerak dengan kecepatan cahaya. Foton memiliki baik sifat gelombang maupun partikel (*dualisme* gelombang-partikel). Sebagai gelombang, satu foton tunggal tersebar diseluruh ruang dan menunjukkan fenomena gelombang seperti pembiasan oleh lensa dan *inferensi destruktif* ketika gelombang terpantulkan saling memusnahkan satu sama lain. Sebagai partikel, foton hanya dapat berinteraksi dengan materi dengan memindahkan energi. Energi foton tergantung pada frekuensi cahaya yang digunakan, dengan persamaan (Haryadi, 2007) :

2.5 Photovoltaic

2.5.1 Efek Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah cara atau suatu sistem untuk mengkonversikan energi cahaya atau energi radiasi matahari menjadi energi listrik yang menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Efek *Photovoltaic* pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839 yang berbunyi sebagai berikut, Efek *Photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya *voltase* listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat di-*expose* di bawah energi cahaya.

Radiasi cahaya terdiri dari biasan-biasan foton memiliki panjang gelombang dan spektrum cahaya yang berbeda-beda antara satu dengan yang lain yang dipengaruhi oleh tingkat energi yang dibangkitkan. Pada kondisi tertentu saat foton mengenai permukaan suatu sel PV, maka energi foton akan dibiarkan, diserap dan diteruskan menembus sel PV yang kemudian akan memicu timbulnya energi listrik.

Photovoltaic menggunakan proses konversi langsung dari cahaya atau (energi elektromagnetik) menjadi aliran listrik dengan menggunakan sel surya. Energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya selain dipengaruhi oleh intensitas surya juga oleh efisiensinya. Secara teoritis, efisiensi yang dapat dicapai oleh sel surya maksimal sekitar 30 – 40% tergantung pada tipe dan konstruksinya, namun umumnya hanya mencapai efisiensi antara 7 – 17%. Atas dasar efisiensi tersebut, pengendalian posisi dari panel PV (yang merupakan kumpulan dari modul sel PV) menjadi penting agar intensitas matahari dapat diserap secara optimal. Sistem yang diterapkan disebut sistem *tracking* matahari (*Sun Tracking System*). (Ashfahani, 2008).

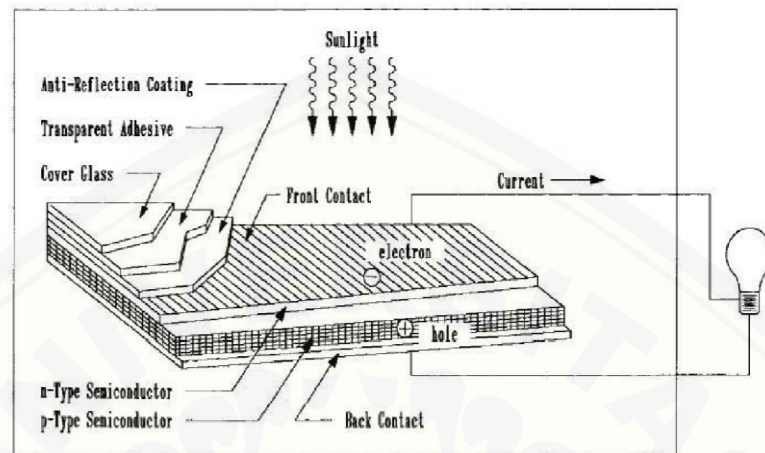
Sistem *tracking* matahari terdiri dari sirkuit penangkap cahaya langsung (*directional light detecting circuit*), *amplifier circuit*, dan sebuah magnet permanen motor *step* DC untuk menyesuaikan arah dari modul PV terhadap arah tegak lurus cahaya matahari. Masukan dari sistem adalah posisi cahaya matahari dan keluarannya berupa arah dari modul PV tersebut dalam besaran radian. (Ashfahani, 2008).

2.5.2 Sel *Photovoltaic*

Sel *Photovoltaic* atau Sel PV merupakan suatu perangkat yang mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Pada dasarnya sistem sel PV terdiri dari *pn-junction* atau biasa kita kenal ikatan sisi positif dan ikatan sisi negatif yang sebelumnya merupakan hasil *doping* atom-atom semikonduktor. Terdapat beberapa istilah yang mempunyai arti yang sama sel *photovoltaic* yakni dikenal dengan *solar cell* atau sel surya. Dari dua istilah tersebut terdapat beberapa perbedaan dari segi cahaya yang diterima. Pada sel PV sumber cahaya lebih umum dan tidak disebutkan secara jelas. Sedangkan pada sel

surya energi cahaya berasal dari radiasi sinar matahari. Berikut ini merupakan konstruksi dasar sel surya yang di tampilkan pada gambar 2.

(Handini , 2008).

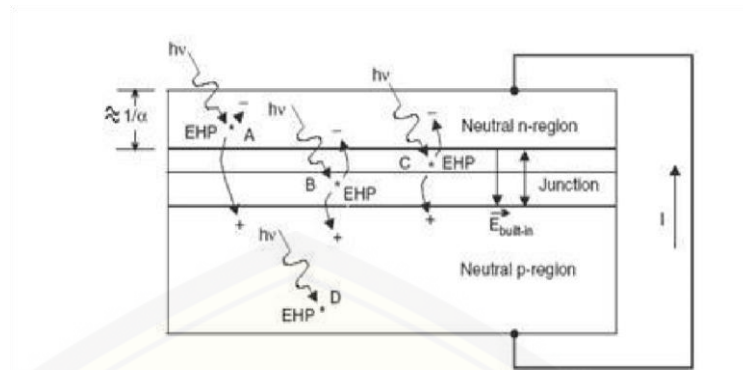


Gambar 2.2 Kontruksi sel surya

(Sumber : Handini, 2008)

2.6 Sel Surya (*Solar cell*)

Pada dasarnya mekanisme konversi energi cahaya terjadi akibat adanya perpindahan elektron bebas di dalam suatu atom. Konduktivitas elektron atau kemampuan *transfer* elektron dari suatu material terletak pada banyaknya elektron valensi dari suatu material. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah *energy*. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah kristal silicon. Ketika foton dari sumber energi cahaya menumbuk atau mengenai suatu elektron valensi dari semikonduktor, mengakibatkan timbulnya energi yang cukup besar yang mampu memisahkan elektron terlepas dari struktur atom yang tertumbuk. Elektron yang terlepas tersebut menjadi bebas bergerak di dalam bidang kristal dan elektron tersebut menjadi bermuatan negatif dan berada pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. (Handini , 2008).



Gambar 2.3 Mekanisme terjadinya elektron bebas pada bahan semikonduktor
(Sumber : Modul Praktikum Dasar Konversi Energi UNEJ)

Pada ilustrasi di atas dapat dijelaskan bahwa daerah semikonduktor dengan elektron bebas dan bersifat negatif bertindak sebagai atom donor (donor elektron). Daerah ini yang sering kita sebut sebagai daerah *negatif type* (*n-type*). Sedangkan daerah semikonduktor dengan *hole* yang mempunyai sifat positif akan bertindak sebagai penerima atau acceptor. Daerah ini yang sering kita sebut sebagai daerah *positive type* (*p-type*). Dari kedua buah ikatan sisi negatif dan positif atau sering kita sebut *pnjunction* akan menghasilkan energi yang dapat menyebabkan elektron dan *hole* bergerak ke arah yang berlawanan. Dimana gerak elektron akan menjauhi sisi negatif dan gerak *hole* menjauhi sisi positif. Pada kondisi ini jika kedua sisi tersebut yang memiliki beda potensial yang berbeda dihubungkan dengan sebuah beban lampu maka akan tercipta sebuah arus listrik. (Handini , 2008).

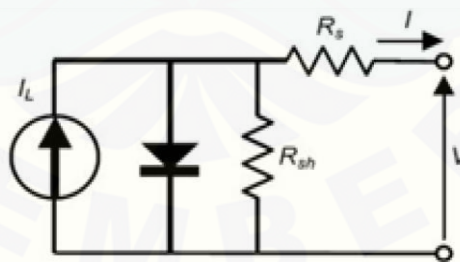
2.7 Analisis Solar Photovoltaic System (SPS)

Sel surya adalah sel semikonduktor sebagai sumber energi listrik sel surya terdiri dari sel tunggal dalam susunan seri-paralel membentuk modul/panel surya dan menjadi *array* apabila terdiri dari kumpulan modul/panel surya. Ketika sel atau modul disusun secara seri maka akan menghasilkan arus yang sama dan tegangan bertambah sedangkan dalam susunan paralel akan menghasilkan tegangan yang sama namun jumlah arus lebih besar. Sifat dari sel surya adalah *non-linier*, sehingga untuk memahami arus dan tegangannya tidak mudah diungkapkan secara matematik. Untuk dapat menjelaskan keadaan arus dan

tegangan pada sel surya yang diberi radiasi iluminasi, maka ditinjau terlebih dahulu bentuk rangkaian pengganti sel surya. (Handini , 2012).

Perancangan simulasi pendeteksi kerusakan panel surya memerlukan pemodelan dan rumusan matematik panel surya. Kedua hal ini kemudian digunakan untuk menggambarkan grafik karakteristik panel surya pada kondisi normal dan pada kondisi dengan kerusakan modul. Telah ada banyak *equivalent circuit* yang dapat dipakai untuk menggambarkan karakteristik panel surya. Namun, *equivalent circuit* tersebut memiliki parameter-parameter tersendiri yang dipakai untuk menyelesaikan persamaan matematisnya. Semakin lengkap sebuah *equivalent circuit*, maka karakteristik yang dihasilkan akan semakin menyamai kondisi nyata panel surya tetapi semakin banyak pula dan spesifik parameter serta konstanta yang diperlukan (Priahandoko, 2014).

Sel surya dapat dimodelkan sebagai sumber arus yang diparalelkan dengan diode. Ketika tidak ada cahaya untuk membangkitkan arus listrik, maka sel surya berjalan seperti diode (I_D). Ketika intensitas cahaya meningkat maka sel surya berfungsi sebagai sumber energi dan arus (I_L) atau *fotolistrik* dapat dibangkitkan oleh sel surya tersebut. Sel surya biasanya dapat dimodelkan dengan rangkaian pengganti satu dioda (Karina , 2012) ,seperi pada Gambar 1 berikut:



Gambar 2.4 Model dioda tunggal untuk rangkaian ekivalen PV

(Sumber: Hamdani, 2012)

Persamaan model dioda tunggal yang digunakan untuk menggambarkan arus

operasional yang dihasilkan modul PV dinyatakan dengan persamaan :

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \left[\frac{V+IR_s}{N_s n_i V_t} \right] - 1 \right] - \frac{V+IR_s}{R_{sh}} \quad (2.2)$$

$$= I_L - I_0 \left[\exp \frac{V+IR_s}{mV_t} - 1 \right] - \frac{V+IR_s}{R_{sh}} \quad (2.3)$$

dengan I_L arus yang dibangkitkan cahaya (A), I_0 arus jenuh balik pada sambungan dioda p-n (A), R_s hambatan seri pada sel PV (Ω), R_{sh} hambatan *shunt* sel PV (Ω), N_s jumlah sel yang tersusun seri, n_i faktor ideal dioda, dan $m = N_s n_i$ parameter tunggal dan V_t tegangan termal (V) yang dinyatakan sebagai :

$$V_t = \frac{kT_c}{q} \quad (2.4)$$

dengan T_c temperatur sel (K), k konstanta Boltzmann (JK^{-1}) dan q muatan electron (C). Hambatan *shunt* atau hambatan paralel R_{sh} menunjukkan arus yang bocor (leakage) pada sambungan p-n dioda, dimana nilainya untuk PV modul silicon sekitar $0.1^{-10} \Omega m^2$.

Produksi energi dari sistem PV ditentukan berdasarkan estimasi arus dan tegangan yang dihasilkan modul PV, dimana daya keluaran PV tergantung pada karakteristik teknis dan parameter lingkungan. Oleh karena itu, model PV meliputi parameter listrik pada kondisi standar dan $\mu_{I_{sc}}$ koefisien temperatur short circuit current, I_{sc} dan $\mu_{V_{oc}}$ koefisien temperatur open circuit voltage, V_{oc} . Nilai I_{sc} dan V_{oc} ditentukan berdasarkan persamaan dengan meninjau parameter lingkungannya:

$$I_{sc} = I_{sc, ref} \frac{G}{G_{ref}} + \mu_{I, sc} (T_c - T_{c, ref}) \quad (2.5)$$

$$V_{oc} = V_{oc, ref} + mV_t \ln \left(\frac{G}{G_{ref}} \right) + \mu_{V, oc} (T_c - T_{c, ref}) \quad (2.6)$$

Berdasarkan definisi, efisiensi konversi PV dinyatakan sebagai rasio antara energi keluaran yang dihasilkan (energi listrik) terhadap energi matahari yang sampai dipermukaan PV, sehingga efisiensi energi maksimum dinyatakan sebagai berikut

$$\eta_{en} = \frac{V_{oc} \times I_{sc}}{A \times T_s} \quad (2.7)$$

dengan V_{OC} (V) menyatakan *open circuit voltage*, I_{SC} *short circuit current* (A), T_s radiasi global Matahari jam-an (W/m^2), dan A luas permukaan modul PV (m^2).

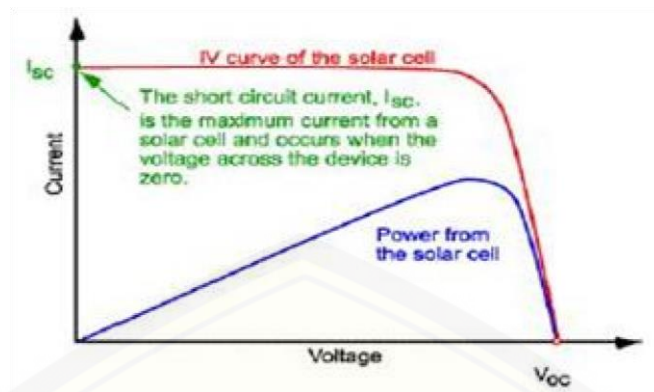
2.8 Karakteristik Panel Surya

Parameter panel surya yang paling berpengaruh pada kurva daya, yaitu arus hubung singkat (I_{sc}) dan tegangan hubung terbuka (V_{oc}) untuk parameter internal, sedangkan parameter *eksternalnya* meliputi suhu dan *irradiance*. Daya maksimum dan efisiensi turut dimasukkan dalam pembahasan karena merupakan parameter yang umum digunakan untuk membandingkan panel surya modul (Priyanto, 2014).

2.8.1 Arus Hubung Singkat (I_{sc}) Pada Panel Surya

I_{sc} adalah arus maksimal yang dihasilkan oleh panel surya dengan cara menghubungkan-singkatkan kutub positif dengan kutub negatif pada modul panel surya. Dan nilai I_{sc} akan terbaca pada amperemeter. Arus yang dihasilkan modul panel surya dapat menentukan seberapa cepat modul tersebut mengisi sebuah baterai. Selain itu, arus dari modul panel surya juga menentukan daya maksimum dari alat yang digunakan (Prihandoko, 2014).

Pada kondisi ideal tanpa rugi daya I_{sc} sama dengan I_L . I_{sc} bergantung linear terhadap *irradiance* dan dipengaruhi beberapa hal lain yaitu luas area modul panel surya, *spectrum* cahaya dan parameter optik lain. Modul panel surya komersial memiliki nilai I_{sc} yang bervariasi antara 28 mA/cm^2 sampai dengan 35 mA/cm^2 (Prihandoko, 2014).

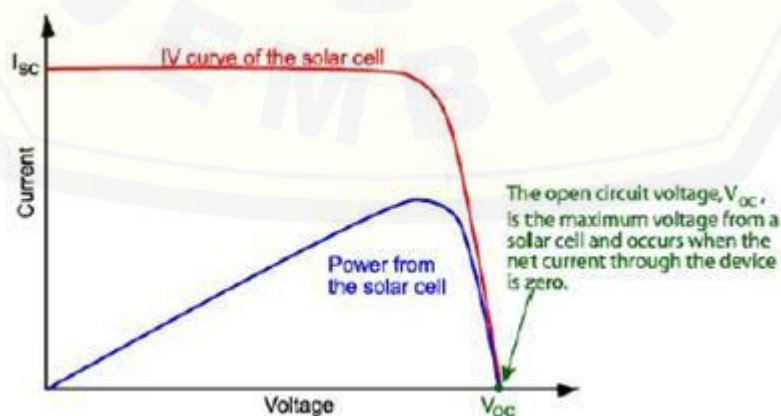


Gambar 6.5 Kurva IV *solar cell* yang menunjukkan arus *short circuit*.

2.8.2 Tegangan Hubung Terbuka (V_{oc}) Pada Panel Surya

V_{oc} adalah tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir atau bisa disebut juga arus sama dengan nol. Cara untuk mencapai *open circuit* (V_{oc}) yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negatif modul panel surya dengan voltmeter, sehingga akan terlihat nilai tegangan *open circuit* panel surya pada voltmeter (karina, 2012).

Pada temperatur konstan, V_{oc} berskala logaritmik terhadap IL (Arus yang dihasilkan oleh cahaya) dan arena IL bergantung linear terhadap *irradiance* maka V_{oc} berskala logaritmik juga terhadap *irradiance*. Hal ini menyimpulkan bahwa *irradiance* lebih berpengaruh terhadap IL daripada V_{oc} . Hal ini juga mengindikasikan bahwa V_{oc} tidak bergantung pada luas area modul panel surya (Priyanto, 2014).



Gambar 2.6 Kurva IV *solar cell* yang menunjukkan tegangan *open circuit*.

2.8.3 Daya Pada Panel Surya

Intensitas cahaya menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan panel surya. Jika luas permukaan panel surya dengan intensitas tertentu maka daya *input* panel surya adalah (Karina, 2012) :

$$P_{in} = J \cdot A \quad (2.8)$$

dengan

P_{in} = Daya yang diterima akibat *irradiance* matahari (watt)

J = Intensitas cahaya (W/m²)

Besarnya daya *output* panel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka V_{oc} , arus hubung singkat (I_{sc}), dan *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihubungkan dengan rumus (Karina, 2012).

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF \quad (2.9)$$

dengan

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada panel surya (volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada panel surya (ampere)

FF = *Fill factor*

2.8.4 Fill Factor

Factor pengisian *fill factor* merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimal dan tegangan *open circuit* dan arus *short circuit*.

$$FF = \frac{V_{max} I_{max}}{V_{oc} I_{sc}} \quad (2.10)$$

dengan

V_M : Tegangan maksimum dari *datasheet* (Volt)

I_M : Arus maksimum dari *datasheet* (Ampere)

V_{oc} : Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya dari *datasheet* (Volt)

I_{sc} : Arus hubung singkat pada sel surya dari *datasheet* (Ampere)

Persamaan *fill factor* digunakan untuk mengukur luas persegi pada karakteristik I.V suatu panel surya (Karina, 2012).

2.8.5 Efisiensi Panel Surya

Perbandingan performansi antara satu modul surya dengan modul surya lainnya umumnya dilihat dari efisiensinya. Banyaknya energi matahari dalam bentuk foton yang diserap panel surya menentukan efisiensinya. Efisiensi modul surya didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dengan daya masukan. Daya masukan dihitung sebagai *irradiance* yang diterima oleh permukaan panel surya. Nilai efisiensi keluaran maksimal didefinisikan sebagai *prosentase* keluaran daya optimal terhadap energi cahaya yang digunakan, yang dituliskan sebagai (Diputra, 2008).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.12)$$

dengan

- η = Efisiensi panel surya
- P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (watt)
- P_{in} = Daya yang diterima akibat *irradiance* matahari (watt)

2.9 Arduino UNO

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack *power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya.

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai *input* dan *output*, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Fungsi fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 volt, Setiap pin dapat

memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah *resistor pull-up* (terputus secara default) 20-50 kOhm.



Gambar 2.7 Mikrokontroler Arduino UNO

(Sumber : www.arduino.cc)

Tabel 6.1 Spesifikasi Arduino UNO

Name	Spesifikasi
<i>Microcontroller</i>	ATmega 328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	6 pin
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB of which 0,5 KB used by Bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

2.10 Motor Stepper

Motor *stepper* adalah suatu motor listrik yang dapat mengubah pulsa listrik yang diberikan menjadi gerakan motor discret (terputus) yang disebut step (langkah). Satu putaran motor memerlukan 360° dengan jumlah langkah yang tertentu perderajatnya. Ukuran kerja dari motor *stepper* biasanya diberikan dalam jumlah langkah per-putaran per-detik. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor *stepper* diperlukan pengendali motor *stepper* yang membangkitkan pulsa – pulsa periodik.



Gambar 6.8 Motor Stepper

(Sumber :Penulis)

Motor *stepper* memiliki karakteristik yang lebih dibandingkan motor DC seperti berikut:

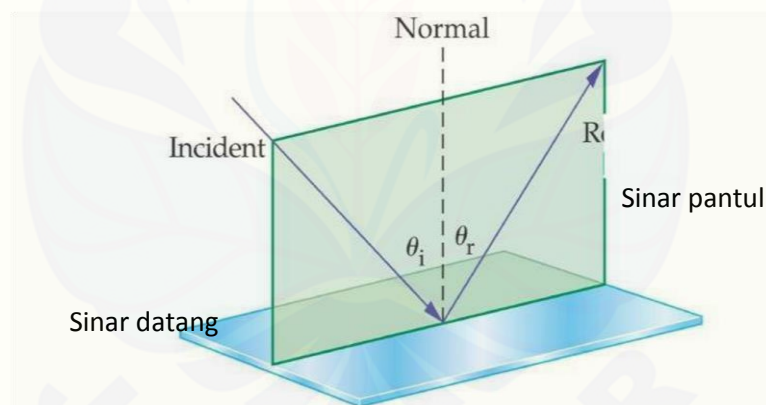
1. Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa input sehingga lebih mudah diatur.
2. Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak.
3. Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi.
4. Memiliki respon yang sangat baik terhadap start, stop dan berbalik putar.
5. Sangat realibel karena tidak adanya brush yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC.
6. Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya.

7. Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas (Priahandoko, 2014).

2.11 Cermin Datar

Permukaan cermin datar sangat halus dan memiliki permukaan yang datar pada bagian pemantulannya, biasanya terbuat dari kaca. Dibelakang kaca dilapisi logam tipis mengkilap sehingga tidak tembus cahaya (Priahandoko, 2014). Cahaya sebagai gelombang dapat memantul bila mengenai suatu benda. Pemantulan cahaya sesuai dengan hukum pemantulan yang dikemukakan oleh Snellius yaitu:

1. Sinar datang, sinar pantul dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
2. Sudut datang sama dengan sudut pantul. (Priahandoko, 2014)



Gambar 2.9 Sudut Pantul Cermin

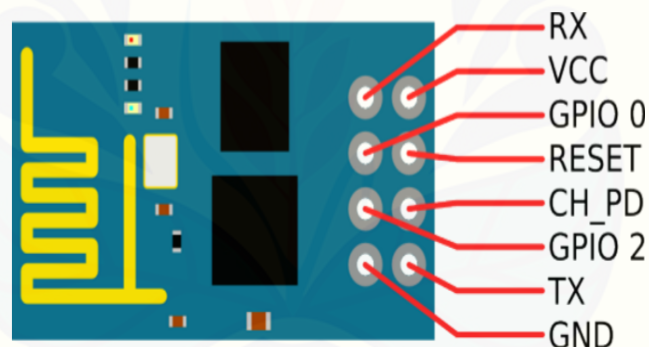
(Sumber : Priahandoko, 2014)

2.12 Modul ESP 8266

Modul ESP8266 adalah sebuah komponen chip terintegrasi yang didesain untuk keperluan dunia masa kini yang serba tersambung. Chip ini menawarkan solusi networking Wi-Fi yang lengkap dan menyatu, yang dapat digunakan sebagai penyedia aplikasi atau untuk memisahkan semua fungsi networking Wi-

Fi ke pemroses aplikasi lainnya. ESP8266 memiliki kemampuan on-board prosesi dan storage yang memungkinkan chip tersebut untuk diintegrasikan dengan sensor-sensor atau dengan aplikasi alat tertentu melalui pin input output hanya dengan pemrograman singkat.

Modul komunikasi WiFi dengan IC SoC ESP8266EX Serial-to-WiFi *Communication Module* ini merupakan modul WiFi dengan harga ekonomis. Kini Anda dapat menyambungkan rangkaian elektronika Anda ke internet secara nirkabel karena modul elektronika ini menyediakan akses ke jaringan WiFi secara transparan dengan mudah melalui interkoneksi serial (UART RX/TX). Keunggulan utama modul ini adalah tersedianya mikrokontroler RISC (Tensilica 106 μ Diamond Standard Core LX3) dan Flash Memory SPI 4 Mbit Winbond W2540BVNIG terpadu, dengan demikian Anda dapat langsung menginjeksi kode program aplikasi langsung ke modul ini.



Gambar 2.10 Modul ESP8266

(Sumber : <http://zeflo.com/2014/esp8266-weather-display/>)

Modul WiFi ini bekerja dengan catu daya 3,3 volt. Salah satu kelebihan modul ini adalah kekuatan transmisinya yang dapat mencapai 100 meter, dengan begitu modul ini memerlukan koneksi arus yang cukup besar (rata-rata 80 mA, mencapai 215 mA pada CCK 1 MBps, moda transmisi 802.11b dengan daya pancar +19,5 dBm belum termasuk 100 mA untuk sirkuit pengatur tegangan internal).Perhatian bagi pengguna Arduino: jangan ambil catu daya dari pin 3v3 Arduino karena pin tersebut tidak dirancang untuk memasok arus dalam jumlah besar, harap gunakan catu daya terpisah. Anda dapat menggunakan DC Buck Converter semacam AMS1117-3.3 untuk mengkonversi tegangan dari catu daya

5 Volt. Untuk berkomunikasi dengan MCU 5V, gunakan level converter 5V \Leftrightarrow 3,3V. Untuk komunikasi, model ini menggunakan koneksi 115200,8,N,1 (115.200 bps, 8 data-bit, no parity, 1stop bit).



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Patrang, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember dan di lingkungan JL. Kalimantan 10 No.100 Sumpersari Jember

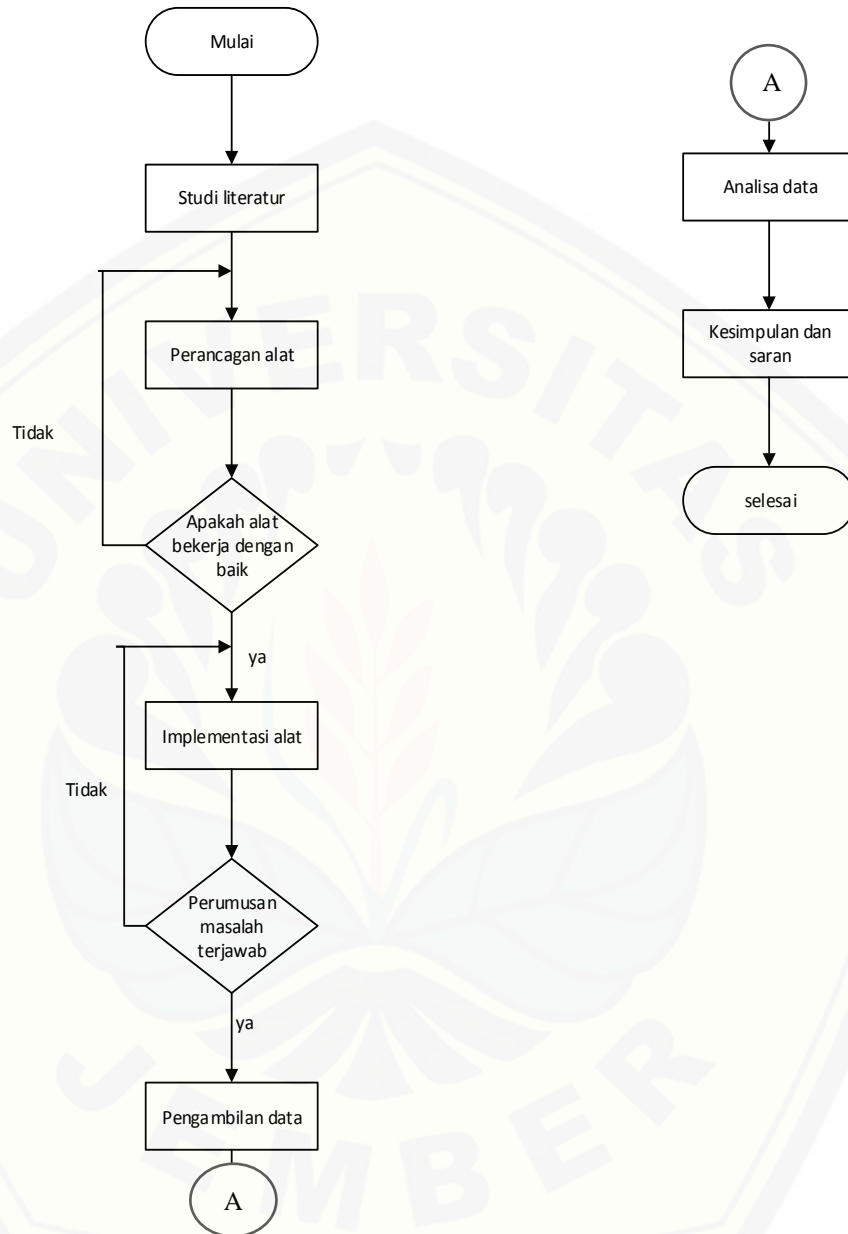
3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Oktober 2018 – Desember 2018, dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 3.1 Rencana dan Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan/Minggu											
		Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur												
2	Rancangan sistem												
3	Pengukuran dan pengambilan data												
4	Analisa data dan pembahasan												
5	Penyusunan laporan												

3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian
(Sumber : Penulis)

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Tahap awal pelaksanaan penelitian ini adalah dengan mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya melalui buku atau internet untuk mengetahui

karakteristik komponen sistem, prinsip kerja serta teori yang menunjang lainnya. Diharapkan dengan literatur yang telah didapat dapat memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

2. Perancangan Alat

Tahapan ini merupakan tahap merancang konstruksi secara sistematis dari alat yang akan dilakukan penelitian. Diharapkan dari proses perancangan konstruksi yang sistematis ini, alat yang nantinya akan diteliti dapat terbentuk. Hal – hal lain yang dilakukan yakni seperti penyoderan, perancangan sistem monitoring.

3. Implementasi Alat

Setelah *hardware* dan *software* terbentuk maka dilakukan pengujian pada masing – masing blok dan kemudian pengujian dilakukan pada keseluruhan sistem. Dalam implementasi alat ini juga dilakukan proses kalibrasi dimana pada proses kalibrasi ini bertujuan agar pembacaan sensor akurat sesuai dengan alat ukur.

4. Analisa dan Pengambilan Data

Setelah melakukan pengujian pada keseluruhan sistem dan memastikan bekerja dengan baik dan hasilnya memenuhi target, maka yang dilakukan selanjutnya adalah pengambilan data yang diperlukan untuk kemudian dianalisa dari data yang telah didapatkan. Analisa yang dilakukan adalah kecepatan menuju steady state dan ketahanan terhadap perubahan beban.

5. Penyusunan Laporan

Pada tahap akhir ini, hasil pengambilan data dan analisa dimasukkan ke pembahasan. Kemudian, dari apa yang telah dianalisa dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut kinerja dari alat yang dibuat dan memberikan saran untuk memperbaiki kekurangan yang ada, kemungkinan pengembangan, serta penyempurnaan alat di masa mendatang.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan – peralatan yang diperlukan dalam penelitian adalah :

1. Komputer
2. Ponsel pintar
3. Cermin
4. akrilik
5. Alat – alat ukur : AVOMeter, lux meter, Busur, thermometer
6. Perkakas mekanis : soder, Tank, Obeng, bor dll.
7. Perangkat lunak: Windows 7, software arduino, html, dll

Beberapa komponen yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

1. Motor stepper dan driver stepper
2. Driver stepper
3. Panel surya
4. Arduino UNO
5. Modul WIFI (Nodemcu)
6. Wi-Fi
7. Sensor Tegangan
8. Sensor arus
9. Sensor sudut
10. Sensor intensitas cahaya

3.5 Rancangan Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan yaitu *direct observation* atau observasi langsung ke lapangan. Observasi lapangan ini bertujuan untuk mengambil data mengenai optimalisasi tegangan dengan berbagai indikator percobaan percobaan. *Scanning reflector* mengambil data keluaran sel surya dengan berbagai perbedaan sudut.

Penelitian ini di dasarkan pada reflektor panel surya yang telah terlebih dahulu ditemukan namun, akuisi data yang didapatkan belum bersifat *real time*, kontrol dan monitoring belum efektif. Pada bagian ini, *scanning reflector* adalah

solusi permasalahan di atas, teknologi komunikasi yang telah berkembang pesat akan disandingkan dengan teknologi energi terbarukan sehingga tercipta sebuah pembangkit listrik yang fleksibel, dapat dikontrol dari mana saja serta keluar masuknya energi ter-akuisi dengan baik. Pada kondisi pengisian daya yaitu pagi hari pukul 08:00 hingga pukul 16:00 mula – mula alat akan melakukan *scanning* sehingga data akan ter-akuisi pada sudut berapa dan pada jam berapa daya berada pada titik maksimum. Indikator yang terbaca berupa arus, tegangan, intensitas cahaya, dan sudut. Data yang didapatkan akan menjadi acuan bagaimana kerja harian panel tersebut.

Berdasarkan data yang diperoleh pada *scanning reflector* yang mempunyai nilai daya maksimum dengan kondisi sudut pantul cahaya tertentu dan Berdasarkan energi listrik yang dihasilkan pada sel surya yang telah terinstalasi *scanning reflektor* tersebut. Berikut ini adalah bahan dan spesifikasi panel surya yang digunakan dalam penelitian :



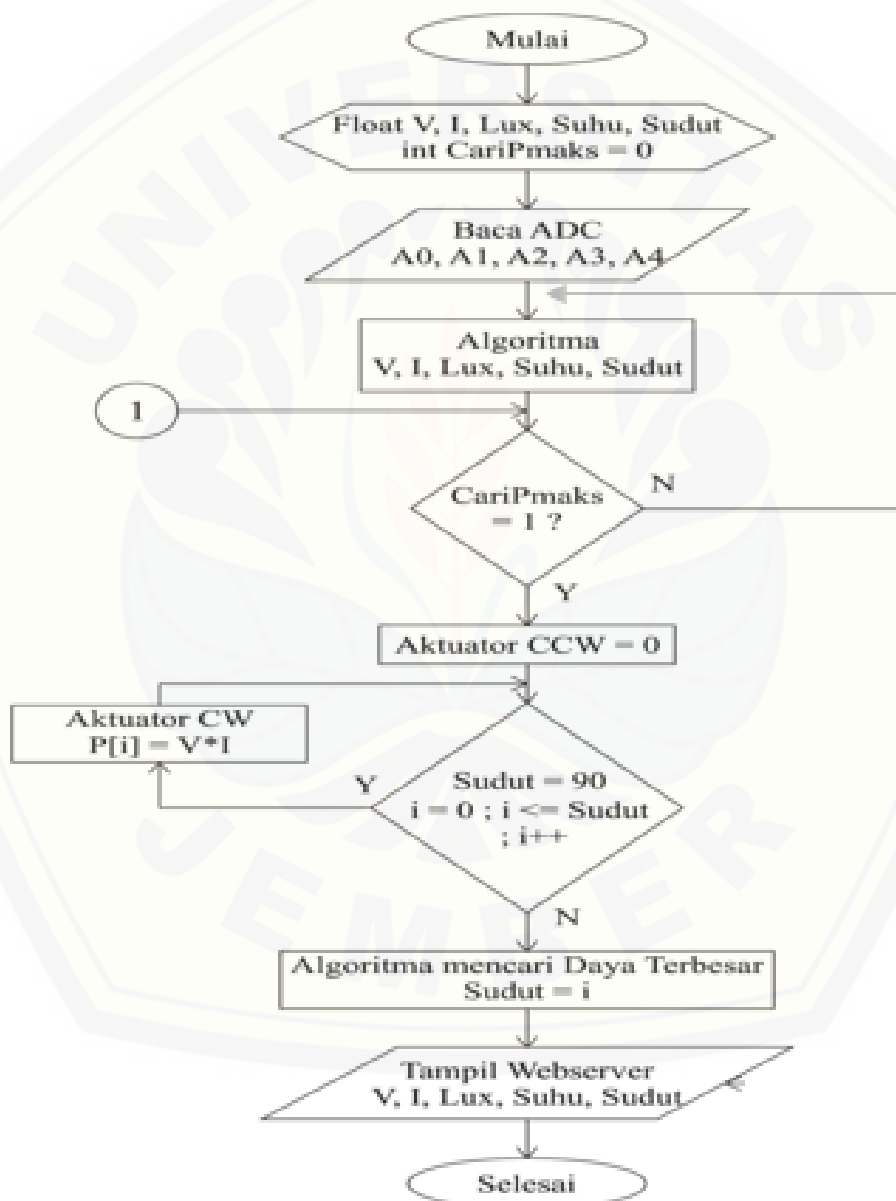
Gambar 3.2 Sel Surya Merk GH Solar 5 Wp

Tabel 3.2 Data spesifikasi sel surya merk GH Solar 5 Wp

Parameter	Spesifikasi
<i>Merek</i>	GH5P-9
<i>Dimenssion</i>	175 x 125x 17 mm
<i>Open circuit voltage (Voc)</i>	9,67 V
<i>Short circuit current (Isc)</i>	0,65 A
<i>Max power voltage (Vpm)</i>	8.93 V
<i>Max power current (Ipm)</i>	0,56 A
<i>Tolerance</i>	± 3%
<i>Test condition</i>	-40 °C to +80 °C

3.6 Flowchart program

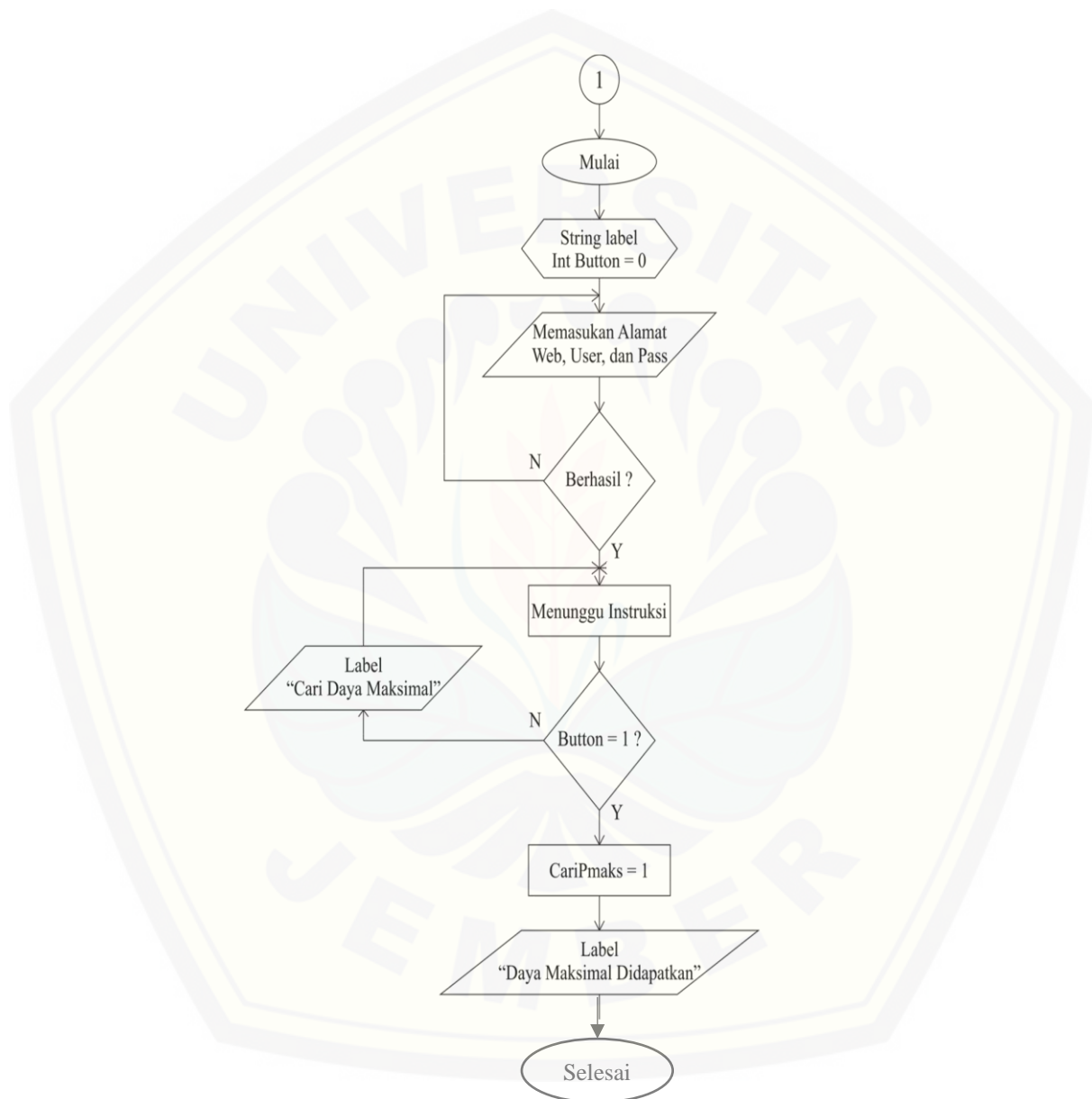
Pada pembuatan “Alat Teknologi Scanning Reflektor Berbasis IoT (Internet of Things)” dibutuhkan program yang akan memberikan perintah khusus pada mikrokontroler Arduino. Berikut adalah diagram alir (*Flowchart*) program yang akan dimasukkan dalam program Arduino :



Gambar 3.3 *Flowchart* Program Arduino

3.7 Flowchart Webserver

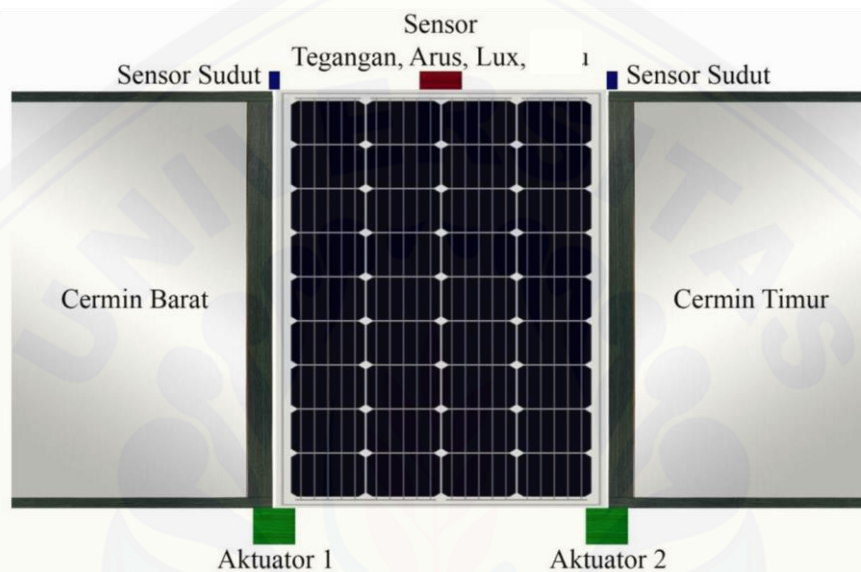
Dalam menunjang “Alat Teknologi Scanner Reflektor Berbasis IoT” dibutuhkan perintah khusus pada *Webserver*. Berikut adalah diagram alir (*Flowchart*) yang akan diaplikasikan pada *Webserver* :



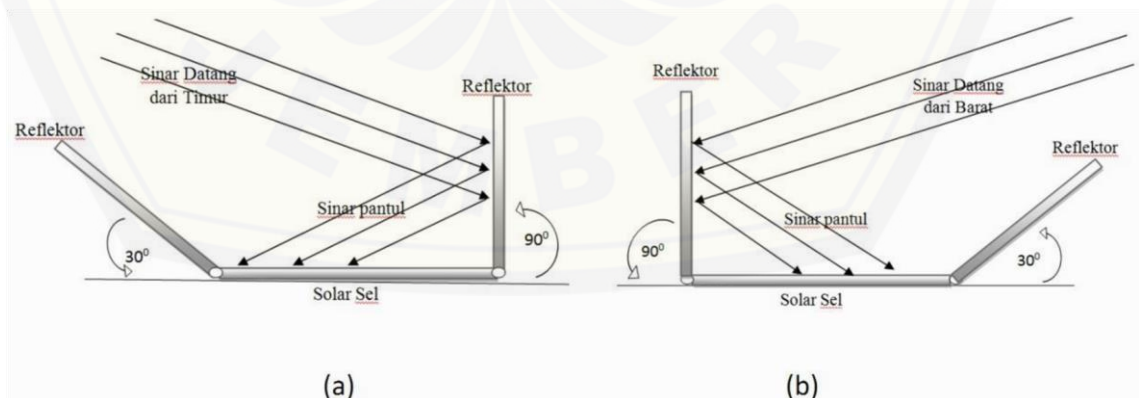
Gambar 3.4 *Flowchart Webserver*

3.8 Desain Pada Panel Surya, Cermin, Sensor, dan Aktuator

Pada gambar 3.5 menjelaskan gambar desain panel surya dengan reflektor cermin datar pada kedua sisi. Pada kedua reflektor didesain dengan menggunakan poros engsel pada setiap perpotongan cermin dengan panel surya dengan sudut maksimal reflektor sesuai dengan gambar 3.6 (a) dan (b) yakni desain gerak reflektor arah timur dan barat.



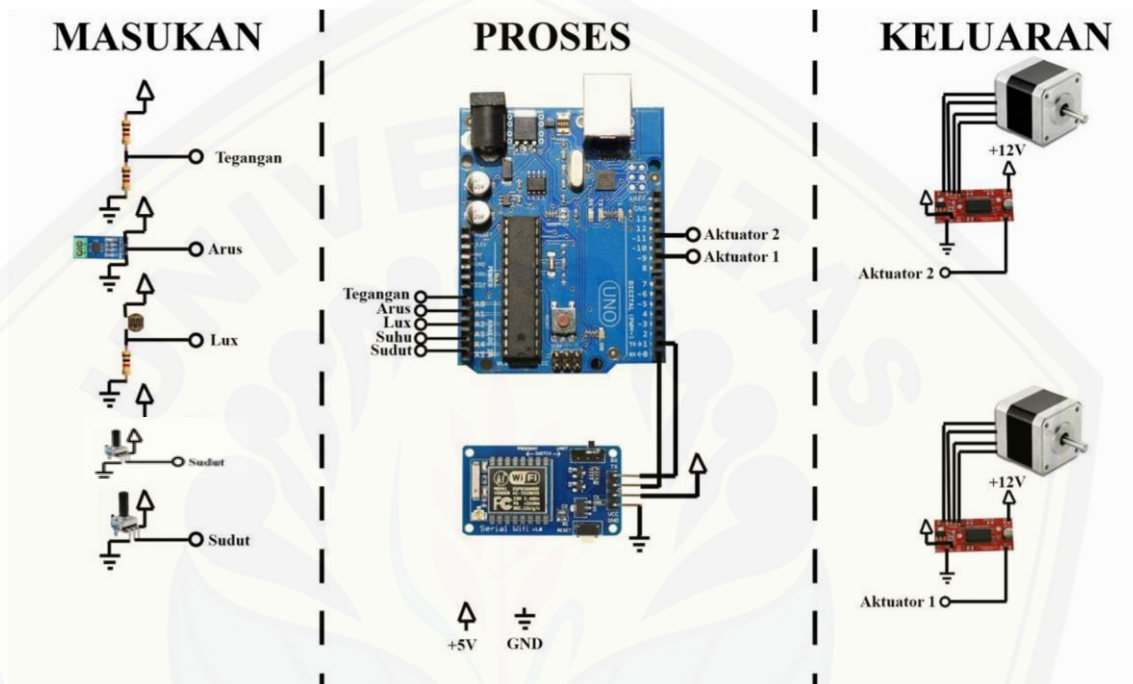
Gambar 3.5 Desain Modul Panel Surya dan Penempatan Cermin, Sensor, dan Aktuator.



Gambar 3.6 Desain Gerak Reflektor Timur dan Barat

3.9 Desain Rangkaian Sistem

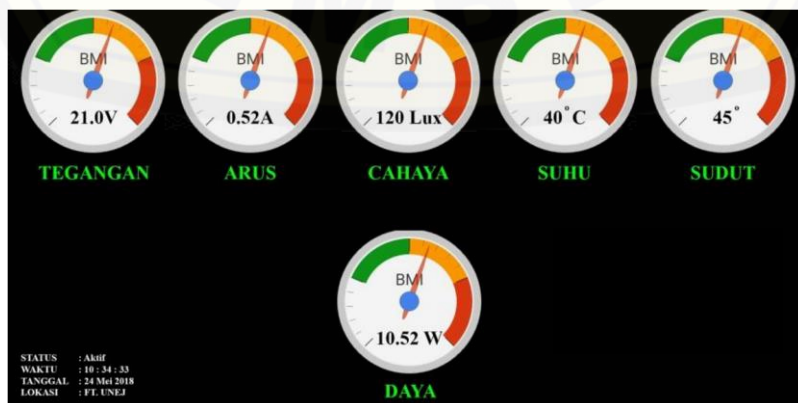
Untuk menerima masukan dan menggerakkan aktuator diperlukan suatu sistem pengatur. Dimana sistem tersebut terdapat beberapa komponen-komponen yang ada pada gambar berikut.



Gambar 3.7 Rangkaian Sistem

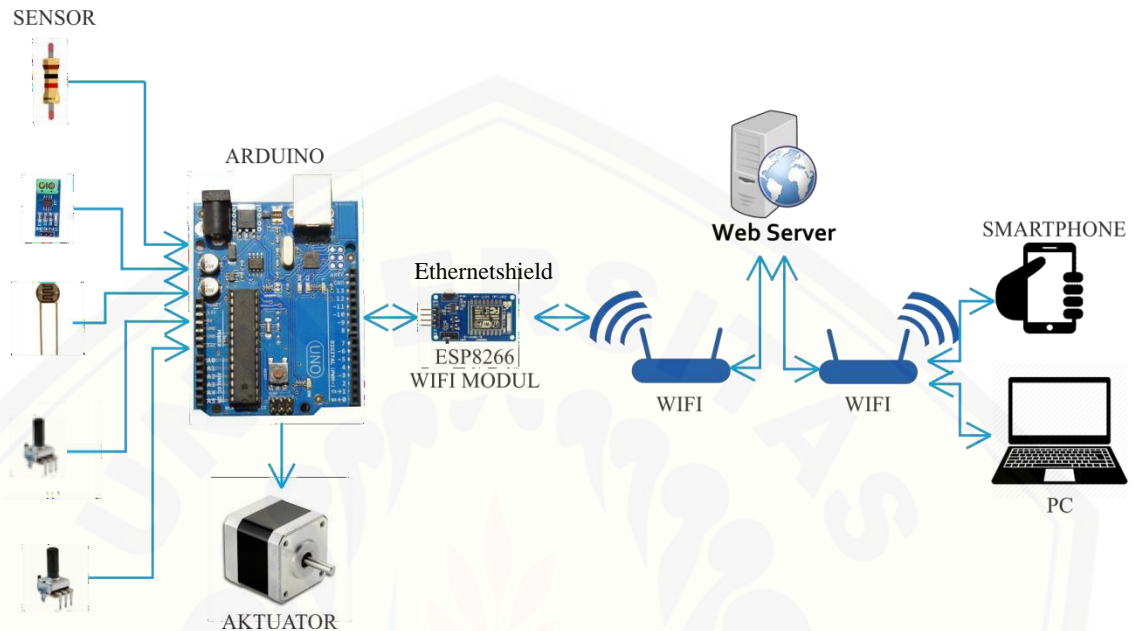
3.10 Desain *Graphical User Interface* Pada *Webserver*

Adapun desain untuk menampilkan berbagai parameter-parameter masukan dari sensor ke *Webserver* supaya lebih menarik, sebagai berikut :



Gambar 3.8 Tampilan pada *Webserver*

3.11 Cara Kerja Alat



Gambar 3.9 Diagram Kerja Alat

Berdasarkan diagram alir (*Flowchart*) pada program sehingga langkah-langkah sistem cara kerja alat sebagai berikut :

1. Langkah pertama adalah dalam Arduino mendeklarasikan tipe data semua variabel dan awal nilai suatu variabel.
2. Kemudian sensor mengubah besaran suatu perubahan lingkungan fisik menjadi besaran listrik.
3. Besaran listrik yang sudah diubah akan dikirim ke Arduino untuk dibaca nilai tegangan analog.
4. Dalam Arduino tegangan analog tersebut akan dikonversikan menjadi nilai digital dengan proses ADC (*Analog to Digital Converter*) supaya dapat diproses lebih lanjut.
5. Dalam Arduino menerima 2 kondisi, jika nilai variabel *CariPmaks* sama dengan 1 maka aktuator akan pada posisi sudut awal dan akan bergerak sedikit demi sedikit untuk mencari daya setiap sudut sampai sudut akhir. Setelah

didapatkan daya yang terbesar maka secara otomatis sudut tersebut yang dipilih untuk memperoleh daya yang paling besar.

6. Kondisi jika nilai variabel *CariPmaks* sama dengan 0 maka aktuator bergerak mengikuti sudut matahari yang sudah diperhitungkan sebelumnya baik secara otomatis ataupun manual.
7. Selanjutnya semua parameter data akan dikirimkan ke *Websserver* melalui modul ESP8266 dan WIFI yang sudah terkoneksi dengan internet.
8. Data yang sudah berada pada *Websserver* dapat dilihat dan dikontrol secara *real-time* menggunakan *Smartphone* atau laptop yang sudah terkoneksi dengan jaringan internet.
9. Dimana *Smartphone* dan laptop dapat memantau semua data parameter dan memberi nilai variabel *CariPmaks* kapan saja.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada *scanning* reflektor berbasis IoT (*Internet of Things*) pada panel surya maka dapat di simpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan sarana IoT (*Internet of Things*) terhadap reflektor maka fungsi pengawasan, fungsi kontrol dan fungsi perekaman data dapat dilakukan dari mana saja dan kapan saja selama koneksi internet ada.
2. Nilai arus dari jam 8 pagi hingga jam 4 sore relatif sama, yang menjadi perbedaan besar adalah nilai arus. Perubahan nilai arus terjadi saat mendung ataupun ketika cahaya matahari tidak kontak langsung dengan panel pada posisi sejajar.
3. Nilai daya terbesar adalah ketika siang hari Anata jam 11:00 hingga jam 13:00, pada kondisi sore hari dan pagi hari dengan kondisi cerah nilai daya tidak mengalami penambahan signifikan meskipun telah ditambahkan reflektor.
4. Dalam kondisi mendung reflektor tidak dapat memantulkan sama sekali cahaya, kondisi ini menyebabkan penambahan reflektor pada panel surya saa sekali tidak memberikan andil untuk mengoptimalkan daya yang dibangkitkan panel surya (Pout).
5. Sudut pantul dan sudut bayangan pada reflektor timur dan barat harus benar-benar akurat, sedikit saja terjadi kekeliruan sudut maka yang akan terjadi justru reflektor akan menghalangi arah datangnya sinar matahari sehingga drop daya akan terjadi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini disarankan pada penelitian selanjutnya bahwa :

1. Melakukan kajian ulang dengan menambahkan kecerdasan buatan pada sistem berupa Neural network ataupun kecerdasan buatan yang lain sehingga sistem lebih layak dan lebih fleksibel untuk di gunakan.

2. Melakukan proses penawaran sistem terhadap perusahaan atau proyek tertentu sehingga sistem bisa di gunakan komersial dengan cara di produksi secara masal.
3. Menjadikan refrensi dalam dunia pendidikan sehingga dapat membantu mengenalkan terhadap Revolusi Industri 4.0 terutama *internet of things* dan *big data*.



DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Ramadhan Prunama. 2017. Analisis Daya pada Panel Surya Menggunakan Motor *Stepper* Sebagai Penggerak Panel Surya Dengan Mengikuti Sinar Matahari. Fakultas Teknik : Universitas Jember
- Ashfahani ,Adnan Syarafi 2008. Aplikasi Kontrol Logika Fuzzy Pada Sistem Tracking Matahari (Sun Tracking System) Panel Photovoltaic. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi : Yogyakarta.
- Aulia Syahabanna Anhar, Ira Devi Sara dan Ramadhan Halid Siregar. 2017, “*Desain Prototype Sel Surya Terkonsentrasi Menggunakan Lensa Fresnel*”. Jurnal Online Teknik Elektro, Volume 2, No,3.
- Diputra, W. 2008. “Simulator Algoritma Pendeteksi Kerusakan Modul Surya Pada Rancangan Modul Surya”. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Handini ,Wulandari. 2008. Performa Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna (DSSC) Berbasis ZnO dengan Variasi Tingkat Pengisian dan Besar Kristal TiO₂. Fakultas Teknik: Universitas Indonesia.
- Haryadi, Yusli. 2007. Pelacak Intensitas Energi Matahari Menggunakan Sel Surya. Jurusan Teknik Komputer Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer: Universitas Komputer Indonesia Bandung.
- Karina, A.Satwiko, S. 2012. Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya. UNJ. Jakarta.
- Priahandoko, Heru. 2014. Optimalisasi Sudut Cermin Datar Sebagai Reflektor Panel Surya Polikristal Penjejak Matahari. Fakultas Teknik : Universitas Jember.
- Priyanto, Budi. April 2014, “*Pemaksimalan Daya Keluaran Sel Surya Menggunakan Lensa Cembung*”. Neutrino Jurnal. Volume 16, No.2, Malang. Universitas Muhammadiyah Malang. 24 April 2014.
- Suresh, P., Daniel, J. V., & Aswathy, R. H. (2014). A state of the art review on the Internet of Things (IoT) History , Technology and fields of deployment
- Utomo, Hery Setyo. 2016. Optimalisasi Nilai Daya dan Energi Listrik pada Panel Surya Polikristal Dengan Teknologi *Scanning* Reflektor Cermin Datar. Fakultas Teknik : Universitas Jember.
- Wang, C., Daneshmand, M., Dohler, M., Mao, X., Hu, R. Q., & Wang, H. (2013). Guest Editorial - Special issue on internet of things (IoT): Architecture, protocols and services. IEEE

Zhou, Q., & Zhang, J. (2011). Internet of things and geography review and prospect. Proceedings - 2011 International Conference on Multimedia and Signal Processing, CMSP 2011, 2, 47–51.



LAMPIRAN

A. Alamat Web Sistem dan Cara Unduh Aplikasi

Sistem dibuat untuk diakses baik dengan web dan dengan menggunakan aplikasi versi android, berikut link akses sistem :

1. Bit.ly/webtaufik

Alamat web di atas merupakan versi webserver yang dapat diakses dengan perangkat apapun baik *computer*, *smartphone* dan tablet. Untuk *device* akses gunakan utamanya google chrome untuk mengakses sistem.

2. Bit.ly/unduhtaufik

Alamat tersebut untuk download aplikasi versi android.

3. Scan barcode berikut untuk keseluruhan akses sistem.



Gambar 1. Barcode Akses Sistem

B. Perhitungan Error Persen Data Kalibrasi

Berikut Rumus dan perhitungan nilai eror persen untuk sensor sudut timur, sensor sudut barat dan

$$\% \text{ eror} = |(\text{nilai sebenarnya}) - (\text{nilai pengukuran})| / (\text{nilai sebenarnya}) \times 100\%$$

$$\% \text{ eror} = \frac{|(NS-NP)|}{NS} \times 100 \%$$

Keterangan : NS = Nilai sebenarnya

NP = Nilai pengukuran.

- Sensor sudut Timur

1. $\frac{|5-4.88|}{5} \times 100 \%$

= 2.4 %

2. $\frac{|20-20.54|}{20} \times 100 \%$

= 2.7 %

3. $\frac{|40-40.99|}{40} \times 100 \%$

= 2.47 %

4. $\frac{|60-60.7|}{60} \times 100 \%$

= 1.16 %

5. $\frac{|80-80.4|}{80} \times 100 \%$

= 0.5 %

6. $\frac{|90-88.91|}{90} \times 100 \%$

= 1.2 %

- Sensor Sudut Barat

1. $\frac{|5-5.05|}{5} \times 100 \%$

= 1 %

2. $\frac{|20-20.33|}{20} \times 100 \%$

= 1.65 %

3. $\frac{|40-39.2|}{40} \times 100 \%$

= 2 %

4. $\frac{|60-60.03|}{60} \times 100 \%$

= 0.5 %

5. $\frac{|80-80.02|}{80} \times 100 \%$

= 1.02 %

6. $\frac{|90-89.2|}{90} \times 100 \%$

= 2.1 %

- Sensor Tegangan

$$1. \frac{|2-2.02|}{2} \times 100 \%$$

$$= 1 \%$$

$$2. \frac{|4-4.05|}{4} \times 100 \%$$

$$= 1.25 \%$$

$$3. \frac{|6-6.19|}{6} \times 100 \%$$

$$= 3.16 \%$$

$$4. \frac{|8-8.00|}{8} \times 100 \%$$

$$= 0 \%$$

$$5. \frac{|10-9.98|}{10} \times 100 \%$$

$$= 0.2 \%$$

C. Pengujian Penyesuaian Sudut Reflektor Timur dan Barat

Untuk menyesuaikan sudut pantul maka pengujian dilakukan terhadap pemantulan cahaya reflektor dan sudut bayangan reflektor. Berikut data pengujian sudut pantul dan sudut bayangan reflektor :

Tabel 1. Data Uji Sudut Reflektor Timur dan barat

Pukul (WIB)	Sudut Timur (Derajat)	Sudut Barat (Derajat)
8:00	32-34	88-90
8:30	35-36	88-90
9:00	39-41	88-90
9:30	50-52	78-80
10:00	55-57	73-75
10:30	59-60	70-72
11:00	61-62	67-69
11:30	62-63	65-67
12:00	63-64	63-64
12:30	65-67	62-63
13:00	67-69	61-62
13:30	70-72	59-60
14:00	73-75	55-57
14:30	78-80	50-52
15:00	88-90	39-41

15:30	88-90	35-37
16:00	88-90	32-34

D. Hasil Perhitungan nilai Pout, *Fill factor*, Pin dan Efisiensi

Pada perhitungan Pout dan *fill factor* memiliki masing-masing rumus, berikut rumus daya yang dibangkitkan panel surya (Pout) dan *fill factor* :

$$P_{out} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF$$

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

$$P = V \cdot I$$

Dengan acuan rumus di atas maka mula- mula melakukan perhitungan *fill factor* , setelah *fill factor* di ketahui maka akan di kalikan dengan nilai daya sehingga di dapatkan daya yang dibangkitkan oleh panel surya (Pout). Pada datashet panel surya 5 WP V_{max} sebesar 8.93 volt, I_{max} sebesar 0.56 A, V_{oc} sebesar 9.67 volt dan I_{sc} sebesar 0.65 A. setelah dilakukan perhitungan sesuai rumus maka di dapatkan *fill factor* sebesar 0.795609. perhitungan nilai Pout sesuai dengan rumus di atas akan ditampilkan dalam bentuk tabel.

Berikut tabel untuk perhitungan nilai Pout pada uji coba *scanning* reflektor :

Tabel Perhitungan Pout dan *fill faktor*

Pukul (WIB)	FF	Daya (Watt)	Pout (Watt)
07.00	0.795609	0.748	0.595115
07.30	0.795609	0.748	0.595115
08.00	0.795609	3.629	2.887265
08.30	0.795609	3.367	2.678815
09.00	0.795609	3.9811	3.167399
09.30	0.795609	4.8297	3.842553
10.00	0.795609	5.2311	4.16191
10.30	0.795609	4.5072	3.585969

11.00	0.795609	5.0813	4.042728
11.30	0.795609	5.7684	4.589391
12.00	0.795609	4.0278	3.204554
12.30	0.795609	4.4482	3.539028
13.00	0.795609	2.3842	1.896891
13.30	0.795609	0.4962	0.394781
14.00	0.795609	0.4908	0.390485
14.30	0.795609	1.5776	1.255153
15.00	0.795609	0.4836	0.384756

Perhitungan Pin atau daya akibat radiasi dengan rumus *irradiance* matahari akan dikalikan dengan luas penampang panel surya, apabila rumus dijabarkan maka sebagai berikut :

$$\text{Pin} = J \cdot A$$

Keterangan

Pin : Daya akibat *irradiance* Matahari (Watt)

J : *Irradiance* Matahari (w/m)

A : Luas Penampang Panel (m^2)

Perhitungan akan ditampilkan dalam bentuk tabel sebagai berikut

Nomor	<i>Irradince</i> (w/m)	Luas Panel (m^2)	Pin (Watt)
1	371	0.03364	12.4786
2	455	0.03364	15.3039
3	819	0.03364	27.5471
4	826	0.03364	27.7825
5	841	0.03364	28.287
6	795	0.03364	26.7398
7	764	0.03364	25.6971

8	786	0.03364	26.4371
9	703	0.03364	23.6454
10	676	0.03364	22.7373
11	698	0.03364	23.4772
12	725	0.03364	24.3854
13	704	0.03364	23.679
14	589	0.03364	19.811
15	453	0.03364	15.2367
16	312	0.03364	10.4941
17	343	0.03364	11.5368

Perhitungan terakhir merupakan perhitungan efisiensi dengan rumus perhitungan Sebagai berikut :

$$\text{Eff} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Pout (daya yang dibangkitkan panel surya) dan Pin (daya akibat *irradiance* matahari) sebelumnya telah dihitung. Untuk efisiensi berikut perhitunga dalam bentuk tabel :

Nomor	Pout (Watt)	Pin (Watt)	Eff (%)
1	0.595	4.76817	8
2	0.595	3.88789	8.3
3	2.887	10.4802	9
4	2.678	9.63916	9.3
5	3.167	11.1959	10
6	3.842	14.3681	10.3
7	4.16	16.1886	11
8	3.585	13.5605	11.3
9	4.042	17.0942	12
10	4.589	20.1827	12.3
11	3.204	13.6473	13
12	3.539	14.5128	13.3
13	1.896	8.00708	14
14	0.394	1.98879	14.3
15	0.39	2.55962	15

16	1.255	11.9591	15.3
17	0.384	3.32848	16

E. Listing Program

1. Program Akuisi dan Grafik Data

```

#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

float v = 0;
float a = 0;
float s = 0;
float c = 0;
float d = 0;
float b = 0;

byte mac[] = { 0xD4, 0x28, 0xB2, 0xFF, 0xA0, 0xA1 };
char thingSpeakAddress[] = "api.thingspeak.com";
String writeAPIKey = "ZKTGAAA0C4FC6P4Z";
const int updateThingSpeakInterval = 16* 1000;
long lastConnectionTime = 0;
boolean lastConnected = false;
int failedCounter = 0;

EthernetClient client;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  startEthernet();
}

void loop()
{

  char v_buffer[10];
  char a_buffer[10];
  char s_buffer[10];
  char c_buffer[10];
  char d_buffer[10];
  char b_buffer[10];
  v = 0.0527*analogRead(A0) + 0.189;

```

```
a = -0.0254*analogRead(A1) + 12.984;
s = (analogRead(A3)/1024.0)*500;
c= map(analogRead(A4), 0, 1023, 0, 100);
d = -0.1786*analogRead(A5) + 89.968;
  b = -0.1786*analogRead(A2) + 89.968;

String volt=dtostrf(v,0,2,v_buffer);
String amp=dtostrf(a,0,2,a_buffer);
String suhu=dtostrf(s,0,2,s_buffer);
String lux=dtostrf(c,0,2,c_buffer);
String sudut=dtostrf(d,0,2,d_buffer);
String sudutb=dtostrf(b,0,2,b_buffer);

Serial.print("tegangan= " );
Serial.print(v);
Serial.print("; arus = " );
Serial.print(a);
Serial.print("; suhu = " );
Serial.print(s);
Serial.print("; lux = " );
Serial.print(c);
Serial.print("; sudut T = " );
Serial.print(d);
Serial.print("; sudut B = " );
Serial.print(b);
Serial.println();

  if (client.available())
  {
    char c = client.read();
    Serial.print(c);
  }

  if (!client.connected() && lastConnected)
  {
    Serial.println("...disconnected");
    Serial.println();
    client.stop();
  }

  if(!client.connected() && (millis() -
lastConnectionTime > updateThingSpeakInterval))
  {
```

```
updateThingSpeak("field1="+volt+"&field2="+amp+"&field3="+
suhu+"&field4="+lux+"&field5="+sudut+"&field6="+sudutb);
    }

    if (failedCounter > 0 ) {startEthernet();}
    lastConnected = client.connected();

}

void updateThingSpeak(String tsData)
{
    if (client.connect(thingSpeakAddress, 80))
    {
        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
        client.print("Connection: close\n");
        client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+writeAPIKey+"\n");
        client.print("Content-Type: application/x-www-form-
urlencoded\n");
        client.print("Content-Length: ");
        client.print(tsData.length());
        client.print("\n\n");
        client.print(tsData);
        lastConnectionTime = millis();

        if (client.connected())
        {
            Serial.println("Connecting to ThingSpeak...");
            Serial.println();
            failedCounter = 0;
        }

    else
    {
        failedCounter++;
        Serial.println("Connection to ThingSpeak failed
("+String(failedCounter, DEC)+"")");
        Serial.println();
    }

}

else
{
```

```
        failedCounter++;
        Serial.println("Connection to ThingSpeak Failed
("+String(failedCounter, DEC)+"")");
        Serial.println();
        lastConnectionTime = millis();
    }

    delay(20000);
}

void startEthernet()
{
    client.stop();
    Serial.println("Connecting Arduino to network...");
    Serial.println();
    delay(5000);

    if (Ethernet.begin(mac) == 0)
    {
        Serial.println("DHCP Failed, reset Arduino to try
again");
        Serial.println();
    }

    else
    {
        Serial.println("Arduino connected to network using
DHCP");
        Serial.println();
    }

    delay(5000);
}
```

2. Program Kontrol Sistem

```
#include <ESP8266WiFi.h>
const char* ssid = "semhas";
const char* password = "barakallah";
; //
WiFiServer server(80);

void setup() {
    Serial.begin(9600);
```

```
delay(10);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(0, OUTPUT);
pinMode(13, OUTPUT);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(0, LOW);
digitalWrite(13, LOW);

// Connect to WiFi network
Serial.println();
Serial.println();
Serial.print("Connecting to ");
Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

// Start the server
server.begin();
Serial.println("Server started");

// Print the IP address
Serial.print("Use this URL to connect: ");
Serial.print("http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
Serial.println("/");
}

void loop() {
    // Check if a client has connected
    WiFiClient client = server.available();
    if (!client) {
        return;
    }

    // Wait until the client sends some data
```



```
Serial.println("new client");
while(!client.available()){
    delay(1);
}

// Read the first line of the request
String request = client.readStringUntil('\r');
Serial.println(request);
client.flush();

// Match the request

if (request.indexOf("/light1on") > 0) {
    digitalWrite(5, HIGH);
}
if (request.indexOf("/light1off") >0) {
    digitalWrite(5, LOW);
}

if (request.indexOf("/light2on") > 0) {
    digitalWrite(4, HIGH);
}
if (request.indexOf("/light2off") >0) {
    digitalWrite(4, LOW);
}

if (request.indexOf("/light3on") >0) {
    digitalWrite(0, HIGH);
}
if (request.indexOf("/light3off") > 0) {
    digitalWrite(0, LOW);
}

if (request.indexOf("/light4on") > 0) {
    digitalWrite(13, HIGH);
}

if (request.indexOf("/light4off") > 0) {
    digitalWrite(13, LOW);
}
```

```
}  
// Set ledPin according to the request  
//digitalWrite(ledPin, value);  
  
// Return the response  
client.println("HTTP/1.1 200 OK");  
client.println("Content-Type: text/html");  
client.println(""); // do not forget this one  
client.println("<!DOCTYPE HTML>");  
client.println("<html>");  
client.println("<head>");  
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-  
capable' content='yes' />");  
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-status-  
bar-style' content='black-translucent' />");  
client.println("</head>");  
client.println("<body bgcolor = \"#f7e6ec\">");  
client.println("<hr/><hr>");  
client.println("<h4><center> Bismillah Semhas Taufik  
</center></h4>");  
client.println("<hr/><hr>");  
client.println("<br><br>");  
client.println("<br><br>");  
client.println("<center>");  
client.println("rfltr timur");  
client.println("<a href=\"/light1on\"><button>Putar  
</button></a>");  
client.println("<a  
href=\"/light1off\"><button>Berhenti </button></a><br  
>");  
client.println("</center>");  
client.println("<br><br>");  
client.println("<center>");  
client.println("rfltr barat");  
client.println("<a href=\"/light2on\"><button>Putar  
</button></a>");  
client.println("<a  
href=\"/light2off\"><button>Berhenti </button></a><br  
>");  
client.println("</center>");  
client.println("<br><br>");  
client.println("<center>");  
client.println("Sumber");  
client.println("<a href=\"/light3on\"><button>PLTS  
</button></a>");
```

```
    client.println("<a href=\"\n/light3off\\\"\"><button>PLN
</button></a><br />");
    client.println("</center>");
    client.println("<br><br>");
    client.println("<center>");
    client.println("Beban");
    client.println("<a href=\"\n/light4on\\\"\"><button>Turn On
</button></a>");
    client.println("<a href=\"\n/light4off\\\"\"><button>Turn
Off </button></a><br />");
    client.println("</center>");
    client.println("<br><br>");
    client.println("<center>");
    client.println("<table border=\"5\">");
    client.println("<tr>");
    if (digitalRead(5))
    {
        client.print("<td>R. Timur berputar</td>");
    }
    else
    {
        client.print("<td>R. timur stop</td>");
    }
    client.println("<br />");
    if (digitalRead(4))
    {
        client.print("<td>R. Barat Berputar</td>");
    }
    else
    {
        client.print("<td>R. Barat Stop</td>");
    }
    client.println("</tr>");
    client.println("<tr>");
    if (digitalRead(0))
    {
        client.print("<td>Sumber PLTS</td>");
    }
    else
    {
        client.print("<td>Sumber PLN</td>");
    }
    if (digitalRead(13));
```

```
        {
            client.print("<td>Beban ON</td>");
        }
        else
        {
            client.print("<td> Beban OFF</td>");
        }
        client.println("</tr>");
        client.println("</table>");
        client.println("</center>");
        client.println("</html>");
        delay(1);
        Serial.println("Client disonnected");
        Serial.println("");
    }
}
```

3. Parcing Data untuk Arduino dan Pemutaran Reflektro

```
float v = 0;
float i = 0;
float s = 0;
float c = 0;
float d = 0;
float c1=0;
float d1=0;

int a = 1;
int b = 1;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(3, INPUT);
    digitalWrite(3, LOW);
    pinMode(4, OUTPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);
    pinMode(6, OUTPUT);
    pinMode(7, OUTPUT);
}

void stepl(int kec){
    digitalWrite(4, HIGH);
    digitalWrite(5, LOW);
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(7, LOW);
    delay(kec);
}
```

```
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, LOW);
delay(kec);
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(7, LOW);
delay(kec);
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, HIGH);
delay(kec);
}
void step2(int kec){
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, HIGH);
delay(kec);
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, HIGH);
digitalWrite(7, LOW);
delay(kec);
digitalWrite(4, LOW);
digitalWrite(5, HIGH);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, LOW);
delay(kec);
digitalWrite(4, HIGH);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
digitalWrite(7, LOW);
delay(kec);
}
void loop() {
int a,b,c = 0; //v sebagai tegangan, i sebagai arus, s
sebagai sudut, c sebagai cahaya, dan d sebagai sudut
v = 0.0527*analogRead(A0) + 0.189;
i = -0.0254*analogRead(A1) + 12.984;
s = (analogRead(A3)/1024.0)*500;
c = 0.6319*analogRead(A4) - 125.6;
```

```
c1= map(analogRead(A4), 0, 1023, 0, 100);
d = -0.1786*analogRead(A5) + 89.968;
d1 = -0.1786*analogRead(A2) + 89.968;

Serial.print(v);
Serial.print(" ");
Serial.print(i);
Serial.print(" ");
Serial.print(s);
Serial.print(" ");
Serial.print(c1);
Serial.print(" ");
Serial.print(d);
Serial.print(" ");
Serial.print(d1);
Serial.println();
delay(3000);
}
```

4. Program Parcing Data untuk Nodemcu

```
#include <ESP8266WiFi.h>

const char* ssid = "semhas";
const char* password = "barakallah";
String myString;
char c;
int Index1, Index2, Index3, Index4, Index5, Index6, Index7;
String secondValue, thirdValue, fourthValue,
fifthValue, sixthvalue, firstValue;

; //
WiFiServer server(80);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println();
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
```

```
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");

    // Start the server
    server.begin();
    Serial.println("Server started");

    // Print the IP address
    Serial.print("Use this URL to connect: ");
    Serial.print("http://");
    Serial.print(WiFi.localIP());
    Serial.println("/");
}
void loop()
{
    while (Serial.available()>0)
    {
        delay(10);
        c = Serial.read();
        myString += c;
    }
    if (myString.length()>0)
    {
        Index1 = myString.indexOf(' ');
        Index2 = myString.indexOf(' ', Index1+1);
        Index3 = myString.indexOf(' ', Index2+1);
        Index4 = myString.indexOf(' ', Index3+1);
        Index5 = myString.indexOf(' ', Index4+1);
        Index6 = myString.indexOf(' ', Index5+1);
        Index7 = myString.indexOf(' ', Index6+1);
        secondValue = myString.substring(Index1+1, Index2);
        thirdValue = myString.substring(Index2+1, Index3);
        fourthValue = myString.substring(Index3+1, Index4);
        fifthValue = myString.substring(Index4+1, Index5);
        sixthValue = myString.substring(Index5+1, Index6);
        firstValue = myString.substring(Index6+1, Index7);
        //Serial.println(Index1);
        Serial.print("data Tegangan:");Serial.println(firstValue);
        Serial.print("data arus:");Serial.println(secondValue);
        Serial.print("data suhu:");Serial.println(thirdValue);
        Serial.print("data cahaya:");Serial.println(fourthValue);
        Serial.print("data sudut:");Serial.println(fifthValue);
        Serial.print("data sudut2:");Serial.println(sixthValue);
    }
}
```

```
}
myString="";
// Check if a client has connected
WiFiClient client = server.available();
if (!client) {
    return;
}

// Wait until the client sends some data
Serial.println("new client");
while(!client.available()){
    delay(1);
}

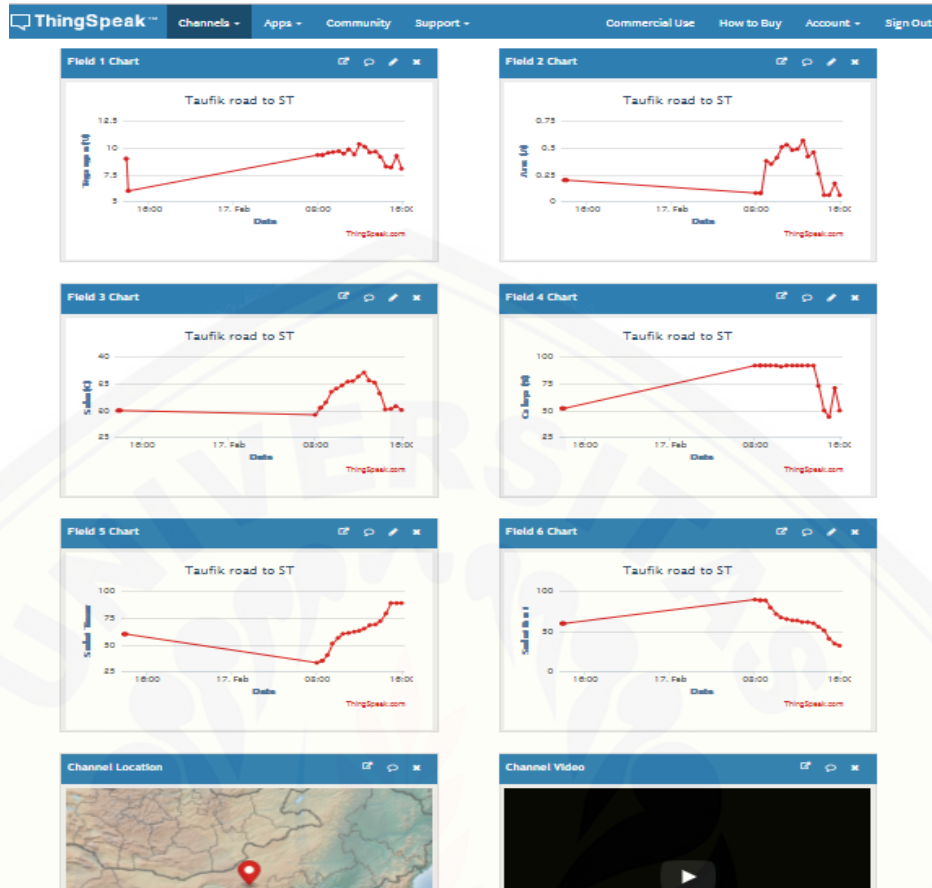
// Read the first line of the request
String request = client.readStringUntil('\r');
Serial.println(request);
client.flush();
client.println("HTTP/1.1 200 OK");
client.println("Content-Type: text/html");
client.println(""); // do not forget this one
client.println("<!DOCTYPE HTML>");
client.println("<html>");
client.println("<head>");
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-capable'
content='yes' />");
client.println("<meta name='apple-mobile-web-app-status-
bar-style' content='black-translucent' />");
client.println("</head>");
client.println("<body bgcolor = \"#f7e6ec\">");
client.println("<hr/><hr>");
client.println("<h4><center> Bismillah </center></h4>");
client.println("<hr/><hr>");
client.println("<br><br>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("tegangan");
client.println(firstValue);
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("Arus");
client.println(secondValue);
client.println("</center>");
```



```
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("suhu");
client.println(thirdValue);
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("Cahaya");
client.println(fourthValue);
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("sudut timur");
client.println(fifthValue);
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");
client.println("sudut barat");
client.println(sixthValue);
client.println("</center>");
client.println("<br><br>");
client.println("<center>");

client.println("<table border=\"5\">");
client.println("<tr>");
client.println("</tr>");
client.println("</table>");
client.println("</center>");
client.println("</html>");
delay(1);
Serial.println("Client disconnected");
Serial.println("");
}
```

F. Foto Dokumentasi Sistem



Gambar 2. Grafik dari server database

created_at	entry_id	field1	field2	field3	field4	field5	field6
2019-02-16 06:50:55	1	9	0.2	30	52	60	60
2019-02-16 06:51:11	2	9	0.2	30	52	60	60
2019-02-16 07:00:45	3	6	0.2	30	52	60	60
2019-02-16 07:03:28	4	6	0.2	30	52	60	60
2019-02-17 01:00:40	5	9.35	0.08	29.2	92	33.32	89.78
2019-02-17 01:29:34	6	9.35	0.08	30.5	92	35.12	88.78
2019-02-17 01:31:20	7	9.35	0.08	30.5	92	35.12	88.78
2019-02-17 01:59:45	8	9.55	0.38	31.5	92	40.52	88.68
2019-02-17 02:29:52	9	9.62	0.35	33.5	92	51.22	79.68
2019-02-17 02:59:53	10	9.71	0.41	34.1	92	56.42	71.68
2019-02-17 03:29:58	11	9.47	0.51	34.7	91	60.33	67.48
2019-02-17 03:59:48	12	9.87	0.53	35.4	92	61.13	65.32
2019-02-17 04:30:19	13	9.39	0.48	35.49	92	62.23	63.85
2019-02-17 04:59:38	14	10.37	0.49	36.34	92	63.13	63.65
2019-02-17 05:29:53	15	10.12	0.57	37.1	92	65.13	61.65
2019-02-17 05:59:35	16	9.59	0.42	35.6	92	68.42	61.65
2019-02-17 06:30:02	17	9.67	0.46	35.2	92	69.02	60.15
2019-02-17 06:59:55	18	9.17	0.26	33.2	73	72.1	55.85
2019-02-17 07:29:39	19	8.27	0.06	30.2	50	79.3	51.35
2019-02-17 07:59:34	20	8.18	0.06	30.3	44	89.01	41.05
2019-02-17 08:29:47	21	9.28	0.17	30.8	71	88.91	34.85
2019-02-17 08:59:31	22	8.06	0.06	30.1	50	88.95	32.21

Gambar 3. Data Unduh dari Database.



Gambar 4. Kontrol Sistem



Gambar 5. Tampilan Utama Sistem

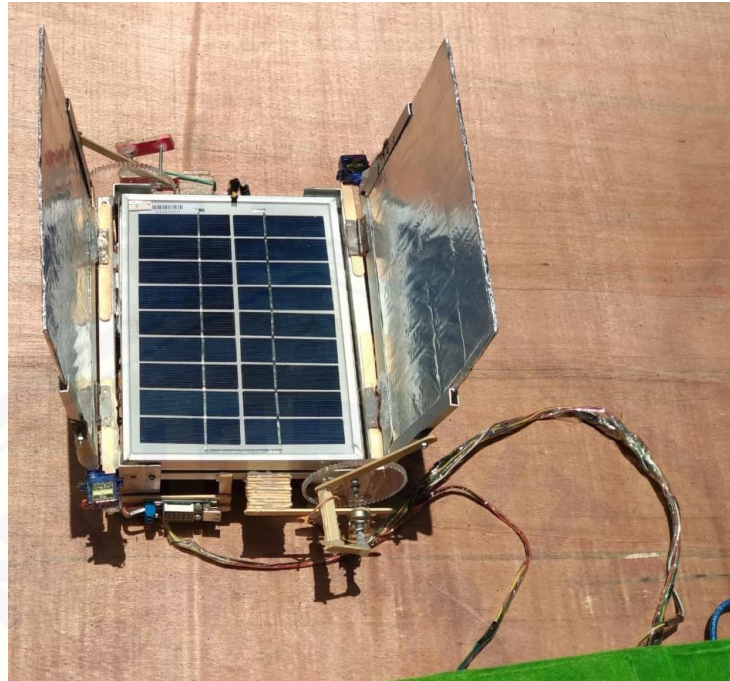
G. Foto Dokumentasi Sistem



Gambar 6. Uji karaktereristik panel surya



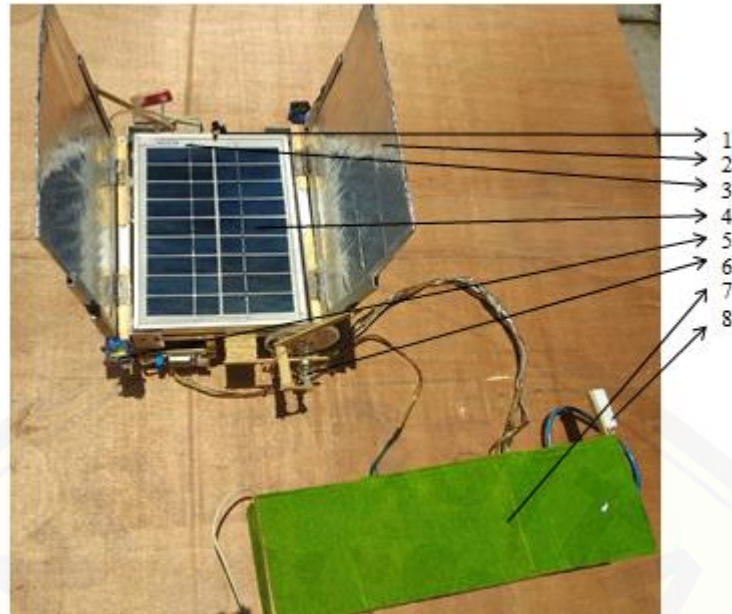
Gambar 7. Keseluruhan *scanning reflektor*



Gambar 8. Pengujian *Scanning Reflektor* di lapangan



Gambar 9. *Buck Converter* 5 V, 2 A



Gambar 10. Keterangan desain

1. Sensor Cahaya dan sensor suhu
2. Reflektor
3. Sensor arus dan tegangan berada dibawah panel
4. Panel surya 5 WP
5. Aktuator (Motor Servo 5 Volt)
6. Sensor Sudut
7. Kotak Kontrol
8. Beban Lampu LED 5 Volt