



**DESAIN DAN UJI KINERJA ALAT PENJEJAK MATAHARI  
BERBASIS ARDUINO NANO UNTUK PANEL SURYA  
SEBAGAI SUMBER ENERGI LAMPU  
PERANGKAP SERANGGA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Fatkhur Roji  
NIM 131710201033**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**DESAIN DAN UJI KINERJA ALAT PENJEJAK MATAHARI  
BERBASIS ARDUINO NANO UNTUK PANEL SURYA  
SEBAGAI SUMBER ENERGI LAMPU  
PERANGKAP SERANGGA**

**SKRIPSI**

Oleh

**Fatkhur Roji  
NIM 131710201033**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**DESAIN DAN UJI KINERJA ALAT PENJEJAK MATAHARI  
BERBASIS ARDUINO NANO UNTUK PANEL SURYA  
SEBAGAI SUMBER ENERGI LAMPU  
PERANGKAP SERANGGA**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1) dan  
mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh

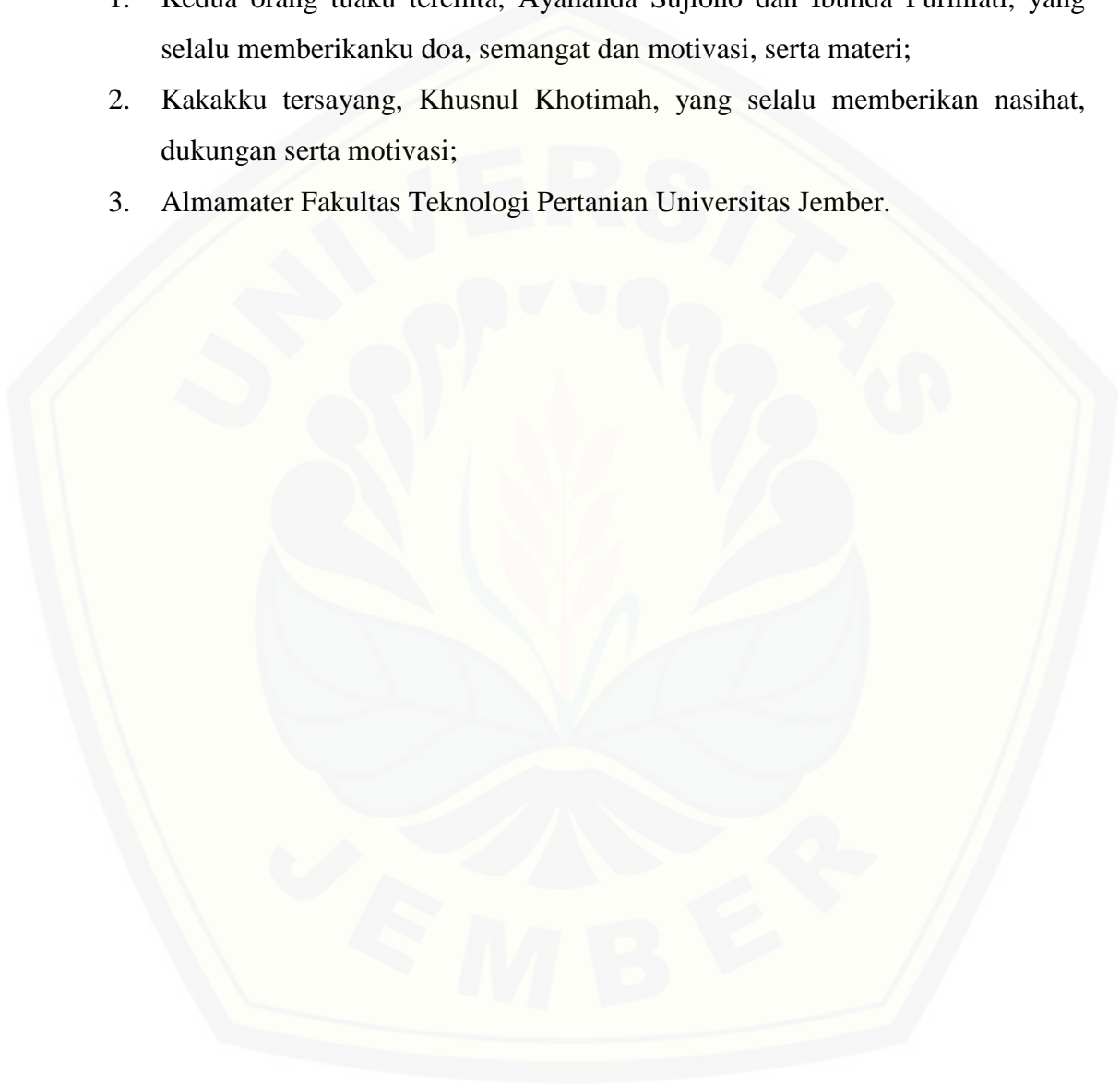
**Fatkhur Roji**  
**NIM 131710201033**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tuaku tercinta, Ayahanda Sujiono dan Ibunda Purmiati, yang selalu memberikanku doa, semangat dan motivasi, serta materi;
2. Kakakku tersayang, Khusnul Khotimah, yang selalu memberikan nasihat, dukungan serta motivasi;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



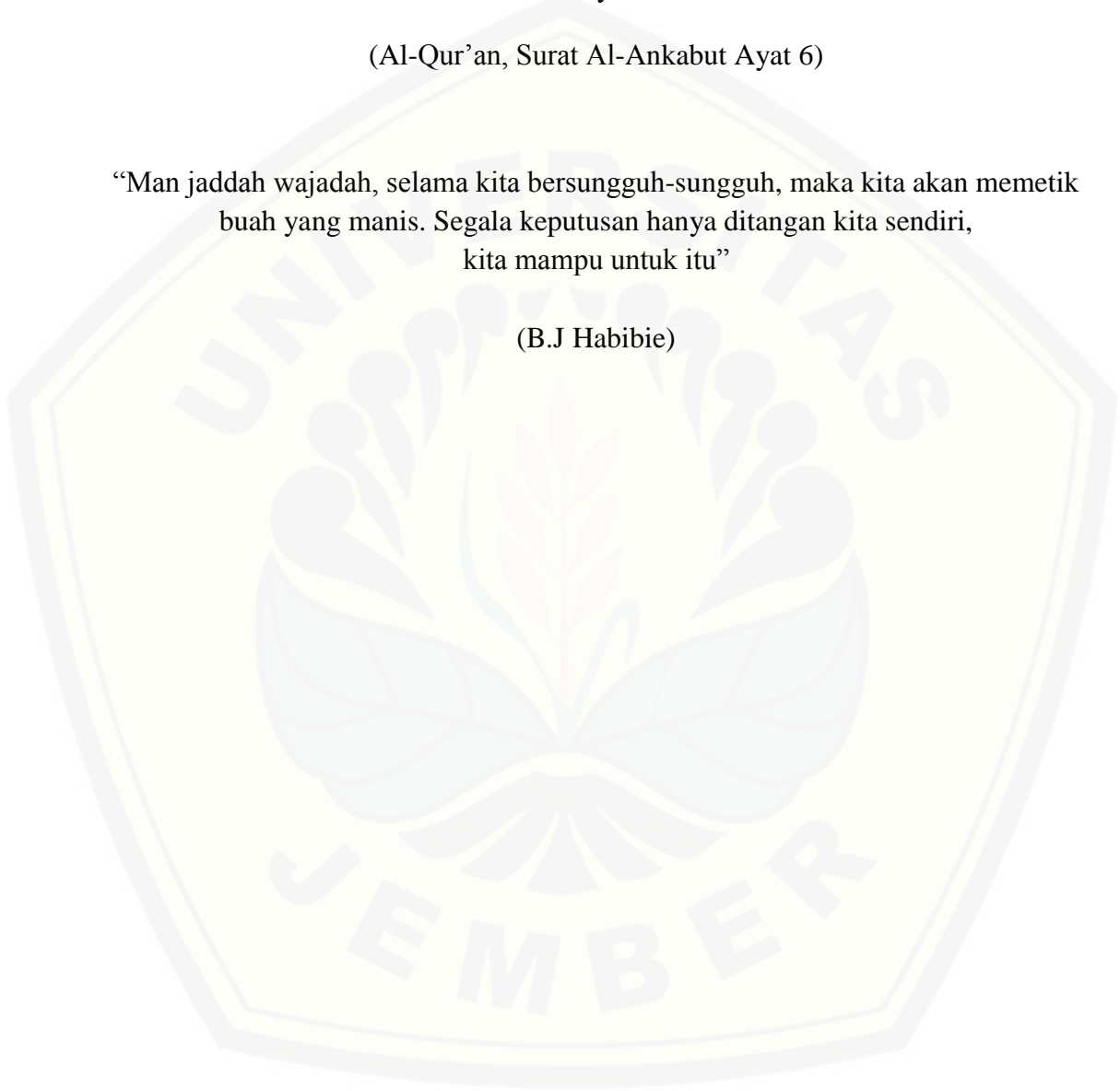
**MOTTO**

“Barangsiapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu adalah untuk dirinya sendiri”

(Al-Qur’an, Surat Al-Ankabut Ayat 6)

“Man jaddah wajadah, selama kita bersungguh-sungguh, maka kita akan memetik buah yang manis. Segala keputusan hanya ditangan kita sendiri, kita mampu untuk itu”

(B.J Habibie)



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fatkhur Roji

NIM : 131710201033

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Desain dan Uji Kinerja Alat Penjejak Matahari Berbasis Arduino Nano untuk Panel Surya Sebagai Sumber Energi Lampu Perangkap Serangga” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi, semua data dan hak publikasi KIT ini ada pada Laboratorium Energi Elektrifikasi Otomatisasi Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 4 September 2018

Yang menyatakan,

Fatkhur Roji  
NIM. 131710201033

**SKRIPSI**

**DESAIN DAN UJI KINERJA ALAT PENJEJAK MATAHARI  
BERBASIS ARDUINO NANO UNTUK PANEL SURYA  
SEBAGAI SUMBER ENERGI LAMPU  
PERANGKAP SERANGGA**

Oleh:

Fatkhur Roji  
NIM 131710201033

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng.  
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Setiyo Harri, M.S.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Desain dan Uji Kinerja Alat Penjejak Matahari Berbasis Arduino Nano untuk Panel Surya sebagai Sumber Energi Lampu Perangkap Serangga” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

Hari :

Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Bambang M., M.Eng.  
NIP 19631212 199003 1 002

Ir. Setiyo Harri, M. S.  
NIP 19530924 198303 1 001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Bayu Taruna Widjaja Putra S.TP., M. Eng., Ph.D.  
NIP. 198410082008121002

Dr. Azmi Saleh S.T., M.T.  
NIP. 197106141997021001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Dr. Siswoyo Soekarno, STP, M. Eng.  
NIP. 196809231994031009



## RINGKASAN

**“Desain dan Uji Kinerja Alat Penjejak Matahari Berbasis Arduino Nano untuk Panel Surya sebagai Sumber Energi Lampu Perangkap Serangga”**; Fatkhur Roji; 131710201033; 2018; 75 Halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Hama serangga merupakan salah satu masalah dalam budidaya tanaman pertanian. Pengendalian hama dapat dilakukan dengan cara pengendalian fisik dan mekanik. Salah satu jenis pengendalian secara fisik yaitu dengan memasang lampu perangkap serangga. Lampu perangkap serangga biasanya menggunakan lampu neon dengan sumber listrik dari PLN yang dialirkan melalui kabel. Terdapat pula lampu perangkap serangga yang menggunakan panel surya sebagai sumber listriknya. Pemanfaatan teknologi panel surya harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya diantaranya yaitu cuaca, temperatur pada permukaan panel surya, debu dan posisi panel surya. Posisi sel surya yang statis tidak dapat menghasilkan listrik yang maksimal karena bumi berotasi dan berevolusi terhadap matahari yang menyebabkan perubahan arah datangnya sinar matahari. Panel surya dapat menghasilkan listrik maksimal ketika posisi sel surya tegak lurus dengan sinar matahari. Posisi ini dapat dicapai dengan menggunakan sistem penjejak matahari. Perancangan sistem penjejak matahari ini menggunakan sistem dua sumbu sehingga dapat mengontrol posisi *azimuth* dan *altitude* dari posisi matahari. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan sebagai pusat pengolahan data pada sistem ini. Sensor LDR digunakan sebagai pendeteksi cahaya matahari. LDR dikalibrasi terlebih dahulu untuk menyamakan nilai semua LDR. Aktuator pada sistem ini berupa motor servo. Servo hanya aktif mulai pukul 07.00 sampai 16.00 WIB. Sistem penjejak matahari pada lampu perangkap serangga yang sudah dibuat dapat memosisikan panel surya tegak lurus dengan matahari. Posisi tegak lurus hanya terjadi saat cuaca cerah saja tetapi pada saat berawan atau mendung panel surya tidak dapat tegak lurus dengan matahari. Hal ini karena kalibrasi LDR dilakukan pada saat cuaca cerah. Daya yang dihasilkan panel surya dengan sistem penjejak dibandingkan dengan daya yang dihasilkan panel surya tanpa sistem penjejak. Panel surya dengan sistem penjejak menghasilkan daya yang lebih maksimal daripada panel surya tanpa sistem penjejak. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan sistem penjejak matahari pada lampu perangkap serangga dapat berfungsi dengan baik.

## SUMMARY

**“Design and Performance Test of Arduino Nano Based Solar Tracking Equipment for Solar Panels as an Energy Sources for Insect Trap lights”;** Fatkhur Roji; 131710201033; 2018; 75 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Insect pest is one of the problems in the cultivation of agricultural crops. Pest control can be conducted through physical and mechanical control. An example of physical control is by installing insect trap light. Insect trap lamps commonly use neon lights with a power source from PLN streamed through wire. There are also light trap for insect that use solar panel as a source of electricity source. The use of solar panel technology is supposed to pay some attention to several factors that effect the performance of solar panel such as the weather, the temperature on the surface of solar panels, the dust and the solar panel position. A static solar cell position cannot produce maximum electricity because the earth rotates and evolves against the sun causing continous changes of the direction on the sunlight. Solar panels can produce maximum electricity when the solar cells position is perpendicular to sunlight. This position can be gained by using a solar tracking system. The design of this solar tracking system uses two-axis system so that it can control the *azimuth* position and the *altitude* from sun position. Arduino Nano microcontroller is used as the data processing center on this system. The LDR sensor is used as a sunlight detector. Firstly, LDR is calibrated to equalize all LDR values. Actuators on this system is servo motors. Servo is only active starting at 07.00 until 16.00 pm. The solar tracking system on insect trap lights that have been created can relocate the solar panel so that it is perpendicular to the sun. The perpendicular position only occurs when the weather is sunny but when it is cloudy or overcast, the solar panel cannot be perpendicular to the sun. This is because the LDR calibration is executed when the weather is sunny. The power produced by the solar panel with the tracking system compared to the power produced by solar panels without the tracking system. Solar panels with tracking systems produce more power than solar panels without a tracking system. Based on the tests that have been coducted, the sun tracking system on insect trap lights can work well.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Aplikasi Sistem Pakar Hama dan Penyakit Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*) di Pabrik Gula Djatiroto dengan Metode *Forward Chaining* Berbasis Web”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Komisi Bimbingan yang telah meluangkan tenaga, waktu, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Ir. Setiyo Harri, M.S., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing serta meluangkan waktu, pikiran, dan perbaikan dalam penulisan skripsi ini;
3. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dari awal perkuliahan sampai lulus.
4. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan yang lainnya;
6. Keluarga besar UKM-O SAHARA yang telah memberikan inspirasi, semangat, dan pengalaman yang tidak ada di bangku kuliah serta membentuk pribadi yang tangguh.
7. Sahabat-sahabatku Yoga, Fahri, Iqbal, Karmin, Rifan, Epe, Elsdin, Rifqi, Himma, Affan, Ma'ruf, Dicky, Elman, dan Ririn Dwi Aprining Tiyas serta semuanya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang selalu menemani

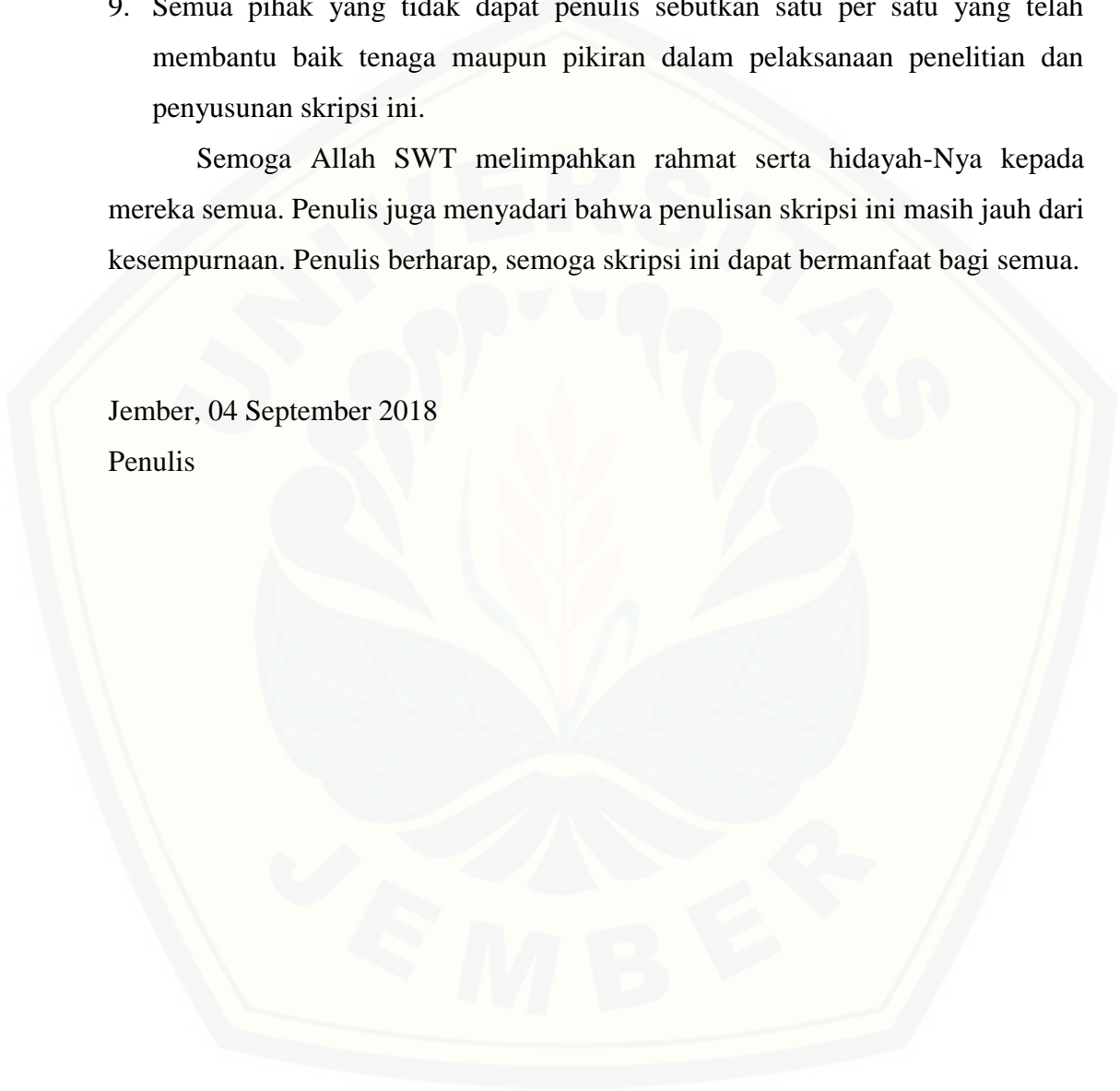
disaat susah dan selalu mendukung, memotivasi dan menyemangati sampai Karya Tulis Ilmiah ini selesai.

8. Teman-temanku kelas TEP-A dan teman-teman seangkatan 2013 yang penuh dengan semangat dan kasih sayang terima kasih atas nasehat serta motivasinya;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya kepada mereka semua. Penulis juga menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 04 September 2018

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	viii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Hama Tanaman</b> .....	4
2.1.1 Pengendalian Hama Tanaman .....	4
2.1.2 Hama Serangga .....	4
<b>2.2 Energi Surya</b> .....	5
2.2.1 Pancaran Energi Surya .....	5
2.2.2 Sel Surya .....	6
<b>2.3 Sistem Penjejak Matahari</b> .....	6

2.3.1 Sistem Penjejak Matahari yang Pernah Dibuat .....	7
2.3.2 Mikrokontroler Arduino Nano .....	7
2.3.3 Komponen Elektronika .....	8
<b>2.4 Software Elektronika</b> .....	12
2.4.1 <i>Proteus Profesional 7.5</i> .....	13
2.4.2 <i>Integrated Development Environment (IDE)</i> .....	14
<b>2.5 Sistem Kontrol</b> .....	16
2.5.1 Elemen Sistem Kontrol .....	17
2.5.2 <i>Variabel</i> Sistem .....	17
<b>2.6 Sistem Kontrol Penjejak Matahari berbasis Arduino</b> ....	18
<b>BAB 3. METODOLOGI</b> .....	19
<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	19
<b>3.2 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	19
<b>3.3 Diagram Kerja Penelitian</b> .....	19
<b>3.4 Tahapan Perancangan</b> .....	21
3.4.1 Rancangan Operasional .....	21
3.4.2 Rancangan Fungsional .....	21
3.4.3 Rancangan Struktural .....	24
3.4.4 Rancangan Industri .....	25
<b>3.5 Tahap Pembuatan</b> .....	25
3.5.1 Pembuatan Simulasi Rangkaian .....	25
3.5.2 Pemrograman Menggunakan IDE .....	26
3.5.3 Penyeragaman Nilai LDR .....	26
3.5.4 Pembuatan Sistem Penjejak Matahari dan Alat Perangkap .....	26
3.5.5 Pengujian Sistem Penjejak Matahari.....	26
3.5.6 Penggabungan Sistem Penjejak Matahari dan Alat Perangkap .....	26
<b>3.6 Pengambilan dan Analisis Data</b> .....	27
3.6.1 Pengambilan Data .....	27
3.6.2 Pengolahan dan Analisis Data .....	28

<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	29
<b>4.1 Hasil Perancangan dengan <i>Software</i></b> .....	29
4.1.1 Perancangan Simulasi Sistem Penjejak Matahari .....	29
4.1.2 Perancangan Bahasa Pemrograman IDE Arduino .....	30
<b>4.2 Hasil Perancangan dengan <i>Hardware</i></b> .....	30
4.2.1 Perakitan Sensor ( <i>Light Dependent Resistor</i> ) LDR .....	30
4.2.2 Perakitan Dudukan Servo .....	31
4.2.3 Perakitan Rangkaian Pengubah Tegangan dan Lampu HPL .....	32
4.2.4 Perakitan Unit Kontrol dan Modul <i>Relay</i> .....	32
<b>4.3 Pengujian Komponen</b> .....	34
4.3.1 Pengujian Keseragaman Sensor LDR .....	34
4.3.2 Pengujian <i>Relay</i> .....	35
4.3.3 Pengujian Servo .....	36
4.3.4 Pengujian <i>Real Time Clock</i> (RTC) .....	37
4.3.5 Pengujian modul <i>Bluetooth</i> .....	37
<b>4.4 Hasil Pembuatan Alat Penjejak Matahari pada         Lampu Perangkap Serangga</b> .....	38
<b>4.5 Uji Kinerja Lampu Perangkap</b> .....	40
4.5.1 Ketepatan Posisi Panel Surya .....	41
4.5.2 Kesesuaian Kinerja <i>Relay</i> .....	44
4.5.3 Daya yang Dihasilkan Sistem .....	45
4.5.4 Hubungan antara Daya Panel surya, Intensitas Cahaya Lampu HPL dan Intensitas Cahaya yang Diterima Panel Surya .....	47
4.5.5 Pengisian Daya Baterai .....	49
4.5.6 Hasil Serangga Tangkapan .....	51
<b>4.6 Perbedaan Keluaran Energi Listrik Panel Surya dengan         Sistem Penjejak dan Tanpa Sistem Penjejak</b> .....	51
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	56
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	56

<b>5.2 Saran</b> .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN</b> .....	59





**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 4.1 Konfigurasi <i>Port Relay</i> , RTC, Bluetooth – Pin Arduino Nano .....	34
Tabel 4.2 Nilai LDR sebelum dan sesudah penyeragaman .....	35
Tabel 4.3 Hasil pengujian ketepatan posisi panel surya tanggal 20 Agustus 2017 .....	42
Tabel 4.4 Hasil pengujian ketepatan posisi panel surya tanggal 21 Agustus 2017 .....	42
Tabel 4.5 Hasil pengujian ketepatan posisi panel surya tanggal 22 Agustus 2017 .....	43
Tabel 4.6 Hasil pengukuran nilai tegangan dan arus pada tanggal 20/ 08/ 2017.....	45
Tabel 4.7 Hasil pengukuran nilai tegangan dan arus pada tanggal 21/ 08/ 2017.....	46
Tabel 4.8 Hasil pengukuran nilai tegangan dan arus pada tanggal 22/ 08/ 2017.....	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sudut <i>azimuth</i> dan sudut <i>altitude</i> dari posisi matahari.....	6
Gambar 2.2 Platform Arduino Nano .....	8
Gambar 2.3 <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR) .....	9
Gambar 2.4 Diagram blok servo motor .....	10
Gambar 2.5 Dioda .....	12
Gambar 2.6 <i>Screen layout</i> ISIS .....	13
Gambar 2.7 <i>Interface</i> Arduino IDE .....	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	20
Gambar 3.2 Prinsip kerja sistem penjejak matahari.....	21
Gambar 3.3 Diagram hubungan unit fungsional .....	22
Gambar 3.4 Diagram alir perintah-perintah menjalankan sistem penjejak pada Adrduino Nano .....	23
Gambar 3.5 Desain struktural sistem penjejak matahari.....	25
Gambar 4.1 Simulasi sistem penjejak matahari menggunakan <i>Software Proteus Profesional 7.5</i> .....	30
Gambar 4.2 Hasil perakitan sensor LDR .....	31
Gambar 4.3 Hasil perakitan dudukan servo atas dan servo bawah .....	31
Gambar 4.4 Hasil perakitan pengubah tegangan dan lampu HPL .....	32
Gambar 4.5 Hasil perakitan unit kontrol dan modul <i>relay</i> .....	33
Gambar 4.6 Pengujian <i>Relay</i> .....	36
Gambar 4.7 Hasil pengujian keberfungsian RTC .....	37
Gambar 4.8 Pengujian keberfungsian modul <i>Bluetooth</i> .....	38
Gambar 4.9 Hasil pembuatan lampu perangkap serangga dengan sistem penjejak matahari.....	40
Gambar 4.10 Media pengukur sudut matahari.....	41
Gambar 4.11 Grafik kesuaian kinerja <i>relay</i> lampu dan <i>relay</i> servo .....	44

	Halaman
Gambar 4.12 panel surya dengan sistem penjejak dan tanpa penjejak .....	48
Gambar 4.13 Intensitas cahaya lampu HPL dengan sistem penjejak dan tanpa Penjejak .....	48
Gambar 4.14 Intensitas cahaya yang diterima panel surya dengan sistem penjejak dan tanpa penjejak .....	49
Gambar 4.15 Pengisian dan pemakaian daya baterai .....	50
Gambar 4.16 Perbandingan panel surya dengan sistem penjejak dan tanpa sistem penjejak tanggal 28 Agustus 2017 .....	52
Gambar 4.17 Perbandingan panel surya dengan sistem penjejak dan tanpa sistem penjejak tanggal 29 Agustus 2017 .....	53
Gambar 4.18 Perbandingan panel surya dengan sistem penjejak dan tanpa sistem penjejak tanggal 30 Agustus 2017 .....	53



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
Lampiran 1. Koding Arduino Nano .....	59
Lampiran 2. Tabel Data Panjang Bayangan Paku dan Perhitungan Penentuan Sudut Matahari Berdasarkan Metode Trigonometri .....	63
Lampiran 3. Tabel Perbandingan Daya Panel Surya dengan Sistem..... Penjejak dan Tanpa Sistem Penjejak .....	66
Lampiran 4. Tabel Pengisian Daya Baterai .....	71
Lampiran 5. Dokumentasi pergerakan panel surya .....	73

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hama serangga merupakan salah satu masalah dalam budidaya tanaman pertanian. Pengendalian hama serangga perlu dilakukan agar memperoleh hasil panen yang maksimal. Pengendalian hama dapat dilakukan dengan cara kimiawi, hayati, mekanik dan fisik. Pengendalian secara kimiawi yang dimaksudkan adalah menggunakan pestisida untuk mengendalikan hama agar hama tidak menimbulkan kerusakan bagi tanaman yang diusahakan. Pengendalian secara kimiawi dapat menimbulkan berbagai masalah diantaranya mengganggu kesehatan petani, resistensi hama, resurgensi hama, letusan hama kedua, dan lain-lain. Pengendalian hama secara hayati yaitu pengendalian hama yang dilakukan secara sengaja memanfaatkan musuh alami hama berupa parasitoid, predator, dan patogen. Pengendalian secara mekanik dan fisik adalah pengendalian yang dilakukan dengan tujuan secara langsung dan tidak langsung dalam mengurangi populasi hama (Untung, 1996).

Salah satu jenis pengendalian secara mekanik dan fisik adalah dengan memasang lampu perangkap serangga. Lampu perangkap serangga yang digunakan biasanya menggunakan lampu neon dengan sumber listrik dari PLN yang dialirkan melalui kabel. Terdapat pula lampu perangkap serangga yang menggunakan panel surya sebagai sumber listriknya. Panel surya bekerja menyerap energi radiasi matahari kemudian mengubahnya menjadi listrik dengan cara memisahkan muatan positif dan negatif bebas ke daerah-daerah lain dari sel surya. Selanjutnya, muatan-muatan yang telah dipisahkan dipindahkan ke terminal-terminal listrik dalam bentuk aliran listrik.

Energi listrik yang dihasilkan panel surya kemudian dialirkan ke baterai untuk disimpan. Energi listrik yang disimpan digunakan untuk menyalakan lampu untuk menarik serangga. Pemanfaatan teknologi panel surya harus memperhatikan beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya diantaranya yaitu cuaca, posisi panel surya, temperatur pada permukaan panel surya dan debu. Debu pada permukaan panel surya berpengaruh terhadap proses konversi energi matahari

menjadi energi listrik karena energi radiasi yang diterima oleh semikonduktor pada sel surya berkurang. Posisi panel surya yang statis juga mempengaruhi proses konversi energi matahari menjadi energi listrik karena bumi berotasi dan berevolusi terhadap matahari yang menyebabkan perubahan arah datangnya sinar matahari. Posisi panel surya yang tegak lurus dengan sinar matahari akan menghasilkan daya maksimal. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan (Pradeep *et al.*, 2014:232) bahwa posisi matahari merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan ketidakstabilan tegangan output pengukuran pada panel surya. Panel surya tidak akan mampu mencapai penerangan maksimal dari matahari ketika panel surya pada posisi statis tetapi dengan posisi dinamis dapat memproduksi output tegangan yang lebih tinggi karena mendapat penyerapan optimum. Oleh karena itu, diperlukan sistem penjejak matahari pada panel surya agar posisi panel surya dapat selalu tegak lurus dengan matahari.

Perancangan sistem penjejak matahari pada penelitian ini menggunakan sistem dua sumbu agar dapat mengontrol posisi *azimuth* dan *altitude* dari posisi matahari. Hal ini memungkinkan posisi sel surya dapat selalu tegak lurus dengan matahari sehingga energi yang diserap dapat maksimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penerapan panel surya untuk lampu perangkat serangga sudah banyak dilakukan. Penerapan yang sudah dilakukan hanya menggunakan panel surya statis. Panel surya akan menghasilkan daya maksimal ketika tegak lurus dengan matahari. Sistem penjejak matahari berbasis Arduino Nano dapat digunakan untuk mengubah posisi panel surya secara otomatis agar selalu tegak lurus dengan matahari. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Belum adanya pengaplikasian sistem penjejak matahari pada lampu perangkat serangga dengan sumber energi panel surya.
2. Perlunya uji kinerja sistem penjejak matahari pada lampu perangkat serangga.

### **1.3 Batasan Masalah**

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada kinerja sistem penjejak matahari dengan pergerakan dari timur ke barat dan kemampuan mencukupi energi lampu perangkat serangga. Parameter yang diukur meliputi tegangan dan arus yang dikonsumsi sistem maupun yang dihasilkan sistem.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat sistem penjejak matahari pada lampu perangkat serangga.
2. Menguji kinerja sistem penjejak matahari pada lampu perangkat serangga.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi petani dapat mengaplikasikan sistem penjejak untuk lampu perangkat serangga tenaga surya.
2. Bagi mahasiswa dapat menerapkan ilmu yang diperoleh diperkuliahan secara langsung kepada petani.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Hama Tanaman

Hama merupakan suatu hewan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada tanaman sehingga pertumbuhan tanaman terganggu. Hama dapat merusak tanaman secara langsung maupun tidak langsung. Serangan hama dapat terjadi sejak benih, pembibitan, pemanenan hingga di gudang penyimpanan. Hama yang menyerang tanaman ada beraneka ragam, misalnya wereng, gangsir, tikus, ulat tanah, lalat buah, walang sangit, kutu, dan lain-lain. (Untung, 1996:44-48).

#### 2.1.1 Pengendalian Hama Tanaman

Pengendalian hama dapat dilakukan dengan berbagai cara. Dua diantaranya yaitu, pengendalian fisik dan mekanik. Pengendalian fisik dan mekanik merupakan tindakan yang dilakukan dengan tujuan secara langsung dan tidak langsung.

Pengetahuan fisik dan mekanik harus dilandasi oleh pengetahuan yang menyeluruh tentang ekologi hama. Setiap hama serangga memiliki batas toleransi terhadap faktor lingkungan fisik seperti suhu, kelembapan, bunyi, sinar, spektrum elektromagnetik, dan lain-lain. Beberapa perlakuan atau tindakan yang termasuk dalam pengendalian fisik antara lain adalah pemanasan, pembakaran, pendinginan, pembasahan, pengeringan, lampu perangkap, dan radiasi sinar infra merah. Teknik pengendalian mekanik yang sering dilakukan dalam praktek pengendalian hama adalah pengambilan dengan tangan, gopyokan, memasang perangkap, pengusiran, dan lain-lain (Untung, 1996:158-164). Pengendalian fisik yang menggunakan lampu perangkap, biasanya menggunakan lampu neon dengan sumber energi listrik dari PLN atau menggunakan energi radiasi matahari sebagai sumber listriknya dengan memanfaatkan panel surya.

#### 2.1.2 Hama Serangga

Sebagian besar hama tanaman adalah jenis serangga. Serangga yang berpotensi menimbulkan kerugian dan dalam populasi yang besar dapat dikatakan hama serangga. Hama serangga terdiri dari serangga herbivora dan karnivora. Serangga-serangga ini berkompetisi dalam hal memperoleh makanan. Populasi



serangga herbivora yang lebih besar dari pada populasi serangga karnivora dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Beberapa contoh hama serangga herbivora misalnya belalang, walang sangit, ulat tanah, dan lain-lain (Untung, 1996:45).

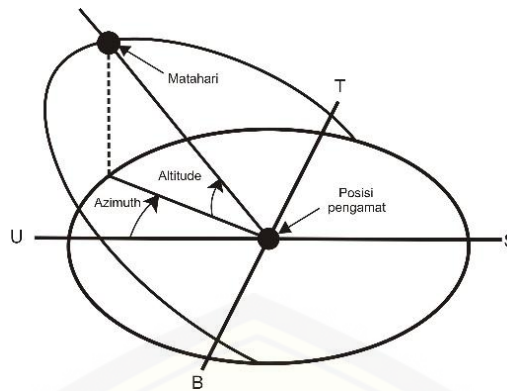
## 2.2 Energi Surya

Energi surya sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Bagi dunia pertanian radiasi surya bermanfaat untuk irigasi dan untuk penunjang proses fotosintesis tanaman. Radiasi surya juga dapat dikonversi menjadi energi listrik (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008:260).

### 2.2.1 Pancaran Energi Surya

Energi yang dipancarkan matahari merupakan radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik yang diserap bumi hanya sebesar 50%. Energi radiasi yang dipancarkan matahari bervariasi yaitu sebesar 1308 watt/m<sup>2</sup> dan 1398 watt/m<sup>2</sup>. Berdasarkan luas penampang bumi yang menghadap matahari dan yang berputar sepanjang tahun maka besar energi yang diserap bumi sebesar  $751 \times 10^{15}$  kW-jam (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008:270).

Perpindahan sudut matahari dari timur atau barat karena rotasi bumi pada porosnya sebesar 15° per jam. Posisi matahari di langit mengalami perubahan setiap waktunya. Posisi ini dinyatakan dalam sudut *azimuth* dan sudut *altitude*. Sudut *azimuth* adalah sudut deklinasi/penyimpangan matahari dari utara, sudut ini diukur pada bidang datar dengan arah pengukuran dari utara searah jarum jam. Sedangkan sudut *altitude* adalah sudut tinggi matahari yang diukur dari horizontal ke arah *zenith* (titik tertinggi di bola langit) setelah ditentukan sudut *azimuth* (Duffie dan Beckman, 1991:13). Gambar 2.1 merupakan sudut *azimuth* dan sudut *altitude* matahari.



Gambar 2.1. Sudut *azimuth* dan sudut *altitude* dari posisi matahari (Latifah,2015:93)

### 2.2.2 Sel Surya

Sel surya merupakan alat semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik dengan memanfaatkan energi matahari. Sel surya terbuat dari bahan silikon kristal tunggal. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif, lapisan negatif (tipe-n) 3 dan lapisan positif (tipe-p) 4. Ada beberapa jenis panel surya yang terdapat di pasaran. Jenis pertama, yang terbaik saat ini, adalah jenis monokristalin. Panel ini memiliki efisiensi 12-14%. Jenis kedua adalah jenis polikristalin atau multikristalin, yang terbuat dari kristal silikon dengan efisiensi 10-12%. Jenis ketiga adalah silikon jenis amorphous, yang berbentuk film tipis dengan efisiensi sekitar 4-6%. Jenis yang keempat adalah panel surya yang terbuat dari GaAs (Gallium Arsenide) yang lebih efisien pada temperatur tinggi (Damastuti, 1997).

Sel surya dapat menghasilkan listrik dengan cara menyerap cahaya dalam semikonduktor dan memisahkan muatan positif dan negatif bebas ke daerah-daerah lain dari sel surya. Selanjutnya muatan-muatan yang telah dipisahkan dipindahkan ke terminal-terminal listrik dalam bentuk aliran listrik (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2008:271-272).

### 2.3 Sistem Penjejak Matahari

Sistem penjejak matahari adalah sebuah sistem yang bekerja untuk mengikuti arah datangnya sinar matahari. Sistem ini biasanya digunakan untuk panel surya agar penampang panel surya dapat tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari sehingga energi yang diserap panel surya dapat maksimal.

Komponen utama pada sebuah sistem penjejak matahari adalah mikrokontroler, sensor cahaya, dan motor penggerak. Mikrokontroler berfungsi

sebagai pusat pengolah data. Sensor cahaya berfungsi sebagai penangkap arah datang matahari. Motor penggerak berfungsi menggerakkan panel surya agar tegak lurus dengan sinar matahari.

### 2.3.1 Sistem Penjejak Matahari yang Pernah Dibuat

Sistem penjejak matahari dapat dibuat menggunakan berbagai macam mikrokontroler, sensor cahaya, dan motor penggerak. Seperti halnya penelitian yang sudah dilakukan oleh Hardianto dan Rinaldi pada 2012 di Bengkulu. Penelitian tersebut berjudul “Perancangan *Prototype* Penjejak Cahaya Matahari Pada aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. Hardianto dan Rinaldi menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pusat pengolahan data. Empat buah photo dioda digunakan sebagai sensor pedeteksi sinar matahari. Dua buah motor servo DC digunakan sebagai penggerak panel surya, sehingga panel surya dapat mengikuti arah sinar matahari. Sistem penjejak yang dibuat menghasilkan efisiensi sebesar 36,216 %. Menurutnya panel yang digunakan sebaiknya lebih dari satu agar kapasitasnya bertambah karena untuk mengimbangi energi yang digunakan sistem.

Pada penelitian ini sistem penjejak matahari yang dibuat diaplikasikan pada lampu perangkap serangga. Mikrokontroler yang digunakan berupa Arduino Nano. Sensor cahaya yang digunakan adalah *Light Dependant Resistor* (LDR). Motor penggerak yang digunakan berupa motor servo DC serta berbagai komponen elektronika penunjang lainnya.

### 2.3.2 Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler adalah komputer yang berukuran mikro dalam satu chip *Integrated Circuit* (IC) yang terdiri dari *processor*, memori, dan antar muka yang dapat diprogram sesuai kebutuhan pemakai.

Salah satu jenis mikrokontroler adalah Arduino Nano yang merupakan sebuah platform komputasi fisik (*physical computing*) yang *open source* pada *board input output* sederhana. Arduino Nano menggunakan mikrokontroler ATmega328 atau Atmega168 pada papan sirkuitnya. Arduino Nano memiliki 14 pin digital (6 pin sebagai *output* PWM yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11), 8 *input*

analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi Mini-B USB, sebuah tombol reset dan memiliki panjang 45 mm, lebar 18 mm, dan berat 5 g. Arduino memiliki *software* pemrograman sendiri yaitu IDE Arduino (Santoso, 2015). Platform Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Platform Arduino Nano (Sumber: Arduino, 2016).

### 2.3.3 Komponen Elektronika

Terdapat beberapa komponen yang memiliki fungsi untuk menunjang suatu alat elektronik. Berikut adalah beberapa komponen yang dimaksudkan.

#### a. Relay

*Relay* adalah sebuah komponen *switch* (pemutus arus) yang digunakan untuk arus besar ( $>5$  A). *Relay* berfungsi sebagai saklar yang bekerja berdasarkan input yang dimilikinya. Secara umum *relay* terdiri dari *coil* dan *contact*. *Coil* adalah komponen yang terdiri dari lilitan kawat tembaga. *Contact* adalah komponen yang berfungsi sebagai pemutus maupun penghubung listrik. Ketika *coil* dialiri listrik maka akan timbul energi elektromagnetik pada *coil*. Energi elektromagnetik pada *coil* menarik batang besi *contact*, sehingga *contact* dapat berubah dalam kondisi tertutup ataupun terbuka. *Relay* mempunyai kelebihan yaitu dapat digunakan *switch Alternating Current (AC)* dan *Direct Current (DC)* (Budiharto dan Firmansyah, 2010:47).

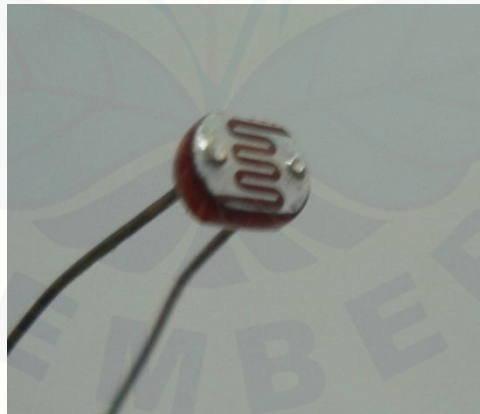
#### b. Resistor

Resistor adalah komponen elektrik yang berfungsi memberikan hambatan terhadap aliran arus listrik. Resistor memiliki besaran yang disebut resistansi. Bentuk resistor yang umum adalah silinder tabung dengan dua kaki tembaga di

kiri dan kanan. Pada badannya terdapat lingkaran membentuk gelang kode warna untuk mengenali besar resistensi, sehingga dapat mengetahui resistansi resistor tanpa harus mengukur dengan ohmmeter. (Budiharto dan Firmansyah, 2010:29-35).

c. Sensor Cahaya *Light Dependant Resistor* (LDR)

Sensor cahaya adalah sebuah komponen yang mempunyai perubahan resistensi yang besarnya tergantung pada cahaya yang diterimanya. Terdapat beberapa jenis sensor cahaya diantaranya yaitu fotoresistor, fotodiode, dan fototransistor. Fotoresistor atau LDR adalah suatu resistor yang terbuat dari *Cadmium Sulfida* (CdS) yang nilai resistansinya berubah berdasarkan cahaya yang mengenai permukaannya. Semakin banyak cahaya yang diterima LDR maka nilai resistansinya semakin kecil atau juga sebaliknya. Nilai resistansi fotoresistor berkisar dari ohm hingga beberapa kilo ohm (Adi, 2010:171-174). Sama seperti resistor pada umumnya, LDR memiliki 2 kaki. Pemasangan LDR pada suatu rangkaian dapat dilakukan dengan acak, artinya meskipun terbalik LDR tetap berfungsi. Bentuk fisik LDR dapat dilihat pada Gambar 2.3.

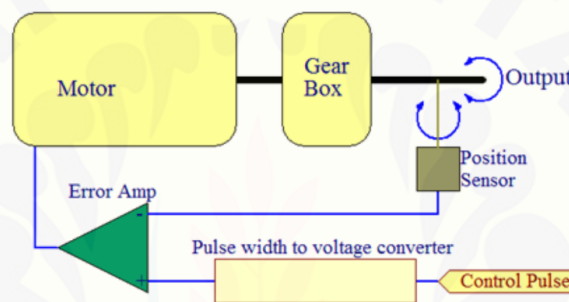


Gambar 2.3 *Light Dependent Resistor* (LDR) (Sumber: Data primer, 2017)

d. Motor Servo

Servo adalah suatu *device* yang digunakan untuk memberikan kontrol mekanik pada jarak. Servomotor mempunyai keluaran *shaft* (poros). Poros ini dapat ditempatkan pada posisi sudut spesifik dengan mengirimkan sinyal kode

pada saluran kontrol servomotor. Selama sinyal kode ada di saluran kontrol, servo akan tetap berada di posisi sudut poros. Bila sinyal kode berubah, posisi sudut poros berubah. Servomotor terdiri dari beberapa bagian utama: motor dan *gearbox*, sensor posisi, *error amplifier* dan motor *driver* serta sirkuit yang mendekode posisi yang diminta. *Radio control receiver system* (atau kontroler lainnya) membangkitkan suatu pulsa yang lebarnya berubah sekitar setiap 20 ms. Pulsa ini lebarnya biasanya antara 1 dan 2 ms. Lebar pulsa digunakan oleh servo untuk menentukan posisi rotasi yang dikehendaki. Diagram blok servo motor dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4. Diagram blok servo motor (Sumber: Syahrul, 2015)

Pulsa kontrol diumpankan ke *pulsewidth to voltage controller*. Sirkuit ini mengisi muatan kapasitor pada kecepatan konstan selama *pulsa* dalam keadaan *high*. Bila pulsa menuju *low*, muatan pada kapasitor diumpankan ke output via buffer amplifier yang sesuai dan menghasilkan suatu tegangan yang sesuai dengan lebar pulsa yang dikenakan. Tegangan output disangga dan juga tidak turun secara signifikan antara pulsa-pulsa kontrol sehingga lebar waktu antara pulsa-pulsa tidak kritis. Arus posisi rotasi poros (keluaran servomotor) dibaca oleh sebuah sensor. Sensor ini biasanya adalah sebuah potensiometer (*variable resistor*) yang menghasilkan tegangan yang sesuai dengan sudut mutlak poros. Sensor posisi kemudian mengumpankan nilai arus ke *error amplifier* yang membandingkan arus posisi dengan posisi yang diperintahkan dari *pulse width to voltage converter*. Potensiometer memungkinkan sirkuit kontrol untuk memonitor arus sudut servomotor. Jika poros motor berada pada sudut yang

benar, maka motor mengunci. Jika sirkuit mendapatkan sudut yang tidak benar, dia akan memutar motor ke arah yang benar hingga sudutnya benar. *Output* poros servomotor dapat berputar sekitar 180 derajat. Umumnya, rentang putaran hingga 210 derajat tergantung pabrik. Servomotor normal digunakan untuk mengontrol gerakan sudut antara 0 dan 180 derajat. Jumlah daya yang digunakan pada motor adalah sebanding dengan jarak yang ditempuh. Jadi, jika diperlukan poros berputar dengan jarak yang besar, motor akan berjalan pada kecepatan penuh. Jika diperlukan hanya putaran kecil, motor akan berjalan pada kecepatan lebih lambat. Saluran kontrol digunakan untuk berhubungan dengan sudut. Sudut ditentukan oleh durasi pulsa yang dikenakan pada saluran kontrol. Ini disebut *Pulse Width Modulation* (PWM).

*Error amplifier* adalah sebuah penguat operasional dengan umpan balik negatif. Amplifier ini akan selalu mencoba memperkecil perbedaan antara input inverting dan non-inverting dengan mendrive outputnya ke arah yang benar. Keluaran *error amplifier* digunakan untuk men-drive servomotor. Jika positif, servomotor akan berputar dalam suatu arah, jika negatif maka sebaliknya. Hal ini mengizinkan *error amplifier* mengurangi beda tegangan antara inputnya dan juga membuat servomotor menuju ke posisi yang diperintahkan (Syahrul, tanpa tahun:144-145).

#### e. Baterai

Baterai adalah sebuah alat yang dapat mengubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan oleh suatu perangkat elektronik. Setiap baterai terdiri dari terminal positif (katoda) dan terminal negatif (anoda) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC. Pada umumnya, baterai terdiri dari 2 jenis utama yakni baterai primer yang hanya dapat sekali pakai dan baterai sekunder yang dapat diisi ulang.

Salah satu jenis baterai sekunder yaitu baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA). Baterai VRLA adalah baterai yang tertutup rapat sehingga oksigen dari luar tidak dapat masuk serta mencegah penguapan yang terjadi pada baterai (Salkind *et al.*, 2002:676). Baterai VRLA biasa digunakan pada penggunaan

panel surya sebagai media penyimpan daya dari panel surya karena perawatannya yang mudah.

## f. Dioda

Dioda adalah komponen elektronik berbahan semikonduktor yang mengalirkan arus satu arah saja. Dioda dibuat dari germanium atau yang disebut silikon. Struktur dioda ini terdiri dari sambungan antara semikonduktor tipe P dan semikonduktor tipe N. Semikonduktor tipe P berfungsi sebagai anoda dan semikonduktor tipe N berfungsi sebagai katoda. Struktur tersebut mengakibatkan arus hanya dapat mengalir dari sisi P ke sisi N (Adi, 2010:27-28). Dioda sering digunakan untuk pengaman arus balik, sehingga kerusakan komponen elektronika dalam suatu rangkaian tidak terjadi.

Dioda memiliki dua kaki yaitu kaki P dan N. Ujung kaki N ditandai dengan adanya garis putih pada dioda. Ujung kaki P tidak memiliki garis putih melingkar. Pemasangan dioda tidak boleh terbalik, jika terbalik maka arus tidak dapat mengalir. Bentuk dioda di pasaran dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Dioda (Sumber: Data primer, 2017)

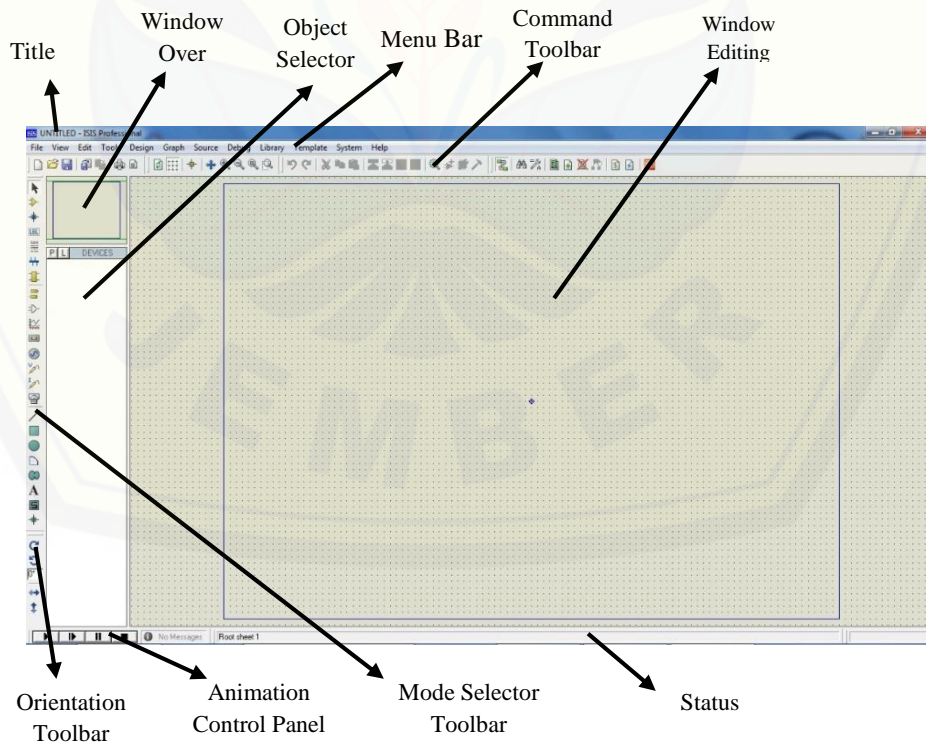
## 2.4 Software Elektronika

Perancangan sistem kontrol yang menggunakan mikrokontroler membutuhkan beberapa *software* yang berfungsi untuk membuat programnya dan mensimulasikan program sebelum di input ke mikrokontroler. Berikut beberapa *software* yang dapat digunakan untuk membuat sistem kontrol menggunakan Arduino Nano.



## 2.4.1 Proteus Professional 7.5

*Proteus Profesional 7.5* adalah kelompok *software* elektronik yang digunakan untuk merancang dan menyimulasikan suatu rangkaian elektronik dan *layout* PCB. *Proteus Profesional 7.5* merupakan gabungan dari program *Intelligent Schematic Input System (ISIS)* dan *Advanced Routing & Editing Software (ARES)*. ISIS dirancang sebagai media untuk menggambarkan skematik rangkaian elektronik yang sesuai dengan standart internasional. ISIS dapat menyimulasikan berbagai jenis mikrokontroler termasuk mikrokontroler Arduino Nano. ISIS dilengkapi program *compiler*, sehingga dapat mengompilasi *file* kode sumber seperti *Assembly* menjadi *file* HEX yang nantinya dapat digunakan oleh mikrokontroler yang sebenarnya (Rangkuti, 2011: 3-4). Pada *screen layout* ISIS terdapat beberapa elemen dasar seperti *Title Bar*, *Window Over View*, *Object Selector*, *Menu Bar*, *Command Toolbar*, *Window Editing*, *Animation Control Panel*, *Mode Selector Toolbar*, dan *Status Bar*. Tampilan *screen layout* ISIS dan elemen dasar dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Screen layout* ISIS (Sumber: Data primer, 2017)

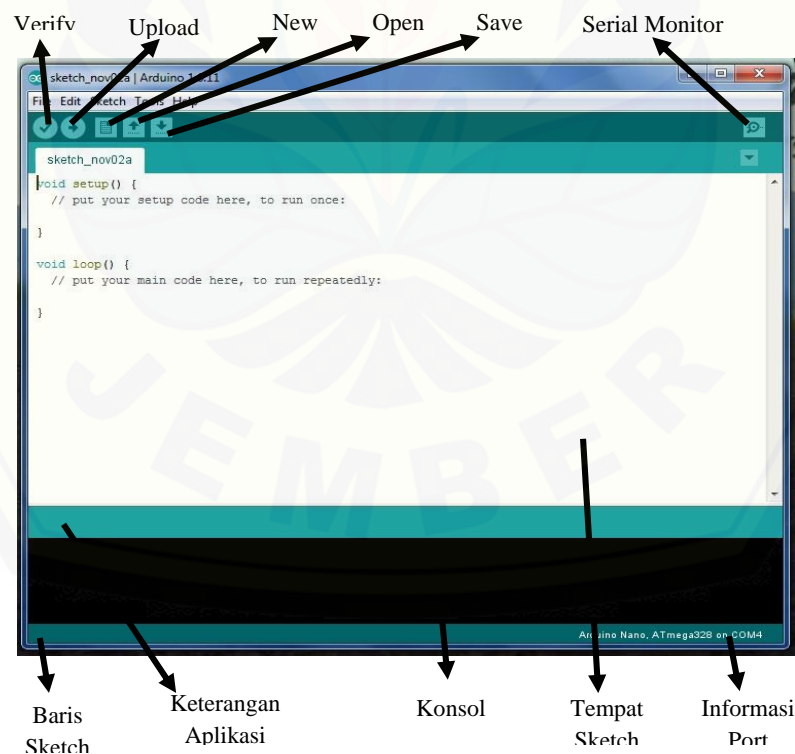
- a. *Title bar* adalah elemen yang berisi informasi mengenai nama *file* yang sedang aktif dan menunjukkan apakah animasi simulasi sedang berjalan atau tidak.
- b. *Menu bar* berada di bawah *Title Bar*, elemen ini merupakan menu utama dari ISIS karena hampir seluruh fungsi yang ada pada ISIS terdapat pada elemen ini. Terdapat beberapa menu utama pada *menu bar* yaitu *View*, *Edits*, *Tools Design*, *Graph*, *Source*, *Debug*, *Library*, *Template*, *System*, dan *Help*.
- c. *Command toolbars* berada di bawah *menu bar*. Elemen ini berisi akses alternatif dari *menu bar*. *Command toolbar* terdapat 4 *subtoolbar* yaitu *file*, *veiw*, *edit*, dan *design*.
- d. *Mode selector toolbar* berada di sudut kiri bawah. Terdapat 3 jenis *mode selector toolbar* yaitu *main modes*, *gadgets*, dan *2D graphics*.
- e. *Orientation toolbar* berfungsi untuk menampilkan dan mengontrol arah rotasi dan refleksi objek yang diletakkan pada lembar kerja.
- f. *Window editing* merupakan lembar kerja yang menjadi tempat untuk menggambar, mengedit, dan menyimulasikan skematik rangkaian.
- g. *Window overview* berada pada bagian kiri atas dari *screen layout*. Elemen ini berfungsi untuk mempresentasikan objek atau komponen yang terdapat pada *window editing*.
- h. *Object selector* berfungsi untuk menyimpan berbagai jenis komponen seperti terminal, generator, *graph* dan objek yang lain sebelum diletakkan pada *window editing*.
- i. *Animation control panel* berfungsi untuk menjalankan dan menghentikan simulasi rangkaian yang sudah dibuat pada *window editing*.
- j. *Status bar* berisi informasi tambahan yang melengkapi program ISIS seperti *message* dan kordinat kursor (Rangkuti, 2011: 21-60).

## 2.4.2 Integrated Development Environment (IDE)

IDE adalah software dari arduino yang berfungsi untuk membuat, membuka, dan mengedit *source code* (sketch) Arduino. Sketch merupakan *source*

*code* yang berisi logika dan algoritma yang akan diupload ke dalam IC mikrokontroler Arduino (Arduino, 2017). Komponen *interface* Arduino IDE meliputi sebagai berikut.

- a. *Verify* : berfungsi untuk memverifikasi terlebih dahulu *sketch* yang dibuat. Jika ada kesalahan pada *sketch*, nanti akan muncul error. Proses *Verify /Compile* mengubah *sketch* ke *binary code* untuk diupload ke mikrokontroler.
- b. *Upload* : tombol ini berfungsi untuk mengupload *sketch* ke *board* Arduino. Walaupun tidak menekan tombol *verify*, maka *sketch* akan di-*compile*, kemudian langsung diupload ke *board*. Berbeda dengan tombol *verify* yang hanya berfungsi untuk memverifikasi *source code* saja.
- c. *New Sketch* : Membuka window dan membuat *sketch* baru.
- d. *Open Sketch* : Membuka *sketch* yang sudah pernah dibuat pada IDE.
- e. *Save Sketch* : menyimpan *sketch*, tapi tidak disertai meng-*compile*. *Interface* Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Interface* Arduino IDE (Sumber: Data primer, 2017)

- f. Serial Monitor : Membuka *interface* untuk komunikasi serial.
- g. Keterangan Aplikasi : pesan-pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul di sini, misal "*Compiling*" dan "*Done Uploading*" ketika meng-*compile* dan mengupload *sketch* ke *board* Arduino
- h. Konsol : Pesan-pesan yang dikerjakan aplikasi dan pesan-pesan tentang *sketch* akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika aplikasi meng-*compile* atau ketika ada kesalahan pada *sketch* yang sudah dibuat, maka informasi *error* dan baris akan diinformasikan di bagian ini.
- i. Baris *Sketch* : bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada *sketch*.
- j. Informasi *Port* : bagian ini menginformasikan *port* yang dipakai oleh *board* Arduino (Santoso, 2015: 7-8).

## 2.5 Sistem Kontrol

Sistem (*system*) adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja sama dan melakukan suatu sasaran tertentu. Sedangkan kontrol adalah proses pengaturan/pengendalian terhadap suatu atau beberapa besaran (*variabel*, parameter).

Secara sederhana dapat disebutkan bahwa sistem kontrol adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (*variabel*, parameter) sehingga berada atau dalam suatu rangkuman harga (*range*) tertentu. Dalam istilah lain disebut juga teknik pengaturan, sistem pengendalian, atau sistem pengontrolan. Di tinjau dari segi peralatan, sistem kontrol terdiri dari beberapa komponen fisis yang digunakan untuk mengarahkan aliran energi ke suatu mesin atau proses agar dapat menghasilkan prestasi yang diinginkan. Tujuan utama dari sistem pengontrolan adalah untuk mendapatkan optimisasi dimana hal ini dapat diperoleh berdasarkan fungsi dari pada sistem kontrol itu sendiri seperti; pengukuran, perbandingan, pencacatan, perhitungan, dan perbaikan (Pakpahan, 1994 :5).

Terdapat dua *loop* sistem kontrol yang dikenal yaitu, sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup. Sistem kontrol *loop* terbuka adalah suatu

sistem pengontrolan yang *output*-nya tidak memiliki pengaruh terhadap sinyal kontrol. Sistem kontrol *loop* tertutup adalah suatu sistem pengontrolan yang *output*-nya memiliki pengaruh langsung terhadap sinyal kontrol (Pakpahan, 1994: 5-6).

## 2.5.1 Elemen Sistem Kontrol

Setiap sistem kontrol terdiri dari beberapa elemen yang disebut elemen sistem. Elemen sistem terdiri dari komponen-komponen yang berfungsi menunjang kinerja sistem. Secara umum, elemen dari sebuah sistem kontrol rangkaian tertutup terdiri dari :

- a. Masukan (*reference input element, G<sub>v</sub>*)

Elemen ini berfungsi untuk mengubah besaran yang dikontrol menjadi sinyal masukan acuan ( $r$ ) bagi sistem kontrol.

- b. Pengontrol (*controller, G<sub>1</sub>*).

Pengontrol berfungsi untuk memproses kesalahan yang (*error, e*) terjadi dan setelah kesalahan tersebut dilewatkan (dimasukkan) melalui elemen pengontrol, akan dihasilkan sinyal yang berfungsi sebagai pengontrol proses.

- c. Sistem (*proses, G<sub>2</sub>*)

Elemen ini dapat berupa proses mekanis, elektrik, hidraulis, pneumatis, maupun kombinasinya.

- d. Jalur umpan balik (*feedback element, H*)

Bagian sistem yang mengukur keluaran yang dikontrol dan kemudian mengubahnya menjadi sinyal umpan balik (*feedback signal*).

## 2.5.2 Variabel Sistem

Berdasarkan jumlah elemen yang menyusun suatu sistem kontrol, terdapat beberapa variabel pengontrol, yaitu:

- a. *set point (command input, v)* adalah harga yang diinginkan bagi variabel yang ingin dikontrol selama pengontrolan;
- b. masukan acuan (*reference inout, r*) adalah sinyal aktual yang masuk ke dalam sistem kontrol. Sinyal ini diperoleh dengan menyetel harga  $v$  melalui  $G_v$  (misalkan sebuah sakelar);

- c. keluaran yang dikontrol (*controlled output, c*) merupakan harga/nilai yang akan dipertahankan bagi variabel yang dikontrol, dan merupakan harga yang ditunjukkan oleh alat pencatat;
- d. variabel yang dimanipulasi (*manipulated variabel, m*) merupakan sinyal yang keluar dari elemen pengontrol.
- e. sinyal umpan balik (*feedback signal, b*) merupakan sinyal yang merupakan fungsi dari keluaran yang dicatat oleh alat pencatat.
- f. kesalahan (*error, actuating signal*), adalah selisih antara sinyal acuan  $r$  dan sinyal  $b$ . Sinyal ini akan dimasukkan ke elemen pengontrol  $G_1$  dan harga diinginkan sekecil mungkin.
- g. sinyal gangguan (*disturbe, U*) merupakan sinyal-sinyal tambahan yang tidak diinginkan. Gangguan ini mengakibatkan harga  $c$  berbeda dengan harga yang disetel melalui masukan  $r$  (Pakpahan, 1994: 14-15).

## 2.6 Sistem Kontrol Penjejak Matahari berbasis Arduino

Sistem kontrol penjejak matahari berbasis Arduino adalah sebuah sistem kontrol yang bekerja untuk mengikuti matahari. Sistem kontrol ini menggunakan mikrokontroler Arduino sebagai pusat pengolahan data. Sistem kontrol ini biasa digunakan untuk mengontrol posisi panel surya agar posisi panel surya tegak lurus dengan sinar datang matahari. Panel surya digerakkan oleh motor servo berdasarkan perintah dari mikrokontroler Arduino.

Data yang berasal dari sensor LDR digunakan sebagai data masukan Arduino. Data yang sudah diolah kemudian digunakan untuk menggerakkan motor servo pada posisi tertentu. Menurut Pakpahan (1994: 7) sistem kontrol panjejak matahari ini merupakan sistem kontrol tertutup, karena output dari sistem digunakan sebagai data masukan untuk sistem.

## BAB 3. METODOLOGI

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai bulan Agustus 2017. Penelitian dilakukan di dua tempat yaitu di Laboratorium Instrumentasi Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan di petak sawah milik Pak Mulyono Desa Sumberan Kecamatan Ambulu Jember.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

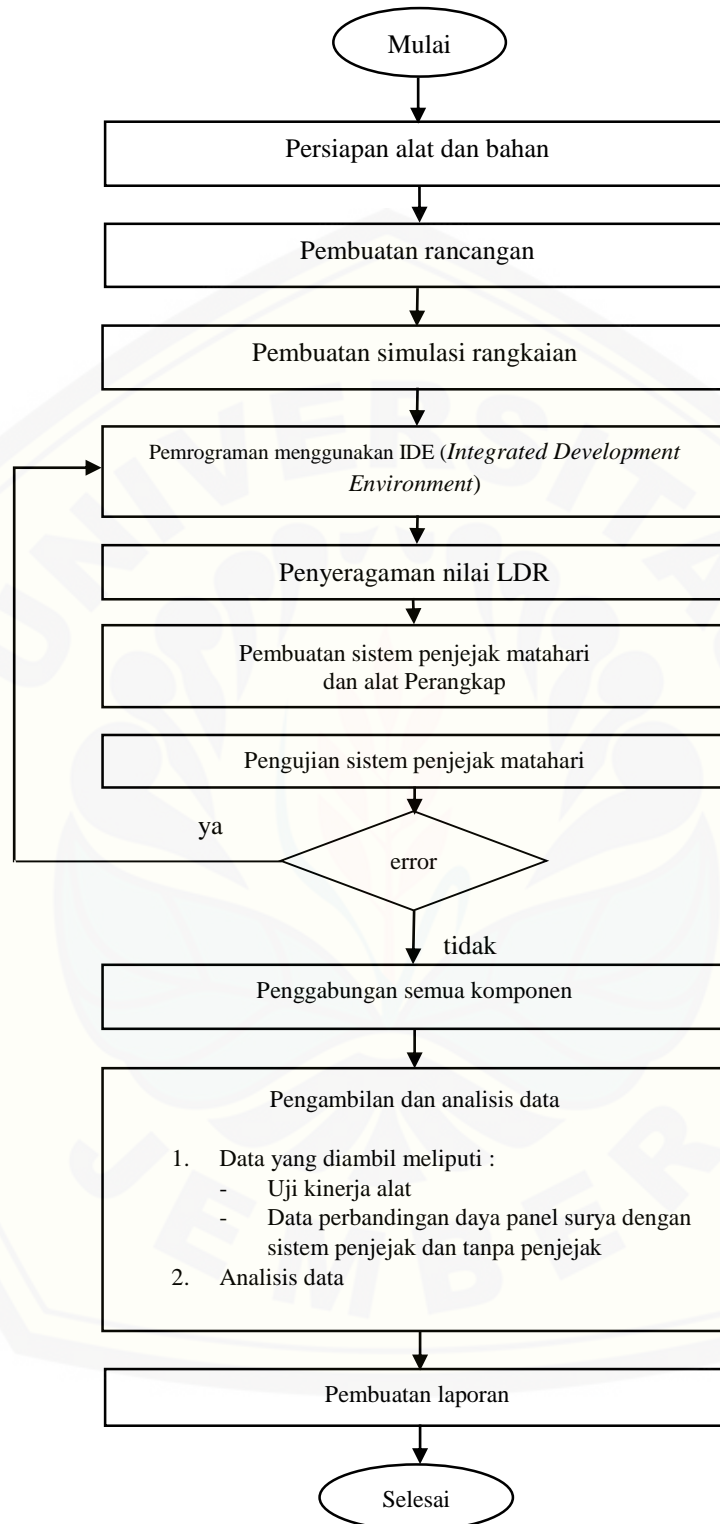
- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| a. obeng                         | f. perangkat komputer                      |
| b. solder                        | g. <i>software Proteus Profesional 7.5</i> |
| c. penyedot timah                | h. <i>digital light meter</i>              |
| d. <i>digital multimeter</i>     | i. <i>Waterpass</i>                        |
| e. media pengukur sudut matahari |  |

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- |  |  |
|--|--|
| a. mikrokontroler Arduino Nano                       | k. 2 buah motor servo 10 kg                            |
| b. <i>Real Time Clock (RTC)</i>                      | l. 2 buah modul <i>relay</i> 5 volt                    |
| c. 4 buah sensor LDR                                 | m. modul <i>step up dc to dc</i>                       |
| d. 2 buah Lampu HPL 1 Watt                           | n. modul <i>step down dc to dc</i>                     |
| e. 12 buah panel surya 6 volt<br>jenis polikristalin | o. modul <i>bluetooth</i> dan <i>dioda</i>             |
| f. 2 buah saklar                                     | p. baterai tipe VRLA 7 Ah                              |
| g. 4 buah resistor 10 $\Omega$                       | q. resin, katalis, talk, kertas                        |
| h. 4 buah resistor 10K $\Omega$                      | r. jumper dan kabel pelangi                            |
| i. pipa besi dan 2 buah nampan 40 cm                 | s. <i>fiberglass</i> , karton, dan lem                 |
| j. papan PCB dan triplek 3 mm                        | t. 2 buah kotak kardus ukuran<br>30 cm x 20 cm x 10 cm |

### 3.3 Diagram Kerja Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

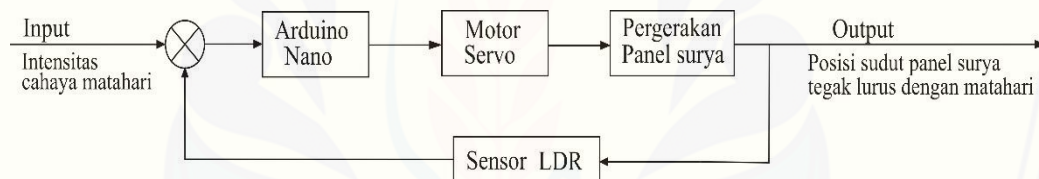


### 3.4 Tahapan Perancangan

Terdapat beberapa tahapan rancangan yang dibuat pada penelitian ini yaitu rancangan operasional, fungsional, struktural, dan industrial.

#### 3.4.1 Rancangan Operasional

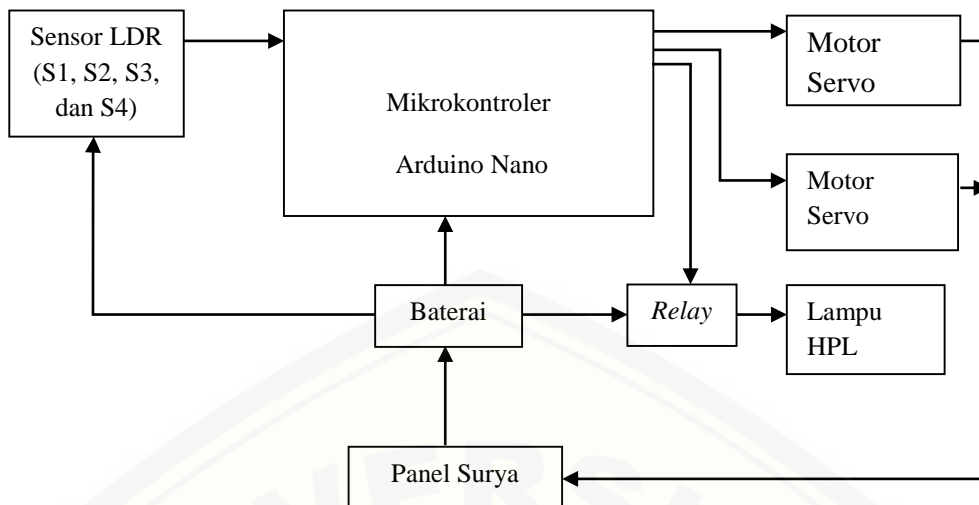
Prinsip kerja dari sistem penjejak matahari ini yaitu terdapat empat buah sensor LDR yang berfungsi mendeteksi intensitas cahaya matahari. Data intensitas cahaya matahari dari sensor LDR kemudian dikirim ke Arduino Nano sebagai acuan untuk menggerakkan motor servo. Motor servo berfungsi mengatur sudut kemiringan panel surya agar tegak lurus dengan arah matahari. Sistem kontrol pada penjejak matahari ini menggunakan loop tertutup. Dikatakan loop tertutup karena keluaran dari sistem berpengaruh terhadap sinyal masukan. Prinsip kerja sistem penjejak matahari dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Prinsip kerja sistem penjejak matahari

#### 3.4.2 Rancangan Fungsional

Sistem penjejak matahari ini terdiri dari beberapa unit fungsional, yaitu: sensor LDR, Mikrokontroler Arduino Nano, motor servo, relay, baterai, lampu LED dan panel surya. Beberapa unit tersebut memiliki hubungan antara unit satu dengan unit yang lain. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram hubungan unit fungsional

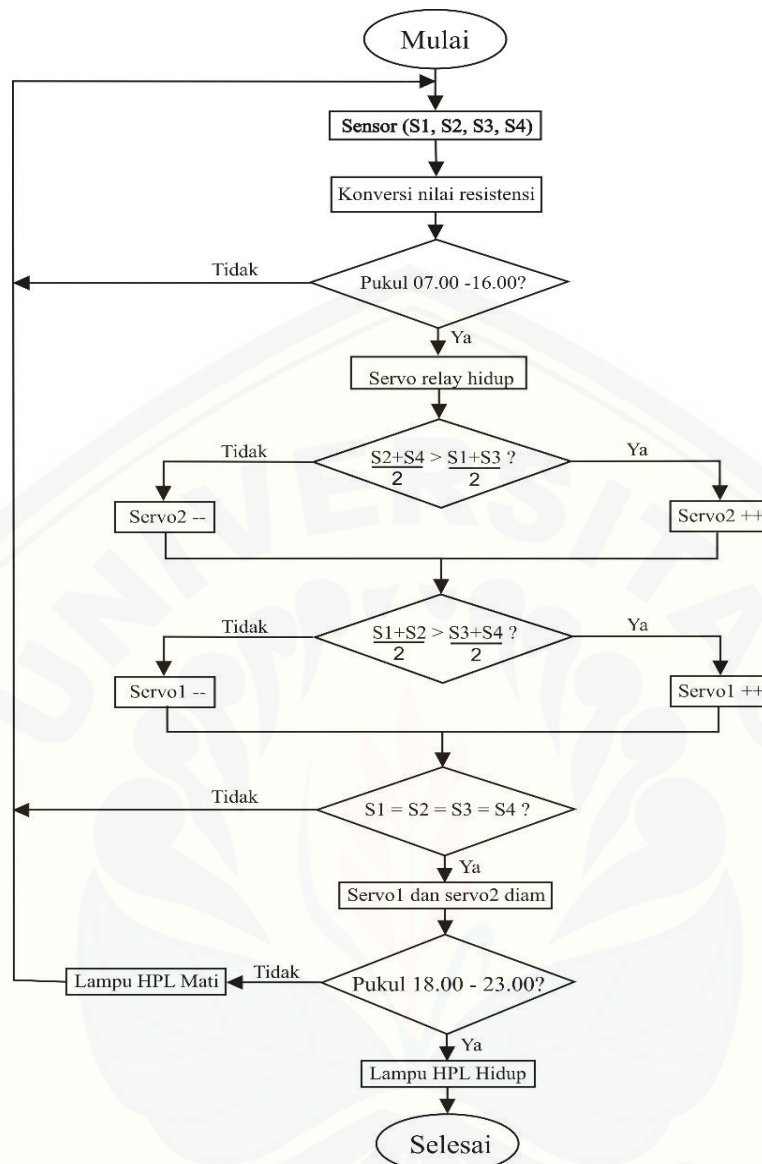
a. Sensor LDR

Sensor LDR berfungsi sebagai penangkap intensitas cahaya matahari pada sistem penjejak matahari. Hasil pembacaan dari sensor ini akan dijadikan sebagai sumber data masukan mikrokontroler Arduino Nano.

b. Mikrokontroler Arduino Nano

Mikrokontroler Arduino Nano berfungsi sebagai pengolah data pada sistem penjejak matahari. Di dalam Arduino Nano terdapat perintah-perintah untuk menjalankan sistem ini. Perintah pada arduino menggunakan perintah atau algoritma yang sudah digunakan oleh Meirizwan dan Hendro pada tahun 2015 dengan judul penelitian “Perancangan dan Pembuatan *Prototype* Sistem *Tracer* Sel Surya untuk Mengikuti Arah Gerak Matahari Berbasis Mikrokontroler Atmega328”. Penelitian oleh Meirizwan dan Hendro dilakukan pada pukul 09.00 – 15.00 WIB dengan menggunakan mikrokontroler Atmega328 dan sensor cahaya *photodiode* serta motor servo sebagai motor penggerak.

Perintah atau algoritma pada penelitian Meirizwan dan Hendro tersebut kemudian dipakai pada penelitian ini dengan menambahkan batas waktu aktif servo dan batas waktu aktif lampu HPL. Batas waktu aktif servo yaitu pada pukul 07.00 - 16.00, selain di jam tersebut servo tidak aktif. Batas waktu aktif lampu HPL yaitu pukul 18.00 – 23.00. Penambahan batas waktu aktif servo dan lampu HPL pada penelitian ini dilakukan karena sistem bekerja selama 24 jam. Perintah atau algoritma pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram alir perintah-perintah menjalankan sistem penjejak pada Arduino Nano

c. Motor Servo

Rancangan sistem penjejak matahari nantinya akan memanfaatkan dua buah motor servo. Motor servo1 berfungsi menggerakkan panel surya pada posisi *altitude* matahari sedangkan motor servo2 berfungsi menggerakkan panel surya pada posisi *azimuth* matahari.

d. Relay

Relay digunakan sebagai saklar elektronik yang berfungsi menghidupkan/mematikan lampu HPL.

## e. Lampu HPL

Lampu HPL berfungsi untuk memikat serangga. Lampu HPL yang digunakan adalah lampu HPL berwarna putih berjumlah 2 buah dengan tegangan 3 volt dan daya 1 Watt. Pemilihan warna lampu tidak dilakukan secara acak tetapi berdasarkan pada hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh Lupita Oktaviona dengan judul “ Preferensi Serangga Nokturnal Terhadap Warna Lampu *Light Trap* di Kebun Jeruk Siem”. Penelitian yang dilakukan oleh Lupita menggunakan *light trap* dengan perlakuan warna lampu putih, merah, kuning, hijau, dan biru. Dari hasil penelitian yang dilakukan, *light trap* dengan warna lampu putih berhasil menangkap serangga paling banyak diantara warna lampu lainnya. Oleh karena itu pada penelitian ini akan menggunakan lampu HPL warna putih.

## f. Baterai

Baterai berfungsi sebagai komponen penyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan sebagai sumber energi untuk sistem. Baterai yang digunakan tipe VRLA 6 volt berkapasitas 7 Ah.

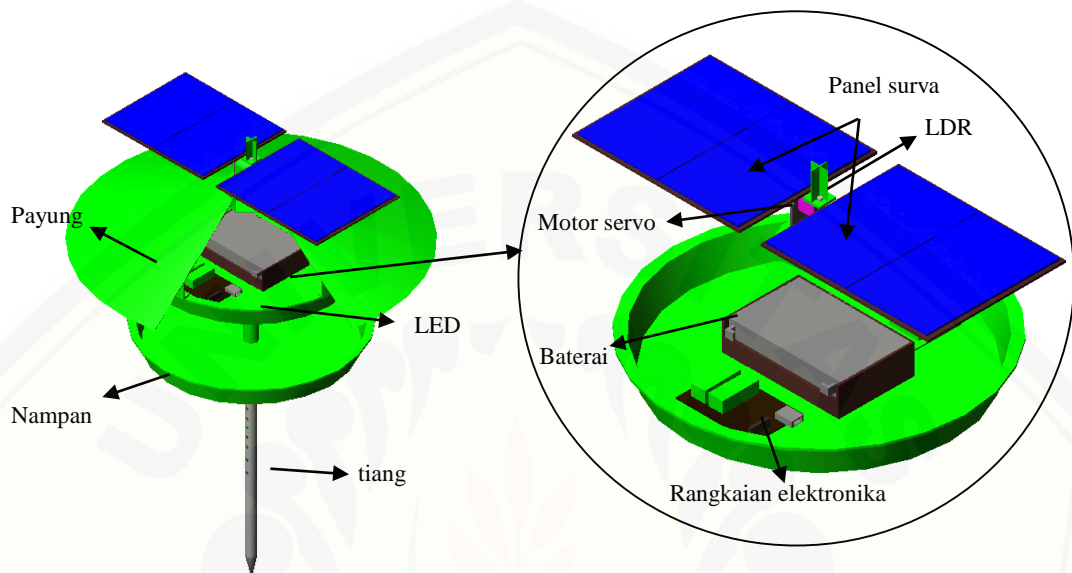
## g. Panel Surya

Penelitian ini menggunakan 12 buah panel surya mini masing-masing bertegangan maksimal 6 volt dan dapat mengalirkan arus maksimal 200 mA. 12 buah panel surya dipasang secara paralel. Panel surya pada perancangan ini berfungsi sebagai komponen pengubah energi radiasi matahari menjadi energi listrik.

### 3.4.3 Rancangan Struktural

Perangkap serangga yang dilengkapi sistem penjejak matahari nantinya akan memiliki tinggi maksimal 2 m. Tinggi alat dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Tiang penyangga terbuat dari pipa besi, nampan tempat air sabun terbuat dari plastik dengan diameter 40 cm. Payung penutup terbuat dari fiberglass dengan diameter 60 cm. Posisi 12 buah panel surya 6 volt berada diatas payung penutup, diantara panel surya terdapat empat buah sensor LDR. Setiap LDR dipisah oleh kisi-kisi triplex yang membentuk empat kamar. Motor servo penggerak vertikal

terletak di bawah sensor LDR dengan dilengkapi penutup. Motor servo penggerak horizontal terletak di bawah dudukan motor servo pertama untuk memutar panel pada posisi horizontal. Baterai dan mikrokontroler ditempatkan di bawah payung penutup. Desain struktural dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Desain struktural sistem penjejak matahari

#### 3.4.4 Rancangan Industri

Rancangan industri dilakukan untuk mendesain alat yang mudah dioperasikan dan juga mudah dipindah tempatkan serta memiliki umur ekonomi yang panjang. Perancangan ini mempertimbangkan bentuk fisik penataan komponen-komponen serta keamanannya. Keamanan ini dimaksudkan untuk meminimalisir kerusakan yang disebabkan oleh alam misalnya hujan. Beberapa bagian dapat dipisah agar mudah saat penyimpanan alat.

### 3.5 Tahap Pembuatan

Tahapan pembuatan yang dilakukan meliputi pembuatan simulasi rangkaian, pemrograman, penyeragaman nilai LDR, pembuatan sistem penjejak dan penggabungan.

## 3.5.1 Pembuatan Simulasi Rangkaian

Pembuatan simulasi rangkaian menggunakan *software Proteus Professional 7.5*. Setiap komponen disimulasikan dan dihubungkan sesuai perencanaan. Komponen yang dapat disimulasikan dalam *software* ini diantaranya adalah motor servo, sensor LDR, Lampu LED, modul *relay*, Arduino Nano dan lain-lain.

## 3.5.2 Pemrograman Menggunakan IDE

Pemrograman koding Arduino menggunakan *software IDE*. Pembuatan program disesuaikan dengan perintah-perintah yang diinginkan. Program atau koding yang sudah selesai kemudian digabungkan dengan simulasi rangkaian yang sudah dibuat menggunakan *software Proteus Professional 7.5*.

## 3.5.3 Penyeragaman Nilai LDR

Penyeragaman nilai LDR dilakukan untuk menyamakan nilai yang dihasilkan oleh empat buah LDR pada intensitas cahaya matahari yang sama besarnya. Data hasil penyeragaman empat sensor LDR digunakan sebagai data *input* pada proses koding.

## 3.5.4 Pembuatan Alat Penjejak Matahari dan Alat Perangkap

Pembuatan sistem penjejak matahari yang dimaksudkan adalah proses penggabungan setiap komponen sistem penjejak matahari menjadi satu kesatuan yang utuh. Pembuatan alat perangkap yang dimaksudkan adalah pembuatan nampan, payung penutup, dan tiang penyangga.

## 3.5.5 Pengujian Sistem Penjejak Matahari

Pengujian alat penjejak matahari dilakukan di dalam laboratorium. Pengujian yang pertama yaitu pengujian keberfungsian komponen dan pengujian yang kedua dilakukan untuk mengetahui perubahan posisi panel surya. Pengujian perubahan posisi panel surya dilakukan dengan mengarahkan senter ke LDR lalu menggerak-gerakkan senter agar panel surya dapat mengikuti arah sinar senter. Jika terdapat *error* pada sistem penjejak matahari maka kembali ke proses pemrograman pada IDE.

## 3.5.6 Penggabungan Sistem Penjejak Matahari dan Alat Perangkap

Tahapan penggabungan dilakukan setelah sistem penjejak matahari dan alat perangkap selesai dibuat. Tata letak sistem penjejak matahari berada di atas payung penutup alat perangkap.

## 3.6 Pengambilan dan Analisis Data

### 3.6.1 Pengambilan Data

Data yang diambil pada penelitian ini adalah data primer. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari percobaan yang dilakukan sendiri. Pengambilan data dilakukan setelah pengujian di laboratorium dan lapang menunjukkan bahwa sistem penjejak matahari dapat berfungsi dengan baik. Pengambilan data dilakukan di area persawahan, dimulai pukul 07.00 – 23.00 WIB selama tiga hari berturut-turut yaitu tanggal 20, 21, dan 22 Agustus 2017. Data yang diambil berupa data uji kinerja sistem penjejak matahari pada lampu perangkap serangga yaitu ketepatan posisi panel surya dengan sinar matahari, kesesuaian kinerja *relay*, keberhasilan perangkap serangga dan hubungan antara daya yang dihasilkan dengan intensitas cahaya lampu HPL dan intensitas cahaya matahari pada panel surya dengan sistem penjejak dan tanpa sistem penjejak. Pengukuran daya panel surya tanpa sistem penjejak juga dilakukan untuk mengetahui peningkatan daya yang dihasilkan antara panel surya dengan sistem penjejak dan panel surya tanpa sistem penjejak. Pengukuran ini menggunakan panel surya sebanyak 12 buah dengan tegangan maksimal 6 *volt*.

#### a. Ketepatan Posisi Panel Surya

Data ketepatan posisi panel surya dengan sinar matahari diperoleh dengan cara membandingkan sudut yang dihasilkan kedua servo dan sudut yang dihasilkan media pengukur sudut matahari.

Media pengukur sudut *altitude* matahari terdiri dari paku setinggi 3,5 cm dan dikelilingi 30 lingkaran. Jarak antar lingkaran sebesar 0,5 cm. Garis lingkaran berfungsi untuk mengukur panjang bayangan paku. Cara memperoleh besar sudut *altitude* matahari yaitu dengan mengukur panjang bayangan paku dan tinggi paku kemudian dimasukkan dalam rumus sebagai berikut:

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Panel surya dapat mengikuti arah datang sinar matahari (posisi tegak lurus dengan matahari) ketika cuaca cerah, tetapi posisi panel tidak dapat tegak lurus dengan posisi matahari ketika cuaca tidak cerah.
- b. Panel surya dengan sistem penjejak menghasilkan daya, intensitas lampu HPL dan intensitas yang diterima panel surya lebih besar daripada panel surya tanpa sistem penjejak.
- c. Peningkatan energi listrik pada panel surya dengan sistem penjejak rata-rata sebesar 60.740 Joule.
- d. Selama tiga hari berturut-turut lampu perangkat serangga yang dibuat dapat menangkap serangga sebanyak 61, 149, dan 268 ekor.

### 5.2 Saran

Pada penelitian yang sudah dilakukan terdapat beberapa kekurangan. Berdasarkan kekurangan tersebut maka diperoleh beberapa saran untuk dapat dilanjutkan pada penelitian selanjutnya, diantaranya yaitu :

- a. Posisi panel hanya dapat tegak lurus dengan matahari ketika cuaca cerah, perlu adanya penyeragaman ulang LDR pada saat cuaca berawan agar panel surya tetap dapat mengikuti arah datang matahari
- b. Perlu perubahan desain sistem penjejak matahari dan penggunaan sistem *Degrees Of Freedom* (DOF) pada lampu perangkat serangga agar panel surya dapat bergerak dengan tiga sumbu (x, y, dan z).



DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. N. 2010. *Mekatronika*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Arduino. 2016. Arduino Nano. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano> [Diakses pada 15 Desember 2016].
- Budiharto, W., dan Firmansyah, S. 2010. *Elektronika dan Mikroprosesor*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Damastuti, A. 1997. "Pembangkit Listrik Tenaga Surya". [http://www.elsppat.or.id/download/file/w7\\_a5.pdf](http://www.elsppat.or.id/download/file/w7_a5.pdf) [diakses tanggal 19 April 2016].
- Duffie, J. A., dan Beckhman, W. A. 1991. *Solar Engineering of Thermal Processes Second Edition*. Canada: A Wiley-Interscience.
- Handoyo, E, A., Ichسانی, D., dan Prabowo. 2013. The Optimal Tilt Angle Of Solar Collector. *International Conference on Susyainable Energy Engineering and Application. Energi Prosedia 32*. [https://www.researchgate.net/publication/256981847\\_The\\_Optimal\\_Tilt\\_Angle\\_of\\_a\\_Solar\\_Collector](https://www.researchgate.net/publication/256981847_The_Optimal_Tilt_Angle_of_a_Solar_Collector) [Diakses pada 5 Mei 2016].
- Hardianto, H. E., dan Rinaldi, R. S. 2012. Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari pada Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Ilmu Foristek, Vol.2 No.2, Hal. 208–215*. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/FORISTEK/article/view/1055/848> [Diakses pada 5 Mei 2016].
- Latifah, N. 2015. *Fisika bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi Penebar Swadaya Group
- Mairizwan dan Hendro. 2015. Perancangan dan Pembuatan *Prototype Sistem Tracker Sel Surya* untuk Mengikuti Arah Gerak Matahari Berbasis Mikrokontroler Atmega328. Bandung: [http://portal.fmipa.itb.ac.id/snips2015/files/snips\\_2015\\_mairizwan\\_mairizwan\\_ed3116bc6f1e83d8562703aa56194bf7.pdf&ved=2ahUKEwjSsv3Yw\\_DcAhXWb30KHUAdBnoQFjAAegQIAhAB&usg=AOvVawOwmStwV62aFr3MxQkmPF30](http://portal.fmipa.itb.ac.id/snips2015/files/snips_2015_mairizwan_mairizwan_ed3116bc6f1e83d8562703aa56194bf7.pdf&ved=2ahUKEwjSsv3Yw_DcAhXWb30KHUAdBnoQFjAAegQIAhAB&usg=AOvVawOwmStwV62aFr3MxQkmPF30)[Diakses pada 8 Mei 2016].
- Oktaviona, L., A. Dharmawan, dan S. E. Rahayu. 2016. Preferensi Serangga Nokturnal terhadap Warna Lampu *Light Trap* di Kebun Jeruk Siem. Malang: <http://jurnal-online.um.ac.id/data/artikel/artikel/C3A5DCBCC31B0A78A9A851488CE4EAA4.pdf> [Diakses pada 7 Januari 2017].
- Pakpahan, S. 1994. *Kontrol Otomatik, Teori dan Penerapan*. Jakarta: Erlangga.

- Pertiwi, E. N., G. Mudjiono, dan R. Rachmawati. 2013. Hubungan Populasi Ngegat Penggerek Batang Padi yang Tertangkap Perangkap Lampu dengan Intensitas Serangan Penggerek Batang Padi di Sekitarnya. Malang: <http://jurnalhpt.ub.ac.id/index.php/jhpt/article/view/24> [Diakses pada 7 Januari 2017].
- Pradeep, K. P. J., K. S. P. Reddy, C. C. Mouli, dan K. N. Raju. 2014. Development of Dual-Axis Solar Tracking using Arduino with Lab VIEW. *International Journal Of Engineering Trends and Technology (IJETT)*. Volume 17 No. 7, Hal. 321324. <http://www.iotpe.com/JTPE/IJTPE-2014/IJTPE-Issue21-Vol6-No4-Dec2014/2-IJTPE-Issue21-Vol6-No4-Dec2014-pp5-10.pdf> [Diakses pada 3 Oktober 2016].
- Pudjanarsa, A., dan Nursuhud, D. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Andi Offset.
- Rangkuti, S. 2011. *Mikrokontroler ATMEL AVR Simulasi dan Praktik Menggunakan ISIS Proteus dan CodeVisionAVR*. Bandung: Informatika Bandung.
- Santoso, H. 2015. Panduan Praktis Arduino untuk Pemula. Trenggalek: <http://www.elangsakti.com/2015/07/ebook-gratis-belajar-arduino-pemula.html%3Fm%3D1&ved=2ahUKEwj0vddf8o3vcAhXTfnoKHQaeApoQFjAQIBRAB&usg=AOvVaw2GjSDmqDWJUhX1Abhy5bFW> [Diakses pada 5 Januari 2017].
- Salkind, A. J., R. O. Hammel, A. G. Cannone, dan F. A. Trumbore. 2002. *Valve Regulated Lead-Acid Batteries*. Dalam Handbook of Batteries Third Edition. Editor D. Linden dan T.B. Reddy. New York: McGraw-Hill. [http://www.etf.unssa.rs.ba/~slubura/diplomski\\_radovi/Zavrzni\\_rad\\_MarkoSilj/Literatura/Handbook%20Of%20Batteries%203rd%20Edition.pdf](http://www.etf.unssa.rs.ba/~slubura/diplomski_radovi/Zavrzni_rad_MarkoSilj/Literatura/Handbook%20Of%20Batteries%203rd%20Edition.pdf) [Diakses pada 5 Januari 2017].
- Syahrul. 2015. Karakteristik dan Pengontrolan Servomotor. *Majalah Ilmiah UNIKOM*. <http://jurnal.unikom.ac.id/s/data/jurnal/v08-n02/volume-82-artikel-5.pdf/pdf/volume-82-artikel-5.pdf>. [Diakses pada 19 April 2016].
- Tamimi, S., W. Indrasari dan B. H. Iswanto. 2016. Optimasi Kemiringan Sudut Panel Surya pada Prototipe Sistem Penjejak Matahari Aktif. *Prisiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016, Volume V, Oktober 2016*. <http://snf-unj.ac.id/kumpulan-prosiding/snf2016/> [Diakses pada 15 Agustus 2015].
- Untung, K. 1996. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

**Lampiran 1.** Koding Arduino Nano

```
#include <Wire.h>
#include <DS1307.h>
#include <Servo.h>

DS1307 rtc;
//inisialisasi servo
Servo servohori;
int servoh = 90;
int servohLimitHigh = 180;
int servohLimitLow = 2;

Servo servoverti;
int servov = 90;
int servovLimitHigh = 150;
int servovLimitLow = 30;
int ldrtopl = A0; //top left LDR
int ldrtopr = A1; //top right LDR
int ldrbotl = A2; // bottom left LDR
int ldrbotr = A3; // bottom right LDR

void setup ()
{
  Serial.begin(9600);
  servohori.attach(10);
  servohori.write(0);
  servoverti.attach(9);
  servoverti.write(0);
  delay(500);
  servoh = servohori.read();
  servov = servoverti.read();

  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  //init Serial port

  //only set the date+time one time
  //rtc.set(00, 35, 6, 5, 8, 2017); //08:00:00 24.12.2014 //sec, min, hour, day,
month, year

  //stop/pause RTC
  // rtc.stop();

  //start RTC
  rtc.start();
```

```
}

void loop()
{
  uint8_t sec, min, hour, day, month;
  uint16_t year;

  //get time from RTC
  rtc.get(&sec, &min, &hour, &day, &month, &year);

  //serial output
  Serial.print("\nTime: ");
  Serial.print(hour, DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(min, DEC);
  Serial.print(":");
  Serial.print(sec, DEC);

  Serial.print("\nDate: ");
  Serial.print(day, DEC);
  Serial.print(".");
  Serial.print(month, DEC);
  Serial.print(".");
  Serial.println(year, DEC);

  if (hour == 7 && min == 0) {
    servoverti.write(servovLimitLow);
    servohori.write(servohLimitLow);
  }
  if (hour >= 7 && hour < 16) {
    digitalWrite(7, HIGH); //servo hidup pukul 07.00-16.00
  }
  if (hour >= 16) {
    digitalWrite(7, LOW); // servo mati pukul 16.00 – 07.00
  }
  if (hour >= 18 && hour < 23) {
    digitalWrite(8, HIGH); // lampu HPL hidup pada pukul 18.30 - 23.00
  }
  if (hour >= 23) {
    digitalWrite(8, LOW); // Lampu HPL mati pukul 23.00- 18.00
  }
}
```

```
//menangkap nilai analog masing-masing LDR
int topl = analogRead(ldrtopl);
int topr = (analogRead(ldrtopr) );
int botl = (analogRead(ldrbotl) + 3);
int botr = (analogRead(ldrbotr) - 3);
// perhitungan rata-rata
int avgtop = (topl + topr) / 2;
int avgbot = (botl + botr) / 2;
int avgleft = (topl + botl) / 2;
int avgright = (topr + botr) / 2;

if (avgtop > avgbot)
{
  servov++;
  if (servov > servovLimitHigh)
  {
    servov = servovLimitHigh;
    servoverti.write(servov);
  }
  delay(10);
}
else if (avgbot > avgtop)
{
  servov--;
  if (servov < servovLimitLow)
  {
    servov = servovLimitLow;
    servoverti.write(servov);
  }
  delay(10);
}
else
{
  servoverti.write(servov);
}
servoverti.write(servov);
if (avgright > avgleft)
{
  servoh++;
  if (servoh > servohLimitHigh)
  {
    servoh = servohLimitHigh;
    servohori.write(servoh);
  }
}
```

```
    delay(10);
  }

  else if (avgleft > avgright)
  {
    servoh--;

    if (servoh < servohLimitLow)
    {
      servoh = servohLimitLow;
      servohori.write(servoh);
    }
    delay(10);
  }
  else
  {
    servohori.write(servoh);
  }
  servohori.write(servoh);

  Serial.print("1:");
  Serial.print(topl);
  Serial.print("|");
  Serial.print(" 2:");
  Serial.print(topr);
  Serial.print("|");
  Serial.print(" 3:");
  Serial.print(botl);
  Serial.print("|");
  Serial.print(" 4:");
  Serial.print(botr);
  Serial.print("|");
  Serial.print("S.Atas:");
  Serial.print(servov);
  Serial.print("|");
  Serial.print("S.Bawah:");
  Serial.print(servoh);
  Serial.print("|");
  Serial.print("Lamp:");
  Serial.print(digitalRead(8));
  Serial.print("|");
  Serial.print("Servo:");
  Serial.println(digitalRead(7));
  delay (5000);
}
```

**Lampiran 2.** Data panjang bayangan paku dan perhitungan penentuan sudut matahari berdasarkan metode trigonometri.

A. Data Tanggal 20 Agustus 2017

Waktu	Tinggi Paku (cm)	Panjang Bayangan Paku (cm)	Perhitungan	Sudut <i>altitude</i> Matahari
07.00	3,5	8	$\tan \alpha = \frac{3,5}{8}$	24
07.30	3,5	6,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{6,2}$	29
08.00	3,5	5,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{5,2}$	34
08.30	3,5	4,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{4,2}$	40
09.00	3,5	3,8	$\tan \alpha = \frac{3,5}{3,8}$	43
09.30	3,5	2,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2,7}$	52
10.00	3,5	2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2}$	60
10.30	3,5	1,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,7}$	64
11.00	3,5	1,5	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,5}$	67
11.30	3,5	1,4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,4}$	68
12.00	3,5	1,4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,4}$	68
12.30	3,5	1,8	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,8}$	63
13.00	3,5	2,1	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2,1}$	59

13.30	3,5	2,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2,7}$	52
14.00	3,5	3,1	$\tan \alpha = \frac{3,5}{3,1}$	48
14.30	3,5	4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{4}$	41
15.00	3,5	5,3	$\tan \alpha = \frac{3,5}{5,3}$	33
15.30	3,5	6,9	$\tan \alpha = \frac{3,5}{6,9}$	27
16.00	3,5	10,6	$\tan \alpha = \frac{3,5}{10,6}$	18

B. Data Tanggal 21 Agustus 2017

Waktu	Tinggi Paku (cm)	Panjang Bayangan Paku (cm)	Perhitungan	Sudut <i>altitude</i> Matahari
07.00	3,5	8	$\tan \alpha = \frac{3,5}{8}$	24
07.30	3,5	6,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{6,2}$	29
08.00	3,5	5,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{5,2}$	34
08.30	3,5	4,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{4,2}$	40
09.00	3,5	3,1	$\tan \alpha = \frac{3,5}{3,1}$	48
09.30	3,5	2,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2,7}$	52
10.00	3,5	2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2}$	60



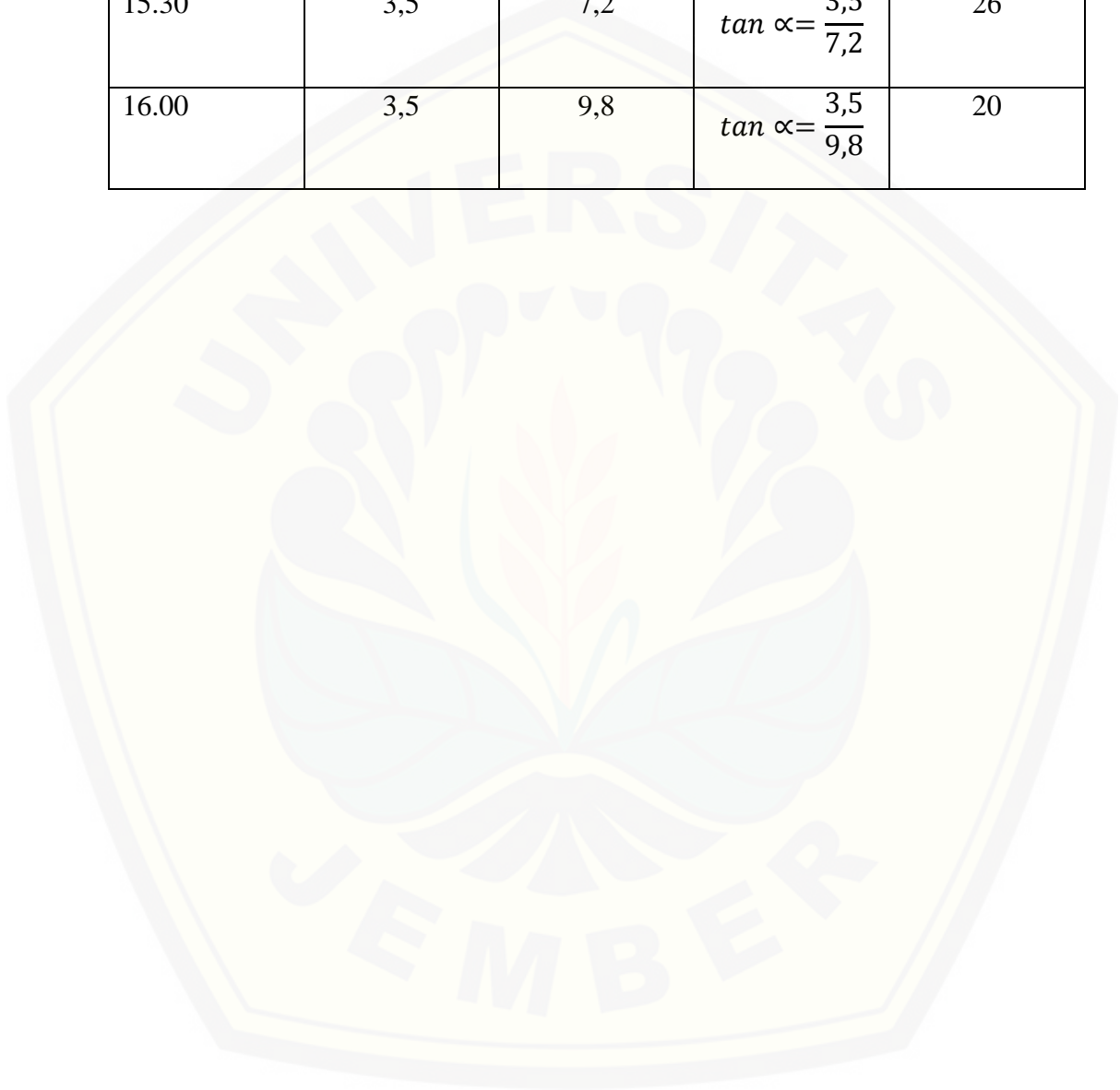
10.30	3,5	1,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,7}$	64
11.00	3,5	1,5	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,5}$	67
11.30	3,5	1,4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,4}$	68
12.00	3,5	1,4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,4}$	68
12.30	3,5	1,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,7}$	64
13.00	3,5	2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2}$	60
13.30	3,5	2,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2,7}$	52
14.00	3,5	3,3	$\tan \alpha = \frac{3,5}{3,3}$	47
14.30	3,5	4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{4}$	41
15.00	3,5	5,3	$\tan \alpha = \frac{3,5}{5,3}$	33
15.30	3,5	7,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{7,2}$	26
16.00	3,5	9,8	$\tan \alpha = \frac{3,5}{9,8}$	20

C. Data Tanggal 22 Agustus 2017

Waktu	Tinggi Paku (cm)	Panjang Bayangan Paku (cm)	Perhitungan	Sudut <i>altitude</i> Matahari
-------	------------------	----------------------------	-------------	--------------------------------

07.00	3,5	8,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{8,2}$	23
07.30	3,5	6,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{6,2}$	29
08.00	3,5	5,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{5,2}$	34
08.30	3,5	4,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{4,2}$	40
09.00	3,5	3,3	$\tan \alpha = \frac{3,5}{3,3}$	47
09.30	3,5	2,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2,7}$	52
10.00	3,5	2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2}$	60
10.30	3,5	1,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,7}$	64
11.00	3,5	1,5	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,5}$	67
11.30	3,5	1,4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,4}$	68
12.00	3,5	1,4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,4}$	68
12.30	3,5	1,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{1,7}$	64
13.00	3,5	2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2}$	60
13.30	3,5	2,7	$\tan \alpha = \frac{3,5}{2,7}$	52
14.00	3,5	3,1	$\tan \alpha = \frac{3,5}{3,1}$	48

14.30	3,5	4	$\tan \alpha = \frac{3,5}{4}$	41
15.00	3,5	5,3	$\tan \alpha = \frac{3,5}{5,3}$	33
15.30	3,5	7,2	$\tan \alpha = \frac{3,5}{7,2}$	26
16.00	3,5	9,8	$\tan \alpha = \frac{3,5}{9,8}$	20



**Lampiran 3. Tabel Perbandingan Daya Panel Surya dengan Sistem Penjejak dan Tanpa Sistem Penjejak**

(a). Tabel pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya 6 volt tgl 28/08/2017

Waktu	sistem penjejak						rata-rata		Daya	Energi Listrik (Joule)	Sudut (Derajat)	Keterangan
	V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	P	$W = 2 \times (V \times I \times t)$		
07.00	6,95	0,52	6,92	0,52	6,88	0,52	6,9	0,5	3,6	12948	60	Cerah
07.30	6,65	0,61	6,64	0,61	6,64	0,61	6,6	0,6	4,1	14589	60	Cerah
08.00	6,65	0,62	6,66	0,6	6,66	0,62	6,7	0,6	4,1	14698	53	Cerah
08.30	6,34	0,64	6,35	0,64	6,35	0,6	6,3	0,6	4,0	14318	50	Cerah
09.00	6,4	0,64	6,38	0,65	6,7	0,65	6,5	0,6	4,2	15116	42	Cerah
09.30	6,27	0,66	6,7	0,65	6,75	0,65	6,6	0,7	4,3	15460	38	Cerah
10.00	6,34	0,69	6,33	0,69	6,33	0,69	6,3	0,7	4,4	15732	35	Cerah
10.30	6,33	0,71	6,31	0,7	6,3	0,7	6,3	0,7	4,4	15985	31	Cerah
11.00	6,23	0,69	6,24	0,68	6,23	0,68	6,2	0,7	4,3	15334	29	Cerah
11.30	6,2	0,67	6,21	0,67	6,21	0,67	6,2	0,7	4,2	15120	30	Cerah
12.00	6,17	0,65	6,17	0,65	6,16	0,65	6,2	0,7	4,0	14430	30	Cerah
12.30	6,24	0,62	6,24	0,62	6,26	0,62	6,2	0,6	3,9	13943	31	Cerah
13.00	6,21	0,62	6,21	0,62	6,21	0,62	6,2	0,6	3,9	13861	35	Cerah
13.30	6,29	0,6	6,1	0,61	6,1	0,6	6,2	0,6	3,7	13387	38	Cerah
14.00	6,36	0,58	6,39	0,57	6,42	0,57	6,4	0,6	3,7	13189	42	Cerah
14.30	6,63	0,47	6,62	0,55	6,45	0,5	6,6	0,5	3,3	11978	49	Cerah
15.00	6,45	0,5	6,63	0,47	6,62	0,55	6,6	0,5	3,3	11978	57	Cerah
15.30	6,68	0,51	6,68	0,51	6,68	0,51	6,7	0,5	3,4	12264	60	Cerah
16.00	6,63	0,4	6,63	0,4	6,63	0,4	6,6	0,4	2,7	9547	60	Cerah
Energi Total										233804		

Waktu	tanpa sistem penjejak ( 30 derajat menghadap utara)						rata-rata		Daya	Energi Listrik (Joule)	Keterangan
	V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	V (volt)	I (A)	P	$W = 2 \times (V \times I \times t)$	
07.00	6,75	0,24	6,73	0,25	6,72	0,25	6,7	0,2	1,7	5979	Cerah
07.30	6,4	0,35	6,4	0,35	6,4	0,35	6,4	0,4	2,2	8064	Cerah
08.00	6,53	0,4	6,53	0,4	6,53	0,4	6,5	0,4	2,6	9403	Cerah
08.30	6,28	0,5	6,43	0,5	6,43	0,51	6,4	0,5	3,2	11561	Cerah
09.00	6,36	0,59	6,36	0,59	6,36	0,59	6,4	0,6	3,8	13509	Cerah
09.30	6,26	0,64	6,26	0,64	6,18	0,6	6,2	0,6	3,9	14062	Cerah
10.00	6,31	0,65	6,31	0,65	6,3	0,65	6,3	0,7	4,1	14758	Cerah
10.30	6,31	0,68	6,31	0,68	6,02	0,69	6,2	0,7	4,2	15285	Cerah
11.00	6,22	0,68	6,22	0,68	6,22	0,68	6,2	0,7	4,2	15227	Cerah
11.30	6,18	0,68	6,18	0,68	6,18	0,68	6,2	0,7	4,2	15120	Cerah
12.00	6,14	0,66	0,13	0,66	6,14	0,65	4,1	0,7	2,7	14400	Cerah

Waktu	tanpa sistem penjejak ( 30 derajat menghadap utara)						rata-rata Daya		Daya	Energi Listrik (Joule)	Keterangan
	V(v)	I (A)	V(v)	I(A)	V(v)	I(A)	V(v)	I(A)	P	W = 2 x ( V x I x t )	
12.30	6,23	0,54	6,21	0,55	6,21	0,55	6,2	0,5	3,4	12234	Cerah
13.00	6,2	0,55	6,2	0,55	6,2	0,55	6,2	0,6	3,4	12276	Cerah
13.30	6,23	0,51	6,24	0,51	6,24	0,51	6,2	0,5	3,2	11451	Cerah
14.00	6,3	0,43	6,29	0,43	6,17	0,43	6,3	0,4	2,7	9680	Cerah
14.30	6,03	0,46	6,18	0,41	6,12	0,37	6,1	0,4	2,5	9092	Cerah
15.00	6,28	0,27	6,28	0,27	6,25	0,23	6,3	0,3	1,6	5793	Cerah
15.30	6,4	0,23	6,4	0,23	6,4	0,23	6,4	0,2	1,5	5299	Cerah
16.00	6,24	0,13	6,24	0,13	6,24	0,13	6,2	0,1	0,8	2920	Cerah
Energi Total										206113	

(b). Tabel pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya 6 volt tgl 29/08/2017

Waktu	sistem penjejak						rata-rata		Daya	Energi Listrik (Joule)	Sudut (Derajat)	Keterangan
	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	P	W = 2 x ( V x I x t )		
07.00	6,87	0,51	6,84	0,51	6,8	0,5	6,8	0,5	3,5	12470	60	Cerah
07.30	6,6	0,61	6,58	0,6	6,58	0,6	6,6	0,6	4,0	14306	60	Cerah
08.00	6,54	0,66	6,56	0,66	6,59	0,65	6,6	0,7	4,3	15516	57	Cerah
08.30	6,45	0,69	6,46	0,69	6,47	0,69	6,5	0,7	4,5	16047	50	Cerah
09.00	6,51	0,63	6,46	0,62	6,45	0,6	6,5	0,6	4,0	14371	42	Cerah
09.30	6,4	0,64	6,4	0,64	6,4	0,64	6,4	0,6	4,1	14746	32	Cerah
10.00	6,32	0,66	6,33	0,67	6,34	0,66	6,3	0,7	4,2	15116	35	Cerah
10.30	6,43	0,73	6,44	0,73	6,41	0,74	6,4	0,7	4,7	16966	31	Cerah
11.00	6,01	0,23	6,02	0,24	6	0,2	6,0	0,2	1,3	4832	29	berawan
11.30	6,52	0,75	6,56	0,78	6,54	0,72	6,5	0,8	4,9	17658	30	Cerah
12.00	6,25	0,19	6,25	0,19	6,2	0,18	6,2	0,2	1,2	4189	30	mendung
12.30	6,27	0,2	6,26	0,19	6,25	0,19	6,3	0,2	1,2	4357	33	mendung
13.00	6,48	0,68	6,5	0,68	6,52	0,62	6,5	0,7	4,3	15444	35	Cerah
13.30	6,51	0,62	6,51	0,62	6,51	0,62	6,5	0,6	4,0	14530	38	Cerah
14.00	6,4	0,55	6,4	0,56	6,41	0,57	6,4	0,6	3,6	12909	43	Cerah
14.30	6,44	0,53	6,45	0,53	6,48	0,53	6,5	0,5	3,4	12319	49	Cerah
15.00	6,48	0,49	6,49	0,48	6,51	0,48	6,5	0,5	3,1	11298	57	Cerah
15.30	6,55	0,42	6,57	0,42	6,58	0,42	6,6	0,4	2,8	9929	60	Cerah
16.00	6,63	0,4	6,45	0,35	6,24	0,13	6,4	0,3	1,9	6801	60	Cerah
Energi Total										233804		

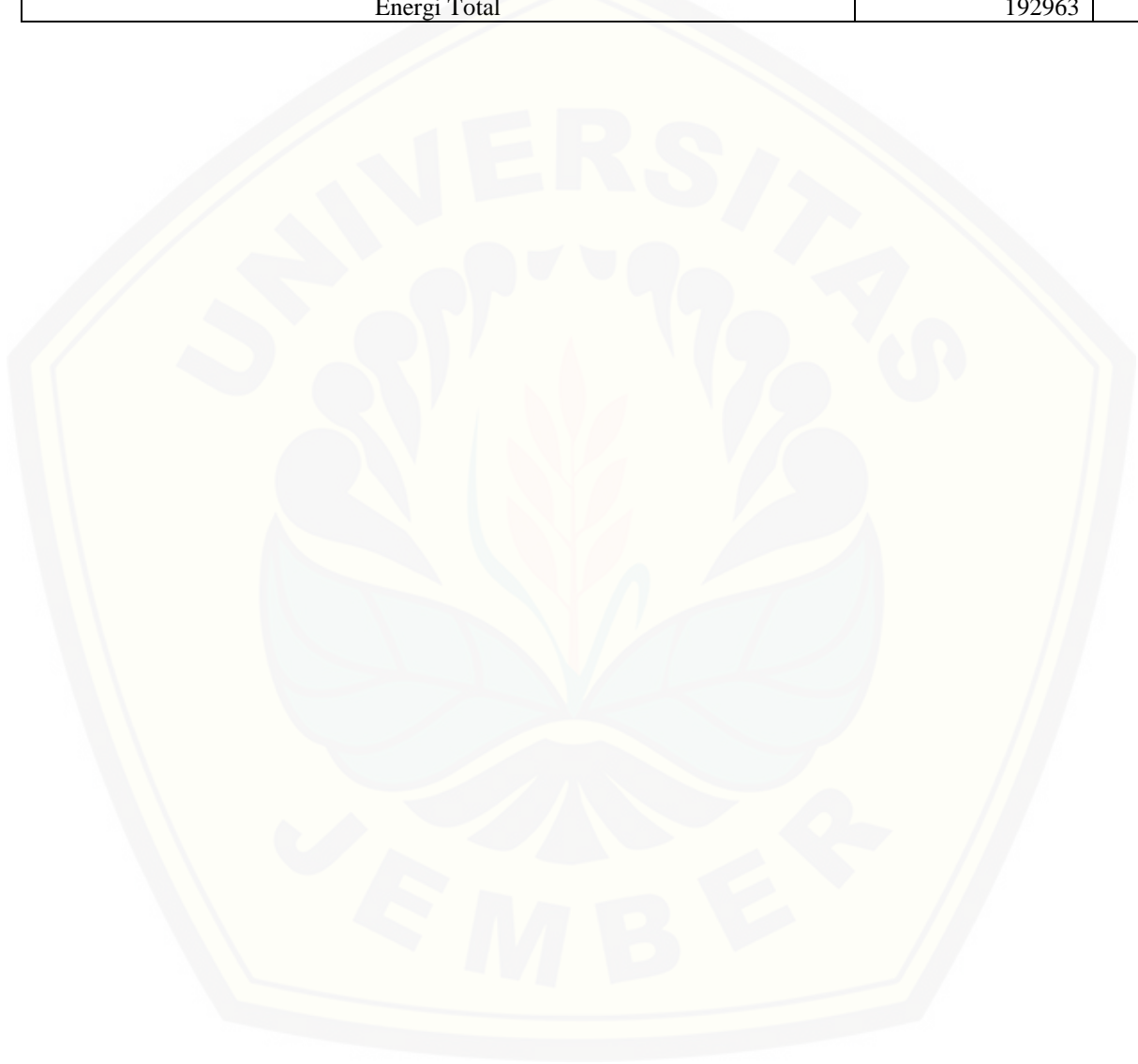
Waktu	tanpa sistem penjejak ( 30 derajat menghadap utara)						rata-rata		Daya	Energi Listrik (Joule)	Keterangan
	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	P	$W = 2 \times (V \times I \times t)$	
07.00	6,71	0,24	6,7	0,25	6,7	0,25	6,7	0,2	1,7	5953	Cerah
07.30	6,38	0,33	6,41	0,35	6,38	0,32	6,4	0,3	2,1	7668	Cerah
08.00	6,43	0,43	6,43	0,43	6,43	0,43	6,4	0,4	2,8	9954	Cerah
08.30	6,36	0,52	6,36	0,52	6,36	0,52	6,4	0,5	3,3	11448	Cerah
09.00	6,44	0,52	6,45	0,51	6,45	0,49	6,4	0,5	3,3	11759	Cerah
09.30	6,2	0,57	6,21	0,57	5,89	0,57	6,1	0,6	3,5	12517	Cerah
10.00	6,32	0,6	6,32	0,64	6,33	0,64	6,3	0,6	4,0	14265	Cerah
10.30	6,42	0,66	6,41	0,66	6,39	0,57	6,4	0,6	4,0	14530	Cerah
11.00	5,87	0,19	5,9	0,19	5,79	0,18	5,9	0,2	1,1	3933	berawan
11.30	6,57	0,69	6,56	0,67	6,55	0,63	6,6	0,7	4,4	15665	Cerah
12.00	6,19	0,17	6,2	0,18	6,2	0,17	6,2	0,2	1,1	3867	mendung
12.30	6,24	0,18	6,23	0,18	6,24	0,18	6,2	0,2	1,1	4041	mendung
13.00	6,48	0,51	6,28	0,62	6,41	0,52	6,4	0,6	3,5	12652	Cerah
13.30	6,56	0,48	6,56	0,48	6,56	0,48	6,6	0,5	3,1	11336	Cerah
14.00	6,33	0,47	6,33	0,47	6,33	0,47	6,3	0,5	3,0	10710	Cerah
14.30	6,33	0,37	6,33	0,37	6,33	0,37	6,3	0,4	2,3	8432	Cerah
15.00	6,3	0,29	6,31	0,29	6,31	0,29	6,3	0,3	1,8	6584	Cerah
15.30	6,26	0,2	6,26	0,21	6,27	0,21	6,3	0,2	1,3	4660	Cerah
16.00	6,24	0,13	6,24	0,13	6,24	0,14	6,2	0,1	0,8	2995	Cerah
Energi Total										172970	

(c). Tabel pengukuran tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya 6 volt tgl 0/08/2017

Waktu	sistem penjejak						rata-rata		Daya	Energi Listrik (Joule)	Sudut (Derajat)	Keterangan
	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	P	$W = 2 \times (V \times I \times t)$		
07.00	6,55	0,5	6,55	0,5	6,55	0,5	6,6	0,5	3,3	11790	60	Cerah
07.30	6,6	0,61	6,58	0,6	6,58	0,6	6,6	0,6	4,0	14306	60	Cerah
08.00	6,54	0,66	6,56	0,66	6,59	0,65	6,6	0,7	4,3	15516	57	Cerah
08.30	6,58	0,69	6,59	0,68	6,6	0,68	6,6	0,7	4,5	16211	50	Cerah
09.00	6,41	0,65	6,41	0,64	6,42	0,65	6,4	0,6	4,1	16214	43	Cerah
09.30	6,29	0,73	6,28	0,74	6,28	0,74	6,3	0,7	4,6	16663	38	Cerah
10.00	6,49	0,7	6,46	0,71	6,41	0,7	6,5	0,7	4,5	16340	35	Cerah
10.30	6,24	0,7	6,24	0,7	6,24	0,7	6,2	0,7	4,4	15725	30	Cerah
11.00	6,33	0,74	6,32	0,71	6,35	0,74	6,3	0,7	4,6	16644	31	Cerah
11.30	6,24	0,69	6,24	0,69	6,24	0,69	6,2	0,7	4,3	15500	32	Cerah
12.00	6,21	0,68	6,2	0,67	6,21	0,66	6,2	0,7	4,2	14970	33	Cerah
12.30	6,24	0,62	6,24	0,62	6,26	0,62	6,2	0,6	3,9	13943	33	Cerah
13.00	6,89	0,59	6,87	0,59	6,83	0,59	6,9	0,6	4,0	14578	35	Cerah
13.30	6,09	0,16	6,08	0,16	6,08	0,16	6,1	0,2	1,0	3504	43	mendung
14.00	5,96	0,1	5,96	0,1	5,96	0,1	6,0	0,1	0,6	2146	49	mendung
14.30	6,5	0,61	6,52	0,61	6,56	0,6	6,5	0,6	4,0	14254	50	Cerah
15.00	6,52	0,55	6,56	0,55	6,52	0,55	6,5	0,6	3,6	12936	57	Cerah
15.30	6,68	0,51	6,68	0,51	6,68	0,51	6,7	0,5	3,4	12264	60	Cerah
16.00	6,71	0,41	6,76	0,41	6,77	0,42	6,7	0,4	2,8	10039	60	Cerah
Energi Total										253544		

Waktu	tanpa sistem penjejak ( 30 derajat menghadap utara)						rata-rata		Daya	Energi Listrik (Joule)	Keterangan
	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	V (Volt)	I (A)	P	$W = 2 \times (V \times I \times t)$	
07.00	6,58	0,39	6,58	0,39	6,58	0,39	6,6	0,4	2,6	6840	Cerah
07.30	6,38	0,33	6,41	0,35	6,38	0,32	6,4	0,3	2,1	7668	Cerah
08.00	6,43	0,43	6,43	0,43	6,43	0,43	6,4	0,4	2,8	9954	Cerah
08.30	6,5	0,52	6,51	0,51	6,51	0,51	6,5	0,5	3,3	12024	Cerah
09.00	6,36	0,55	6,36	0,56	6,36	0,56	6,4	0,6	3,5	12745	Cerah
09.30	6,24	0,66	6,25	0,66	6,25	0,66	6,2	0,7	4,1	14842	Cerah
10.00	6,28	0,5	6,49	0,59	6,49	0,59	6,4	0,6	3,6	12943	Cerah
10.30	6,23	0,69	6,24	0,69	6,24	0,69	6,2	0,7	4,3	15492	Cerah
11.00	6,26	0,69	6,31	0,69	6,19	0,63	6,3	0,7	4,2	15083	Cerah
11.30	6,22	0,67	6,18	0,66	6,15	0,62	6,2	0,7	4,0	14469	Cerah
12.00	6,21	0,66	6,21	0,66	6,21	0,66	6,2	0,7	4,1	14400	Cerah
12.30	6,21	0,55	6,21	0,55	6,21	0,55	6,2	0,6	3,4	12296	Cerah
13.00	6,76	0,51	6,74	0,52	6,6	0,52	6,7	0,5	3,5	12462	Cerah
13.30	6,08	0,14	6,06	0,15	6,07	0,16	6,1	0,2	0,9	3278	mendung
14.00	5,92	0,09	5,92	0,09	5,92	0,09	5,9	0,1	0,5	1918	mendung

Waktu	tanpa sistem penjejak ( 30 derajat menghadap utara)						Rata-rata		Daya	Energi Listrik (Joule)	Keterangan
	V(v)	I(A)	V(v)	I(A)	V(v)	I(A)	V(v)	I(A)	P	$W = 2 \times ( V \times I \times t )$	
14.30	6,46	0,47	6,45	0,46	6,46	0,47	6,5	0,5	3,0	10847	Cerah
15.00	6,34	0,32	6,34	0,32	6,34	0,32	6,3	0,3	2,0	7304	Cerah
15.30	6,4	0,23	6,4	0,23	6,4	0,23	6,4	0,2	1,5	5299	Cerah
16.00	6,29	0,13	6,3	0,14	6,31	0,14	6,3	0,1	0,9	3100	Cerah
Energi Total										192963	





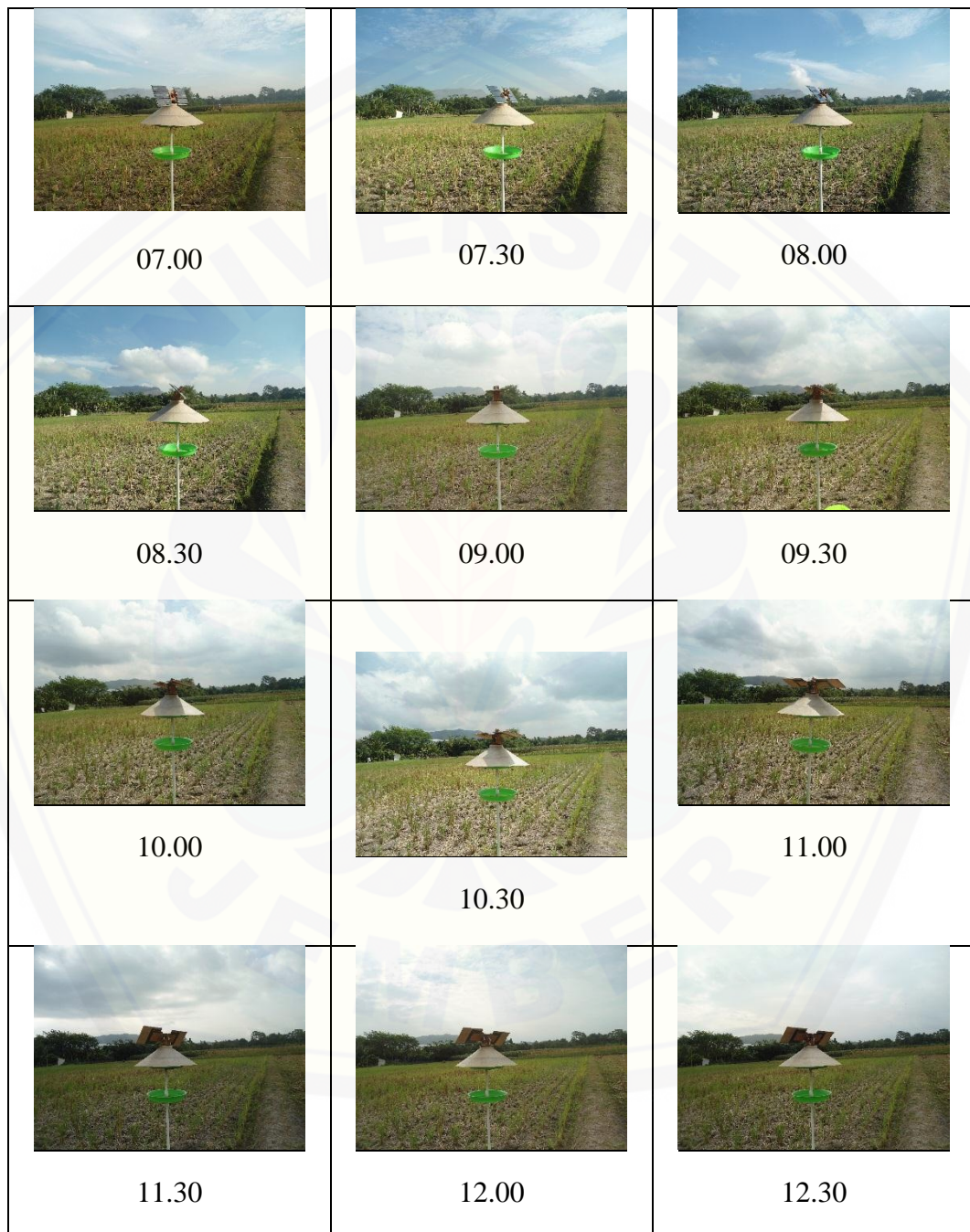
**Lampiran 4.** Tabel Pengisian Daya Baterai Selama Tiga Hari (tgl 20, 21, dan 22 Agustus 2017)

Waktu	Daya Hasil (W)	Daya Sistem (W)	Daya Lampu (w)	Daya Hasil Total (W)
Daya Awal baterai				10
07.00	4,7	1,4	0,0	13,3
08.00	3,6	1,4	0,0	15,5
09.00	1,6	1,4	0,0	15,7
10.00	3,9	1,4	0,0	18,2
10.30	4,1	1,4	0,0	20,9
11.00	4,2	1,4	0,0	23,8
12.00	3,9	1,4	0,0	26,3
13.00	3,7	1,4	0,0	28,5
14.00	4,0	1,4	0,0	31,1
15.00	3,7	1,4	0,0	33,4
16.00	1,5	1,4	0,0	33,5
17.00	0,0	0,2	2,0	31,3
18.00	0,0	0,2	2,0	29,1
19.00	0,0	0,2	2,0	26,9
20.00	0,0	0,2	2,0	24,7
21.00	0,0	0,2	2,0	22,5
22.00	0,0	0,2	2,0	20,3
23.00	0,0	0,2	2,0	18,1
00.00	0,0	0,2	0,0	17,9
01.00	0,0	0,2	0,0	17,7
02.00	0,0	0,2	0,0	17,5
03.00	0,0	0,2	0,0	17,3
04.00	0,0	0,2	0,0	17,1
05.00	0,0	0,2	0,0	16,9
06.00	0,0	0,2	0,0	16,7
07.00	3,7	1,4	0,0	19,0
08.00	3,6	1,4	0,0	21,2
09.00	4,0	1,4	0,0	23,8
10.00	4,3	1,4	0,0	26,7
11.00	1,7	1,4	0,0	27,0
12.00	4,5	1,4	0,0	30,1
13.00	3,9	1,4	0,0	32,6
14.00	3,7	1,4	0,0	34,9
15.00	3,4	1,4	0,0	36,8
16.00	1,9	1,4	0,0	37,4
17.00	0,0	0,2	2,0	35,2
18.00	0,0	0,2	2,0	33,0
19.00	0,0	0,2	2,0	30,8
20.00	0,0	0,2	2,0	28,6
21.00	0,0	0,2	2,0	26,4
22.00	0,0	0,2	2,0	24,2
23.00	0,0	0,2	2,0	22,0
00.00	0,0	0,2	0,0	21,8
01.00	0,0	0,2	0,0	21,6
02.00	0,0	0,2	0,0	21,4

Waktu	Daya Hasil (W)	Daya Sistem (W)	Daya Lampu (w)	Daya Hasil Total (W)
03.00	0,0	0,2	0,0	21,2
04.00	0,0	0,2	0,0	21,0
05.00	0,0	0,2	0,0	20,8
06.00	0,0	0,2	0,0	20,6
07.00	3,3	1,4	0,0	22,4
08.00	3,5	1,4	0,0	24,5
09.00	3,9	1,4	0,0	26,9
10.00	4,1	1,4	0,0	29,7
11.00	4,0	1,4	0,0	32,3
12.00	3,7	1,4	0,0	34,6
13.00	3,7	1,4	0,0	36,9
14.00	3,4	1,4	0,0	38,9
15.00	1,1	1,4	0,0	38,6
16.00	2,4	1,4	0,0	39,7
17.00	0,0	1,4	2,0	36,3
18.00	0,0	0,2	2,0	34,1
19.00	0,0	0,2	2,0	31,9
20.00	0,0	0,2	2,0	29,7
21.00	0,0	0,2	2,0	27,5
22.00	0,0	0,2	2,0	25,3
23.00	0,0	0,2	2,0	23,1
00.00	0,0	0,2	0,0	22,9
01.00	0,0	0,2	0,0	22,7
02.00	0,0	0,2	0,0	22,5
03.00	0,0	0,2	0,0	22,3
04.00	0,0	0,2	0,0	22,1
05.00	0,0	0,2	0,0	21,9
06.00	0,0	0,2	0,0	21,7

**Lampiran 5.** Dokumentasi Pergerakan Panel Surya


(a). Tanggal 20 Agustus 2017





(b). Tanggal 21 Agustus 2017



08.30	09.00	09.30
		
10.00	10.30	11.00
		
11.30	12.00	12.30
		
13.00	13.30	14.00
		
14.30	15.00	15.30
		

16.00

(c). Tanggal 22 Agustus 2017



