PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER LISTRIK PADA ALAT PENGUSIR HAMA OTOMATIS

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh Gelar Sarjana Teknik dari Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi

SKRIPSI

OLEH

NAMA : DT INSANIL KAMILIN

NPM : 1824210285

PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO

KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

MEDAN

2021

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER LISTRIK PADA ALAT PENGUSIR HAMA OTOMATIS

NAMA : DT. INSANIL KAMILIN
N.P.M : 1824210285
FAKULTAS : SAINS & TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI : Teknik Elektro
TANGGAL KELULUSAN : 27 Februari 2021

DIKETAHUI

DEKAN	KETUA PROGRAM STUDI
Hamdani, ST., MT.	Siti Anisah, S.T., M.T

DISETUJUI
KOMISI PEMBIMBING

PEMBIMBING I	PEMBIMBING II
Dr Rahmaniar, ST.,MT.	Muhammad Rizki Syahputra, ST., MT

Note : dokumen ini telah diproses secara online melalui sistem informasi akademik UNPAB

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademik Universitas Pembangunan Panca Budi, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Dt. Insanil Kamilin
NPM	: 1824210285
Program Studi	: Teknik Elektro
Fakultas	: Sains Dan Teknologi
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, meyutujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Panca Budi **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non exclusive Royalty-free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **"Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik Pada Alat Pengusir Hama Otomoatis "** Beserta prangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pembangunan Panca Budi berhak menyimpan, mengalih-media/alih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data *(database)*, merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, Desember 2020

METERAI TEMPEL
24503AJX732600459

DT INSANIL KAMILIN
NPM : 1824210285

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan disuatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, Desember 2020

DT INSANIL KAMILIN

NPM : 1824210285

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

...a yang bertanda tangan di bawah ini :

...ma Lengkap	: DT INSANIL KAMILIN
...mpat/Tgl. Lahir	: MEDAN / 26 Juli 1996
...mor Pokok Mahasiswa	: 1824210285
...gram Studi	: Teknik Elektro
...sentrasi	: Teknik Energi Listrik
...mlah Kredit yang telah dicapai	: 128 SKS, IPK 3.11
...mor Hp	: 081995770668

...ngan ini mengajukan Judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut :

...	Judul
...	PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER LISTRIK PADA ALAT PENGUSIR HAMA OTOMATIS

...: Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

... Yang Tidak Perlu

Rektor I,

(Ir. Bhakti Alamsyah, M.T., Ph.D.)

Medan, 05 Oktober 2019

Pemohon,

(Dt Insanil Kamilin)

Tanggal : .... Disahkan oleh : Dekan (Sri Shindi Indira, S.T., M.Sc.)	Tanggal : .... Disetujui oleh : Dosen Pembimbing I : (Rahmaniar, ST., MT.)
Tanggal : .... Disetujui oleh: Ka. Prodi Teknik Elektro (Hamdani, ST., MT.)	Tanggal : 5 - 10 - 2019 Disetujui oleh: Dosen Pembimbing II: (Muhammad Rizky Syahputra, ST., MT)

YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA
PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
Jl. Jend. Gatot Subroto KM. 4,5 Medan Sunggal, Kota Medan Kode Pos 20122

SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 3372/PERP/BP/2020

Kepala Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan atas nama saudara/i:

Nama : DT INSANIL KAMILIN
N.P.M. : 1824210285
Tingkat/Semester : Akhir
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Bahwasannya terhitung sejak tanggal 11 Desember 2020, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekaligus tidak lagi terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 11 Desember 2020
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan,

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI
UNPAB
INDONESIA
UPT PERPUSTAKAAN

Sugiarjo, S.Sos., S.Pd.I

No. Dokumen : FM-PERPUS-06-01 Revisi : 01 Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

KARTU BEBAS PRAKTIKUM
Nomor. 29/BL/LTPE/2020

ng bertanda tangan dibawah ini Ka. Laboratorium Elektro dengan ini menerangkan bahwa :

Nama	: DT INSANIL KAMILIN
N.P.M.	: 1824210285
Tingkat/Semester	: Akhir
Fakultas	: SAINS & TEKNOLOGI
Jurusan/Prodi	: Teknik Elektro

nar dan telah menyelesaikan urusan administrasi di Laboratorium Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 12 Desember 2020
Ka. Laboratorium

[Approve By System]
D T O
Hamdani, S.T., M.T.

Dokumen : FM-LEKTO-06-01	Revisi : 01	Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

<u>SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER</u>

Dengan ini saya Ka.LPMU UNPAB menerangkan bahwa saurat ini adalah bukti pengesahan dari *LPMU* sebagi pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir/ Skripsi/Tesis selama masa pandemi ***Covid-19*** sesuai dengan edaran rektor Nomor : 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBM Online.

Demikian disampaikan.

NB. Segala penyalahgunaan pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB.

Ka.LPMU

Cahyo Pramono, SE., MM.

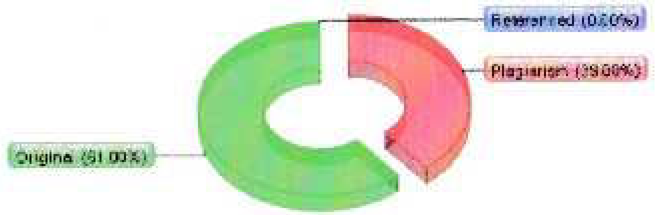
Hasrul Muhammad Kitonga, BA., MSc

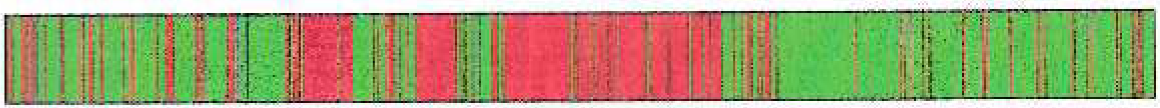
No. Dokumen : PM-UJMA-06-02	Revisi : 00	Tgl Eff : 23 Jan 2019

Plagiarism Detector v. 1460 - Originality Report 16-Dec-20 16:04:56

DT. INSANIL KAMILIN_1824210285_TEKNIK ELEKTRO.docx Universitas Pembangunan Panca Budi_License03

Comparison Preset: Rewrite. Detected language: Indonesian





→ % 9 wrds: 938 http://digilib.polban.ac.id/files/disk1/67/jbptppolban-gdl-ginanjarl-3325-3-bab

→ % 8 wrds: 836 http://eprints.undip.ac.id/67145/3/BAB_II.pdf

→ % 8 wrds: 786 http://kuliah.umn.web.id/konversi-energi/hasil-tugas/PANEL%20SURYA%20dan%20APLIK...

[Show other Sources:]

98 - Ok / 19 - Failed

[Show other Sources:]

YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA
Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : DT. INSANIL KAMILIN
NPM : 1824210285
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Dr Rahmaniar, ST.,MT.
Judul Skripsi : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik pada Alat Pengusir Hama Otomatis

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
04 Desember 2019	Perdalam latar belakang permasalahan dengan 5 jurnal yang sesuai dengan judul penelitian, sebagai pendahuluan pada bab 1	Revisi	
19 Desember 2019	Tujuan penelitian diperdalam, singkronkan dengan tema penelitian	Revisi	
14 September 2020	Selesaikan semua daftar isi, gambar, tabel	Revisi	
14 September 2020	Perhatikan tata tulisan, sesuaikan dengan panduan skripsi	Revisi	
14 September 2020	manfaat penelitian merupakan jawaban dari tujuan penelitian	Revisi	
14 September 2020	gambar ulang semua gambar yang ada di skripsi	Revisi	
14 September 2020	Perbaiki flowchat, sesuaikan dengan penelitian anda	Revisi	
14 September 2020	Belum ada korelasi antara pembangkit plts dengan aplikasi sebagai pengusir hama, tunjukkan melalui literasi penelitian yang telah dilakukan, dan masukkan sebgai data pada bab 3	Revisi	
07 Oktober 2020	Acc Seminar Hasil	Disetujui	
15 Desember 2020	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
11 Oktober 2021	ACC jilid	Disetujui	

Medan, 12 Oktober 2021
Dosen Pembimbing,

Dr Rahmaniar, ST, MT.

YAYASAN PROF. DR. H. KADIRUN YAHYA

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

JL. Jend. Gatot Subroto KM 4,5 PO. BOX 1099 Telp. 061-30106057 Fax. (061) 4514808
MEDAN - INDONESIA
Website : www.pancabudi.ac.id - Email : admin@pancabudi.ac.id

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : DT. INSANIL KAMILIN
NPM : 1824210285
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Muhammad Rizki Syahputra, ST., MT
Judul Skripsi : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik pada Alat Pengusir Hama Otomatis

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
08 Oktober 2020	acc seminar hasil	Disetujui	
16 Desember 2020	acc sidang meja hijau	Disetujui	
10 Oktober 2021	acc jilid	Disetujui	

Medan, 12 Oktober 2021
Dosen Pembimbing,

Muhammad Rizki Syahputra, ST., MT

...BPAA-2012-041

...: Permohonan Meja Hijau

Medan, 27 Januari 2021
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
UNPAB Medan
Di -
Tempat

...engan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

...ama	: DT INSANIL KAMILIN
...empat/Tgl. Lahir	: MEDAN / 26 JULI 1996
...ama Orang Tua	: dr. UMANI MAHYUDDIN
...P.M	: 1824210285
...akultas	: SAINS & TEKNOLOGI
...ogram Studi	: Teknik Elektro
...o. HP	: 081370290429
...amat	: JL. KL YOS SUDARSO LING XIV B

...atang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ...ATA SEBAGAI SUMBER LISTRIK PADA ALAT PENGUSIR HAMA OTOMATIS**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkipnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 examplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 examplar untuk penguji (bentuk dan warna penjilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangani dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya yang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan perincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	: Rp.	0
2. [170] Administrasi Wisuda	: Rp.	1,500,000
3. [202] Bebas Pustaka	: Rp.	100,000
4. [221] Bebas LAB	: Rp.	5,000
Total Biaya	**: Rp.**	**1,605,000**

Ukuran Toga : M

Diketahui/Disetujui oleh :

...ndari, ST., MT.
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya

DT INSANIL KAMILIN
1824210285

...atatan :

- 1.Surat permohonan ini sah dan berlaku bila :
  - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
  - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2.Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER LISTRIK PADA ALAT PENGUSIR HAMA OTOMATIS

Dt Insanil Kamilin*
Dr Rahmaniar, ST.,MT**
Muhammad Rizky Syahputra, ST., MT**
Universitas Pembangunan Pancabudi

ABSTRAK

Energi surya adalah energi yang berasal dari sinar dan panas matahari. Energi ini akan dikonversikan ke bentuk energi listrik menggunakan photovoltaic (PV). Energi listrik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan pada alat pembasmi hama yang terdiri dari: *Arduino Nano*, Sensor HC-SR04, LCD 16x2, rangkaian frekuensi *generator* dan *tweeter ultrasonik.* Alat tersebut memiliki kapasitas total daya sebesar 12,16 Watt dan akan menggunakan panel surya 15 WP tipe monokristalin, *solar charger controller* (SCC) tipe PWM 10 AH, Baterai Litihium ion berkapasitas 3,7 Volt 2,2 AH. Alat dirancang agar dapat bekerja secara otomatis sehingga dapat digunakan untuk areal sawah yang jauh dari jangkauan PLN.

Kata kunci : PLTS, Panel Surya 15 WP, Monokristalin, SCC,Baterai *Lithium-ion*

*Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro : datukinsanilkam1@gmail.com

**Dosen Program Studi Teknik Elektro

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER LISTRIK PADA ALAT PENGUSIR HAMA OTOMATIS

Dt Insanil Kamilin*
Dr Rahmaniar, ST.,MT**
Muhammad Rizky Syahputra, ST., MT**
Universitas Pembangunan Pancabudi

ABSTRACT

Solar energy is energy that comes from sunlight and heat from the sun. This energy will be converted to electrical energy using photovoltaic (PV). The electrical energy generated can be utilized in pest control equipment consisting of: Arduino Nano, HC-SR04 sensor, 16x2 LCD, generator frequency circuit and ultrasonic tweeter. The tool has a total power capacity of 12.16 Watts and will use a monocrystalline type 15 WP solar panel, PWM 10 AH solar charger controller (SCC) type, lithium ion battery with a capacity of 3.7 Volt 2.2 AH. The tool is designed to work automatically so that it can be used for rice fields that are far from the reach of PLN.

Keywords : *PLTS, Solar Panel 15 WP, Monocrystalline, SCC, Lithium-ion Battery*

Student of Electrical Engineering Study Program : datukinsanilkam1@gmail.com

**Lecturer in Electrical Engineering Study Program*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala nikmat, karunia dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan judul Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Sumber Listrik Pada Alat Pengusir Hama Otomoatis.

Selesainya laporan ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan ungkapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua tercinta, yang telah memberikan segalanya hingga Skripsi ini dapat diselesaikan.

2. Bapak Dr.H.M. Isa Indrawan, SE.,MM selaku Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi.

3. Bapak Hamdani, S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi.

4. Ibu Siti Anisah, S.T.,M.T selaku Ketua Prodi Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi.

5. Ibu Dr Rahmaniar, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing I Skripsi.

6. Bapak Muhammad Rizky Syahputra, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II Skripsi.

7. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah menjadi inspirasi dan membantu penulis dalam pembuatan laporan.

8. Seluruh Pegawai di Departemen Teknik Elektro Universitas Pancabudi.

9. Terima kasih sahabat – sahabat Raja Salim Hrp, Widya Citra yang telah memotivasi penulis menyelesaikan Skripsi.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama menjalani masa perkuliahan di Universitas Pembangunan Panca Budi.

Akhirnya, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan pada laporan Skripsi ini sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Medan, Desember 2020

DT INSANIL KAMILIN
NPM : 1824210285

DAFTAR ISI

ABSTRAK 5
ABSTRACT 6
KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR GAMBAR v
DAFTAR TABEL vii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 4
1.3. Batasan Masalah 5
1.4. Tujuan Penelitian 5
1.5. Manfaat Penelitian 5
1.6. Sistematika penulisan 5
1.7. Metodologi 6
BAB 2 DASAR TEORI 7
2.1. PANEL SURYA 7
2.1.1 Sel Surya 8
2.1.2 Spesifikasi Sel Surya 12
2.1.3 Proses Konversi Sel Surya 21
2.2. *Solar Charger Controller* (SCC) 28
2.2.1 Charging Mode Solar Charger Controller 29
2.2.2 Operation Mode Solar Charger Controller 30
2.3. Baterai *Li-ion* 32

BAB 3 METODE PENELITIAN 36
3.1. Jenis dan Lokasi Penelitian 36
3.2. Alat dan Bahan 36
3.2.1 Modul Panel Surya 37
3.2.2 *Solar Charger Controller* (SCC) 38
3.2.3 Baterai 47
3.3. Blok Diagram 49
3.4. *Flowchart* 50
3.5. Perancangan Diagram Rangkaian 52
3.6. Beban 53
BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENGUKURAN 55
4.1. Hasil Pengukuran I 55
4.2. Hasil Pengukuran II 58
4.3. Hasil Pengukuran III 59
4.4. Hasil Pengukuran IV 62
4.5. Pengujian Baterai 63
BAB 5 PENUTUP 66
5.1. KESIMPULAN 66
5.2. SARAN 66
DAFTAR PUSTAKA 67
Lampiran 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul Panel Surya 7
Gambar 2.2 Kurva Tegangan – Arus Sel Surya Terhadap Intensitas 10
Gambar 2.3 Kurva Tegangan – Arus Pada Sel Surya Terhadap Perubahan Suhu 11
Gambar 2.4 Kurva Karakteristik V – I Pada Sel Surya 12
Gambar 2.5 Semikonduktor Tipe P (kiri), Tipe N (kanan) 14
Gambar 2.6 Sambungan P-N 15
Gambar 2.7 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor 16
Gambar 2.8 Sel Surya Monokristal 19
Gambar 2.9 Semikonduktor Jenis P dan N Sebelum Disambung 22
Gambar 2.10 Perpindahan Elektron dan Hole Pada Semikonduktor 23
Gambar 2.11 Hasil Muatan Positif dan Negatif Pada Semikonduktor 23
Gambar 2.12 Timbulnya Medan Listrik Internal E 24
Gambar 2.13 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari 25
Gambar 2.14 Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari 26
Gambar 2.15 Kabel Dari Semikonduktor Dihubungkan Ke Lampu 27
Gambar 2.16 Grafik Pengisian Baterai 30
Gambar 3.1 Panel Surya 15 Wp *Monocrystalline* 37
Gambar 3.2 Solar Charger Controller 10 A 39
Gambar 3.3 Tampilan SCC dalam keadaan terhubung baterai dan beban 40
Gambar 3.4 Tampilan Layar SCC 41
Gambar 3.5 Tampilan mode Float Voltage Pada SCC 42
Gambar 3.6 Tampilan Mode Discharge Reconncet Pada SCC 43
Gambar 3.7 Tampilan Mode Discharge Stop Pada SCC 44
Gambar 3.8 Tampilan Work Mode Pada SCC 45
Gambar 3.9 Tampilan Battery Type Pada SCC 46
Gambar 3.10 Baterai Li-Ion 18650 – 22F 48
Gambar 3.11 Rangkaian Seri Baterai 48

Gambar 3.12 Blok Diagram 49
Gambar 3.13 *Flowchart* 51
Gambar 3.14 Diagram Rangkaian 52
Gambar 3.15 Alat Pembasmi Hama Sebagai Beban 53
Gambar 3.16 Desain Rangkaian Keseluruhan Alat Pembasmi Hama Sebagai Beban 54
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 9 Agustus 2020 56
Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 24 November 2020 59
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 26 November 2020 61
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 26 November 2020 63

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya 38
Tabel 3.2 Spesifikasi *Solar Charger Controller* 39
Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai Li-ion Merk SAMSUNG ICR18650-22F 49
Tabel 4.1 Pengukuran Pada Tanggal 9 Agustus 2020.. 55
Tabel 4.2 Pengukuran Pada Tanggal 24 November 2020.. 58
Tabel 4.3 Pengukuran Pada Tanggal 26 November 2020.. 60
Tabel 4.4 Pengukuran Pada Tanggal 28 November 2020.. 62
Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Pada Baterai 64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi matahari adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi merupakan kebutuhan penting umat manusia khususnya energi listrik.Dengan pertumbuhan penduduk Indonesia, energi listrik terus meningkat. Selama ini kebutuhan energi masih mengandalkan minyak sebagai penopang utama kebutuhan energi. Namun pada kenyataannya minyak bumi semakin langka dan mahal, sehingga terus dikembangkan dan dicari sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik, salah satunya energi terbarukan yaitu energi surya dengan menggunakan sel surya.(Satwiko, 2012)

Pesatnya perkembangan penduduk bumi tentunya akan diimbangi dengan peningkatan penggunaan energi, termasuk listrik. Sebagaimana kita ketahui bersama, manusia selama ini selalu mengandalkan penggunaan energi yang dikonsumsi, dengan kata lain energi yang tidak dapat diperbarui. Misalnya minyak bumi, batu bara dan gas alam. Karena kebutuhan energi untuk kelangsungan hidup seluruh umat manusia terus meningkat, maka upaya harus dilakukan secara proporsional dengan peningkatan penggunaan energi. Selain itu, Indonesia masih belum mampu menyediakan listrik ke seluruh wilayah di Indonesia karena masih sangat bergantung pada energi fosil yang tak terbarukan. Meskipun cadangan energi terbatas,

penggunaan energi meningkat sekitar 7% setiap tahun.(Setyaningrum, Pembimbing, & Fisika, 2017)

Energi matahari merupakan sumber energi berkelanjutan terbesar dan tidak akan pernah habis, terutama energi elektromagnetik yang dipancarkan matahari. Selain itu, energi matahari tidak berdampak negatif terhadap lingkungan, sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai sumber daya alternatif baru yang dapat dimanfaatkan secara optimal. Masing-masing wilayah memiliki potensi listrik yang berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh posisi matahari, lokasi wilayah, dan kondisi atmosfer. Bagi Indonesia sendiri terletak di daerah ekuator yang artinya memiliki potensi energi matahari yang sangat besar setiap tahunnya, oleh karena itu di Indonesia sangat baik untuk menggunakan energi matahari sebagai sumber energi dalam kehidupan sehari-hari untuk menggantikan energi fosil. Energi matahari dapat digunakan dengan menggunakan teknologi poli-fotovoltaik, yaitu mengubah energi matahari menjadi listrik.(Setyaningrum et al., 2017)

Budidaya padi sangat penting untuk menjamin ketahanan pangan masyarakat Indonesia. Padi atau beras telah menjadi sumber pangan pokok bagi masyarakat Indonesia. Salah satu masalah yang dapat mengurangi produksi padi adalah adanya serangan hama serangga atau wereng. Serangan hama wereng pada tanaman padi semakin ke sini semakin meningkat. Di beberapa wilayah di Jawa Barat seperti Karawang, Subang dan Majalengka, hama wereng telah merusak puluhan bahkan ratusan hektar sawah petani. (Alamsyah, Nurhilal, Mindara, Saad, & Hidayat, 2017)

Perkembangan teknologi saat ini telah merambat ke segala aspek kehidupan baik dikalangan pelajar, pebisnis, pemerintahan bahkan bidang pertanian dimanjakan oleh adanya alat-alat yang dapat memberikan kemudahan, yang tentunya diharapkan juga berdampak pada produktivitas dari setiap pengguna teknologi itu sendiri. Upaya untuk mewujudkan ketahanan pangan adalah dengan meninjau kembali kondisi yang menjadi pokok kebutuhan pangan nasional yaitu padi, bagaimana tingkat produktivitas tanaman padi sebagai jenis tanaman pangan yang paling dibutuhkan di Indonesia. Tugas untuk meningkatkan produktivitas tanaman padi yang dilakukan oleh para petani menemui banyak sekali hambatan, diantaranya berasal dari ulah manusia sendiri, hewan pengganggu, dan lingkungan. Faktor hewan dalam bentuk serangan hama merupakan hambatan yang paling konsisten dalam menekan tingkat produktivitas tanaman padi tiap musimnya. Mahalnya biaya serta kurang ramahnya penggunaan pestisida dalam pencegahan serta pembasmian hama pada tanaman pertanian harus disubstitusi dengan penggunaan teknologi yang lebih tepat. Maka telah dibuat alat pemancar gelombang ultrasonik untuk mengusir hama pada tanaman padi.

Alat tersebut menggunakan solar cell, dimana solar cell ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem solar cell sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan karena proses pengolahan ini tidak menghasilkan polusi yang berisiko mengganggu ekosistem. Panel solar cell merupakan modul yang terdiri beberapa solar cell yang digabung dalam hubungan

seri dan paralel tergantung ukuran dan kapasitas yang diperlukan. Terdapat beberapa jenis panel surya diantaranya yaitu "*Monocrystalline Silicon*". Tipe panel surya ini menggunakan sel surya jenis crystalline tunggal yang memiliki efisiensi tinggi dibanding dengan yang lainnya. Alat pembasmi hama tersebut membutuhkan total daya sekitar 12,16 Watt sehingga diasumsikan menggunakan panel surya 15 WP. Panel surya meneruskan energi ke alat control (SCC), alat kontrol akan mengalirkan energi tersebut dalam baterai berkapasitas 2,2 AH. Energi yang ada dalam baterai akan diteruskan ke beban melalui SCC.

Alat ini akan menggunakan sumber listrik dari panel surya, sehingga dapat digunakan untuk areal sawah yang jauh dari jangkauan PLN. Oleh sebab itu, dalam penyelesaian skripsi ini penulis tertarik untuk membuat alat dengan judul "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER LISTRIK PADA ALAT PENGUSIR HAMA OTOMATIS". Alat dirancang agar dapat bekerja secara otomatis, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sarana pembasmi serangga untuk pertanian yang ramah lingkungan dan relatif murah, sehingga dapat mengurangi biaya produksi pengolahan lahan pertanian serta dapat meningkatkan hasil panen.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem suplai energi untuk Alat Pengusir Hama Otomatis menggunakan panel surya ?
2. Bagaimana cara menentukan nilai daya solar cell terhadap beban alat pengusir hama otomatis ?

1.3. Batasan Masalah

1. Rancang bangun menggunakan solar cell ukuran 15 WP tipe mono.
2. Rancang bangun menggunakan baterai kering jenis litium ion sebagai penyimpanan muatan listrik dengan kapasitas 2200 mAh

1.4. Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem suplai energi untuk Alat Pengusir Hama Otomatis menggunakan panel surya .
2. Menentukan nilai daya *solar cell* yang digunakan pada sistem alat pengusir hama otomatis .

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menggunakan panel surya sebagai suplai energi terhadap alat pengusir hama otomatis yang telah memiliki catu daya mandiri serta tepat dalam menentukan nilai daya *solar cell* pada alat tersebut.

1.6. Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dibuat dalam 5 bab dengan pembahasan masing-masing bab adalah sebagai berikut.

Bab 1.

Pembahasan tentang latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian sistematika dan metodologi yang digunakan.

Bab 2.

Uraian tentang teori-teori pendukung yang ada dan berkaitan dengan pembahasan yang sedang dibuat.

Bab 3.

Pembahasan tentang metodologi, lokasi penelitian perancangan, peralatan pendukung, bahan2, prinsip kerja, diagram blok sistem dan flowchart sistem.

Bab 4.

Pembahasan tentang hasil rancangan ,yaitu hasil pengujian ,analisa dan sebagainya.

Bab 5.

Kesimpulan dan saran ,yaitu tentang kesimpulan hasil rancangan dan saran untuk menyempurnakan maupun mengembangkan sistem.

1.7. Metodologi

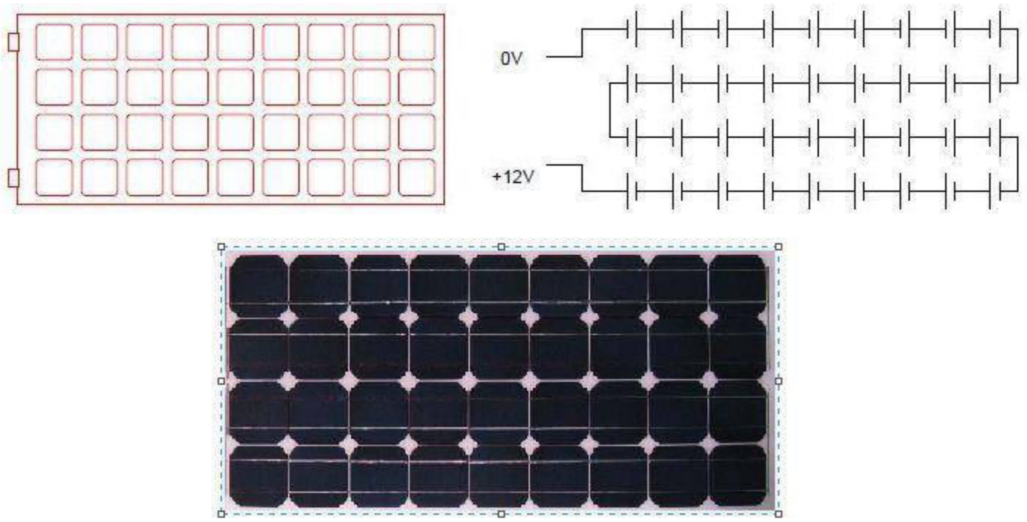
1. Kajian literatur ,yaitu mempelajari teori melalui buku-buku ataupun literatur yang berhubungan dan mengembangkannya sesuai kebutuhan.
2. Praktek, yaitu membuat simulasi ,membuat prototipe dan merancang sistem nyata ,kalibrasi ,pengujian dan analisa hasil.
3. Konsultasi atau diskusi, yaitu melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing, pakar maupun ahli dibidang yang sedang dibahas dan ditekuni.

BAB 2

DASAR TEORI

2.1. PANEL SURYA

Panel surya adalah perangkat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi energi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau "sol" karena matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel *photovoltaic, photovoltaic* dapat diartikan sebagai "cahaya listrik". Sel surya mengandalkan efek fotovoltaik untuk menyerap energi.(Yusmiati, 2014)



Gambar 2.1 Modul Panel Surya
Sumber : (Aryza, Hermansyah, Siahaan, Suherman, & Lubis, 2017)

2.1.1 Sel Surya

Sel surya atau sel fotovoltaik dapat menjadi perangkat semikonduktor konduktif yang secara efisien dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Efek fotovoltaik ini ditemukan oleh Becquerel pada tahun 1839. Ketika sinar matahari mengenai elektroda dalam larutan elektrolit, Becquerel mendeteksi tegangan foto tersebut. Alat tersebut dapat digunakan sendiri sebagai *photodetector* pada kamera, atau dapat digunakan secara seri maupun paralel untuk mendapatkan nilai tegangan yang diinginkan sebagai pusatnya.(Heri, 2012)

Sel surya atau biasa disebut juga sel photovoltaic merupakan suatu P-N *junction* dari silikon kristal tunggal. Dengan menggunakan *photo-electric effect* dari bahan semikonduktor sehingga dapat mengumpulkan radiasi surya dan mengkonversinya menjadi energi listrik. Energi listrik hasil dari sel surya tersebut berupa arus DC dan bisa langsung digunakan atau bisa juga menggunakan *battery* sebagai *system* penyimpan sehingga dapat digunakan pada saat dibutuhkan terutama pada malam hari.

Beberapa karakteristik penting sel surya terdiri dari tegangan *open circuit* (Voc), arus hubungan singkat (Isc), efek perubahan intensitas cahaya matahari, efek perubahan temperatur serta karakteristik tegangan – arus (*V – I characteristic*) pada sel surya.(Satwiko, 2012)

a. Tegangan *Open Circuit* (Voc).

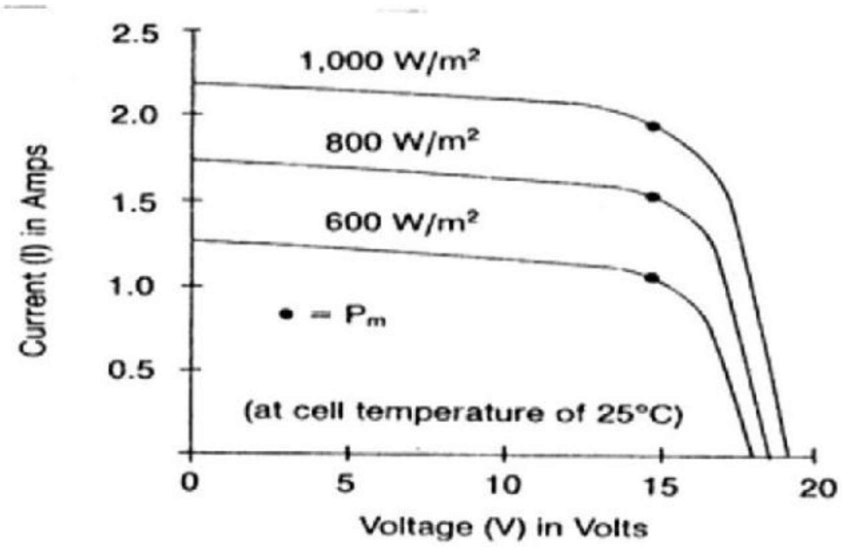
Voc adalah tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir atau bisa disebut juga arus sama dengan nol. Cara untuk mencapai *open circuit* (Voc) yaitu dengan menghubungkan kutub *positif* dan kutub *negative* modul surya dengan voltmeter, sehingga akan terlihat nilai dari tegangan *open circuit* sel surya pada voltmeter.

b. Arus Short Circuit (Isc)

Isc adalah arus maksimal yang dihasilkan oleh modul pada sel surya dengan cara menghubungkan kutub positif dengan kutub negatif pada modul surya. Dan nilai Isc akan terbaca pada amperemeter. Arus yang dihasilkan modul surya dapat menentukan seberapa cepat modul tersebut mengisi sebuah baterai. Selain itu, arus dari modul surya juga menentukan daya maksimum dari alat yang digunakan.

c. Efek Perubahan Intensitas Cahaya Matahari

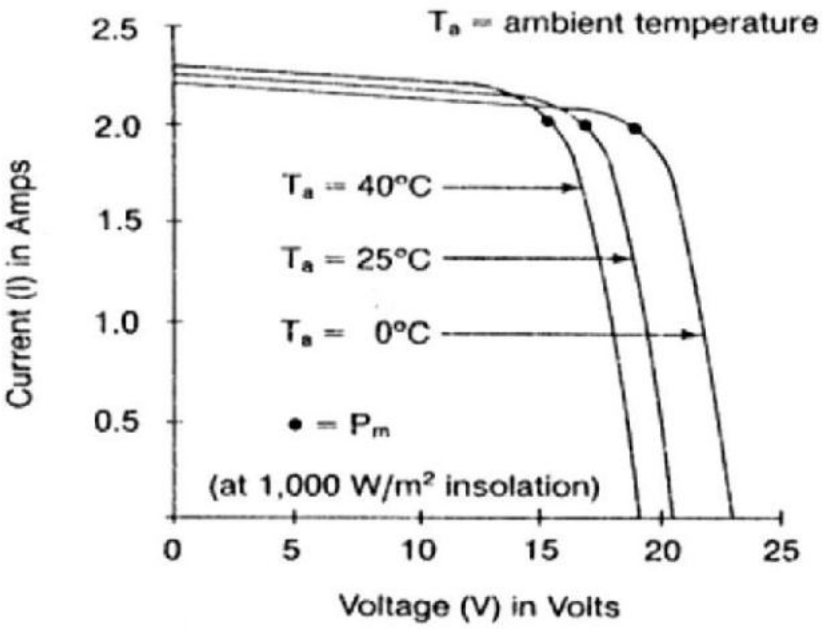
Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima oleh sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah seperti Gambar 2.2, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya.



Gambar 2.2 Kurva Tegangan – Arus Sel Surya Terhadap Intensitas
Sumber : (Satwiko, 2012)

d. Efek Perubahan Suhu pada Sel Surya

Sel surya akan bekerja secara optimum pada suhu konstan yaitu 25oC. Jika suhu disekitar sel surya meningkat melebihi dari 25oC, maka akan mempengaruhi *fill factor* sehingga tegangan akan berkurang seperti Gambar 2.3. Setiap kenaikan temperatur Sel Surya 1 derajat *celsius* (dari 25 derajat) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat *celsius*. Selain itu, efisiensi sel surya juga akan menurun beberapa persen. Sedangkan sebaliknya, arus yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pada sel surya.

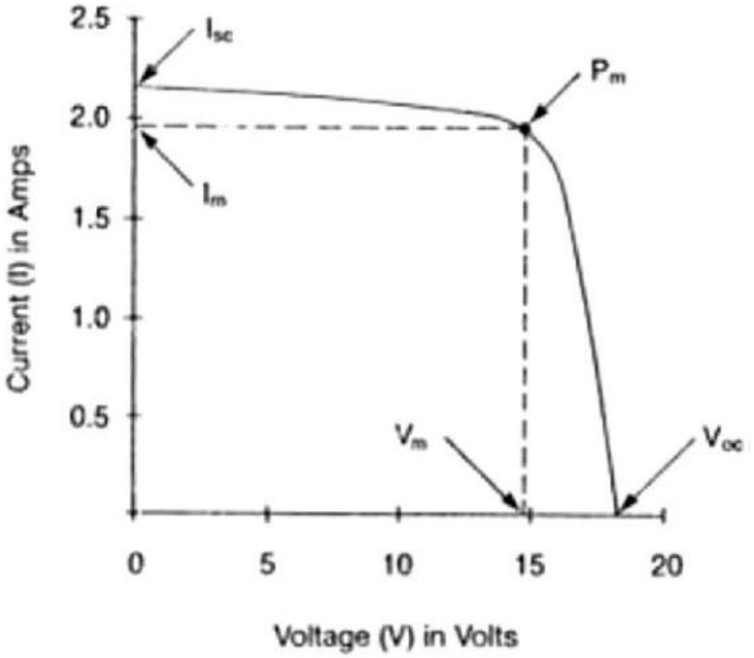


Gambar 2.3 Kurva Tegangan – Arus Pada Sel Surya Terhadap Perubahan Suhu

Sumber : (Satwiko, 2012)

e. Karakteristik Tegangan – Arus pada Sel Surya

Penggunaan tegangan dari sel surya bergantung dari bahan semikonduktor yang digunakan. Jika menggunakan bahan dari silikon, maka tegangan yang dihasilkan setiap sel surya berkisar 0,5 V. Modul surya merupakan gabungan beberapa sel surya yang dihubungkan secara seri dan paralel sehingga memiliki karakteristik seperti Gambar 2.4. Tegangan dihasilkan dari sel surya bergantung dari radiasi cahaya matahari. Untuk arus yang dihasilkan dari sel surya bergantung dari luminasi (kuat cahaya) matahari, seperti pada saat cuaca cerah atau mendung.



Gambar 2.4 Kurva Karakteristik V – I Pada Sel Surya
Sumber : (Satwiko, 2012)

Keterangan :

Isc = *short-circuit current*

Vsc = *open-circuit voltage*

Vm = *voltage maximum power*

Im = *current maximum power*

Pm = *Power maximum-output dari PV array (watt)*

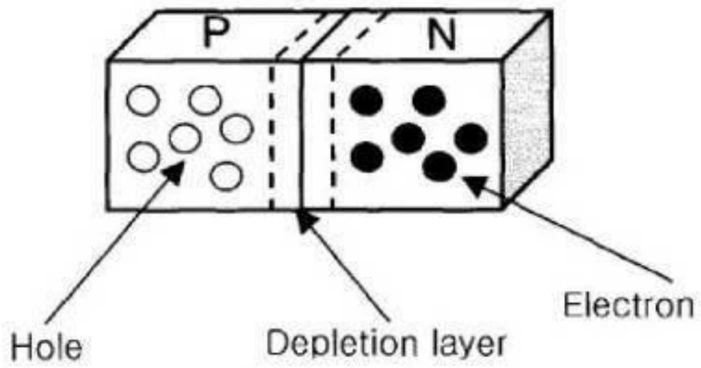
2.1.2 Spesifikasi Sel Surya

a. Dasar Sel Surya

Bahan semikonduktor mempunyai konduktivitas listrik yang dimana nilainya antara isolator dan konduktor yang besar energi gabnya < 6 eV. Cu yang digunakan

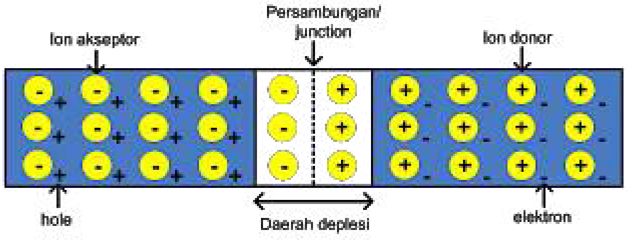
sebagai bahan dasar pembuatan material semikonduktor mempunyai energi gab sebesar 2,1 eV sehingga cocok digunakan untuk bahan dasar pembuatan sel surya. Sumber energi utama pembangkit daya jenis konversi ini adalah radiasi panjang gelombang pendek misalnya yang dihasilkan oleh bahan radioaktif yang memiliki nilai panjang gelombang sekitar 0,01 dengan radiasi matahari dengan panjang gelombangnya sekitar 5000. Salah satu penyusun dari matahari adalah spektrum ultraviolet yang memiliki panjang gelombang pendek. (Setyaningrum et al., 2017)

Apabila kristal silikon ditambahkan unsur golongan kelima seperti arsen, atom-atom akan menempati ruang diantara atom-atom silikon yang mengakibatkan munculnya elektron bebas pada material campuran tersebut. Elektron bebas itu berasal dari kelebihan elektron dari arsen terhadap lingkungan sekitarnya yaitu silikon. Semikonduktor jenis ini disebut jenis semikonduktor tipe n. Sebaliknya, apabila kristal silikon ditambah oleh unsur golongan ketiga, misal boron maka kurangnya elektron valensi boron dibandingkan dengan silikon mengakibatkan adanya hole yang bermuatan positif pada semikonduktor tersebut yang namanya adalah semikonduktor tipe p. Tambahan tersebut mengakibatkan semikonduktor lebih banyak menghasilkan pembawa muatan ketika diberikan sejumlah energi tertentu, baik pada jenis semikonduktor tipe p maupun jenis semikonduktor tipe n. (Setyaningrum et al., 2017)



Gambar 2.5 Semikonduktor Tipe P (kiri), Tipe N (kanan)
Sumber : (Setyaningrum et al., 2017)

Elektron adalah partikel bermuatan yang dipengaruhi oleh medan listrik. Munculnya medan listrik pada elektron mengakibatkan elektron bergerak. Hal inilah yang dilakukan pada solar sel sambungan p-n yaitu dengan menghasilkan medan listrik pada sambungan p-n agar elektron dapat mengalir karena kehadiran medan listrik tersebut. Ketika junction disinari, foton yang memiliki 5 buah elektron atau lebih dari lebar pita 5 elektron tersebut akan mengakibatkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi dan akan meninggalkan hole pada pita valensi. Elektron dan hole ini dapat bergerak dalam material sehingga mengakibatkan pasangan 5 elektron-hole. Apabila ditempatkan hambatan pada terminal solar sel, maka 5 elektron dari area n akan kembali ke area p sehingga menyebabkan perbedaan potensial dan arus akan mengalir.(Setyaningrum et al., 2017)



Gambar 2.6 **Sambungan P-N**
Sumber : (Setyaningrum et al., 2017)

Sebuah semikonduktor adalah sebuah elemen dengan kemampuan listrik di antara sebuah konduktor dan isolator. (Albert Paul Malvino, 2003: 35). Sel surya adalah suatu perangkat yang memiliki kemampuan mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip *photovoltaic*. Adanya energi dari cahaya (*foton*) pada panjang gelombang tertentu akan mengeksitasi 4 sebagian elektron pada suatu material ke pita energi yang ditemukan oleh Alexandre Edmond Bacquerel (Belgia) pada 1894. Efek ini dapat timbul terutama pada semikonduktor listrik yang memiliki konduktivitas menengah dikarenakan sifat elektron di dalam material yang terpisah dalam pita-pita energi tertentu yang disebut pita konduksi dan pita valensi. (Yusmiati, 2014)

Kedua pita energi tersebut berturut-turut dari yang berenergi lebih rendah adalah pita valensi dan pita konduksi, sedangkan keadaan tanpa elektron disebut dengan celah pita. Celah pita ini besarnya berbeda-beda untuk setiap material semikonduktor, tapi disyaratkan tidak melebihi 3 atau 4 eV (1 eV = 1,60 x 10-19 J).

Gambar 2.7 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor
Sumber : (Aryza et al., 2017)

Gambar di atas menunjukan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari :

1. Substrat/Metal backing

   Substrat adalah material yang menopang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktivitas listrik yang baik karena berfungsi sebagai kontak terminal positif pada sel surya, sehinga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau *molybdenum*. Untuk sel surya *dye-sensitized* (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti *Indium Tin Oxide* (ITO) dan *Flourine doped Tin Oxide* (FTO).

2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon) dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang dapat berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material *Chalcopyrites* [Cu(In,Ga)(S,Se)2] *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS), CdTe (*kadmium telluride*), dan *amorphous* silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti [Cu_2ZnSn (S,Se)4] *Copper zinc tin sulfide* (CZTS) dan Cu_2O (*copper oxide*).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari *junction* atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n *junction*. P-n *junction* ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya.

3. Kontak metal / contact grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapisi material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan anti reflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya telah dilapisi oleh lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi/*cover glass*

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya baik dari hujan ataupun kotoran.

b. Perkembangan Sel Surya

Pengembangan sel surya silikon secara individu terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. *Mono-crystalline* (Si)

Sel surya jenis ini merupakan panel yang efisien yang dihasilkan dengan teknologi terbaru dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristalin dirancang untuk penggunaan tempat-tempat yang beriklim ekstrim dengan kondisi cuaca yang

kurang menentu dan memiliki efisiensi sekitar 15% - 20%. Kelemahan dari sel surya jenis monokristalin adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahayanya kurang, efisiensinya akan berkurang drastis dalam cuaca mendung atau berawan. (Setyaningrum et al., 2017)

Gambar 2.8 Sel Surya Monokristal
Sumber : (ANWAR, 2020)

2. *Poly-crystalline/Multi-crystalline* (Si)

Untuk jenis sel surya yang satu ini memiliki susunan kristal yang acak karena difabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini membutuhkan luas permukaan yang lebih luas agar mendapatkan daya yang sama dibandingkan dengan jenis monokristalin. Efisiensi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan monokristalin, tetapi biaya lebih murah. (Setyaningrum et al., 2017)

Gambar 2.9 Sel Surya Polikristal
Sumber : (ANWAR, 2020)

3. *Gallium Arsenid*e (GaAs)

   Sel Surya III-V semikonduktor yang sangat efisien dengan nilai efisiensi sekitar 25%.

Gambar 2.10 Sel Gallium Arsenide
Sumber : (ANWAR, 2020)

c. Sel Surya Silikon Terpadu "*Thin Film*"

   1. *Amorphous Silikon* (a-Si) banyak dipakai pada jam tangan dan kalkulator, sekarang dikembangkan untuk sistem bangunan terpadu sebagai pengganti tinted glass yang bahannya semi-transparan.

2. *Thin Film Silikon* (tf-Si) Dibuat dari *thin-crystalline* atau *polycrystalline* pada *grade* bahan metal yang cukup murah (*cladding system).*
3. *Cadmium Telluride* (CdTe) terbentuk dari bahan materi *thin film polycrystalline* secara deposit, semprot, dan evaporasi tingkat tinggi. Nilai efisiensi yang dihasilkan dari *Cadmium Telluride* adalah 16%
4. *Copper Indium Diselenide* (CulnSe2/CIS) Merupakan bahan dari film tipis *polycrystalline*. Nilai efisiensi yang dihasilkan dari *Copper Indium Diselenide adalah* 17.7%.
5. *Chalcopyrites* [Cu(In,Ga)(S,Se)2].
6. *Electrochemical Cells.*

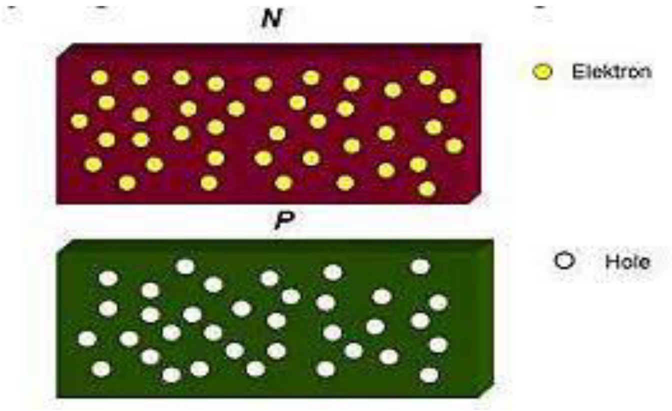
2.1.3 Proses Konversi Sel Surya

Karena bahan penyusun sel surya adalah semikonduktor, maka proses pengubahan sinar matahari menjadi energi listrik dimungkinkan. Lebih tepatnya terdiri dari dua jenis semikonduktor, yaitu tipe-n dan tipe-p. Semikonduktor tipe-n adalah semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan elektronnya adalah negatif (n = negatif). Pada saat yang sama, semikonduktor tipe-p memiliki lubang yang berlebih, sehingga disebut p (p = positif) karena muatan positif yang berlebihan. Awalnya, kedua jenis semikonduktor ini diproduksi untuk meningkatkan tingkat konduktivitas listrik atau tingkat konduktivitas listrik semikonduktor alami. Dalam semikonduktor alami ini, jumlah elektron dan lubangnya sama. Terlalu banyak elektron atau lubang akan meningkatkan

konduktivitas dan konduktivitas termal dari semikonduktor. Kedua jenis semikonduktor n dan p ini disatukan untuk membentuk koneksi p-n atau dioda p-n. Istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi. (Yusmiati, 2014)

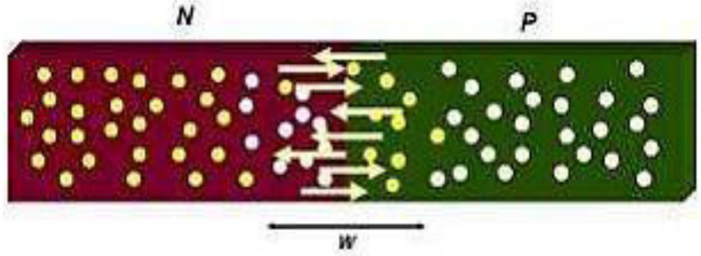
Metallurgical junction dapat dijelaskan pada gambar sebagai berikut.

a. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



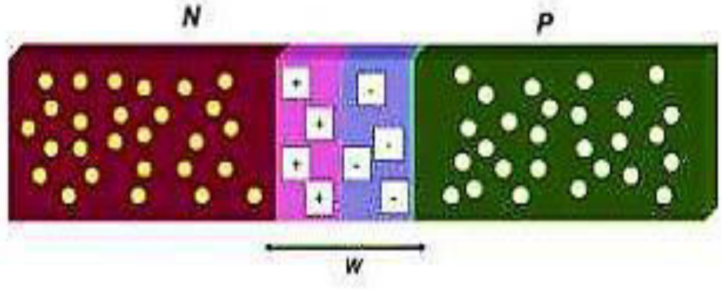
Gambar 2.11 Semikonduktor Jenis P dan N Sebelum Disambung
Sumber : (Yusmiati, 2014)

b. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan *hole* dari semikonduktor p menuju semikonduktor n.



Gambar 2.12 Perpindahan Elektron dan Hole Pada Semikonduktor
Sumber : (Yusmiati, 2014)

c. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan *hole* pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah hole pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama *hole* dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang, daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.

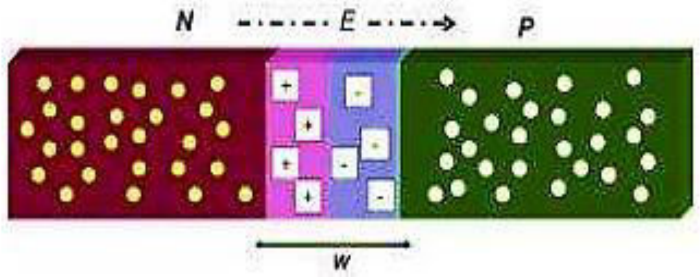


Gambar 2.13 Hasil Muatan Positif dan Negatif Pada Semikonduktor
Sumber : (Yusmiati, 2014)

d. Daerah negatif dan positif ini disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*) ditandai dengan huruf W.

e. Baik elektron maupun *hole* yang ada pada daerah deplesi disebut dengan pembawa muatan minoritas (*minority charge carriers*) karena keberadaannya di jenis semikonduktor yang berbeda.

f. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali *hole* ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi.

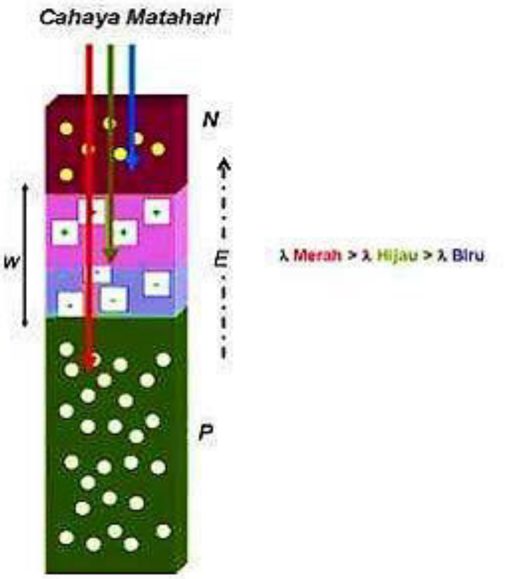


Gambar 2.14 Timbulnya Medan Listrik Internal E
Sumber : (Yusmiati, 2014)

g. Adanya medan listrik mengakibatkan sambungan pn berada pada titik setimbang, yakni saat di mana jumlah *hole* yang berpindah dari semikonduktor p ke n dikompensasi dengan jumlah *hole* yang tertarik kembali kearah semikonduktor p akibat medan listrik E. Begitu pula dengan jumlah elektron yang berpindah dari semikonduktor n ke p,

dikompensasi dengan mengalirnya kembali elektron ke semikonduktor n akibat tarikan medan listrik E.

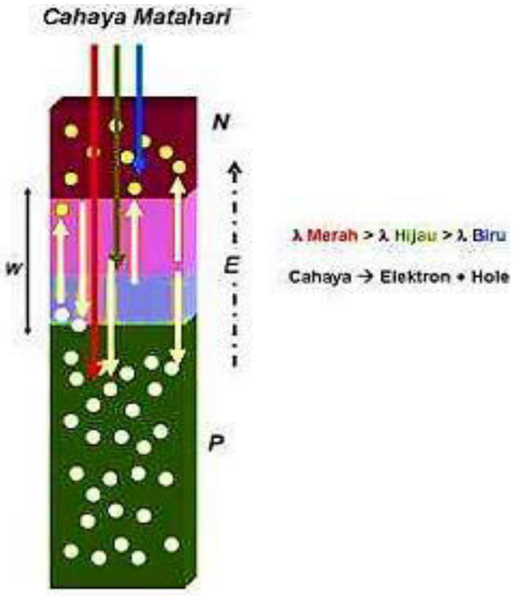
Pada sambungan p – n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap kearah datangnya cahaya matahari dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.15 Sambungan Semikonduktor Terkena Cahaya Matahari
Sumber : (Yusmiati, 2014)

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor tipe – n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan

fotogenerasi *electron hole* yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.

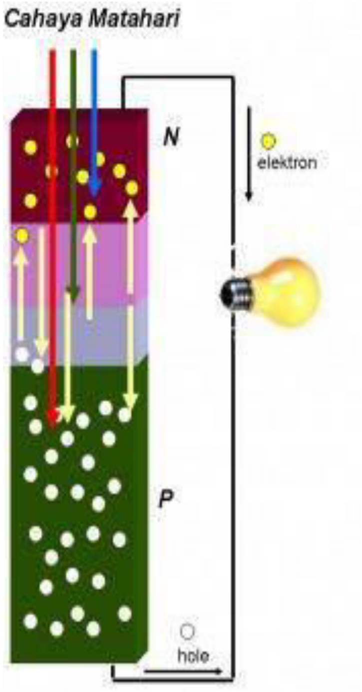


Gambar 2.16 Sambungan Semikonduktor Ditembus Cahaya Matahari
Sumber : (Yusmiati, 2014)

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol "lamda" sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n.

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan p-n terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p.

Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar 2.17 Kabel Dari Semikonduktor Dihubungkan Ke Lampu
Sumber : (Yusmiati, 2014)

Pada alat ini *solar cell* digunakan sebagai sumber energi pengganti listrik untuk mengisi ulang baterai *lithium ion* yang digunakan untuk menghidupkan alat pengusir hama pada tanaman padi menggunakan arduino nano. Dan untuk

mengetahui daya yang dihasilkan dari solar cell pada saat pengisian baterai langsung digunakan rumus :

P = V. I …………………………………………………………………..(2.1)

Keterangan :

P = daya (dalam watt ,W)

V = ggl (dalam volt, V)

I = arus (dalam Ampere, A)

2.2. *Solar Charger Controller* (SCC)

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya. Kelebihan tegangan saat pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Jadi tanpa *solar charger controller*, baterai akan rusak oleh *over charging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di*charge* pada tegangan 14 – 14,7 Volt. (Ii & Teori, 1970)

Solar charger controller adalah komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dimana *solar charger controller* berfungsi untuk :

a. *Charging mode* : proses mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai penuh).
b. *Operation mode* : Penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai kosong).

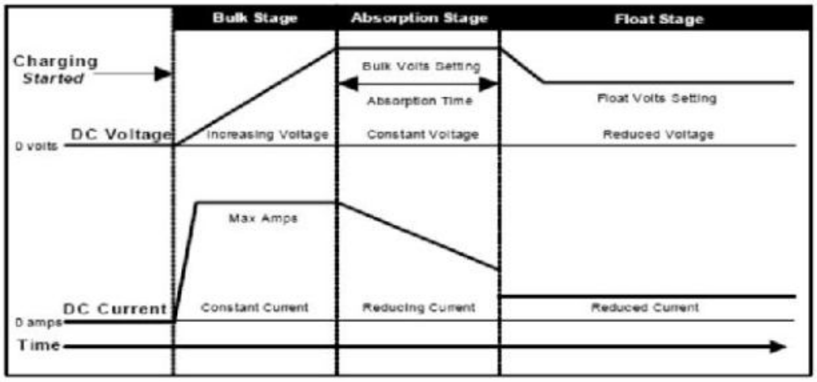
2.2.1 Charging Mode Solar Charger Controller

Dalam *charging mode*, umumnya baterai diisi dengan metode *three stage charging*, yaitu :

a. Fase *bulk* : baterai akan di*charge* sesuai dengan tegangan *setup* (*bulk* antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel *solar cell*. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup* (*bulk*) dimulailah fase *absorption.*

b. Fase *absorption* : pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charger controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, lalu arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

c. Fase *float*: baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13.4 - 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimun dari panel *solar cell* pada stage ini.



Gambar 2.18 Grafik Pengisian Baterai
Sumber : (Ii & Teori, 1970)

2.2.2 Operation Mode Solar Charger Controller

Pada mode ini, baterai akan melayani beban. Apabila ada *over-discharge* ataupun *overload*, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan pada baterai.

Solar charge controller merupakan alat elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan arus diambil dari baterai ke beban. *Solar charger controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

Beberapa fungsi detail dari *solar charger controller* adalah sebagai berikut.

a. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.

b. Mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge*, dan *overloading*.

c. *Monitoring* temperatur baterai.

Seperti yang telah disebutkan di atas *solar charger controller* yang baik biasanya memiliki kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel *solar cell* berhenti. Cara deteksi adalah melalui *monitor level* tegangan baterai. *Solar charger controller* akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan *drop*, maka baterai akan diisi kembali.

Solar Charger Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan *output* panel surya/*solar cell*, 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan beban (*load*). Arus listrik DC yang dihasilkan dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada *diode protection* yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya/*solar cell* ke baterai, bukan sebaliknya.

Solar Charger Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari 1 sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikrohidro. Di pasaran sudah banyak ditemui *charger controller* 'tandem' yaitu mempunyai 2 *input* yang berasal dari matahari dan angin. Maka dari itu energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak bisa disuplai energi matahari secara *full*, dapat didukung oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari.

2.3. Baterai *Li-ion*

Baterai atau akumulator adalah sel tunggal tempat proses elektrokimia reversibel dilakukan secara efisien. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel berarti bahwa di dalam baterai, melalui proses regenerasi elektroda yang digunakan, yaitu melalui aliran arus, proses konversi kimiawi tersebut dapat diubah menjadi energi listrik (proses pelepasan), begitu pula sebaliknya, dari energi listrik menjadi energi kimia (proses pengisian). Arah polaritas berlawanan di dalam baterai. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimiawi. (Thowil Afif & Ayu Putri Pratiwi, 2015)

Terdapat dua jenis baterai berdasakan pada proses yang terjadi, yaitu :

a. *Primary battery* merupakan baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.

b. *Secondary battery* merupakan baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan bahan aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel.

Ada banyak jenis baterai sekunder yang beredar di pasaran, antara lain :

1. Baterai ion litium (*Li-ion* atau LIB)

   Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai *Li-ion* memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan

litium metalik yang dipakai di baterai litium non–isi ulang. Baterai ion litium umumnya dijumpai pada barang–barang elektronik konsumen. Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik, tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, LIB juga sering digunakan di industri militer, kendaraan listrik dan dirgantara. Banyak penelitian telah mencoba untuk meningkatkan teknologi LIB tradisional, dengan fokus pada kepadatan energi, daya tahan, biaya dan keamanan intrinsik

2. Baterai *Lithium Polymer* (*Li-Po*)

Hampir sama dengan baterai *Li-Ion*, baterai *Li-Po* tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit tetapi menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini, baterai *Li-Po* dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai *Li-Po*, terdapat juga kekurangannya yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada *charging* dan *discharging rate*. Faktanya, masalah ini dapat diatasi dengan memanaskan baterai untuk mempercepat pertukaran ion, tetapi cara ini dianggap tidak dapat diterapkan

untuk situasi sehari-hari. Jika ilmuwan dapat mengatasi masalah ini, risiko keamanan baterai lithium akan sangat berkurang.

3. Baterai *Lead Acid* (Accu)

   Baterai *lead acid* atau disebut aki merupakan salah satu jenis baterai yang menggunakan asam timbal (*lead acid*) sebagai bahan kimianya. Secara umum terdapat dua jenis baterai *lead acid*, yaitu : *starting battery* dan *deep cycle battery*.

4. Baterai *Nickel-Metal Hydride* (Ni-MH)

   Baterai jenis ini terbuat dari komponen yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan. Baterai *Ni-MH* menggunakan ion hidrogen untuk menyimpan energi, tidak seperti baterai *lithium ion* yang menggunakan ion litium. Baterai *Ni-MH* terdiri dari campuran nikel dan logam lain seperti titanium. Baterai ini biasanya mengandung pula komponen logam lain seperti mangan, aluminium, kobalt, zirconium, dan vanadium. Logam–logam tersebut pada umunya berfungsi sebagai penangkap ion hidrogen yang dilepaskan untuk memastikan tidak mencapai fase gas.

Menurut Albright, (2012) dalam penelitiannya mengenai perbandingan antara *Lead Acid* dan *Lithium-Ion* dalam aplikasi penyimpanan stasionari menyebutkan bahwa pada saat ini baterai *Lithium-Ion* merupakan baterai yang lebih baik untuk digunakan dalam berbagai situasi, khususnya pada iklim panas, meskipun memiliki

biaya awal yang lebih tinggi. Selain itu, baterai *Lithium-Ion* memiliki efisiensi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan baterai *lead acid*.

Menurut Suppo, (2014) dalam jurnalnya mengenai perbandingan antara baterai Lithium Ion dengan Baterai *Nickel-Metal Hydrade* menjelaskan bahwa baterai *Li-on* merupakan pilihan terbaik apabila dilihat dari segi massa baterai karena memiliki massa yang ringan. Pada saat yang sama, dari sudut pandang keselamatan dan ekonomi, baterai NiMH adalah pilihan terbaik.

Berdasarkan uraian di atas baterai merupakan sebuah perangkat yang vital bagi peralatan listrik, dan terdapat berbagai jenis baterai yang ada dipasaran terutama pada baterai sekunder. Banyaknya jenis baterai sekunder yang ada dipasaran maka diperlukan kajian untuk mendapatkan jenis baterai terbaik dan sesuai dengan kebutuhan untuk alat pengusir hama otomatis. Alat tersebut menggunakan baterai jenis *Li-ion* merk Samsung ICR18650-22F sebanyak 3 buah yang disusun secara seri yang mana besar tegangan setiap baterai 3.7 VDC.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Jenis dan Lokasi Penelitian

Tahapan awal yang dilakukan ialah studi literatur. Studi literatur ini berisi mengenai kajian penulisan dari beberapa acuan yang diperoleh baik berupa karya ilmiah, jurnal, buku, maupun bersumber dari internet yang berhubungan dengan tema penelitian yang berguna sebagai penunjang serta mempermudah penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Jenis penelitian yang digunakan adalah perancangan dan eksperimental. Jenis ini dipilih karena sesuai dengan penelitian yaitu melakukan perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan setelah dirancang akan dilakukan pengujian (eksperimen) serta analisa mengenai PLTS yang telah dibuat. Lokasi penelitian ini dilakukan di Jl. Jamin Ginting Komplek Business Point, Medan.

3.2. Alat dan Bahan

Pada penelitian ini dibutuhkan beberapa alat dan bahan yang mendukung bekerjanya kegiatan penelitian ini antara lain, yaitu:

a. Panel Surya = 1 Modul

b. Solar Charge Controller (SCC) / *Battery Charge Controller (BCC)* = 1 Buah

c. Baterai = 1 Buah

d. Multimeter Digital = 1 Buah

3.2.1 Modul Panel Surya

Panel surya merupakan perangkat utama yang mengubah energi dari cahaya matahari menjadi arus listrik yang menggunakan prinsip efek yang di sebut *photovoltaic*. Efek ini merupakan fenomena dimana munculnya tegangan arus listrik karena ada hubungan dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padat dan cairan saat mendapatkan energi cahaya matahari. Dengan alat tersebut sinar matahari di ubah menjadi listrik melalui proses aliran – aliran elektron negatif dan positif di dalam sel modul tersebut karena perbedaan elektron. Hasil dari aliran elektron-elektron akan menjadi listrik DC yang dapat langsung dimanfatkan maupun untuk mengisi baterai sesuai tegangan dan ampere yang diperlukan.

Modul surya yang digunakan adalah modul surya *monocrystalline* berkapasitas 15 Wp sebanyak 1 unit. Pemilihan terhadap modul surya ini dikarenakan pada panel surya monokristalin memiliki nilai efektivitas yang tinggi dan susunannya dibuat dari 1 kristal besar, modul surya ini juga memiliki dimensi yang minimalis dan tampilan yang menarik, serta memiliki umur yang panjang.

Gambar 3.1 Panel Surya 15 Wp *Monocrystalline*
Sumber : Penulis

Tabel 3.1 Spesifikasi Panel Surya

Model Number	GB15 – 13M
Rated Maximum Power (Pmax)	15 W
Current at Pmax (Imp)	0.872 A
Voltage at Pmax (Vmp)	17.2 V
Short – Circuit Current (Isc)	1.17 A
Open – Circuit Voltage (Voc)	21.6 V
Dimensions (mm)	435*290*9.0
Maximum System Voltage	1000 VDC
Cell Technology	MONO Si

Sumber : Penulis, 2020

3.2.2 *Solar Charger Controller* (SCC)

Pada waktu panel surya mendapatkan *energy* dari cahaya matahari di siang hari, rangkaian *charger controller* ini otomatis bekerja dan mengisi *(charging)* baterai. *Solar charger controller* ini juga menjaga tegangan baterai agar tetap stabil.

Penulis menggunakan baterai 11.1 V, maka rangkaian ini akan menjaga agar tegangan *charger* 11.1 V 10% - 13.5%, tegangan *charger* yang dibutuhkan antara 12.21 V – 12.6 V. Bila sudah mencapai tegangan tersebut, rangkaian ini otomatis akan menghentikan proses pengisian pada baterai. Sebaliknya apabila tegangan baterai turun/*drop* hingga 9V, maka *controller* akan memutus tegangan sehingga baterai tidak sampai habis.

Secara keseluruhan fungsi dari *controller* ini yaitu dapat menjaga agar baterai tidak kelebihan *(overcharging)* dan kehabisan tegangan *(undercharger)* dengan

demikian umur dari baterai bertahan lama. *Solar Charge Controller* (SCC) yang digunakan pada perancangan ini ialah memiliki kemampuan 10 A.

Hal terpenting dalam menghidupkan *controller* tersebut pastikan untuk menghubungkan baterai terlebih dahulu baru kemudian panel surya. Dan jangan pernah melepas sambungan baterai ketika dalam posisi mengisi *(charging),* hal ini dapat merusak *solar charger controller.*

Gambar 3.2 Solar Charger Controller 10 A
Sumber : Penulis

Tabel 3.2 Spesifikasi *Solar Charger Controller*

Batt Voltage	12 V – 24 V		
Charge Current	10 A	20 A	30 A
Discharge Current	10 A	10 A	10 A
Max Solar Input	12 V *battery, the highest* 23 V; 24 V *battery when the highest* 46 V		
Battery Type	B1 = *Lead acid battery* 12 V / 24 V auto B2 = *Lithium – ion battery (lithium battery)* 3 *strings* 3.7 V = 11.1 V		

	B3 = *Lithium iron phosphate battery 4 strings* 3.2 V = 12.8 V		
Equalization	14.4 V (B1)	12.6 V (B2)	14.6 V (B3)
Discharge Stop	10.7 V (B1)	9 V (B2)	10 V (B3)
Discharge Reconnect	12.6 V (B1)	10.5 V (B2)	12 V (B3)
Voltage of Open Light	*Solar panel* 8 V *(Light lights delay)*		
Voltage of Close Light	*Solar panel* 8 V *(Light off delay)*		
USB Output	2 *way USB output*, 5 V / 2.5 A *(Max)*		
Self–Consume	< 10 mA		
Operating Temperature	-35 ~ + 60 C		
Size / Weight	133.5 * 70 * 35 mm / 165 gr		

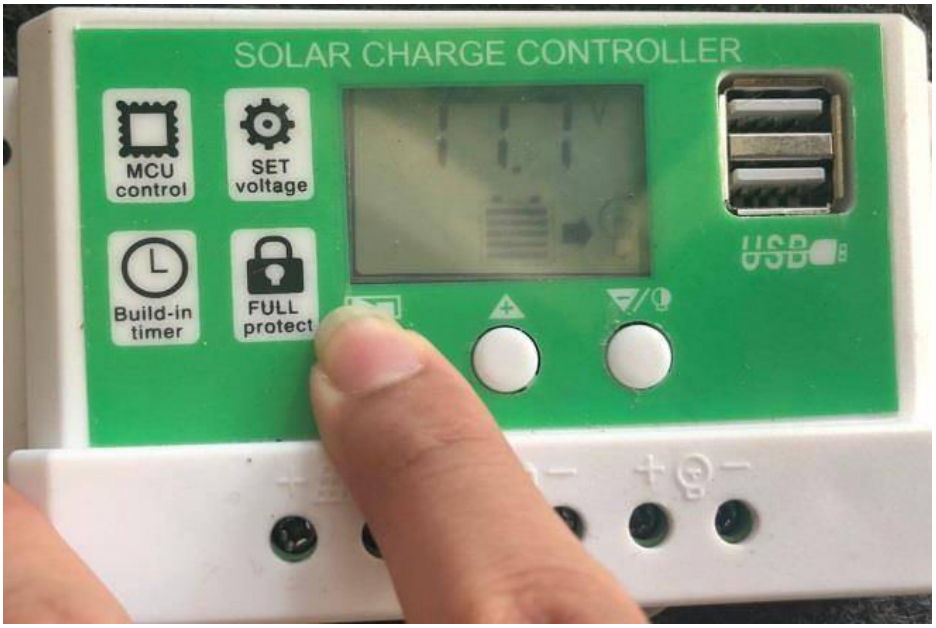
Sumber : Penulis, 2020

Berikut adalah tampilan *solar charger controller* dalam keadaan hidup (*display on)* yang mana sudah dihubungkan ke baterai terlebih dahulu dan beban namun panel surya tidak dihubungkan.

Gambar 3.3 Tampilan SCC dalam keadaan terhubung baterai dan beban
Sumber : Penulis

Adapun cara mengatur *solar charger controller* dengan langkah–langkah sebagai berikut.

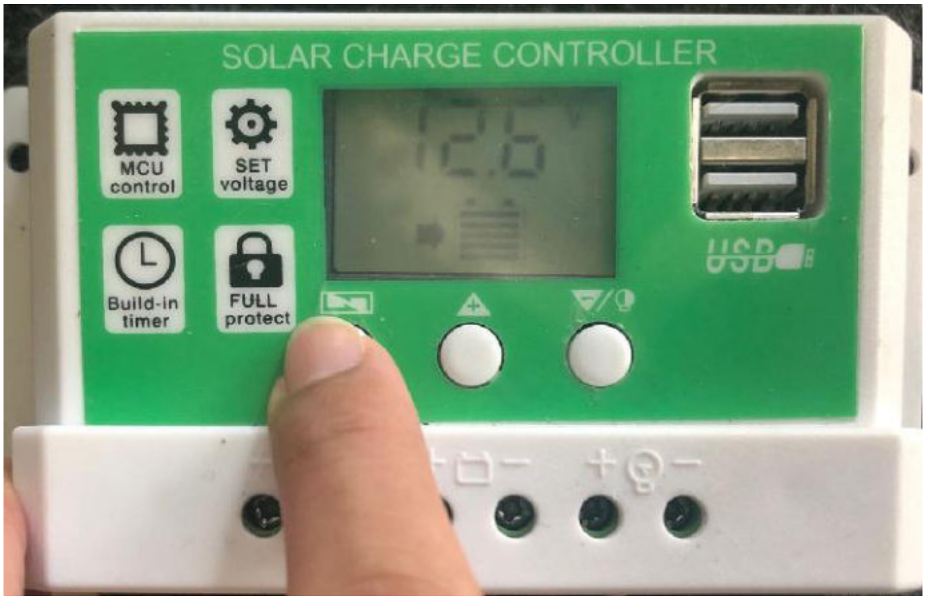
1. Tekan tombol menu sampai tampilan menu berubah.



Gambar 3.4 Tampilan Layar SCC
Sumber : Penulis

2. Setelah menu berubah, tampilan menu pada gambar 3.5 menampilkan *mode float voltage*, untuk mengaturnya tekan dan tahan beberapa saat tombol menu sampai angka pada tampilan layar berkedip–kedip, selanjutnya atur besaran tegangan sesuai yang kita inginkan dengan menekan tombol naik (+)/tombol turun (-). Disini penulis mengatur tegangan sebesar 12,6 V. Setelah itu tekan dan tahan tombol menu

beberapa saat untuk menyimpan pengaturan tegangan yang sudah ditentukan atau biarkan beberapa saat dan akan terimplementasi secara otomatis.

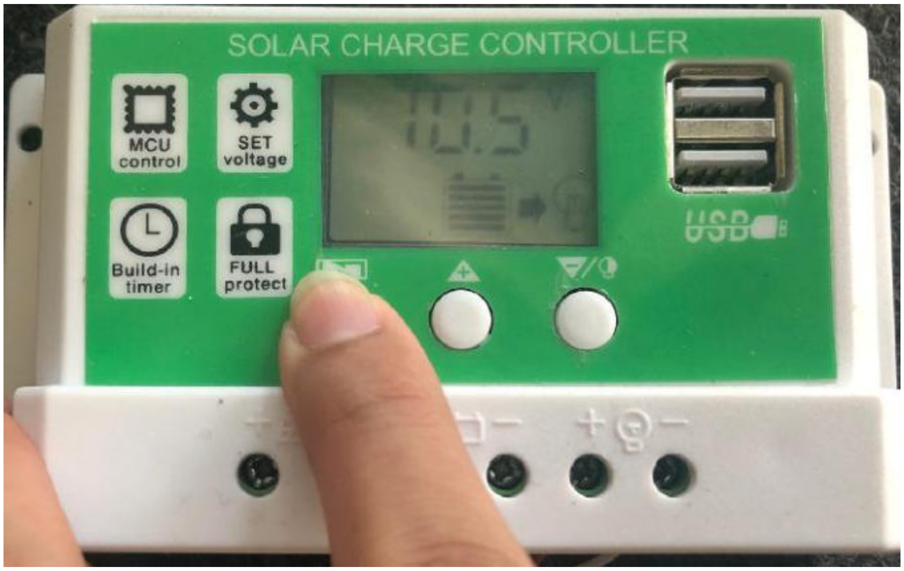


Gambar 3.5 Tampilan mode Float Voltage Pada SCC
Sumber : Penulis

Float voltage merupakan keadaan dimana tegangan baterai dipertahankan setelah terisi penuh untuk mempertahankan kapasitas itu dengan mengimbangi *self discharge* pada baterai tersebut. *Self discharge* adalah sebuah kondisi dimana baterai akan tetap mengeluarkan atau membuang arus listrik yang tersimpan di dalamnya, walaupun baterai tersebut sedang tidak digunakan atau dalam keadaan tanpa beban.

3. Tekan kembali tombol menu maka tampilan layar pada gambar 3.6 akan menampilan *mode discharge reconnect.* Lalu untuk mengaturnya tekan dan tahan beberapa saat tombol menu sampai angka pada tampilan layar berkedip–kedip, selanjutnya atur besaran tegangan sesuai yang kita

inginkan dengan menekan tombol naik (+)/tombol turun (-). Disini penulis mengatur tegangan sebesar 10,5 V. Setelah itu tekan dan tahan tombol menu beberapa saat untuk menyimpan pengaturan tegangan yang sudah ditentukan atau biarkan beberapa saat dan akan terimplementasi secara otomatis.

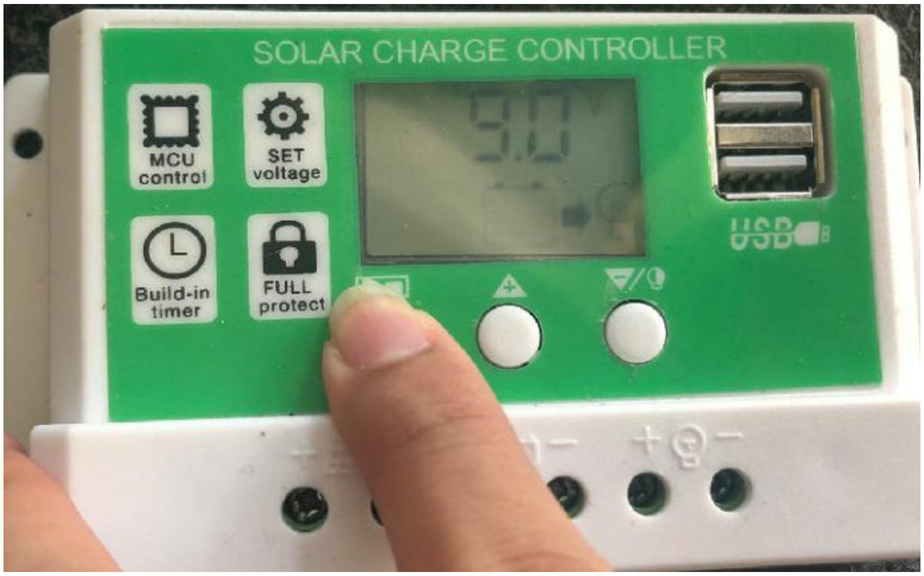


Gambar 3.6 Tampilan Mode Discharge Reconncet Pada SCC
Sumber : Penulis

Discharge reconnect merupakan kondisi dimana pada saat pengisian (*Charging)* mencapai tegangan 10,5 V. Pada saat itulah baterai dapat menyuplai beban, sebab baterai telah pulih secara substansial karena akumulasi beberapa muatan. Jika nilai tegangan dibawah angka tersebut, maka baterai tidak akan dapat menyuplai beban.

4. Tekan kembali tombol menu maka tampilan layar pada gambar 3.7 akan menampilan *mode discharge stop.* Lalu untuk mengaturnya tekan dan

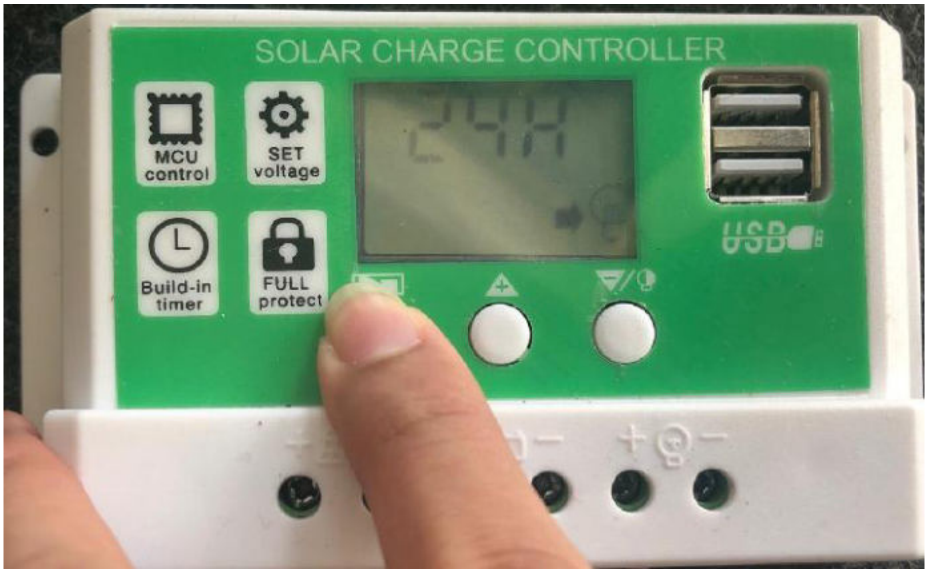
tahan beberapa saat tombol menu sampai angka pada tampilan layar berkedip–kedip, selanjutnya atur besaran tegangan sesuai yang kita inginkan dengan menekan tombol naik (+)/tombol turun (-). Disini penulis mengatur tegangan sebesar 9 V. Setelah itu tekan dan tahan tombol menu beberapa saat untuk menyimpan pengaturan tegangan yang sudah ditentukan atau biarkan beberapa saat dan akan terimplementasi secara otomatis.



Gambar 3.7 Tampilan Mode Discharge Stop Pada SCC
Sumber : Penulis

Discharge stop merupakan kondisi dimana baterai akan memutus beban ketika tegangan pada baterai mencapai angka 9 V. Hal ini berfungsi untuk melindungi baterai agar arus tidak mengalir secara terus menerus, dan juga untuk menjaga umur baterai tersebut.

5. Tekan kembali tombol menu maka tampilan layar pada gambar 3.8 akan menampilan *mode work mode.* Lalu untuk mengaturnya tekan dan tahan beberapa saat tombol menu sampai angka pada tampilan layar berkedip–kedip, selanjutnya atur waktu kerjanya sesuai yang kita inginkan dengan menekan tombol naik (+)/tombol turun (-). Disini penulis mengatur waktu kerja menjadi 0 H. Setelah itu tekan dan tahan tombol menu beberapa saat untuk menyimpan pengaturan waktu kerja yang sudah ditentukan atau biarkan beberapa saat dan akan terimplementasi secara otomatis.



Gambar 3.8 Tampilan Work Mode Pada SCC
Sumber : Penulis

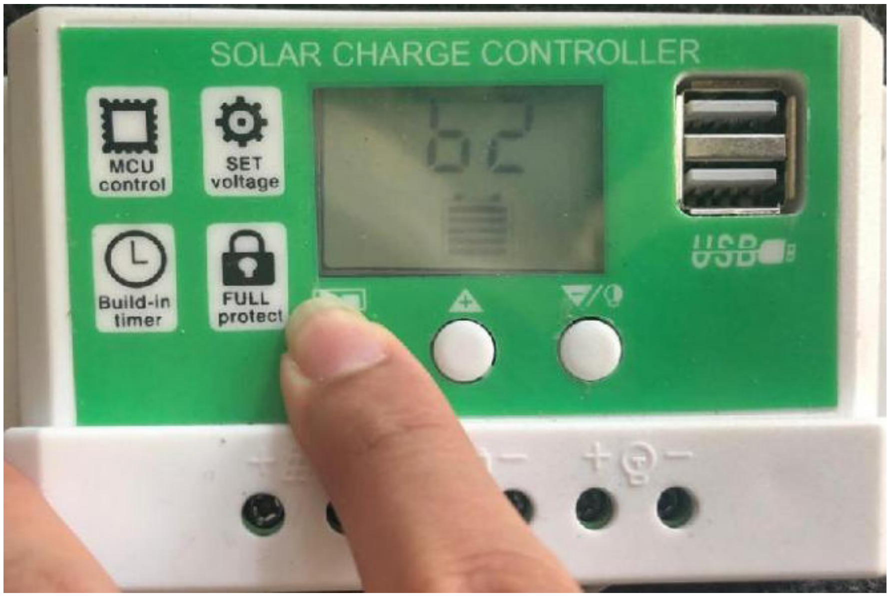
Work mode dapat dikatakan sebagai timer dan memiliki waktu kerja sebagai berikut.

a. 24 H : *output* beban 24 jam

b. 1 – 23 H : beban *on* setelah matahari terbenam dan terputus sesuai pengaturan jam

c. 0 H : beban hidup ketika senja dan mati setelah fajar

6. Tekan kembali tombol menu maka tampilan layar pada gambar 3.9 akan menampilan *mode battery type.* Lalu untuk mengaturnya tekan dan tahan beberapa saat tombol menu sampai tipe baterai yang digunakan pada tampilan layar berkedip–kedip, selanjutnya atur tipe baterai apa yang sedang digunakan dengan menekan tombol naik (+)/tombol turun (-). Disini penulis mengatur tipe baterai menjadi B2. Setelah itu tekan dan tahan tombol menu beberapa saat untuk menyimpan pengaturan tipe baterai yang sudah ditentukan atau biarkan beberapa saat dan akan terimplementasi secara otomatis.



Gambar 3.9 Tampilan Battery Type Pada SCC
Sumber : Penulis

Battery type merupakan jenis baterai apa yang kita gunakan sebagai penyimpan *energy* yang dihasilkan panel surya pada waktu siang hari dan dapat digunakan ke beban yang dibutuhkan pada malam hari. Ada tiga jenis baterai yang dapat ditentukan pada SCC yang dipakai. Jenis baterai tersebut, yaitu :

a. B1 = *Lead acid battery*/baterai aki

b. B2 = *Lithium–ion battery (lithium battery)*/baterai *Li-ion*

c. B3 = *Lithium iron phosphate battery*/baterai litium besi fosfat

Penulis memilih *battery type* jenis B2 pada sub menu karena baterai yang digunakan pada rancangan tersebut ialah jenis baterai *Li-ion.*

3.2.3 Baterai

Disini penulis menggunakan baterai jenis *Li-ion* merk Samsung ICR18650-22F sebanyak 3 buah yang disusun secara seri yang mana besar tegangan setiap baterai ialah 3.7 VDC.

Sehingga diperoleh besar tegangan total :

Vtotal = Vbaterai 1 + Vbaterai 2 + Vbaterai 3

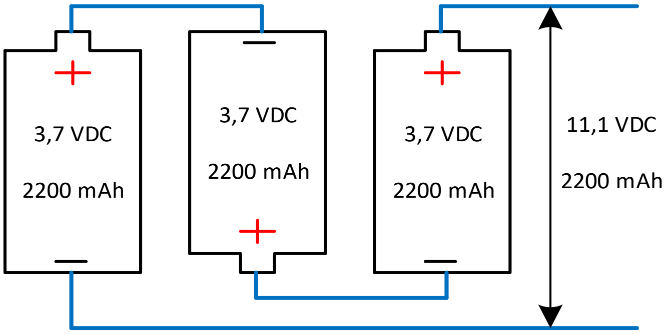
Vtotal = 3.7 VDC + 3.7 VDC + 3.7 VDC

Vtotal = 11,1 VDC

Dan arus total sebesar 2200 mAh.

Gambar 3.10 Baterai Li-Ion 18650 – 22F
Sumber : Penulis

Rangkaian seri pada baterai



Gambar 3.11 Rangkaian Seri Baterai
Sumber : Penulis

Pada gambar 3.11 diatas rangkaian baterai yang digunakan ialah rangkaian seri untuk mendapatkan tegangan 11,1 VDC dengan arus yang sama. Maka, dalam rangkaian ini nilai arus adalah sebesar 2200 mAh.

Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai Li-ion Merk SAMSUNG ICR18650-22F

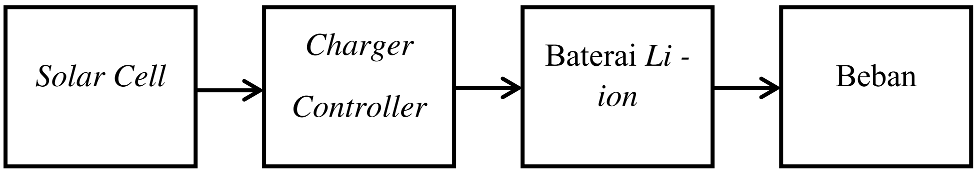
Kapasitas	Nominal	2200	mAh
	Minimum	2150	mAh
Tegangan nominal		3.70	volt
Cara pengisian		CC-CV	
Tegangan pengisian		4.2	volt
Arus pengisian	Standar	1100	mA
	Cepat	2200	mA
Waktu pengisian	Standar	3.0 (1100 mA)	jam
	Cepat	2.5 (2200 mA)	jam
Pemutusan tegangan pengisian		2.75	volt
Pemutusan arus	Maksimum	4400	mA
Berat		43.5	gram
Kepadatan energi	Tipikal	490	Wh/L

Sumber : Penulis, 2020

Tabel 3.3 diatas merupakan spesifikasi dari baterai *Li-ion* dan kemampuan baterai tersebut dari waktu pengisian dan pengosongan baterai tersebut.

3.3. Blok Diagram

Blok diagram merupakan gambaran dasar dari rangkaian sistem yang akan dirancang. Setiap blok diagram memiliki fungsi masing–masing. Adapun blok diagram rangkaian yang dirancang adalah seperti pada gambar berikut.



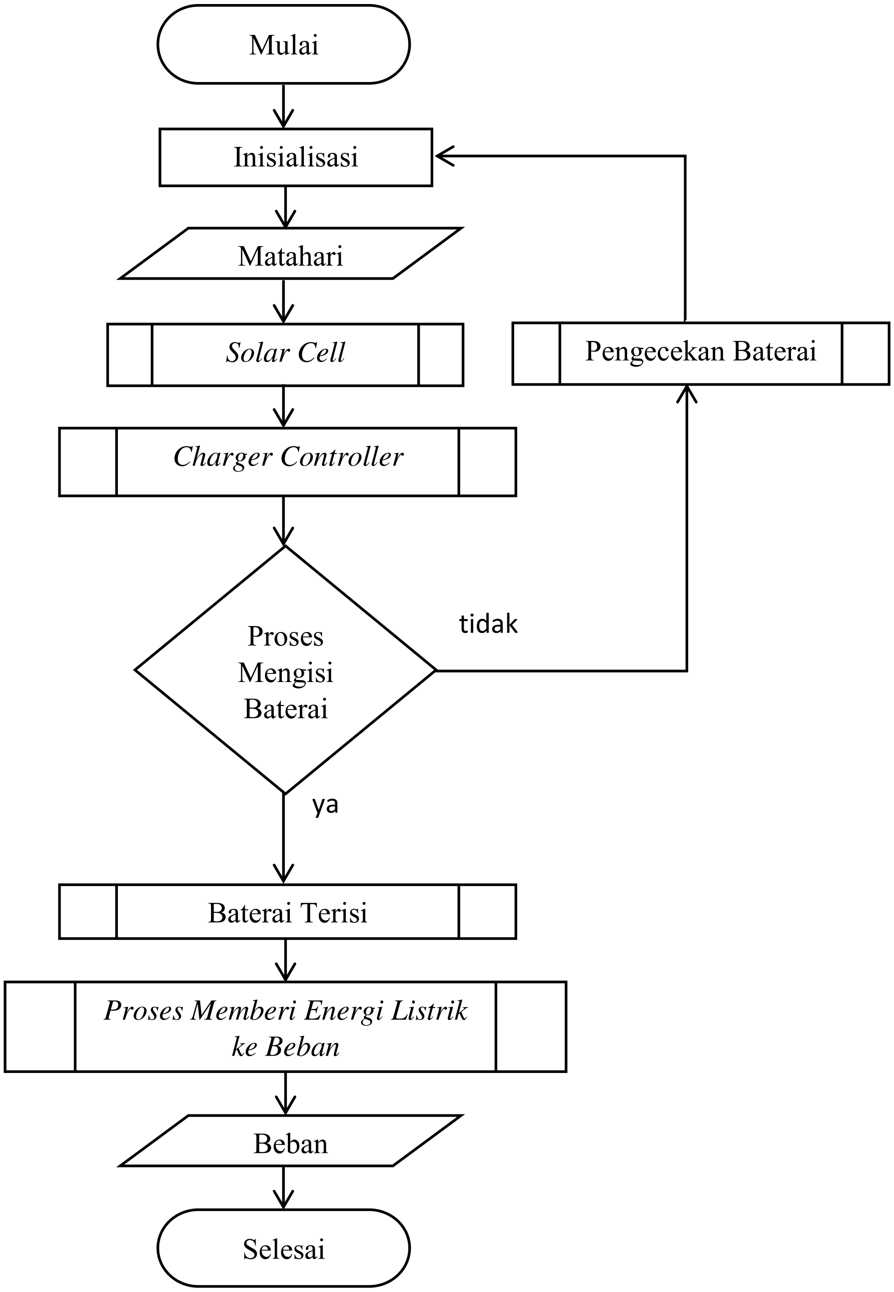
Gambar 3.12 Blok Diagram
Sumber : Penulis

Berdasarkan Gambar 3.12 ini, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dirancang terdiri dari *solar cell* (panel surya) yang akan mengisi Baterai 11,1 V/2200 mAh melalui *Solar Charge Controller* (SCC). Apabila kapasitas baterai telah penuh maka *solar charge controller* secara otomatis menghentikan pengisian arus dari panel *solar cell*, lalu arus diteruskan untuk menyuplai beban.

3.4. *Flowchart*

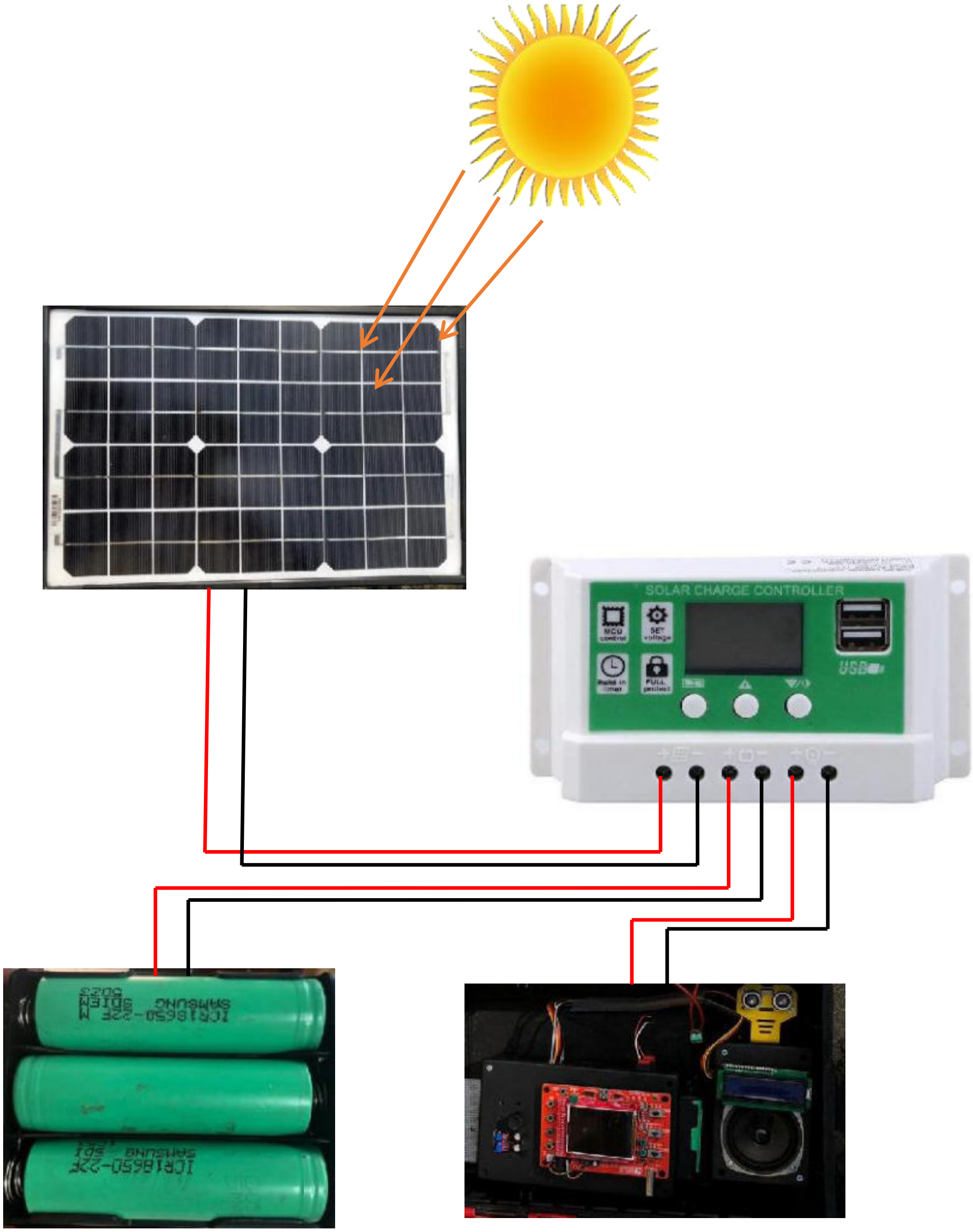
Flowchart sistem adalah sebuah diagram yang menjelaskan aliran program mulai dari permulaan hingga selesai satu proses atau satu siklus kerja. Dalam hal ini, berdasarkan gambar 3.13, sistem kerja *flowchart* dimulai dengan inisialisasi. Matahari sebagai sumber energi dari alam memancarkan cahayanya, lalu sistem aliran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menyerap energi dari sinar matahari (*input)* yang mengenai *solar cell* pada panel surya. Panel surya akan menangkap sinar matahari dan akan memprosesnya menjadi listrik DC. Hasil listrik DC tersebut akan menuju ke *solar charge controller* sebagai pengontrol. Selanjutnya listrik DC akan menuju baterai untuk melakukan proses pengisian (*charging mode).* Jika baterai tidak dapat melakukan proses pengisian, maka lakukan pemeriksaan terhadap kondisi baterai. Kemudian ulangi prosesnya hingga panel surya dapat melakukan proses pengisian. Lalu baterai terisi dan baterai siap menyuplai beban *(operation mode)* dan selesai.

Flowchart penelitian dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.13 *Flowchart*
Sumber : Penulis

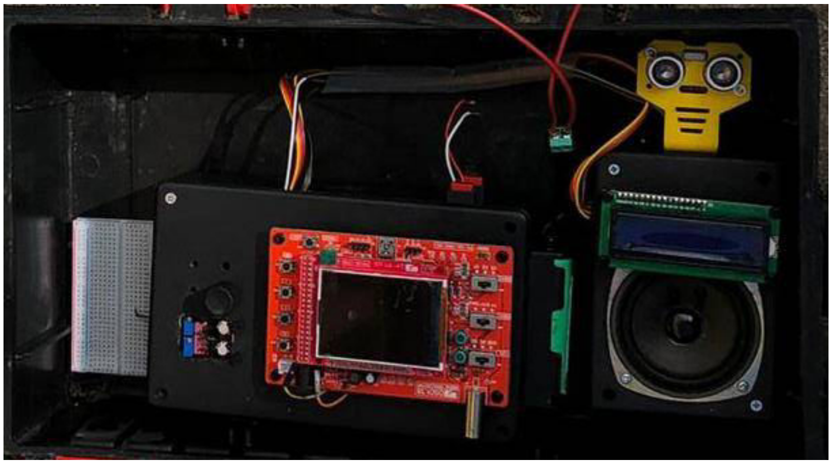
3.5. Perancangan Diagram Rangkaian



Gambar 3.14 Diagram Rangkaian
Sumber : Penulis

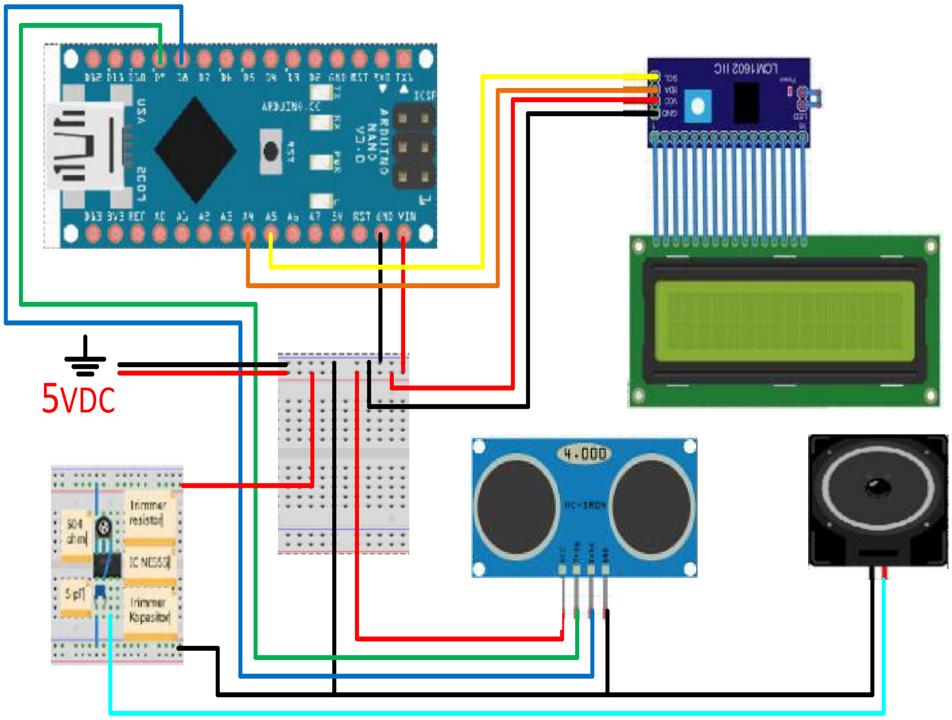
3.6. Beban

Beban yang dimaksud merupakan sebuah alat pembasmi hama. Alat tersebut telah dirancang sedemikian rupa dan memanfaatkan sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai sumber energinya. Penampakan alat diperlihatkan pada gambar 3.15. Perangkat yang akan digunakan sebagai beban dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 3.15 Alat Pembasmi Hama Sebagai Beban
Sumber : Penulis

Desain rangkaian keseluruhan alat pembasmi hama dimana terdiri dari: *Arduino Nano*, Sensor HC-SR04, LCD 16x2, rangkaian frekuensi *generator* dan *tweeter ultrasonik* diperlihatkan pada gambar 3.16 sebagai berikut.



Gambar 3.16 Desain Rangkaian Keseluruhan Alat Pembasmi Hama Sebagai Beban

Sumber : Penulis

BAB 4

ANALISA DAN HASIL PENGUKURAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengukuran tegangan pada *solar cell* dan tegangan pada baterai saat dilakukannya pengisian baterai dari serangkaian uji coba. Dari proses pengukuran dan uji coba tersebut kemudian akan diperoleh data hasil pengukuran. Setelah diperoleh data pengukuran, selanjutnya akan dilakukan proses analisa terhadap data hasil pengukuran dan uji coba. Hasil analisa akan dibandingakan dengan teori yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

4.1. Hasil Pengukuran I

Pengukuran tegangan pada keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)* dilakukan di Komplek Business Point, Jl. Jamin Ginting, Medan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pada tanggal 9 Agustus 2020 mulai pukul 08:00 WIB sampai dengan pukul 16:00 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1.

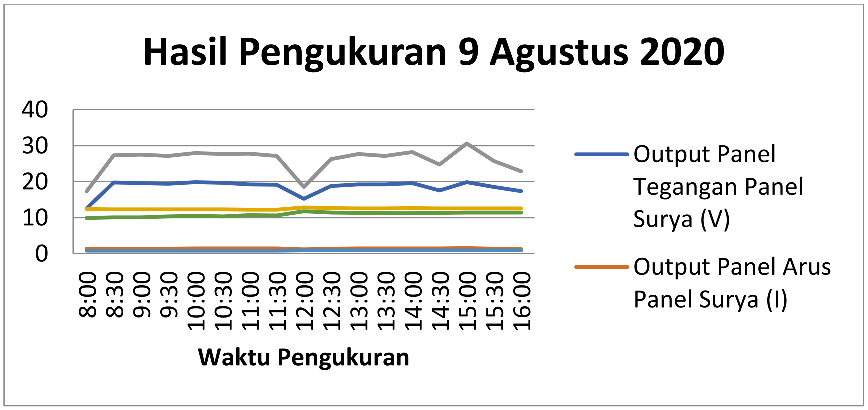
Tabel 4.1 Pengukuran Pada Tanggal 9 Agustus 2020

No.	waktu	Output Panel			Output SCC		
		Tegangan Panel Surya (V)	Arus Panel Surya (I)	Daya Panel Surya (W)	Tegangan SCC (V)	Arus SCC (I)	Daya SCC (W)
1	8:00	12.52	1.38	17.2776	12.41	0.8	9.928
2	8:30	19.77	1.38	27.2826	12.29	0.82	10.0778
3	9:00	19.62	1.4	27.468	12.28	0.82	10.0696
4	9:30	19.38	1.4	27.132	12.28	0.84	10.3152

5	10:00	19.81	1.41	27.9321	12.28	0.86	10.5608
6	10:30	19.64	1.41	27.6924	12.27	0.84	10.3068
7	11:00	19.26	1.44	27.7344	12.25	0.87	10.6575
8	11:30	19.1	1.42	27.122	12.24	0.87	10.6488
9	12:00	15.27	1.21	18.4767	12.8	0.92	11.776
10	12:30	18.78	1.4	26.292	12.67	0.9	11.403
11	13:00	19.24	1.44	27.7056	12.59	0.9	11.331
12	13:30	19.23	1.41	27.1143	12.57	0.89	11.1873
13	14:00	19.58	1.44	28.1952	12.61	0.89	11.2229
14	14:30	17.57	1.41	24.7737	12.58	0.9	11.322
15	15:00	19.86	1.54	30.5844	12.58	0.91	11.4478
16	15:30	18.52	1.39	25.7428	12.58	0.91	11.4478
17	16:00	17.34	1.32	22.8888	12.58	0.91	11.4478

Sumber : Penulis, 2020

Dari hasil pengukuran pada tabel 4.1, maka di dapat grafik tegangan dan arus keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)*. Grafik hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 9 Agustus 2020
Sumber : Penulis

Dari data pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya memiliki nilai sekitar 12,52 V–19,86 V. Namun nilai tegangan keluaran dari *solar charger controller* lebih stabil, yaitu memiliki nilai sekitar 12,5 V. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena di dalam *solar charger controller* terdapat rangkaian pengatur tegangan dan arus. Oleh karena itu, pengisian baterai pada setiap jamnya akan selalu stabil, sehingga pengisian muatan yang berlebihan (*overcharging*) tidak akan terjadi. Jadi, walaupun panel surya menghasilkan tegangan nominal 19 V, maka akan dihasilkan tegangan pengisian baterai yang stabil yaitu sekitar 12,5 V dengan bantuan pengontrol. Hal ini bertujuan agar baterai tidak cepat rusak, dibandingkan apabila panel surya langsung dihubungkan ke baterai tanpa melewati *solar charger controller*. Proses pengisian sangat tergantung dari kondisi tingkat kecerahan sinar matahari. Jika panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari pada saat cuaca yang sangat terik, maka tegangan dan arus yang didapat akan besar dan lebih cepat diterima. Sebaliknya, jika cuaca mendung atau panel surya kurang mendapatkan pancaran sinar matahari, maka tegangan dan arus yang didapat selama proses pengisian baterai akan menurun dan lambat. Seperti pada Tabel 4.1, dimana tegangan yang dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar 19,86 V dan arusnya 1,54 A. Ini merupakan daya yang tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya dalam sehari. Namun, arus dan tegangan yang didistribusikan untuk mengisi baterai sangat stabil karena telah diatur oleh *solar charger controller,* sehingga besaran keluarannya menjadi hanya sebesar 12,5 V dan arusnya sebesar 0,8 A. Tetapi di setiap harinya tentu berbeda karena keadaan cuaca sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

4.2. Hasil Pengukuran II

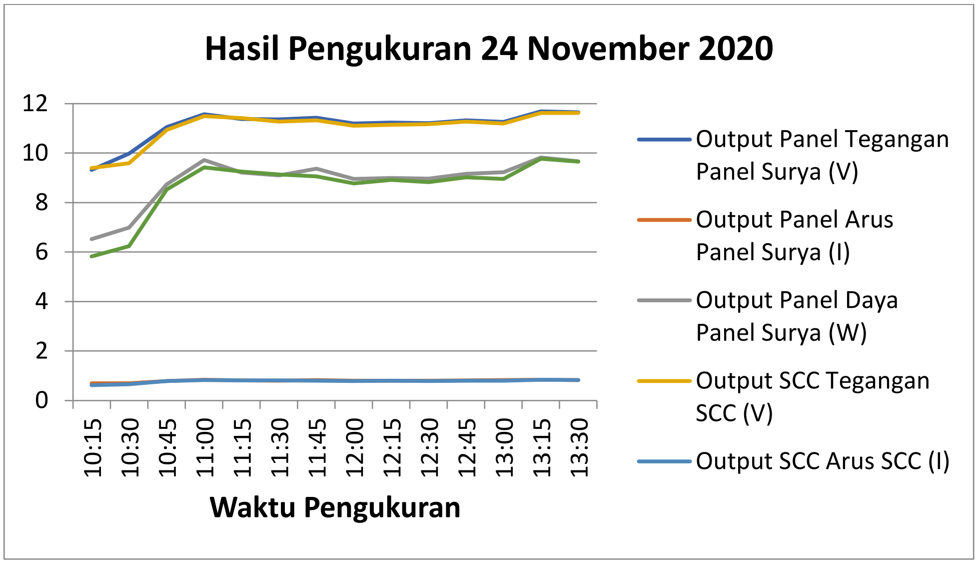
Pengukuran tegangan pada keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)* dilakukan di Komplek Business Point, Jl. Jamin Ginting, Medan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pada tanggal 24 November 2020 mulai pukul 10:15 WIB sampai dengan pukul 13:30 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengukuran Pada Tanggal 24 November 2020

No.	Waktu	Output Panel			Output SCC		
		Tegangan Panel Surya (V)	Arus Panel Surya (I)	Daya Panel Surya (W)	Tegangan SCC (V)	Arus SCC (I)	Daya SCC (W)
1	10:15	9.32	0.7	6.524	9.4	0.62	5.828
2	10:30	9.98	0.7	6.986	9.59	0.65	6.2335
3	10:45	11.06	0.79	8.7374	10.94	0.78	8.5332
4	11:00	11.57	0.84	9.7188	11.49	0.82	9.4218
5	11:15	11.38	0.81	9.2178	11.42	0.81	9.2502
6	11:30	11.37	0.8	9.096	11.28	0.81	9.1368
7	11:45	11.43	0.82	9.3726	11.32	0.8	9.056
8	12:00	11.19	0.8	8.952	11.1	0.79	8.769
9	12:15	11.24	0.8	8.992	11.14	0.8	8.912
10	12:30	11.21	0.8	8.968	11.17	0.79	8.8243
11	12:45	11.32	0.81	9.1692	11.28	0.8	9.024
12	13:00	11.26	0.82	9.2332	11.19	0.8	8.952
13	13:15	11.69	0.84	9.8196	11.63	0.84	9.7692
14	13:30	11.65	0.83	9.6695	11.63	0.83	9.6529

Sumber : Penulis, 2020

Dari hasil pengukuran pada tabel 4.2, maka di dapat grafik tegangan dan arus keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)*. Grafik hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 24 November 2020
Sumber : Penulis

Dari data pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya memiliki nilai sekitar 09,32 V–11,69 V. Nilai tegangan keluaran dari *solar charger controller* mendekati sama dengan nilai keluaran dari panel surya. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena kondisi cuaca pada saat itu cenderung berawan.

4.3. Hasil Pengukuran III

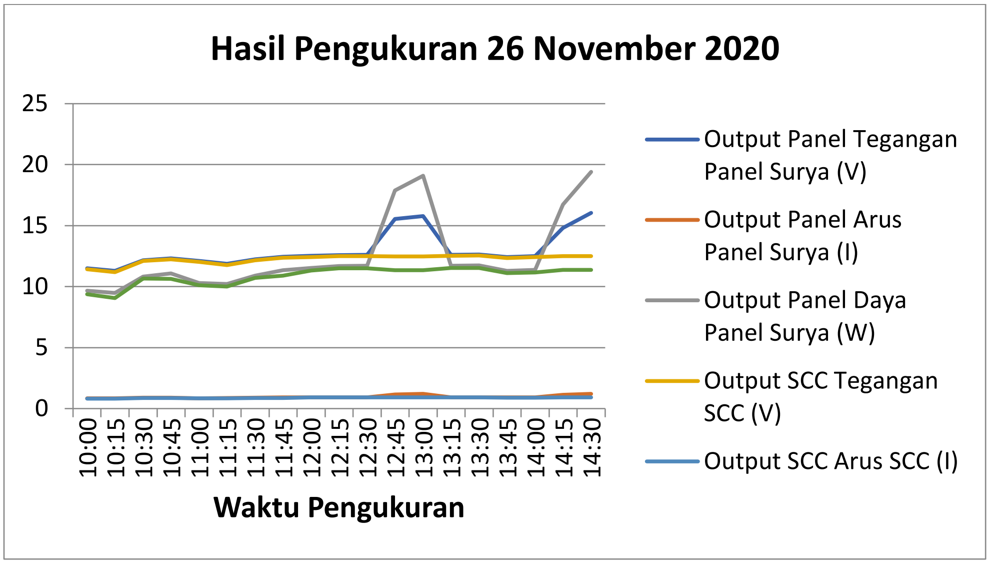
Pengukuran tegangan pada keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)* dilakukan di Komplek Business Point, Jl. Jamin Ginting, Medan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pada tanggal 26 November 2020 mulai pukul 10:00 WIB sampai dengan pukul 14:30 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengukuran Pada Tanggal 26 November 2020

No.	Waktu	Output Panel			Output SCC		
		Tegangan Panel Surya (V)	Arus Panel Surya (I)	Daya Panel Surya (W)	Tegangan SCC (V)	Arus SCC (I)	Daya SCC (W)
1	10:00	11.5	0.84	9.66	11.42	0.82	9.3644
2	10:15	11.3	0.84	9.492	11.19	0.81	9.0639
3	10:30	12.16	0.89	10.8224	12.11	0.88	10.6568
4	10:45	12.32	0.9	11.088	12.23	0.87	10.6401
5	11:00	12.1	0.85	10.285	12.04	0.84	10.1136
6	11:15	11.87	0.86	10.2082	11.77	0.85	10.0045
7	11:30	12.24	0.89	10.8936	12.17	0.88	10.7096
8	11:45	12.46	0.91	11.3386	12.38	0.88	10.8944
9	12:00	12.53	0.92	11.5276	12.43	0.91	11.3113
10	12:15	12.57	0.93	11.6901	12.49	0.92	11.4908
11	12:30	12.6	0.93	11.718	12.51	0.92	11.5092
12	12:45	15.54	1.15	17.871	12.48	0.91	11.3568
13	13:00	15.77	1.21	19.0817	12.48	0.91	11.3568
14	13:15	12.6	0.93	11.718	12.52	0.92	11.5184
15	13:30	12.62	0.93	11.7366	12.54	0.92	11.5368
16	13:45	12.41	0.91	11.2931	12.34	0.9	11.106
17	14:00	12.5	0.91	11.375	12.41	0.9	11.169
18	14:15	14.8	1.13	16.724	12.5	0.91	11.375
19	14:30	16.04	1.21	19.4084	12.5	0.91	11.375

Sumber : Penulis, 2020

Dari hasil pengukuran pada tabel 4.3, maka di dapat grafik tegangan dan arus keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)*. Grafik hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 26 November 2020
Sumber : Penulis

Dari data pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya memiliki nilai sekitar 11,30 V–16,04 V. Namun nilai tegangan keluaran dari *solar charger controller* lebih stabil. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena di dalam *solar charger controller* terdapat rangkaian pengatur tegangan dan arus. Panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari pada saat cuaca yang terik pada pukul 12:30 sampai pukul 13:00 dengan nilai tegangan 15,77 V. Kemudian cuaca menjadi berawan mulai pukul 13:15 sampai pukul 13:45, dalam hal ini nilai tegangan mengalami penurunan. Lalu kondisi cuaca setelah itu mengalami hujan rintik rintik selama lebih kurang 15 menit. Ketika hujan sudah reda dan kondisi cuaca kembali normal, panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari yang terik dengan nilai tegangan sebesar 16,04 V.

4.4. Hasil Pengukuran IV

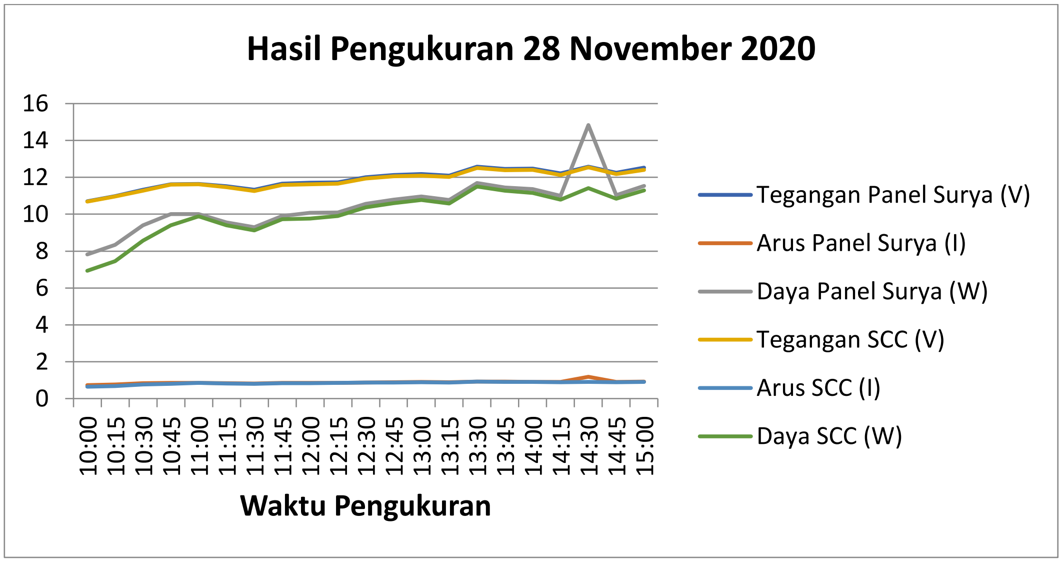
Pengukuran tegangan pada keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)* dilakukan di Komplek Business Point, Jl. Jamin Ginting, Medan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pada tanggal 26 November 2020 mulai pukul 10:00 WIB sampai dengan pukul 15:00 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengukuran Pada Tanggal 28 November 2020

No.		Output Panel			Output SCC		
	Waktu	Tegangan Panel Surya (V)	Arus Panel Surya (I)	Daya Panel Surya (W)	Tegangan SCC (V)	Arus SCC (I)	Daya SCC (W)
1	10:00	10.71	0.73	7.8183	10.68	0.65	6.942
2	10:15	10.98	0.76	8.3448	10.96	0.68	7.4528
3	10:30	11.32	0.83	9.3956	11.28	0.76	8.5728
4	10:45	11.63	0.86	10.0018	11.61	0.81	9.4041
5	11:00	11.64	0.86	10.0104	11.63	0.85	9.8855
6	11:15	11.51	0.83	9.5533	11.46	0.82	9.3972
7	11:30	11.33	0.82	9.2906	11.26	0.81	9.1206
8	11:45	11.65	0.85	9.9025	11.58	0.84	9.7272
9	12:00	11.71	0.86	10.0706	11.63	0.84	9.7692
10	12:15	11.73	0.86	10.0878	11.65	0.85	9.9025
11	12:30	12	0.88	10.56	11.93	0.87	10.3791
12	12:45	12.13	0.89	10.7957	12.05	0.88	10.604
13	13:00	12.18	0.9	10.962	12.1	0.89	10.769
14	13:15	12.1	0.89	10.769	12.02	0.88	10.5776
15	13:30	12.58	0.93	11.6994	12.5	0.92	11.5
16	13:45	12.45	0.92	11.454	12.39	0.91	11.2749
17	14:00	12.48	0.91	11.3568	12.4	0.9	11.16
18	14:15	12.21	0.9	10.989	12.13	0.89	10.7957
19	14:30	12.57	1.18	14.8326	12.55	0.91	11.4205
20	14:45	12.25	0.9	11.025	12.18	0.89	10.8402
21	15:00	12.53	0.92	11.5276	12.41	0.91	11.2931

Sumber : Penulis, 2020

Dari hasil pengukuran pada tabel 4.4, maka di dapat grafik tegangan dan arus keluaran dari panel surya dan *Solar Charger Controller (SCC)*. Grafik hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengukuran Pada Tanggal 26 November 2020
Sumber : Penulis

Dari data pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari panel surya memiliki nilai sekitar 10,71 V–12,58 V. Nilai tegangan keluaran dari *solar charger controller* mendekati sama dengan nilai keluaran dari panel surya. Keadaan ini sama setiap jamnya, ini terjadi karena kondisi cuaca pada saat itu cerah namun berawan.

4.5. Pengujian Baterai

Pada saat siang hari, nilai arus dan tegangan tidak selalu lebih besar dibandingkan dengan saat pagi hari ataupun sore hari dikarenakan cuaca yang tidak

menentu, mulai dari cerah sampai dengan berawan sehingga intensitas matahari yang mengenai permukaan modul surya juga berubah–ubah. Arus dan tegangan yang dihasilkan dari modul tersebut menjadi energi masukan untuk sistem baterai adalah sebesar 11,1 Volt dengan kapasitas baterai 2,2 Ampere hour (Ah), dengan maksud apabila baterai tersebut diberikan masukan arus sebesar 0,8 - 1 Ampere, maka baterai akan terisi penuh dalam waktu 2,5 jam – 3 jam.

Pengamatan pada baterai dapat diamati selama melakukan pengukuran Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan menggunakan multimeter digital, dengan cara menghitung lamanya pengisian baterai yang dapat diamati melalui penentuan awal proses pengecasan dengan melihat tampilan layar pada *Solar Charger Controller (SCC).* Karena pada tampilan layar tersebut terdapat status baterai dengan simbol kotak dengan 0 bar didalamnya yang berarti kondisi baterai kosong dengan nilai tegangan 9,0 V dan 5 bar didalamnya yang artinya kondisi baterai penuh dengan nilai tegangan 12,6 V.

Berikut hasil pengamatan pada baterai dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Pada Baterai

Hasil Pengamatan	**9 agustus 2020**	**24 November 2020**	**26 November 2020**	**28 November 2020**
Lama pengecasan hingga full	2 jam 30 menit	3 jam 15 menit	2 jam 30 menit	3 jam 30 menit
Monitor level	5 bar	4 bar	5 bar	5 bar
Status baterai	100%	88%	99%	98%
Keadaan baterai	tanpa beban	tanpa beban	tanpa beban	dengan beban

Lama pengosongan	5 jam 18 menit	3 jam 18 menit	5 jam 2 menit	3 hari 21 jam
	12,6 V - 9 V	11,2 V - 9 V	12,50 V - 9 V	12,41 V - 9 V

Sumber : Penulis, 2020

Pengamatan pada baterai dilakukan untuk mengetahui perbandingan kinerja sistem. Kemudian akan diuji seberapa lama sistem catu daya akan bekerja. Pengujian sistem akan dilakukan dengan cara menyambungkan sumber tegangan ke baterai pada saat pengecasan, baik dalam keadaan beban tidak dihidupkan (tanpa beban) dan beban dihidupkan secara bersamaan (dengan beban).

BAB 5

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

1. Sistem suplai energi untuk alat pengusir hama otomatis telah dirancang menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga surya yang terdiri dari panel surya 15 WP jenis monokristalin, SCC sebagai *controller*, dan baterai berkapasitas 2,2 AH sebagai penyimpan energi yang dihasilkan dari panel surya pada waktu siang hari dan dapat digunakan ke beban yang dibutuhkan pada malam hari.
2. Jumlah pemakaian beban harus disesuaikan dengan kapasitas energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

5.2. SARAN

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi, penulis menyarankan bahwa untuk penelitian-penelitian selanjutnya agar menggunakan sistem pelacak sinar matahari, sistem tersebut yang akan membuat panel sel surya menyerap energi matahari secara optimal karena sudut putaran yang disesuaikan dengan arah radiasi sinar matahari dan juga dibutuhkan penyimpanan baterai yang lebih lama agar alat dapat beroperasi selama 12 jam (dimulai pada saat terbenam matahari sampai terbit matahari) dikarenakan hama aktif pada saat malam hari.

DAFTAR PUSTAKA

Alamsyah, W., Nurhilal, O., Mindara, J. Y., Saad, A. H. I., & Hidayat, S. (2017). Alat Perangkap Hama Dengan Metode Cahaya. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, *01*(01), 37–44.

ANWAR, M. (2020). Studi Experimental Potensi Penyerapan Energi Matahari Sistem Fotovoltaik Di Wilayah Pantai Bunga Kabupaten Batu Bara. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, *2*(1), 41–49.

Aryza, S., Hermansyah, H., Siahaan, A. P. U., Suherman, S., & Lubis, Z. (2017). Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengering Pupuk Petani Portabel. *It Journal Research and Development*, *2*(1), 12–18. https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2(1).642

Heri, J. (2012). Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50 WP. *Engineering*, *4*, *No 1*, 47–55. Retrieved from http://id.portalgaruda.org/?ref=browse&mod=viewarticle&article=116861

Ii, B. A. B., & Teori, D. (1970). *Gambar 2.1. Satelit Yang Menggunakan Sel Surya*.

Satwiko. (2012). *Uji Karakteristik Sel Surya pada Sistem 24 Volt DC sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid*. (April), 208–212.

Setyaningrum, Y., Pembimbing, D., & Fisika, D. (2017). *NRP 1113 100 031 Dosen Pembimbing Prof . Dr . Darminto , M . Sc Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2017 i*.

Thowil Afif, M., & Ayu Putri Pratiwi, I. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *6*(2), 95–99. https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1

Yusmiati, E. . (2014). *Energy Supply Solar Cell Pada Sistem Pengendali Portal Parkir Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52*.

Anto, B., Hamdani, E., & Abdullah, R. (2014). Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, *11*(1), 19–24. https://doi.org/10.17529/jre.v11i1.1991

Ramadhani, M. A., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2018). *Rancang bangun penangkap hama wereng dengan tenaga surya*.

Lham, H. A., Syahta, R., Anggara, F., & Jamaluddin, J. (2018). Alat Perangkap Hama Serangga Padi Sawah Menggunakan Cahaya dari Tenaga Surya. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, *2*(1), 11–19. https://doi.org/10.32530/jaast.v2i1.13

Aryza, S., Hermansyah, H., Siahaan, A. P. U., Suherman, S., & Lubis, Z. (2017). Implementasi Energi Surya Sebagai Sumber Suplai Alat Pengering Pupuk Petani Portabel. *It Journal Research and Development*, *2*(1), 12–18. https://doi.org/10.25299/itjrd.2017.vol2(1).642