

**PERANCANGAN PENCATU DAYA ALAT *ELECTROSTATIC*
PRECIPITATOR DENGAN *SOLAR CELL* PADA CEROBONG
PENGASAPAN IKAN**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Teknik Elektro S-1 pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung



OLEH:

NAMA : AGUS PRASOJO

NIM : 30601900006

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG**

2023

FINAL PROJECT

***POWER SUPPLY DESIGN OF ELECTROSTATIC PRECIPITATOR WITH
SOLAR CELL IN FISH FUMIGATION***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Islam Sultan Agung*



***MARJONING OF ELECTRICAL ENGINEERING
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY
SEMARANG***

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "PERANCANGAN PENCATU DAYA ALAT *ELECTROSTATIC PRECIPITATOR* DENGAN *SOLAR CELL* PADA CEROBONG PENGASAPAN IKAN" ini disusun oleh:

Nama : Agus Prasajo
NIM : 30601900006
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 5 September 2023

Pembimbing I



Prof. Dr. Hj. Sti Arttini Dwi P, M.Si

NIDN. 0620026501

Pembimbing II



Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT

NIDN. 0628086501

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
TEKNIK ELEKTRO

Jenny Putri Hapsari, ST, MT

NIDN. 0607018501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**PERANCANGAN PENCATU DAYA ALAT ELECTROSTATIC PRECIPITATOR DENGAN SOLAR CELL PADA CEROBONG PENGASAPAN IKAN**” ini disusun oleh:

Nama : Agus Prasajo
NIM : 30601900006
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen penguji pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 5 September 2023

Penguji I

Penguji II



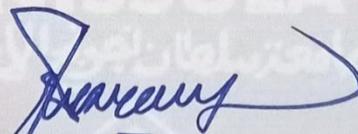
Dedi Nugroho, ST, MT
NIDN. 0617126602



Arief Marwanto, ST., M.Eng., Ph.D
NIDN. 0628097501

Mengetahui,

Ketua Penguji



Dr. Eka Muryanto Budisusila, ST., MT.
NIDN. 0619107301

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang berttangan di bawah ini:

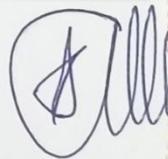
Nama : Agus Prasojo
NIM : 30601900006
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang dengan judul "**PERANCANGAN PENCATU DAYA ALAT ELECTROSTATIC PRECIPITATOR DENGAN SOLAR CELL PADA CEROBONG PENGASAPAN IKAN**", adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, 5 September 2023

Yang Menyatakan



Agus Prasojo

NIM. 30601900006

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertangan di bawah ini :

Nama : Agus Prasajo

NIM : 30601900006

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi industri

Alamat Asal : Desa Raci Kec. Batangan Kab. Pati RT.05 RW.01

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul: Perancangan Pencatu Daya Alat *Electrostatic Precipitator* Dengan *Solar Cell* Pada Cerobong Pengasapan Ikan Untuk Mengurangi Polusi Asap Dari Hasil Pembakaran Ikan Manyung Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan diinternet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 5 September 2023

Yang Menyatakan



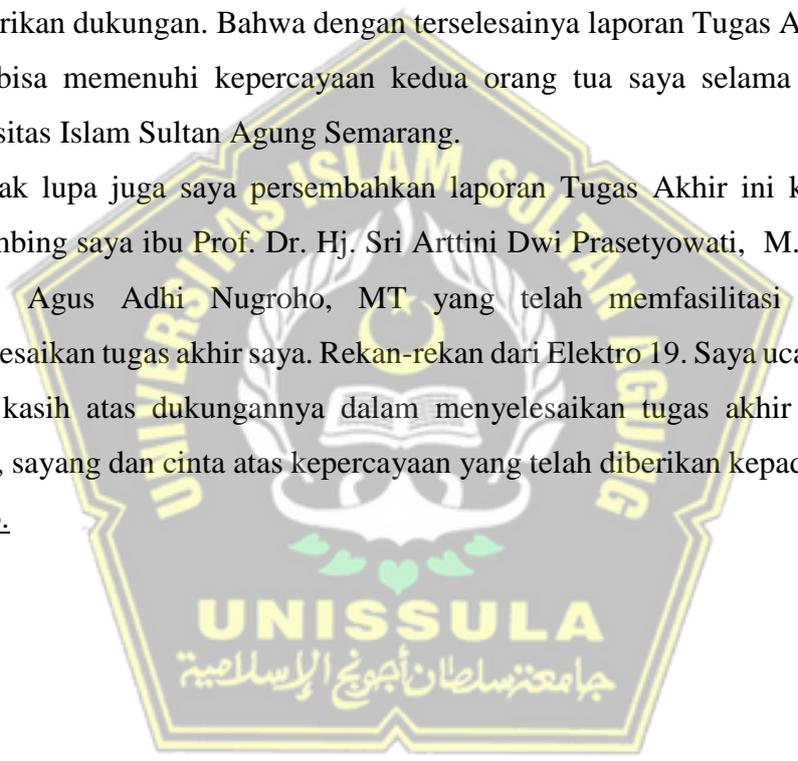
Agus Prasajo

NIM. 30601900006

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puja dan puji syukur yang mendalam kepada Allah subhanahu wa ta'ala, atas nikmat Iman, nikmat sehat, nikmat akal yang telah diberikan kepada saya, dan Sholawat serta salam kepada Baginda Rasulullah Nabi Muhammad shallallahu alaihi wasallam yang saya harapkan Syafa'at Beliau di Yaumul Akhir kelak. Dengan diselesaikannya Skripsi ini, saya mempersembahkannya kepada kedua orang tua saya, sebagai bukti rasa kasih sayang dari saya kepada mereka yang selalu memberikan dukungan. Bahwa dengan terselesainya laporan Tugas Akhir ini, saya sudah bisa memenuhi kepercayaan kedua orang tua saya selama berkuliah di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Tidak lupa juga saya persembahkan laporan Tugas Akhir ini kepada dosen pembimbing saya ibu Prof. Dr. Hj. Sri Arttini Dwi Prasetyowati, M.Si dan bapak Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT yang telah memfasilitasi saya dalam menyelesaikan tugas akhir saya. Rekan-rekan dari Elektro 19. Saya ucapkan banyak terima kasih atas dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir saya. Salam hormat, sayang dan cinta atas kepercayaan yang telah diberikan kepada saya, Agus Prasojo.



HALAMAN MOTTO

“Jikalau perahunya telah ia kayuh ke tengah, ia tak boleh bersurut pulang. Meskipun bagaimana besar gelombang. Biarkan kemudi patah, biarlah layar robek. Itu lebih mulia (baginya) dari pada membalik haluan pulang”(BUYA HAMKA)



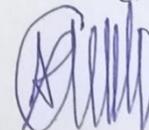
KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat diselesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Pencatu Daya Alat *Electrostatic Precipitator* Dengan *Solar Cell* Pada Cerobong Pengasapan Ikan” dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Novi Marlyana, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri UNISSULA.
2. Ibu Jeny Hapsari, S.T, M.T. selaku kepala Program Studi Teknik Elektro UNISSULA.
3. Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Artini Dwi Prasetyowati, M.Si selaku Dosen Pembimbing dalam tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, MT. selaku Dosen Pembimbing dalam tugas akhir ini.
5. Ibu Prof. Dr. Hj. Sri Artini Dwi Prasetyowati, M.Si selaku dosen wali mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2019.
6. Orang tua, dan saudara-saudara yang telah memberikan dukungan moral dan material yang tak ternilai.
7. Teman-teman dan semua pihak yang telah memberi semangat atas pembuatan laporan Tugas Akhir ini.

Dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam isi maupun bahasanya, oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca demi penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir Ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya.

Semarang, 5 September 2023



Agus Prasajo

Nim. 30601900006

DAFTAR ISI

PERANCANGAN PENCATU DAYA ALAT <i>ELECTROSTATIC PRECIPITATOR</i> DENGAN <i>SOLAR CELL</i> PADA CEROBONG PENGASAPAN IKAN.....	i
<i>FINAL PROJECT</i>	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
HALAMAN MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
ABSTRAK.....	xix
<i>ABSTRAC</i>	xx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i>	7
2.2.1 Karakteristik <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i>	8

2.2.2	Prinsip Kerja <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i>	12
2.3	Lampu	13
2.4	<i>High Voltage DC</i>	13
2.4.1	<i>Mazzilli ZVS Converter Circuit</i>	13
2.4.2	<i>Converter Flyback</i>	14
2.4.3	Rangkaian <i>Cockcroft-Walton (DC)</i>	15
2.4.4	Rangkaian Pembagi Tegangan	17
2.5	Energi Matahari	17
2.6	Sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	18
2.6.1	Jenis PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	18
2.6.2	Prinsip Kerja PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	19
2.7	Modul Panel Surya	20
2.7.1	Jenis Modul Surya.....	21
2.7.2	Karakteristik Modul Panel Surya	22
2.7.3	Prinsip Kerja Modul Panel Surya	25
2.8	SCC (<i>Sollar Charger Controller</i>).....	26
2.8.1	Karakteristik SCC (<i>Solar Charger Controller</i>)	27
2.8.2	Prinsip Kerja SCC (<i>Solar Charger Controller</i>)	27
2.9	Baterai/ <i>Accumulator</i>	28
2.9.1	Karakteristik Baterai/ <i>Accumulator</i>	28
2.9.2	Prinsip Kerja Baterai/ <i>Accumulator</i>	29
2.9.3	Perbandingan Antara Batterai <i>Lithium Polymer (Li-Po)</i> dengan (<i>Lead Acid Accu</i>)	30
2.10	Perbandingan PLTS dan PLN	32
2.11	Perhitungan Menentukan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)....	33
2.11.1	Menentukan Beban Total Dalam <i>Watt-Hour (Wh)</i>	33
2.11.2	Menentukan Modul Panel Surya.....	33
2.11.3	Menentukan Batterai Panel Surya	33
2.11.4	Menentukan SCC (<i>Solar Charger Controller</i>)	34
2.12	Perhitungan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	34
2.13	Jenis-Jenis Rangkaian.....	36

BAB III	38
METODE PENELITIAN.....	38
3.1 Bentuk Penelitian	38
3.2 Obyek Penelitian	38
3.3 Langkah - langkah Penelitian	39
3.4 Jenis Sumber Data	41
3.5 Pengumpulan Data	41
3.6 Teknik Analisis Data	42
3.7 Alat dan Bahan	42
3.7.1 Alat.....	42
3.7.2 Bahan.....	43
3.8 Faktor-Faktor Yang Berdampak Pada Performa Modul Sel Surya.....	43
3.9 Rancangan Skematik Untuk PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) ...	44
3.10 Rancangan Skematik Pengujian Modul Panel Surya	45
3.11 Rancangan Skematik Pengujian Baterai Panel Surya	45
3.12 Rancangan Skematik Pengujian SCC (<i>Solar Charger Controller</i>).....	46
3.13 Rancangan Skematik Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Dengan Sumber <i>Power Supply</i> dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	46
3.14 Rancangan Skematik Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Ukuran Cerobong Berubah-Ubah.....	47
3.15 Rancangan Modul Panel Surya	47
3.16 Rancangan Baterai PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	48
3.17 Penyusunan Anggaran Untuk Investasi Dalam Sistem (PLTS) Pembangkit Listrik Tenaga Surya	48
BAB IV	50

DATA DAN ANALISA	50
4.1 Hasil Menentukan Daya Total Pada Beban Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i>	50
4.2 Hasil Perhitungan Menentukan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	50
4.2.1 Hasil Perhitungan Menentukan Modul Panel Surya	50
4.2.2 Hasil Perhitungan Menentukan <i>Battery</i> Panel Surya	51
4.2.3 Hasil Perhitungan Menentukan SCC (<i>Solar Charger Controller</i>)..	51
4.3 Hasil Pembelian Komponen PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	52
4.3.1 Modul Panel Surya 50 Wp	52
4.3.2 <i>Visero Vio-MPPT 30 A</i>	53
4.3.3 <i>Vrla Deep Cycle Battery</i>	55
4.3.4 Lampu DC 12 Volt	56
4.4 Hasil Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	56
4.4.1 Pengujian Karakteristik 2 Lembar Panel Surya Rangkaian Seri Uji Coba Pertama dan Kedua	56
4.4.2 Analisa Data 2 Lembar Panel Surya 50 Wp Uji Coba Pertama.....	64
4.4.3 Pengujian Baterai Pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	65
4.4.4 Analisa Baterai Pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Suya)....	67
4.4.5 Pengujian <i>Solar Charger Controller</i> Pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Suya).....	67
4.4.6 Analisa <i>Solar Charger Controller</i>	69
4.5 Hasil Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Dengan Sumber <i>Power Supply</i> dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Suya).....	71
4.5.1 Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Dengan Sumber <i>Power Supply</i> dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Suya)	72

4.5.2	Analisa Tegangan Tinggi Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Sumber Batterai 24 V.....	79
4.6	Hasil Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah	80
4.6.1	Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah	80
4.6.2	Analisa PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah.....	83
4.7	Hasil Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah.....	83
4.7.1	Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah.....	83
4.7.2	Analisa PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah	85
BAB V.....		89
KESIMPULAN DAN SARAN.....		89
5.1	Kesimpulan.....	89
5.2	Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....		90
LAMPIRAN.....		92

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Kelebihan Dari Masing-Masing Jenis Baterai	30
Tabel 2. 2	Lanjutan Tabel 2.1	31
Tabel 2. 3	Kekurangan Dari Masing-Masing Jenis Baterai	31
Tabel 2. 4	Contoh Perhitungan Penghematan Setelah PLTS Terpasang	32
Tabel 3. 1	Perhitungan Anggaran Investasi	49
Tabel 4. 1	Spesifikasi Modul Panel Surya 50 Wp	52
Tabel 4. 2	Spesifikasi SCC <i>Visero Vio-MPPT 30 A</i>	54
Tabel 4. 3	Parameter <i>Visero Vio-MPPT 30 A</i>	54
Tabel 4. 4	Hasil Pengkonversian Nilai Satuan <i>KLux</i> Menjadi <i>Lux</i> Uji Coba Pertama	58
Tabel 4. 5	Hasil Pengujian 2 Lembar Panel Rangkai Seri Uji Coba Pertama	58
Tabel 4. 6	Hasil Pengujian 2 Lembar Panel Rangkai Seri Uji Coba Kedua	58
Tabel 4. 7	Hasil Pengujian Batterai	66
Tabel 4. 8	Hasil Pengujian SCC	68
Tabel 4. 9	Lanjutan Tabel 4.8	69
Tabel 4. 10	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Trafo Flyback (AC)</i> Sumber <i>Power Supply</i> 24 V	73
Tabel 4. 11	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Cockcroft-Walton (DC)</i> Sumber <i>Power Supply</i> 24 V	73
Tabel 4. 12	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Trafo Flyback (AC)</i> Sumber Batterai 24 V	74
Tabel 4. 13	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Cockcroft-Walton (DC)</i> Sumber Batterai 24 V	74
Tabel 4. 14	Hasil Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah	81
Tabel 4. 15	Hasil Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Alat <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i>	8
Gambar 2. 2	Prinsip Kerja <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i>	12
Gambar 2. 3	Lampu DC	13
Gambar 2. 4	<i>Mazzilli ZVS Flyback Converter Circuit</i>	14
Gambar 2. 5	<i>Converter Flyback</i>	14
Gambar 2. 6	Rangkaian <i>Cockcroft-Walton (DC)</i>	15
Gambar 2. 7	Rangkaian Pembagi Tegangan	17
Gambar 2. 8	Prinsip Kerja <i>Solar Cell</i>	20
Gambar 2. 9	Modul Panel Surya	20
Gambar 2. 10	Kurva Karakteristik Arus dan Tegangan Panel Surya	22
Gambar 2. 11	Prinsip Kerja Panel Surya	25
Gambar 2. 12	<i>Solar Charger Controller</i>	26
Gambar 2. 13	Karakteristik Baterai/ <i>Accumulator</i>	29
Gambar 2. 14	Rangkaian Seri	36
Gambar 2. 15	Rangkaian Paralel	37
Gambar 3. 1	Lokasi UMKM Pengasapan Ikan di Kota Kendal Dilihat Menggunakan Maps Dari Foto Satelit	38
Gambar 3. 2	Lokasi UNISSULA Semarang Dilihat Menggunakan Maps Dari Foto Satelit	39
Gambar 3. 3	<i>Flowchart</i> Penelitian Secara Keseluruhan	40
Gambar 3. 4	Diagram Blok PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	44
Gambar 3. 5	Diagram Blok Pengujian Karakteristik 2 Lembar Panel Surya Rangkai Seri Uji Coba Pertama dan Kedua	45
Gambar 3. 6	Diagram Blok Pengujian Batterai Uji Coba Pertama dan Kedua.....	45
Gambar 3. 7	Diagram Blok Pengujian SCC Uji coba Pertama dan Kedua.....	46
Gambar 3. 8	Diagram Blok Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Dengan Sumber <i>Power Supply</i> dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)	46

Gambar 3. 9	Diagram Blok Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> dan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah	47
Gambar 3. 10	Modul Panel Surya Rangkaian Seri	47
Gambar 3. 11	Batterai Rangkaian Seri.....	48
Gambar 4. 1	Modul Panel Surya 50 Wp	53
Gambar 4. 2	<i>Visero Vio-MPPT 30 A</i>	53
Gambar 4. 3	<i>Vrla Deep Cycle Battery</i>	55
Gambar 4. 4	Lampu DC 12 Volt.....	56
Gambar 4. 5	Pengujian Karakteristik 2 Lembar Panel Surya Rangkai Seri Uji Coba Pertama dan Kedua	57
Gambar 4. 6	Grafik Efek Waktu Pengukuran dan Kondisi Cuaca Terhadap Intensitas Radiasi Matahari Uji Coba Pertama.....	62
Gambar 4. 7	Grafik Efek dari Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Daya <i>Output</i> Uji Coba Pertama	63
Gambar 4. 8	Grafik Efek dari Tegangan Terhadap Arus Uji Coba Pertama	63
Gambar 4. 9	Grafik Efek Daya <i>Output</i> dan Daya <i>Input</i> Terhadap Effisiensi Uji Coba Pertama	64
Gambar 4. 10	Pengujian Batterai Uji Coba Pertama dan Kedua	66
Gambar 4. 11	Pengujian SCC Uji coba Pertama dan Kedua	68
Gambar 4. 12	Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Dengan Sumber <i>Power Supply</i> dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	72
Gambar 4. 13	Grafik Daya <i>Output</i> dan <i>Input</i> Terhadap Effisiensi Rangkaian <i>Trafo Flyback (AC)</i> Sumber Batterai 24 V	76
Gambar 4. 14	Grafik Efek Tegangan <i>Output</i> Terhadap Effisiensi Rangkaian <i>Trafo Flyback (AC)</i> Sumber Batterai 24 V	76
Gambar 4. 15	Grafik Efek Daya <i>Output</i> dan <i>Input</i> Terhadap Effisiensi Rangkaian <i>Cockcroft-Walton (DC)</i> Sumber Batterai 24 V.....	78
Gambar 4. 16	Efek Tegangan Terhadap Daya <i>Output</i> Rangkaian <i>Cockcroft-Walton (DC)</i> Sumber Batterai 24 V.....	79

Gambar 4. 17 Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah	81
Gambar 4. 18 Grafik Efek Tegangan <i>Input</i> Terhadap Arus <i>Input</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah	82
Gambar 4. 19 Grafik Efek Daya <i>Input</i> Terhadap Effisiensi Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah.....	82
Gambar 4. 20 Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah.....	84
Gambar 4. 21 Grafik Efek Ukuran Cerobong Terhadap Effisiensi.....	85



ABSTRAK

Di Kendal, para produsen ikan asap umumnya menggunakan metode pengasapan panas, di mana ikan diletakkan dekat dengan sumber asap dan diasapi selama tiga hingga empat jam. Dampak positifnya adalah memiliki dampak yang signifikan untuk mendukung kedalam UMKM utamanya seperti di bidang industri perikanan dan pengolahan makanan. Sedangkan, dampak negatifnya adalah kerusakan lingkungan akibat pemanasan global, dan polusi udara. Untuk menangani masalah tersebut, telah dibuat sebuah prototipe cerobong *Electrostatic Precipitator* yang ramah lingkungan. Prototipe ini dioperasikan menggunakan tenaga dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Hasil penelitian ini menunjukkan potensi tingkat penyerapan radiasi matahari oleh *Solar Cell* menunjukkan efisiensi *Solar Cell* pada pengujian pertama, tercatat nilai efisiensi terendah sebesar 8,50 %, efisiensi tertinggi mencapai 15,76 %, dengan efisiensi rata-rata 13,03%. Selanjutnya, pada pengujian kedua, efisiensi *Solar Cell* menunjukkan peningkatan, nilai terendah sebesar 12,83 %, tertinggi mencapai 17,19 %, dan rata-rata sebesar 14,72 %. Pengujian terbaik terdapat pada pengujian kedua dikarenakan pengujian pertama terdapat cuaca mendung dan gerimis. Dengan memanfaatkan intensitas radiasi matahari sebagai sumber daya, alat *Electrostatic Precipitator* dapat dioperasikan dengan cukup baik. Pada dua pengujian yang dilakukan, rata-rata daya *Output* panel surya mencapai 28,51 dan 49,49 *Watt*. Sementara itu, untuk daya yang digunakan sebagai *Input* alat tersebut dalam dua percobaan, nilai yang tercatat adalah 30,70 dan 10,33 *Watt*.

Kata Kunci: Pengasapan, *Electrostatic Precipitator*, PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

ABSTRAC

In Kendal, smoked fish producers generally use the hot smoking method, where the fish is placed close to a smoke source and smoked for three to four hours. The positive impact is that it has a significant impact in supporting MSMEs, especially those in the fisheries and food processing industries. Meanwhile, the negative impact is environmental damage due to global warming and air pollution. To address this problem, an environmentally friendly Electrostatic Precipitator chimney prototype has been created. This prototype is operated using power from a Solar Power Plant (PLTS). The results of this research show the potential level of absorption of solar radiation by Solar Cells showing the efficiency of Solar Cells in the first test, the lowest efficiency value was recorded at 8.50%, the highest efficiency reached 15.76%, with an average efficiency of 13.03%. Furthermore, in the second test, Solar Cell efficiency showed an increase, the lowest value was 12.83%, the highest reached 17.19%, and the average was 14.72%. The best test was in the second test because the first test had cloudy and drizzling weather. By utilizing the intensity of solar radiation as a resource, the Electrostatic Precipitator can be operated quite well. In the two tests carried out, the average solar panel Output power reached 28.51 and 49.49 Watts. Meanwhile, for the power used as Input for the device in two experiments, the values recorded were 30.70 and 10.33 Watts.

Keywords: *Fumigation, Electrostatic Precipitator, PLTS (Solar Power Plant)*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karena masyarakat masih menerapkan teknik pengasapan konvensional, kualitas kebersihan ikan asap menjadi kurang terjaga. Proses pengasapan tersebut melibatkan penempatan ikan dekat dengan sumber asap dan pengasapan selama tiga hingga empat jam, merupakan metode yang digunakan oleh produsen ikan asap di Kendal. Sebaliknya, untuk menghasilkan ikan pari asap yang berkualitas, digunakan sistem tertutup yang mempercepat pematangan ikan. Proses pengasapan ikan pari memerlukan waktu tiga jam. Di Kendal, ikan asap diproduksi menggunakan sistem tertutup, menghasilkan ikan pari asap dengan tekstur yang lebih menggugah selera, kebersihan yang lebih terjamin, dan daya tahan yang lebih lama dalam penyimpanan. (Harlina dan Hadija, 2017).[1].

Inovasi teknologi telah mengubah dunia dan juga berdampak pada kehidupan manusia. Efek ini dapat dikelompokkan menjadi konsekuensi positif dan konsekuensi negatif. Dampak positifnya adalah dukungan yang signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, seperti dalam industri perikanan dan pengolahan makanan. Namun, ada juga dampak negatifnya, di antaranya adalah kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan kimia, pemanasan global, dan polusi udara, yang berpotensi membahayakan manusia. Beberapa penelitian telah menyelidiki efek berbahaya dari polusi udara terhadap kesehatan manusia, terutama di negara industri dan wilayah metropolitan. (Xi et al. 2019).[2]

Sebuah tim peneliti telah mengembangkan sebuah prototipe cerobong *Electrostatic Precipitator* yang bertujuan untuk mengurangi polusi asap secara ramah lingkungan. Prototipe ini menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber daya energi dan dilengkapi dengan filter *Electrostatic Precipitator*.

Salah satu cara untuk mengatasi masalah limbah abu pada UKM pengasapan ikan di Kendal adalah dengan menggunakan *Electrostatic Precipitator (ESP)*. Sebelum gas hasil pembakaran dilepaskan ke lingkungan melalui cerobong, ESP berfungsi untuk mengumpulkan partikel abu yang terdapat dalam gas buang tersebut. Dengan memanfaatkan ESP, partikel abu yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dapat dicegah dari keluarnya gas buang ke atmosfer. Untuk memastikan kinerja optimal ESP dan menghindari gangguan pada mesin lain di area pengasapan ikan di Kendal, penting untuk mendistribusikan arus kuat trafo dengan proporsional. Dengan tingkat kemurnian 90% atau lebih, ESP akan menyaring asap yang keluar dari cerobong asap pada replika kecil ini.[3]

Pada masa kini, *Solar Cell* telah banyak digunakan sebagai sumber daya listrik pada satelit komunikasi. *Solar Cell* memiliki kemampuan untuk menghasilkan energi listrik secara tak terbatas langsung dari sinar matahari, tergantung pada kapasitas perangkat yang dipasang untuk memenuhi kebutuhan listrik. Konsep ini mencerminkan bahwa sistem sel surya sering dianggap bersih dan ramah lingkungan, karena sumber daya yang digunakan berasal dari matahari. (Rislima, 2011).[4]

Berdasarkan studi kasus pada UMKM pengasapan ikan di Kendal, diperlukan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai bagian dari tugas akhir yang mengulas tentang perancangan *Power Supply* untuk Cerobong Asap *Electrostatic Precipitator* dengan menggunakan *Solar Cell* sebagai sumber dayanya. Panel surya pada PLTS menghasilkan keluaran energi listrik yang langsung dapat digunakan oleh beban dengan kebutuhan tegangan DC dan arus yang rendah. Untuk memastikan bahwa energi listrik yang dihasilkan tetap dapat digunakan bahkan saat panel surya tidak terkena sinar matahari, diperlukan media penyimpanan energi, yaitu baterai. Namun, panel surya tidak langsung terhubung ke baterai. Panel surya harus terhubung ke rangkaian *Solar Charger Controller*, yang berfungsi sebagai *automatic Charger* untuk mengisi baterai secara otomatis. *Solar Charger Controller* berperan dalam mengatur tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke baterai dengan cara otomatis. Selain itu, *Solar Charger Controller* juga bertugas menghubungkan dan memutuskan arus dari

panel surya ke baterai secara otomatis, serta melindungi baterai dan beban dengan memutuskan aliran arus jika terjadi hubung singkat atau beban berlebihan. Implementasi *Solar Cell* dapat diterapkan di rumah-rumah di pedesaan yang belum memiliki pasokan listrik, terutama di daerah beriklim tropis, sebagai salah satu solusi untuk menyediakan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya disimpan dalam baterai untuk digunakan pada malam hari. Baterai memegang peranan penting dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini karena berfungsi sebagai kapasitas penyimpanan energi. Meskipun baterai yang digunakan dalam PLTS berbeda dengan baterai pada sistem otomotif, saat ini telah tersedia banyak pilihan baterai khusus untuk PLTS di pasaran.

Pada dasarnya, panel surya dapat digunakan secara langsung tanpa perangkat pengontrol pengisi daya surya atau baterai. Namun, tindakan ini tidak disarankan karena dapat mengganggu kinerja panel surya akibat beban berlebihan, dan bahkan berpotensi menyebabkan kerusakan serius pada panel surya tersebut. Selain itu, pengontrol pengisi daya surya memiliki peran penting dalam melindungi panel surya dari beban berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan yang cepat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada penelitian ini terdapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah potensi intensitas radiasi matahari yang diserap panel surya memiliki efisiensi yang baik untuk dirubah menjadi energi listrik ?
2. Daya listrik yang didapatkan dari intensitas radiasi matahari apakah mencukupi mengoperasikan alat *Electrostatic Precipitator* ?

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penulisan laporan tugas akhir ini, terdapat sebuah batasan – batasan masalah sebagai berikut:

1. Panel surya yang digunakan yaitu bernilai 50 Wp dan berjumlah 2 lembar.

2. Baterai yang digunakan yaitu bernilai tegangan 12 Volt, 12 AH dan berjumlah 2 buah.
3. SCC (*Solar Charger Controller*) yang digunakan bernilai tegangan 48 Volt, 30 Ampere.
4. Desain teknis cerobong menyesuaikan cerobong asap di UMKM pengasapan ikan Di Kendal.
5. Target daya yang dibutuhkan untuk mengoperasikan cerobong asap *Electrostatic Precipitator* tersebut 144 *Watt-Hours* menyala selama 1 jam.

1.4 Tujuan

Tujuan penulisan laporan ini adalah melakukan studi lapangan untuk mendapatkan analisa daya listrik dari *Solar Cell* apakah efisien dan efektif digunakan untuk mengoperasikan alat *Electrostatic Precipitator* tersebut.

1.5 Manfaat

Pada penulisan laporan tugas akhir ini, terdapat sebuah manfaat sebagai berikut:

1. Untuk membantu UMKM pembakaran ikan di Kendal.
2. Untuk mengurangi polusi udara.
3. Ramah lingkungan dan hemat energi.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan laporan tugas akhir ini terdapat sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 : Bab ini mencakup berbagai hal, termasuk latar belakang, pemilihan judul, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan.

BAB 2 : Bab ini berisi dasar teori mengenai komponen utama, seperti Panel Surya, *Solar Charger Controller*, *Battery*, dan komponen pendukung lainnya. Selain itu, bab ini juga menjelaskan prinsip kerja dari masing-

masing komponen tersebut dengan merujuk pada berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan situs web yang tersedia di Internet.

- BAB 3 : Bab ini mengandung gambaran keseluruhan mengenai *Solar Cell*, termasuk skema secara menyeluruh, diagram blok, daftar alat dan bahan yang digunakan, serta *Flowchart* penelitian secara komprehensif.
- BAB 4 : Bab ini berisi hasil dan analisis dari pengujian perancangan yang dilakukan, termasuk pembahasan tentang efisiensi dari sistem yang diuji dalam percobaan ini.
- BAB 5 : Bab ini memuat rangkuman kesimpulan serta rekomendasi dari proses perancangan yang telah dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam menyusun tugas akhir ini, terdapat penelitian sebelumnya yang dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

Saputro, (2017) “Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbantuan Program System Sizing Estimator” Membahas tentang penerapan program Sistem *Sizing Estimator*, untuk beban rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA dan 1.000 VA dari penelitian disimpulkan Hasil program Sistem Sizing Estimator untuk beban rumah tangga yang terpasang daya 450 VA membutuhkan modul / panel surya sebesar 780 Wp dan dengan juga baterai berjumlah 19 buah (berkapasitas 12 V / 105 Ah), sedangkan untuk 1.000 VA membutuhkan modul / panel surya 807 Wp dengan baterai berjumlah 20 buah (baterai berkapasitas 12 V / 105 Ah).[5]

Safrizal, (2017) “Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik pada Gedung Fakultas Sains dan Teknologi Unisnu Jepara” Dalam hal ini penelitian difokuskan pada menghitung daya listrik saat beban puncak dan menghitung total daya keseluruhan dalam waktu 24 untuk merancang PLTS pada gedung Saintek Unisnu Jepara. Setelah di lakukan perhitungan maka di ketahui bahwa konsumsi energi listrik harian gedung saintek unisnu sebesar 383,294 kWh, sedangkan PLTS mampu membangkitkan energi listrik rata-rata harian 418,59 kWh. Produksi energi listrik PV Array kurang dari kebutuhan beban pada bulan desember 352,13 kWh (-31,164 kWh), Januari 322,34 kWh (-60,954 kWh) Februari 346,02 kWh (-37,094 kWh).[5]

Mudhofiroh (2014:12) telah menguji karakteristik *Solar Cell* 10-WP (*Watt Peak*) dengan cara membandingkan arus listrik yang dihasilkan antara *Solar Cell* dengan posisi diam/statis dengan solar sel yang dilengkapi kontrol arah (berpenjejak). Panel surya berpenjejak dikontrol dengan menggunakan *mikrokontroller Arduino Nano* dengan sensor arus. Dari hasil pengujian selama 11 hari diketahui bahwa panel surya berpenjejak menghasilkan arus rata-rata 0.33

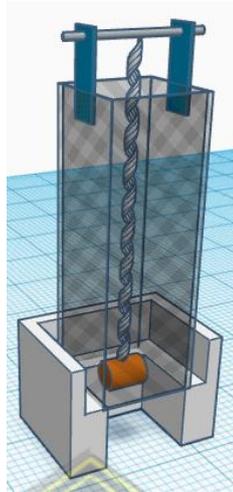
Ampere, sedangkan panel surya diam menghasilkan arus rata-rata 0.15 *Ampere*. [6]

Mohammad Hafidz , (2015) “Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid di Yogyakarta” membahas tentang perancangan PLTS diperlukan pertimbangan dalam desain sistem jaringan skala besar. Langkah-langkah desain ini adalah penilaian dari data radiasi matahari untuk lokasi, identifikasi dan penilaian lokasi yang akan digunakan, pemilihan komponen sistem PV. Setelah dilakukan perancangan teknik dan disimulasikan dengan menggunakan software PVSyst. Dalam perancangan ini digunakan PV modul yang berada dipasaran dengan daya *Output* per modul sebesar 250 Wp maka dibutuhkan sekitar 40.000 PV modul dan 100 buah inverter 100 kW. Pemilihan inverter 100 kW ini diharapkan pada saat operasi dan pemeliharaan akan lebih mudah, dan bila terjadi gangguan tidak perludimatikan semua unit, hanya unit-unit yang perlu dipadamkan saja. [5]

(Syukri & Kunci, 2010) “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di BAcéh” merencanakan dan melakukan perhitungan untuk kebutuhan distribusi listrik rumah tangga sebesar 26,927 kWh perharinya dengan menggunakan software PVSyst. Setelah di lakukan perhitungan dan simulasi Berdasarkan data BMG Aceh 2009- 2010 Energi yang dihasilkan modul surya perhari tergantung pada insolasi matahari. Untuk insolasi tertinggi menghasilkan energi sebesar 65.928 Wh dan insolasi terendah menghasilkan energi 22.960 Wh. [5]

2.2 *Electrostatic Precipitator (ESP)*

Electrostatic Precipitator (ESP) adalah suatu perangkat yang berfungsi untuk menangkap residu abu dari proses pembakaran yang terdapat dalam gas buang sebelum dilepaskan ke atmosfer melalui cerobong. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa gas buang yang dikeluarkan bebas dari partikel abu yang berpotensi menyebabkan polusi lingkungan. [3]



Gambar 2. 1 Alat *Electrostatic Precipitator (ESP)*

Dengan merancang suatu sistem untuk menghasilkan tegangan *DC* tinggi, kita dapat menciptakan tegangan *DC* yang cukup kuat guna menangkap debu secara elektrostatis. Proses perancangan alat untuk menangkap debu ini melibatkan pembuatan pembangkit tegangan *DC* tinggi menggunakan metode penyearah pengali tegangan atau metode *Walton-Cockcroft* ketika dalam kondisi tanpa beban. Selain itu, kita akan menggunakan bahan aluminium sebagai bahan untuk filternya, serta memilih beberapa perangkat pendukung seperti penutup akrilik, kipas angin dengan tegangan *DC 12 Volt*, dan sumber tegangan *12 VDC*.

2.2.1 Karakteristik *Electrostatic Precipitator (ESP)*

Hal-hal yang berpengaruh secara signifikan terhadap penangkapan debu oleh pelat pengumpul pada *Electrostatic Precipitator (ESP)* adalah sebagai berikut:[3]

1. Resistifitas Partikel[1]

Resistifitas partikel mengacu pada tingkat resistansi partikel terhadap arus listrik, yang mengindikasikan seberapa cepat partikel tersebut dapat bermigrasi. Resistifitas memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi *ESP*. Persamaan untuk menghitung resistifitas partikel dinyatakan sebagai persamaan (2.1) berikut ini:

$$\rho = R \frac{A}{l} \quad [2.1]$$

Dimana:

ρ = Resistifitas ($\Omega \cdot \text{cm}$)

R = Tahanan (Ω)

A = luas penampang (cm^2)

l = Panjang penghantar (cm)

Umumnya, resistifitas bahan atau material di permukaan bumi memiliki rentang antara 10^{-3} hingga $10^{14} \Omega\text{-cm}$. Namun, ketika membicarakan resistivitas partikel *fly ash* yang ditangkap oleh ESP, nilainya berkisar antara 50 hingga $100 \Omega\text{-cm}$.

2. Ukuran Partikel[1]

Semakin besar partikel debu, semakin tinggi peluang ionisasi bahan *fly ash*, yang berarti muatannya juga semakin besar. Oleh karena itu, gerakan partikel menuju elektroda positif (*collecting plate*) akan menjadi lebih cepat.

3. Pengaruh Temperatur

Suhu *fly ash* yang terbawa oleh gas buang boiler memiliki pengaruh terhadap laju aliran gas dan efisiensi ESP (*Electrostatic Precipitator*). Jika suhu *fly ash* tinggi karena adanya beban unit yang besar, maka laju aliran gas akan menjadi rendah dan efisiensi ESP akan meningkat. Sebaliknya, jika suhu *fly ash* rendah, maka laju aliran gas akan meningkat dan efisiensi ESP akan menurun.

4. Pengaruh Spark

Spark terjadi saat tumpukan *fly ash* yang ditangkap oleh *collecting plate* tidak dibuang dan terus menumpuk, membentuk kerak yang semakin besar. Spark dapat terlihat ketika cerobong atau *chimney* tiba-tiba mengeluarkan asap coklat pekat yang tebal. Jika spark tidak segera diperbaiki, ada kekhawatiran bahwa ini dapat menyebabkan ledakan di dalam ESP.

Rumus untuk menghitung luas satu permukaan pelat pengumpul dinyatakan dalam persamaan (2.2):

$$A = P \times L \times 2 \quad [2.2]$$

Dimana:

A = Luas efektif *collecting plate* (m^2)

P = Panjang pelat (m)

L = Luas pelat (m)

Rumus untuk menghitung jumlah pelat pengumpul abu terbang dinyatakan dalam persamaan (2.3):

$$N = \text{Baris} \times \text{Kolom} \times \text{Field} \times \text{jumlah ESP} \quad [2.3]$$

Oleh karena itu, rumus untuk menghitung luas pelat pengumpul dapat dinyatakan menggunakan persamaan (2.4):

$$A = \text{Luas permukaan pelat} \times \text{jumlah pelat} \quad [2.4]$$

5. Kecepatan Migrasi Partikel[1]

Kecepatan migrasi partikel mengacu pada kecepatan gerakan partikel fly ash ketika diberi muatan negatif oleh kawat pengirim dan bergerak menuju pelat pengumpul. Faktor-faktor yang memengaruhi kecepatan migrasi ini termasuk laju aliran gas, luas media penangkap, dan efisiensi ESP. Persamaan (2.5) digunakan untuk menggambarkan hubungan ini.

$$\omega = -\frac{Q}{A} + \ln(1 - \eta) \quad [2.5]$$

Dimana :

ω = Kecepatan migrasi partikel (/s)

Q = Laju aliran gas (m^3/s)

A = Luas media penangkap (m^2)

η = Efisiensi ESP

Ada juga rumus alternatif yang dapat digunakan untuk menghitung kecepatan migrasi partikel, seperti persamaan (2.6):

$$\omega = \frac{2.k_0.p.Ec.Ep}{3\mu} \quad [2.6]$$

Dimana :

ω = Kecepatan migrasi partikel (/s)

Ko = Permittivity ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m)

p = Tekanan (Pascal)

Ec = Kuat medan listrik (V/m)

Ep = Kuat medan *Precipitator* (V/m)

μ = Viskositas gas buang (Pascal.s)

6. Kuat Medan Listrik

Kuat medan listrik merujuk pada gaya listrik yang diperlukan untuk menciptakan medan listrik, yang dipengaruhi oleh muatan listrik seperti ion, proton, dan elektron yang berada di sekitar partikel listrik. Dalam *Electrostatic Precipitator (ESP)*, besarnya kuat medan listrik mempengaruhi kuat medan *Precipitator*. Dapat dikatakan bahwa besarnya kuat medan listrik sama dengan besarnya kuat medan *Precipitator*. Besarnya kuat medan listrik dan kuat medan *Precipitator* tergantung pada tegangan *Output* yang dihasilkan oleh transformator. Hal ini dapat dijelaskan menggunakan persamaan (2.7): [3]

$$E = \frac{V}{d} \quad [2.7]$$

Dimana :

E = Kuat medan listrik (V/m)

V = Tegangan *Output* transformator (V)

d = Jarak antara 2 pelat pengumpul (m)

7. Efisiensi *Electrostatic Precipitator (ESP)*

Setelah mendapatkan data, informasi tersebut akan diproses untuk menghasilkan hasil penelitian. Salah satu tahap dalam pengolahan data adalah menghitung konsentrasi rata-rata sebelum filter diterapkan: [7]

$$\bar{C}_o = \frac{\sum_{i=1}^n (C_o)_i}{n} \quad (2.8)$$

Kemudian, untuk menghitung konsentrasi rata-rata setelah penerapan filter untuk setiap periode waktu (C_t), digunakan persamaan (2.9) sebagai berikut:[7]

$$\bar{C}_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_t)_i}{n} \quad (2.9)$$

Dari penjelasan mengenai rumus tersebut, kita dapat melakukan perhitungan efisiensi pengumpulan partikel dari sebuah ESP. Rumus ini awalnya dikembangkan secara empiris oleh *Elvald Anderson* pada tahun 1919 dan kemudian dikembangkan secara teoritis oleh *W. Deutsch* pada tahun 1922. Persamaan ini dikenal sebagai persamaan *Deutsch-Anderson*. Berikut adalah persamaan (2.10) *Deutsch-Anderson*.

$$\%EF = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad [2.10]$$

Dimana :

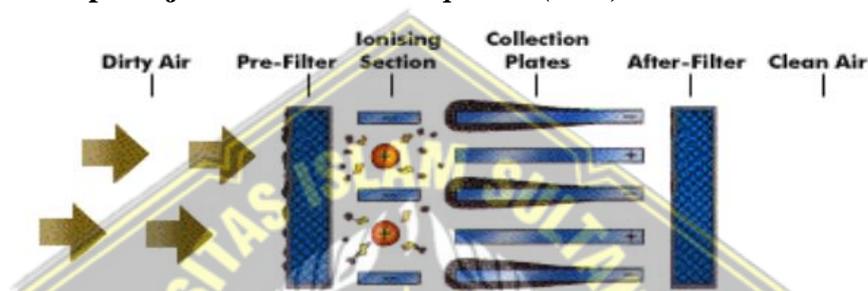
$\%EF$ = Effisiensi *Electrostatic Precipitator*

C_0 = Konsentrasi awal

C_t = Konsentrasi akhir

i = indeks konsentrasi awal dan akhir

2.2.2 Prinsip Kerja *Electrostatic Precipitator (ESP)*



Gambar 2. 2 Prinsip Kerja *Electrostatic Precipitator (ESP)*

Secara mendasar, ada tiga sistem utama yang beroperasi dalam *Electrostatic Precipitator (ESP)*. Yang pertama adalah proses ionisasi abu yang terkandung dalam gas buang, diikuti oleh proses pengumpulan abu yang sudah terionisasi, dan yang terakhir adalah proses membersihkan abu yang menempel pada plat pengumpul agar jatuh ke area *hopper*. Proses ionisasi dan pengumpulan terdiri dari plat pengumpul dan kawat penghantar serta elektroda pemutus cepat (*Rapid Discharger Controller Electrode - RDE*), keduanya mendapat pasokan daya dari trafo *step-up*. Sebenarnya, partikel abu memiliki muatan netral, namun dengan adanya pasokan daya, medan listrik akan tercipta di antara plat pengumpul dan kawat penghantar. Medan listrik yang kuat akan menyebabkan partikel abu mengalami ionisasi. Semakin kuat arus yang diberikan oleh pasokan daya (trafo), semakin kuat pula medan listriknya, sehingga kecepatan migrasi partikel abu semakin cepat. Partikel abu yang sudah mengalami ionisasi akan memiliki muatan negatif dan tertarik ke arah plat pengumpul. Abu yang menempel di plat pengumpul akan dijatuhkan oleh motor penggetar ke arah *ESP hopper*, kemudian ditransfer ke *fly ash silo*. [3]

2.3 Lampu

Lampu merupakan suatu objek yang berperan sebagai penerangan. Bentuknya menyerupai sebuah botol dengan bagian dalamnya terdapat kawat kecil. Lampu ini dapat menyala ketika terhubung dengan sumber aliran listrik. [8]



Gambar 2. 3 Lampu DC

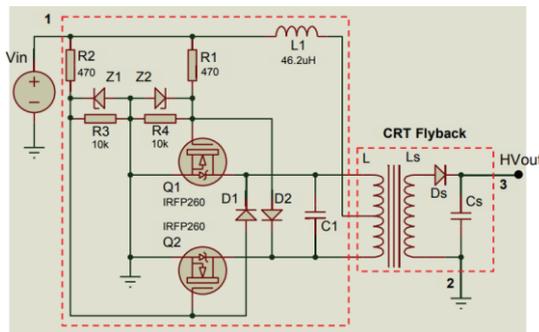
2.4 High Voltage DC

Pada penelitian ini terdapat sebuah *High Voltage* DC yang terdiri dari beberapa rangkaian di bawah ini:

2.4.1 Mazzilli ZVS Converter Circuit

Sirkuit *Converter Flyback Mazzilli ZVS* ditunjukkan pada Gambar Vladimiro Mazzilli mengembangkan sirkuit ini, yang merupakan optimalisasi topologi *osilator Royer* [18]. Topologi ini merupakan *converter* berosilasi sendiri yang memiliki daya penggerak tinggi dan efisiensi yang baik untuk trafo *Flyback* [18]. Kami menggunakan trafo *Flyback CRT* komersial dalam arsitektur *HVPS* yang disarankan. Untuk generasi HV, gunakan BSC25-0109A. Ada tiga komponen internal dalam trafo *Flyback CRT* komersial: belitan sekunder, belitan primer, dan belitan tambahan. Banyak belokan membentuk belitan sekunder (L_s), yang dilengkapi dengan dioda HV (D_s) dan kapasitor HV (C_s) untuk memperbaiki *Output HV*. [9]

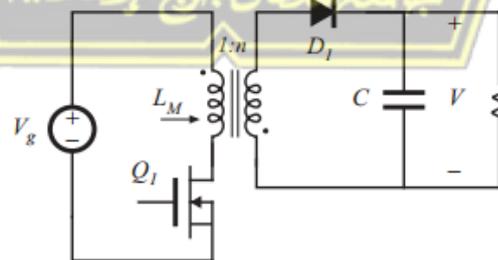
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p.C_1}} \quad [2.11]$$



Gambar 2. 4 Mazzilli ZVS Flyback Converter Circuit

Dikarenakan rangkaian berjalan dengan daya tinggi, panas yang signifikan dapat dibuang melalui kapasitor C1. Agar menghindari kegagalan kapasitor tersebut, lima kapasitor miliar 68 nF/630 V dihubungkan secara paralel sebagai C1. Nilai L_p dipilih menjadi 54,1 μH , sehingga frekuensi osilator sekitar 37,1 kHz. Tegangan pada gerbang setiap *MOSFET IRFP260* didukung oleh catu daya V_{in} . Kapasitansi pada gerbang dapat menjadi masalah serius jika rangkaian dioperasikan pada frekuensi tinggi. Tegangan berlebihan dapat terjadi dan merusak gerbang. Masalah ini dapat diatasi dengan menempatkan dioda Zener 12 V (Z1 dan Z2) untuk membatasi tegangan pada gerbang. Selain itu, *MOSFET* harus dilengkapi dengan *heatsink* yang baik dan sistem pendinginan untuk mencegah *overheating* selama operasi.

2.4.2 Converter Flyback



Gambar 2. 5 Converter Flyback

Converter Flyback digunakan sebagai metode untuk menghasilkan tegangan tinggi dengan dukungan dari rangkaian elektronika daya. *Converter Flyback* merupakan jenis *converter* DC-DC yang memiliki isolasi antara masukan dan keluarannya [4]. Komponen utama dalam *Converter Flyback* adalah trafo *step*

up tegangan tinggi dan komponen pensaklaran. Trafo *step up* tegangan tinggi yang digunakan dalam penelitian ini adalah trafo *Flyback* yang diambil dari monitor *CRT* (*Cathode Ray Tube*). Prinsip kerja *Converter Flyback* adalah ketika saklar dalam kondisi menyala (on), tegangan dari sumber listrik akan mengalir melalui induktansi magnetik trafo (L_m) dan menyebabkan arus induktansi magnetik (iL_m) meningkat secara linier, sedangkan dioda pada bagian *Output* akan menjadi *reverse bias* [5]. Ketika saklar dalam kondisi mati (off), energi yang tersimpan dalam induktansi magnetik akan dialirkan melalui kumparan trafo dan dioda pada bagian *Output* menjadi *forward bias*, sehingga arus dapat mengalir ke beban [6]. [10]

Rumus perhitungan transformator *Flyback* sama dengan transformator biasa, dan berikut adalah rumus yang digunakan:

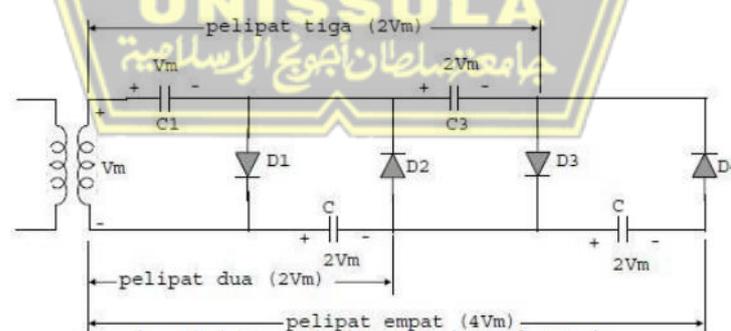
$$V_p I_p \cos(\theta) = V_s I_s \cos(\theta) \quad [2.12]$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad [2.13]$$

Hubungan antara rasio lilitan (turn ratio) dan rasio induktansi dapat diungkapkan sebagai berikut:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} = \sqrt{\frac{L_p}{L_s}} \quad [2.14]$$

2.4.3 Rangkaian *Cockcroft-Walton* (DC)



Gambar 2. 6 Rangkaian *Cockcroft-Walton* (DC)

Rangkaian ini diberi nama berdasarkan dua orang, yaitu *John Douglas Cockcroft* dan *Ernest Thomas Sinton Walton*. Rangkaian *Walton-Cockcroft* merupakan pengembangan dari rangkaian sebelumnya yang dikenal sebagai rangkaian pelipat tegangan. Rangkaian ini memiliki kemampuan untuk meningkatkan nilai tegangan AC menjadi tegangan DC yang lebih tinggi.

Ketika tegangan *Input* (V_{in}) berada pada siklus negatif pertama, dioda pertama dalam rangkaian akan menjadi terhubung dan dioda kedua menjadi terputus. Pada saat ini, kapasitor C1 akan terisi hingga mencapai tegangan yang sama dengan V_m .

Selanjutnya, pada saat siklus positif, dioda pertama akan menjadi terputus dan dioda kedua akan menjadi terhubung. Karena kapasitor C1 sudah terisi penuh sebelumnya dan terdapat perbedaan potensial antara C1 dan C2 yang masih kosong, terjadi proses pengisian kapasitor dengan perbedaan potensial yang lebih besar dari sebelumnya, yaitu $V_m + C1$, karena keduanya dianggap sebagai satu sumber. Kapasitor C2 akan terisi penuh hingga mencapai dua kali V_{in} ($V_{in} + C1$). [11]

Dalam kedua rangkaian tersebut, untuk menghitung besarnya tegangan *Output* yang diinginkan, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:[12]

$$V_{out} = V_{tp} \times n \quad [2.15]$$

Keterangan:

V_{out} = Tegangan *Output* (V)

V_{tp} = Tegangan Pembagi (V)

n = jumlah resistor

Dalam konteks rangkaian tersebut, bisa menggunakan persamaan berikut untuk menentukan nilai arus *Output* yang diinginkan:

$$A_{out} = \frac{V_{out}}{R_{tot}} \quad [2.16]$$

Rumus perhitungan untuk mencari resistor total dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_{tot} = n \times K \quad [2.17]$$

Keterangan:

V_{out} = Tegangan *Output* (V)

R_{tot} = Resistor Total (Ohm)

n = Jumlah Resistor

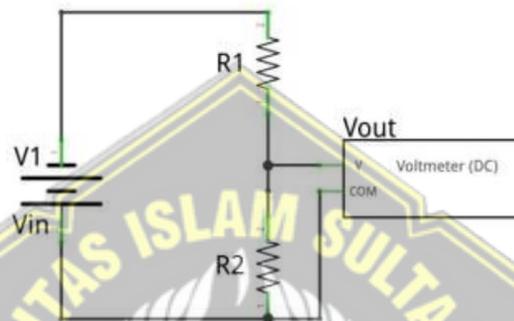
A_{out} = Arus *Output* (A)

R_{tot} = Resistor Total (Ohm)

K = Konstanta (1MOhm) = (1.000.000) Ohm

2.4.4 Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan (*Voltage Divider*) adalah sebuah rangkaian yang terdiri dari dua resistor atau lebih yang dihubungkan secara seri dan kemudian dipasang pada sumber tegangan *Direct Current* (DC) sebagai V_{in} (Boylestad, 2016; Fauzi et al., 2021; Tooley, 2015; Zain, 2016). Selanjutnya, tegangan *Output* (V_{out}) diambil dari titik antara resistor dan Ground yang dihasilkan oleh rangkaian ini. Gambar 2.7 menunjukkan struktur rangkaian dasar dari rangkaian ini:[13]



Gambar 2. 7 Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan berperan dalam mengubah tegangan DC yang besar, yaitu V_{in} , menjadi tegangan yang lebih kecil yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (Boylestad, 2016; Fuada, 2021; Tooley, 2015). Secara umum, sumber tegangan DC menggunakan baterai sebagai sumber listrik yang stabil untuk menyediakan energi bagi rangkaian elektronika. Baterai dianggap sebagai sumber listrik yang paling ideal untuk rangkaian elektronika (Putra et al., 2019). Tegangan *Output* (V_{out}) dapat diukur dengan menggunakan *Volmeter* atau Multimeter dengan menghubungkan probe ke titik *Output* terhadap *Ground*. Perangkat alat ukur ini digunakan untuk memeriksa apakah V_{out} telah sesuai dengan nilai yang diinginkan (Nawali et al., 2015). Rangkaian pembagi tegangan sering kali menjadi topik dalam mata kuliah yang berkaitan dengan dasar-dasar elektronika.

2.5 Energi Matahari

Dalam kehidupan manusia, energi merupakan proses perpindahan yang umum digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Salah satu contohnya adalah energi dari matahari yang dibutuhkan oleh banyak makhluk hidup. Selain menjadi sumber energi panas, matahari juga memberikan energi cahaya yang sangat

penting. Energi dari matahari dapat dimanfaatkan langsung untuk menghasilkan arus listrik. Matahari merupakan sumber energi panas dan sinar yang dapat dimanfaatkan melalui teknologi seperti pemanas surya, listrik panas surya, fotoVoltaik surya, fotosintesis buatan, dan arsitektur surya.

Terdapat tiga cara dalam memanfaatkan energi surya atau energi matahari. Cara pertama adalah dengan prinsip pemanasan langsung di mana sinar matahari langsung memanaskan benda atau medium seperti menjemur pakaian. Cara kedua adalah dengan menggunakan kolektor surya untuk memanasi suatu medium dengan sinar matahari. Sedangkan cara ketiga adalah dengan mengonversi energi matahari menjadi energi listrik menggunakan sel surya atau *Solar Cell*. Sebagai contoh, penulis telah menggunakan cara ketiga untuk memanfaatkan energi matahari dalam penerangan rumah kebun di Desa Ammat, Kabupaten Kepulauan Talaud.[8]

2.6 Sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pada umumnya, sistem PLTS dikelompokkan berdasarkan konfigurasi komponennya. Dalam hal ini, terdapat dua jenis sistem PLTS yang dapat diklasifikasikan, yaitu sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik PLN (*PLTS-Grid Connected*) dan sistem PLTS yang mandiri atau berdiri sendiri (*Stand Alone*).[8]

2.6.1 Jenis PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

1) *PLTS Grid Connected*

Sistem PLTS Terhubung ke *Grid* adalah sebuah solusi energi hijau menggunakan modul surya (*Photo Voltaic Module*) yang ramah lingkungan dan bebas emisi. Sistem ini cocok digunakan di perkotaan, seperti perumahan, perkantoran, dan fasilitas publik. Sistem PLTS Terhubung ke *Grid* dapat beroperasi dengan atau tanpa baterai cadangan (*Back Up*).

2) *PLTS Berdiri Sendiri (Stand Alone)*

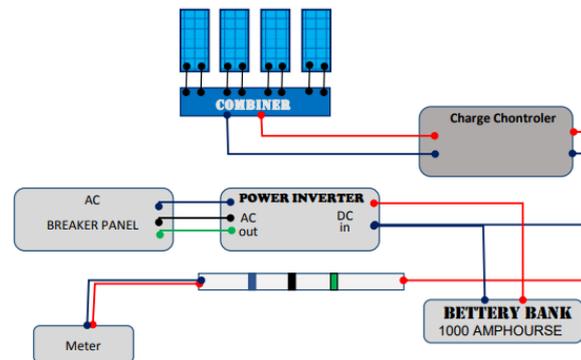
Sistem PLTS *Stand Alone* didesain untuk beroperasi secara independen dan memenuhi kebutuhan listrik baik beban DC maupun AC. Sistem ini dapat

dioperasikan hanya dengan *array Photo Voltaic*, tetapi juga dapat menggunakan sumber energi tambahan seperti air, angin (*Hybrid*), dan diesel.[8]

2.6.2 Prinsip Kerja PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Proses pemaparan prinsip kerja *Solar Cell Photo Voltaic* secara tegas dapat dibandingkan dengan dioda. Dalam dasarnya, dioda terdiri dari kawat yang mengandung semikonduktor tipe P dan semikonduktor tipe Q. Untuk membuat semikonduktor tipe P dari silikon, kita dapat menambahkan bahan bervalensi 5 seperti *Foster* dan *Arenakum*. [4]

Untuk membuat semi konduktor tipe Q, semi konduktor akan dirancang dengan valensi 4 dengan menambahkan bahan bervalensi 3 yang dikenal sebagai bahan ketidakmurnian. Contoh bahan ketidakmurnian adalah boron, aluminium, indium, dan kalsium. Penambahan bahan ketidakmurnian ini dapat menghasilkan suatu bahan yang memiliki lubang parsial yang memungkinkan perpindahan dari satu lokasi ke lokasi lain tergantung pada perubahan dimensinya. Perubahan ini didasarkan pada konstruk kristal, yang memungkinkan terbentuknya lubang baru sehingga elektron dapat mengisi kekosongan pori tersebut. Besaran arus yang dihasilkan tergantung pada diameter lubang yang muncul. Proses pergerakan elektron dari tipe P ke tipe Q mengakibatkan perubahan dari pita valensi ke pita konduksi. Lubang pada sisi tipe P akan bergerak ke lubang pada posisi tipe Q, sementara elektron pada tipe Q akan berpindah ke elektron pada tipe P. Hal ini menghasilkan energi yang dapat memisahkan pita valensi dan pita konduksi. Perpindahan posisi ini akan menghasilkan satu lubang besar yang dapat diinisialisasi sebagai tipe R. Jika sisi R dan Q dihubungkan ke beban yang telah ditentukan, maka akan menghasilkan daya listrik. Melalui kedua lapisan ini, akan dihasilkan satu lubang elektron. Medan elektrik yang ditembus tidak dapat menghalangi lubang dan elektron untuk melakukan penggabungan kembali. Oleh karena itu, alat ini dapat digunakan sebagai pembangkit listrik kecil yang pada umumnya menggunakan energi matahari.



Gambar 2. 8 Prinsip Kerja *Solar Cell*

Dari gambar 2.8 di atas, Beberapa panel surya atau sel surya dapat dihubungkan secara paralel untuk meningkatkan kapasitas arus yang dihasilkan. gambar diatas menunjukkan bahwa kaki positif dari satu panel surya atau sel surya digabungkan dengan kaki positif yang lainnya. Hal ini dilakukan dengan menghubungkan kaki positif ke *Charger Controller* dan kaki negatif ke panel surya, sehingga menghasilkan daya yang lebih besar. Dengan kapasitas yang lebih besar ini, arus yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengoperasikan peralatan seperti televisi, radio, komputer, dan sebagainya, bahkan untuk mengisi baterai yang disuplai oleh *inverter*.

2.7 Modul Panel Surya



Gambar 2. 9 Modul Panel Surya

Sel Surya atau *Solar Cell* adalah sebuah perangkat atau komponen yang menggunakan prinsip efek *Photo Voltaic* untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Ketika cahaya matahari jatuh pada Sel Surya, terjadi hubungan atau kontak dua elektroda yang terhubung dengan sistem padatan atau cairan dan menghasilkan tegangan listrik. Oleh karena itu, Sel Surya sering disebut juga dengan Sel *Photo Voltaic(PV)*. Arus listrik dalam Sel Surya timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang membebaskan elektron-elektron dalam

sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P sehingga dapat mengalir. Seperti halnya *Photodiode*, Sel Surya juga memiliki kaki Positif dan kaki Negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik.[8]

2.7.1 Jenis Modul Surya

Setiap tipe panel surya memiliki keunggulan dan kelemahan yang khas, sehingga pemilihan panel surya yang sesuai harus disesuaikan dengan persyaratan dan lingkungan spesifik. Berikut jenis-jenis modul panel surya:[14]

1. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Panel Monokristalin merupakan jenis panel surya paling efisien yang diproduksi menggunakan teknologi terkini dan menghasilkan daya listrik per satuan luas yang paling tinggi. Panel ini dirancang untuk digunakan di tempat-tempat yang memerlukan konsumsi listrik besar, terutama pada wilayah yang beriklim ekstrim dan dalam kondisi alam yang sangat keras. Panel Monokristalin dapat mencapai efisiensi hingga 15%. Namun, panel Monokristalin memiliki kelemahan di mana kinerjanya tidak akan optimal di tempat yang cahaya matahari kurang atau dalam kondisi teduh. Efisiensinya akan menurun secara drastis dalam cuaca berawan atau ketika paparan sinar matahari terbatas.

2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

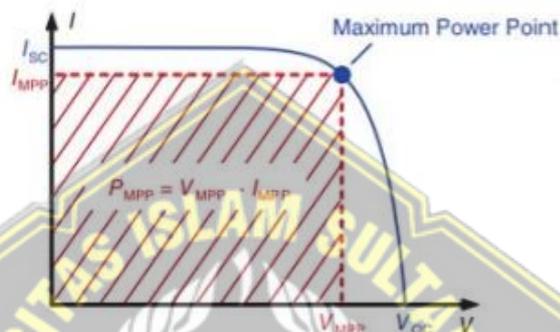
Panel Surya Polikristalin adalah jenis panel surya yang memiliki susunan kristal yang acak karena diproduksi melalui proses pengecoran. Untuk menghasilkan daya listrik yang sama, panel surya tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan panel monokristalin. Efisiensi panel surya polikristalin lebih rendah dibandingkan dengan tipe monokristal, sehingga cenderung memiliki harga yang lebih terjangkau.

3. *Thin Film Photo Voltaic*

Panel Surya Film Tipis adalah jenis panel surya yang terdiri dari dua lapisan dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silikon dan *amorfus*. Meskipun efisiensi modulnya mencapai hingga 8.5%, namun untuk menghasilkan daya listrik tertentu, panel surya ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan panel monokristal dan polikristalin. Salah satu inovasi terbaru dalam teknologi ini

adalah *Thin Film Triple Junction Photo Voltaic* (dengan tiga lapisan), yang dapat berfungsi sangat efisien bahkan dalam kondisi udara yang sangat berawan. Panel ini mampu menghasilkan daya listrik hingga 45% lebih tinggi daripada jenis panel lain dengan daya yang setara, menjadikannya sebagai opsi yang menarik untuk daerah dengan cahaya matahari yang kurang optimal.

2.7.2 Karakteristik Modul Panel Surya



Gambar 2. 10 Kurva Karakteristik Arus dan Tegangan Panel Surya

Karakteristik tegangan dan arus pada panel surya dapat dilihat melalui sebuah kurva yang menunjukkan hubungan antara tegangan dan arus (kurva V-I). Kurva ini menunjukkan bahwa pada titik bekerja maksimum (*Maximum Power Point*), arus dan tegangan akan menghasilkan daya keluaran maksimum (P_{mPP}). Tegangan pada titik kerja maksimal (V_{mPP}) lebih kecil dari nilai Tegangan Rangkaian Terbuka (V_{oc}), dan arus pada titik kerja maksimal (I_{mPP}) lebih kecil dari Arus Hubung Singkat (I_{sc}). [15]

1) Daya Keluaran (P_{out})

Daya keluaran dari modul panel surya merupakan tegangan dan arus listrik searah (DC). Untuk mengetahui besarnya daya yang dihasilkan modul panel surya dapat langsung melihat pada display SCC yang digunakan tersebut.

2) Daya Masukan (P_{in})

Daya masukan atau daya *Input* modul panel surya merupakan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh permukaan modul panel surya.

$$P_{in} = I_r \times A \times 2 \quad [2.20]$$

Dimana:

P_{in} = Daya Masuk (*Watt*)

I_r = Intensitas Radiasi Matahari (W/m^2)

A = Luas area permukaan modul fotoVoltaik (m^2)

2 = Jumlah Panel Surya yang digunakan

3) Konsumsi Daya Pompa

Konsumsi daya merupakan estimasi daya yang dibutuhkan untuk menjalankan pompa sistem pendinginan yang diberikan pada modul panel surya. Untuk mengetahui konsumsi daya pompa terlebih dahulu dihitung daya pompa berdasarkan spesifikasinya menggunakan persamaan (2.21):

$$P = V (2) \times I \quad [2.21]$$

Dimana :

P = Daya Pompa (*Watt*)

V = Tegangan (*Volt*)

I = Arus (*Ampere*)

2 = Jumlah Panel Surya yang digunakan

4) Efisiensi (η)

Unjuk kerja sebuah modul panel surya diukur berdasarkan efisiensinya. Nilai efisiensi modul panel surya berasal dari perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi *Input* yang diperoleh dari iradiasi matahari yang diterimanya.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad [2.22]$$

Dimana :

η = Efisiensi modul (%)

P_{out} = Daya Keluaran (*Watt*)

P_{in} = Daya Masuk (*Watt*)

5) Suhu

Sebuah panel surya dapat mencapai performa optimalnya saat suhu panel tetap normal pada suhu 25 °C. Namun, apabila suhu panel surya naik melebihi suhu normal, akan menyebabkan penurunan tegangan *open circuit* (V_{oc}) yang dihasilkan. Setiap peningkatan suhu sebesar 1 °C dari 25 °C akan mengakibatkan pengurangan daya yang dihasilkan sekitar 0,5% (Schaeer:1990). Untuk menghitung besarnya penurunan daya saat suhu di sekitar panel naik beberapa derajat Celcius dari suhu standar, digunakan persamaan (2.23):[16]

$$P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}} = 0,5\% \text{ per } ^\circ\text{C} \times P_{MPP} \times \Delta t \quad [2.23]$$

Dimana:

$P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}}$: daya pada saat suhu naik °C dari sumber standar

P_{MPP} : daya keluaran maksimal modul surya

Δt : kenaikan suhu

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat suhu naik menjadi t °C dari suhu standar dihitung dengan persamaan (2.24):

$$P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik } t ^\circ\text{C}} = P_{MPP} - P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}} \quad [2.24]$$

$P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik } t ^\circ\text{C}}$ adalah daya keluaran maksimum panel surya pada saat suhu di sekitar panel naik menjadi t °C dari suhu standar. Faktor koreksi temperatur (*Temperatur Correction Factor*) dihitung dengan persamaan (2.25):

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik } t ^\circ\text{C}}}{P_{MPP}} \quad [2.25]$$

6) Konversi dari Intensitas Cahaya Matahari ke Intensitas Radiasi Matahari

Sebelum mencari nilai Intensitas Radiasi Matahari, pastikan sudah mendapatkan nilai Intensitas Cahaya Matahari yang bersatuan $KLux$ dari pengukuran. Proses perubahan satuan dari $KiloLux$ ($KLux$) menjadi Lux cukup sederhana. Caranya adalah dengan mengalikan angka $KiloLux$ dengan 1000, mengingat bahwa 'kilo' mengindikasikan faktor seribu. Oleh karena itu, rumus konversinya dapat diringkas sebagai: $Lux = KiloLux \times 1000$.

Proses konversi ini mencakup faktor-faktor seperti data standar, akurasi kalibrasi peralatan, dan estimasi ketidakpastian. Ketika datang pada tenaga surya, intensitas radiasi dari Matahari (1000 Watt/m^2) yang digunakan pada *solar*

simulator berbasis LED menghasilkan (116 ± 3) klx, sedangkan untuk nilai 120.000 *Lux* sinar matahari di luar ruangan, intensitasnya adalah (122 ± 1) klx. Dalam usaha untuk menentukan nilai rata-rata intensitas radiasi, langkah pertama adalah mengonversi satuan dari *Lux* ke *Watt/m²*. Untuk melakukannya, konversi intensitas cahaya dilakukan dengan mengalikan intensitas cahaya dengan faktor konversi 0,0083 *Watt/m²*. Faktor konversi ini berasal dari hasil perhitungan dimana tenaga surya Radiasi 1 Matahari (1000 Watt/m^2) dibagi dengan 120.000 *Lux*. Persamaan yang menjelaskan hal ini dapat dilihat di bawah, dalam persamaan (2.26).[17]

$$1 \text{ Lux setara dengan } 0,0083 \text{ Watt/m}^2 \quad [2.26]$$

2.7.3 Prinsip Kerja Modul Panel Surya



Gambar 2. 11 Prinsip Kerja Panel Surya

Panel surya bekerja berdasarkan prinsip di mana sinar matahari yang mengandung foton menabrak atom semikonduktor silikon pada panel surya. Sinar matahari ini menghasilkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan memiliki muatan negatif akan bergerak ke daerah konduktor material semikonduktor. Di sisi lain, atom yang kehilangan elektronnya akan memiliki lubang kosong yang disebut "*hole*" dan bermuatan positif. [6]

Jika terdapat elektron bebas yang memiliki muatan negatif, maka dapat berperan sebagai pendonor elektron pada semikonduktor tipe "*n*". Sebaliknya, semikonduktor dengan *hole* bermuatan positif akan berperan sebagai penerima elektron pada semikonduktor tipe "*p*". Energi dapat muncul antara daerah positif

dan negatif, mendorong elektron dan *hole* untuk bergerak menjauhi daerah yang memiliki muatan yang sama. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif dan *hole* akan menjauhi daerah positif.

2.8 SCC (*Sollar Charger Controller*)

Solar Charger Controller merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur arus searah yang mengisi baterai dan arus yang diambil dari baterai ke beban. Salah satu tugas dari *Solar Charger Controller* adalah mengatur agar tidak terjadi pengisian berlebih pada baterai (*over charging*) ketika baterai sudah penuh, dan mengontrol *Voltase* yang dihasilkan oleh panel surya atau sel surya agar tidak melebihi batas yang diperlukan.[18]



Gambar 2. 12 Solar Charger Controller

Solar Charger Controller biasanya terdiri dari 1 *Input* dengan 2 terminal yang terhubung dengan *Output* panel sel surya, 1 *Output* dengan 2 terminal yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 *Output* dengan 2 terminal yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada *dioda protection* yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai bukan sebaliknya.

Operation mode adalah kondisi baterai saat menyuplai beban. Apabila ada *overDischarger* atau *overload*, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.

Fungsi kontroler pengisian baterai surya adalah untuk menjaga keseimbangan energi pada baterai dengan mengatur tegangan maksimum dan minimum yang diterima oleh baterai tersebut. Selain itu, alat ini memiliki peran penting dalam memberikan perlindungan terhadap sistem, yaitu melindungi baterai dari pengisian

berlebih (*Overcharge Voltage Controller*) atau pemakaian berlebih (*overdis Charger Controller*) oleh beban, mencegah arus balik ke modul surya, serta menjaga agar tidak terjadi hubungan yang tidak diinginkan.

2.8.1 Karakteristik SCC (*Solar Charger Controller*)

Berikut adalah beberapa kondisi yang dapat diatur oleh *Solar Charger Controller* pada sistem panel surya:[19]

1. Melakukan pengaturan atau kontrol terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya

Apabila tidak ada pengendali atau kontrol antara panel surya dan baterai, maka panel surya akan melakukan pengisian baterai dengan melebihi tegangan daya yang dapat ditampung oleh baterai. Hal ini berpotensi menyebabkan kerusakan pada sel-sel baterai dan bahkan dapat menyebabkan baterai meledak jika diisi daya secara berlebihan.

2. Memantau atau mengontrol tegangan pada baterai

Solar Charger Controller (SCC) memiliki kemampuan untuk mendeteksi saat tegangan baterai terlalu rendah. Jika tegangan baterai turun di bawah tingkat tertentu, SCC akan memutuskan beban dari baterai untuk mencegah daya baterai habis sepenuhnya. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan pada baterai karena penggunaan baterai dengan daya yang habis dapat merusak baterai hingga tidak dapat digunakan kembali.

3. Memutuskan atau menghentikan arus terbalik saat malam hari.

Pada malam hari, panel surya tidak menghasilkan arus karena tidak ada sumber energi seperti matahari. Namun, arus yang masih ada dalam baterai bisa mengalir terbalik ke panel surya, dan hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pada panel surya.

2.8.2 Prinsip Kerja SCC (*Solar Charger Controller*)

Terdapat dua mode operasi yang dimiliki oleh *Charger Controller*, yaitu *Charging mode* dan *operation mode*. *Charging mode* adalah mode kerja yang digunakan oleh *Charger Controller* ketika melakukan pengisian baterai.[18]

Umumnya baterai diisi dengan metode *three stage charging* yaitu:

1. *Fase bulk*: yaitu proses pengisian baterai akan dilakukan dengan mengikuti tegangan dan arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya. Biasanya, tegangan *setup bulk* yang digunakan adalah sekitar 14,4V hingga 14,6V. Setelah baterai mencapai tegangan *setup bulk*, maka akan memasuki tahap *absorption*.
2. *Fase absorption*: pada tahap ini, tegangan baterai akan dipertahankan pada level yang sama dengan tegangan *bulk*, sampai *Charger Controller* surya mencapai tegangan yang ditentukan. Pada saat yang sama, arus yang mengalir ke baterai akan menurun secara perlahan hingga mencapai kapasitas maksimum baterai.
3. *Fase float*: Saat baterai mencapai tegangan *float setting* (biasanya sekitar 13,4V hingga 13,7V), maka tegangan pada baterai akan dipertahankan pada level tersebut. Pada tahap ini, beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya.

2.9 Baterai/Accumulator

Baterai merupakan komponen penting yang berperan dalam menyimpan arus atau energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari. Fungsinya sebagai cadangan atau penyimpanan energi untuk digunakan pada malam hari, ketika panel surya tidak dapat menghasilkan arus atau energi listrik karena kurangnya sumber cahaya matahari. [19]

2.9.1 Karakteristik Baterai/Accumulator

Laju pengosongan sendiri adalah indikator seberapa cepat suatu sel akan kehilangan energi saat disimpan di rak karena reaksi kimia yang tidak diinginkan dalam sel. Tingkat pengosongan sendiri ini bergantung pada kimia khusus sel tersebut dan suhu penyimpanannya.[20]

Berikut adalah perkiraan umur simpan untuk beberapa sel primer:

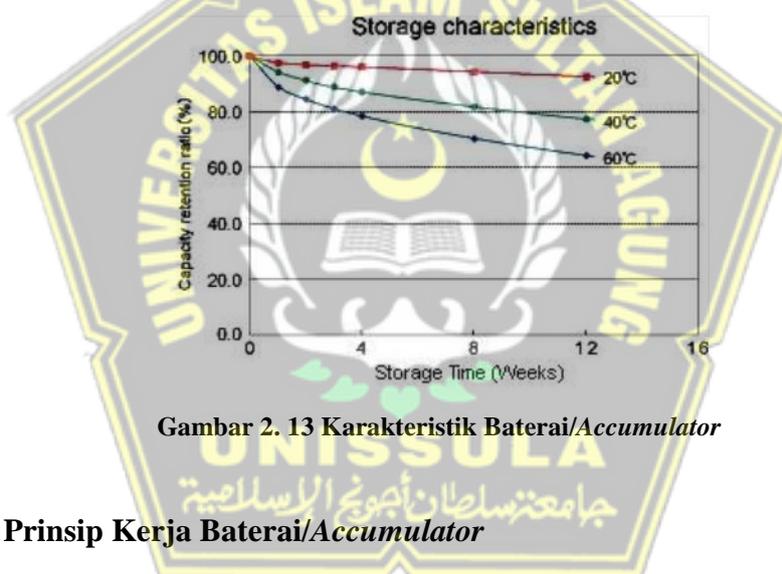
- *Zinc Carbon (Leclanché)*: 2 hingga 3 tahun
- *Alkaline*: 5 tahun

- *Lithium*: 10 tahun atau lebih

Perkiraan laju pemakaian sendiri untuk sel yang dapat diisi ulang:

- Asam Timbal: 4% hingga 6% per bulan
- *Nickel Cadmium*: 15% hingga 20% per bulan
- *Nickel Metal Hydride*: 30% per bulan
- *Lithium*: 2% hingga 3% per bulan.

Laju reaksi kimia yang tidak diinginkan, yang menyebabkan kebocoran arus *internal* antara elektroda positif dan negatif sel, seperti semua reaksi kimia, akan meningkat dengan peningkatan suhu. Kenaikan laju reaksi kimia ini berdampak pada peningkatan laju pemakaian sendiri baterai. Grafik di bawah ini mengilustrasikan laju pemakaian sendiri untuk baterai ion *litium*.



Gambar 2.13 Karakteristik Baterai/Accumulator

2.9.2 Prinsip Kerja Baterai/Accumulator

Baterai beroperasi dengan mengisi dan mengeluarkan energi listrik yang tersimpan di dalamnya. Saat baterai sedang digunakan, terjadi pelepasan yang menyebabkan kedua elektroda menjadi timbal sulfat karena reaksinya dengan larutan asam sulfat. Selama reaksi ini, elektroda timbal melepaskan banyak elektron, menghasilkan arus listrik yang mengalir dari oksidanya. Baterai berisi sel untuk menyimpan arus, yang mengandung asam sulfat. Setiap sel berisi pelat positif dan pelat negatif. Plat positif berisi timah oksida berwarna coklat (PbO_2), sedangkan plat negatif berisi timah (Pb). Pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah berfungsi sebagai isolasi antara pelat dan dirancang untuk

Tabel 2. 2 Lanjutan Tabel 2.1

2.	Baterai <i>Lithium Polymer</i> menawarkan kapasitas lebih besar yang memungkinkannya memiliki cadangan daya yang melimpah	Dapat menghadapi berbagai kondisi pengisian daya, baik yang lambat, cepat, maupun berlebihan.
3	Baterai <i>Lithium Polymer</i> memiliki tingkat pengosongan daya (<i>Discharger</i>) yang jauh lebih cepat	Dapat bertahan dalam keadaan tidak aktif dalam jangka waktu yang lama tanpa memerlukan larutan elektrolit

Tabel 2. 3 Kekurangan Dari Masing-Masing Jenis Baterai

No	<i>Lithium Polymer</i>	<i>Lead Acid</i>
1	Umur (<i>lifetime</i>) baterai <i>Lithium Polymer</i> lebih singkat dibandingkan dengan baterai NiMH. Secara rata-rata, baterai ini hanya mampu mencapai sekitar 300-400 siklus pengisian jika dirawat dengan baik	Dalam kondisi iklim panas dengan suhu rata-rata 92 °F, siklus hidup Baterai <i>Lead Acid</i> akan mengalami penurunan menjadi 50%.
2.	Karakter sensitif dan sifat kimia dari baterai dapat menyebabkan risiko kebakaran. Jika baterai tersebut rusak atau tertusuk, disarankan untuk segera dilepaskan ke udara.	Baterai <i>Lead Acid</i> , meskipun cenderung lebih aman dibandingkan dengan baterai lainnya, tetap menyebabkan dampak negatif pada lingkungan dalam skala yang lebih terbatas
3	Baterai <i>Lithium Polymer</i> memerlukan perlakuan khusus dalam proses pengisian, pembuangan, dan penyimpanan. Pengadaan peralatan yang tepat untuk baterai ini bisa memerlukan biaya yang tinggi	Baterai <i>Lead Acid</i> mudah mengalami korosi yang sering terjadi akibat elektrolisis atau pengisian berlebih. Korosi tersebut dapat mengurangi masa pakai baterai dan harus dihindari melalui perawatan yang cermat

2.10 Perbandingan PLTS dan PLN

Salah satu cara untuk memberikan insentif penggunaan panel surya adalah dengan mengurangi hambatan peraturan selama proses instalasi, serta pemerintah membeli kelebihan tenaga yang dihasilkan dengan harga yang lebih menguntungkan.

Sebagai contoh, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang paling sederhana menggunakan panel foto *Voltaik* yang dipasang pada atap rumah atau bangunan. PLTS ini menangkap sinar matahari sepanjang hari dan menggunakannya untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah atau bangunan, sehingga menjadi sumber energi yang efisien dan ramah lingkungan.

Potensi pemanfaatan energi surya sebagai sumber pembangkit listrik di Indonesia sangatlah besar karena posisi geografisnya yang terletak di kepulauan sepanjang garis khatulistiwa, yang memastikan sinar matahari sepanjang tahun. Jika dibandingkan dengan Jerman, sebagai contoh, salah satu negara di Eropa yang memiliki iklim empat musim yang membatasi paparan sinar matahari, Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik tenaga surya sebanyak 10 kali lipat lebih besar. Selain itu, keadaan ini diperkuat oleh tipe perumahan yang umum di Indonesia, yang cenderung melekat dengan tanah.[23] [24]

Tabel 2. 4 Contoh Perhitungan Penghematan Setelah PLTS Terpasang

PERBANDINGAN PLN DAN PLTS				
BULAN	PEMBAYARAN SEBELUM ADA PLTS	PEMBAYARAN SETELAH ADA PLTS	PENGHEMATAN (Rp)	PRESENTASE (%)
Januari	Rp 21.716.310	Rp 11.789.400	Rp 9.926.910	46%
Februari	Rp 18.912.285	Rp 9.088.275	Rp 9.824.010	45%
Maret	Rp 20.809.320	Rp 9.091.215	Rp 11.718.105	54%
April	Rp 19.874.400	Rp 9.851.940	Rp 10.022.460	46%
Mei	Rp 21.716.310	Rp 10.204.005	Rp 11.512.305	53%
Juni	Rp 19.874.400	Rp 8.162.175	Rp 11.712.225	54%
Juli	Rp 20.809.320	Rp 8.514.240	Rp 12.295.080	57%
Agustus	Rp 21.716.310	Rp 9.151.485	Rp 12.564.825	58%
September	Rp 18.967.410	Rp 7.502.145	Rp 11.465.265	53%
Oktober	Rp 21.716.310	Rp 10.605.315	Rp 11.110.995	51%
November	Rp 20.782.125	Rp 11.759.265	Rp 9.022.860	42%
Desember	Rp 19.902.330	Rp 10.989.720	Rp 8.912.610	41%
Jumlah	Rp 246.796.830	Rp 116.709.180	Rp 130.087.650	50%

2.11 Perhitungan Menentukan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

2.11.1 Menentukan Beban Total Dalam Watt-Hour (Wh)

Perhitungan beban total dalam Watt hour dilakukan perhitungan dengan rumus (2.27) di bawah ini: [25]

$$E_B = P \times T \quad [2.27]$$

Keterangan :

E_B = Energi Beban total (*Watt-Hours*)

P = Daya beban (*Watt*)

T = Waktu Penggunaan (*Hours*)

2.11.2 Menentukan Modul Panel Surya

Setelah memahami bobot atau beban yang dipikul oleh panel surya, langkah selanjutnya adalah menghitungnya dengan menggunakan rumus (2.28) dan (2.29) sebagai berikut: [18]

$$P_{panel} = \frac{P_{beban}}{Lama\ Penyerapan} \quad [2.28]$$

$$N_{modul} = \frac{P_{panel} \times Lama\ Penyerapan}{P_{beban}} \quad [2.29]$$

Keterangan:

P_{panel} = Daya Panel (*Watt-peak*)

P_{beban} = Daya Beban (*Watt-hours*)

N_{modul} = Jumlah Modul (lembar)

Lama Penyerapan = 3-5 Jam [18]

2.11.3 Menentukan Baterai Panel Surya

Sebelum menentukan jenis baterai yang akan digunakan, perlu dilakukan perhitungan total arus terlebih dahulu, dengan menggunakan rumus berikut: [18]

$$C_{Batt} = \frac{P_{beban}}{V_{Batt}} \quad [2.30]$$

$$N_{batt} = \frac{P_{beban}}{V_{Batt} \times C_{Batt} \times Dod_{Batt}} \quad [2.31]$$

Keterangan:

C_{Batt} = Kapasitas Baterai (*Ampere-hours*)

P_{beban} = Daya Beban (*Watt-hours*)

V_{Batt} = Tegangan Baterai (*Volt*)

N_{batt} = Jumlah Baterai (buah)

Dod_{Batt} = 50 % atau 80 %

Harap diperhatikan kedalaman pengosongan DoD (*Depth of Discharger Controller*) sesuai dengan rekomendasi pabrikan dari baterai yang digunakan. Secara umum, untuk baterai *VRLA*, rekomendasikan DoD berkisar antara 30% hingga 70%, sementara untuk baterai jenis *LiFePO4*, rekomendasikan DoD berkisar antara 80% hingga 100%.

Kedalaman Pengosongan (DoD) adalah batas maksimum kedalaman pengosongan baterai agar baterai tetap awet. Jika pemakaian melebihi batas DoD, baterai dapat mengalami kerusakan yang cepat, mengurangi masa pakai, dan mengalami penurunan kapasitas yang signifikan.

2.11.4 Menentukan SCC (*Solar Charger Controller*)

Adapun untuk menghitung kapasitas *Charger Controller*, digunakan rumus sebagai berikut:[8]

$$I_{maks} = I_{mp} \times N_{modul} \quad [2.32]$$

Keterangan:

I_{maks} = Kapasitas arus *Charger Controller* (A)

I_{mp} = Arus maksimum PV modul (A)

N_{modul} = Jumlah PV modul yang digunakan (lembar)

2.12 Perhitungan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

A. Luas Penampang Panel Surya

Perhitungan luas penampang sel surya dilakukan dengan rumus seperti persamaan (2.33) dibawah ini. [25]

$$A = P \times L \quad [2.33]$$

Keterangan :

P = Panjang sel surya (m²)

L = Lebar sel surya (m²)

B. Perhitungan Rata-Rata Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya

Berdasarkan rumus (2.34), nilai rata-rata intensitas cahaya pada panel surya sebagai berikut:[18]

$$E_r = \frac{\text{Jumlah Dari Pengukuran intensitas cahaya matahari}}{\text{Kali Pengukuran}} \quad [2.34]$$

Keterangan:

$$E_r = \text{Intensitas radiasi (W/m}^2\text{)}$$

C. Perhitungan Rata-Rata Tegangan Panel Surya

Berdasarkan rumus (2.35), nilai rata-rata intensitas cahaya pada panel surya sebagai berikut:

$$V_R = \frac{\text{Jumlah Dari Pengukuran Tegangan Panel Surya}}{\text{Kali Pengukuran}} \quad [2.35]$$

Keterangan:

$$V_R = \text{tegangan rata-rata (Volt)}$$

D. Perhitungan Rata-Rata Arus Panel Surya

Berdasarkan rumus (2.36), nilai rata-rata intensitas arus pada panel surya sebagai berikut:

$$I_R = \frac{\text{Jumlah Dari Pengukuran Arus Panel Surya}}{\text{Kali Pengukuran}} \quad [2.36]$$

Keterangan:

$$I_R = \text{ arus rata-rata (Ampere)}$$

E. Perhitungan Rata-Rata Daya *Input* dan *Output* Panel Surya

Berdasarkan rumus (2.37), nilai rata-rata intensitas cahaya pada panel surya sebagai berikut:

$$P_R = \frac{\text{Jumlah Dari Engukuran Daya Panel Surya}}{\text{Kali Pengukuran}} \quad [2.37]$$

Keterangan:

$$P_R = \text{ daya rata-rata (Watt)}$$

F. Perhitungan Effisiensi

Berdasarkan rumus (2.38), nilai rata-rata efisiensi pada panel surya sebagai berikut:

$$\eta_R = \frac{\text{Jumlah Dari Engukuran Daya Panel Surya}}{\text{Kali Pengukuran}} \quad [2.38]$$

Keterangan:

$$\eta_R = \text{effisiensi rata-rata (\%)}$$

G. Perhitungan Pengisian Batrei

Berdasarkan rumus (2.39), nilai waktu pengisian batrei pada panel surya sebagai berikut:[6]

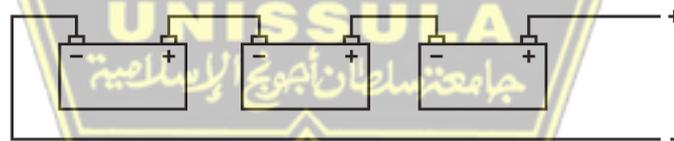
$$\frac{\text{Kapasitas Batterai}}{\text{Arus total Jumlah Panel Surya}} = \text{Waktu (Jam)} \quad [2.39]$$

2.13 Jenis-Jenis Rangkaian

1. Hubungan Seri

Pada hubungan seri unsur rangkaian yang ditunjukkan dalam gambar 2.14, besaran arus yang mengalir memiliki nilai yang sama.[26]

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5$$



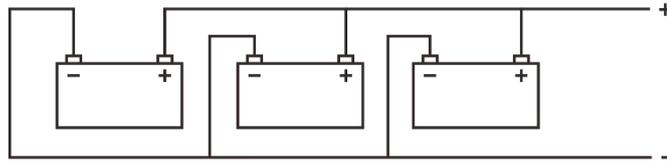
Gambar 2. 14 Rangkaian Seri

Jika beberapa sumber arus dihubungkan secara seri, maka arus yang mengalir di seluruh rangkaian harus memiliki nilai yang sama.

2. Hubungan Paralel

Dalam hubungan paralel unsur rangkaian yang ditunjukkan dalam gambar 2.15 tegangan pada rangkaian paralel memiliki nilai yang sama.

$$V_s = V_1 = V_2 = V_3$$



Gambar 2. 15 Rangkaian Paralel

Jika beberapa sumber tegangan dihubungkan secara paralel, maka tegangan pada seluruh rangkaian paralel harus memiliki nilai yang sama.

Jadi, penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa untuk mencari daya pada rangkaian seri dan paralel, hasil dari nilai daya tersebut adalah bertambah sesuai nilai pada tegangan dan arus tersebut.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bentuk Penelitian

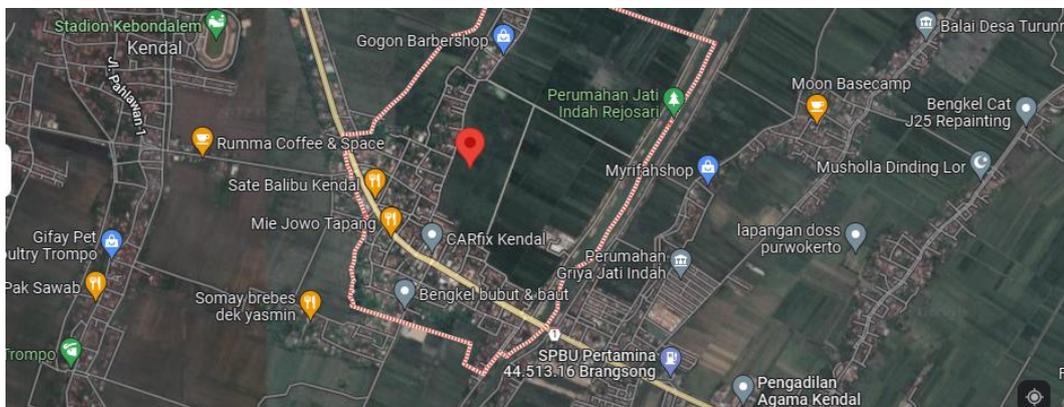
Solusi yang diusulkan oleh peneliti untuk membantu untuk menyelesaikan masalah limbah abu di UMKM pengasapan ikan di Kendal adalah dengan menggunakan alat *Electrostatic Precipitator (ESP)* yang berpencatu daya PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Alat tersebut dapat dipasang untuk menghilangkan abu yang dihasilkan oleh proses pengasapan ikan sehingga lingkungan sekitar dapat lebih terjaga.

Dalam penelitian ini, digunakan dua metode yaitu penelitian kepustakaan dan studi laboratorium. [27]

Metode studi kepustakaan dilakukan dengan mencari literatur terkait PLTS yang dapat digunakan untuk mendukung pembuatan penelitian tersebut. Sedangkan metode laboratorium dilakukan dengan menguji sistem/modul dengan beberapa kondisi tertentu.

3.2 Obyek Penelitian

Dalam penelitiannya, penulis memilih UMKM Pengasapan Ikan di Kota Kendal yang terletak di Desa Krajan, RT. 11 / RW. 04 Kelurahan Ketapang Kecamatan Kendal sebagai lokasi penelitian. Alasan pemilihan lokasi ini adalah berdasarkan data primer yang tersedia.



Gambar 3. 1 Lokasi UMKM Pengasapan Ikan di Kota Kendal Dilihat Menggunakan Maps Dari Foto Satelit



Gambar 3. 2 Lokasi UNISSULA Semarang Dilihat Menggunakan Maps Dari Foto Satelit
Serta membuat perancangan alat di Laboratorium Teknik Elektro UNISSULA Semarang Jalan Raya Kaligawe Km.4 Semarang, 50112.

3.3 Langkah - langkah Penelitian

Proses penelitian meliputi tahapan studi literature untuk penentuan jenis, tipe, dan analisis kapasitas (panel surya, SCC, dan baterai).

Setelah dilakukan tahapan sudi literature tersebut, langkah selanjutnya adalah membeli dan merancang komponen PLTS yang sesuai dengan kapasitas yang diinginkan.

Langkah selanjutnya, setelah membeli komponen PLTS lalu menghubungkan panel surya dengan *Solar Charger Controller* kedalam batterai

Pengujian yang dilakukan pada tahap uji kinerja modul di laboratorium adalah untuk mengetahui bagaimana performa peralatan modul yang telah dibuat, yaitu:

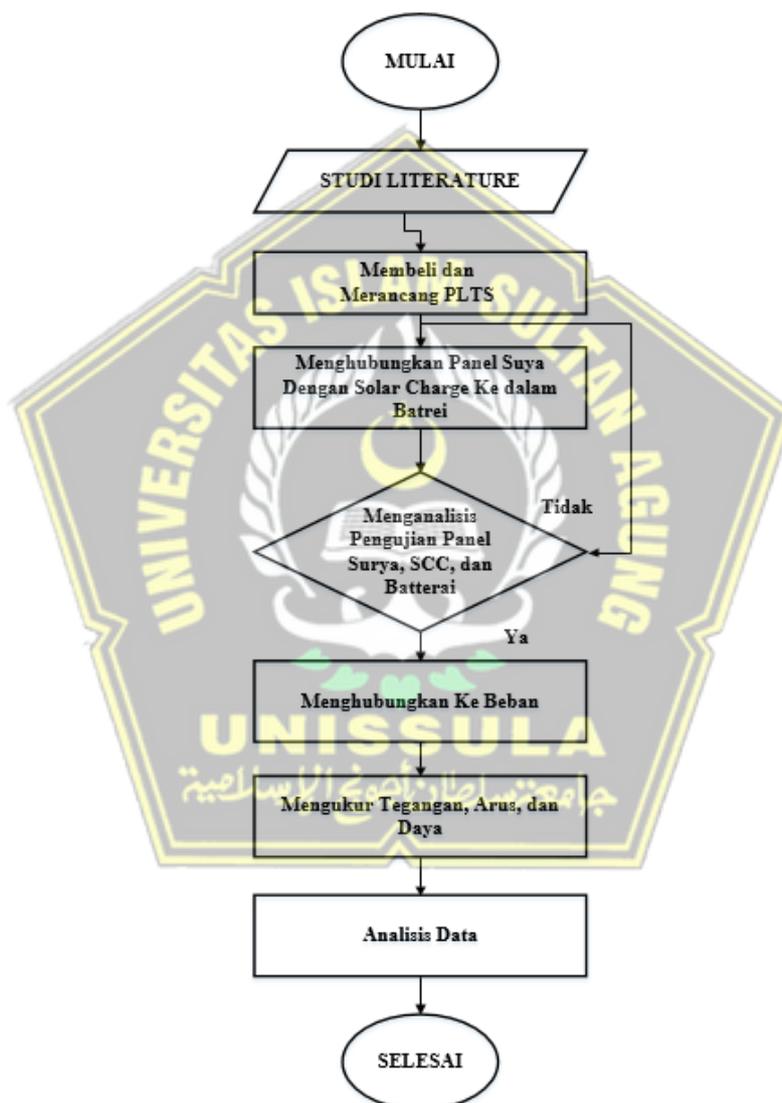
Uji pertama melibatkan pengukuran karakteristik panel surya seperti daya *Input*, tegangan, dan arus panel surya. Tujuannya adalah untuk menentukan apakah karakteristik dan spesifikasi panel surya pada nameplate sesuai atau mendekati hasil pengukuran yang diperoleh.

Uji kedua dilakukan pada *Solar Charger Controller (SCC)* untuk memverifikasi bahwa kontroler berfungsi dengan baik sebagai pengatur pengisian dan pengosongan baterai. Beberapa parameter yang diperhatikan dalam pengujian meliputi tegangan *Cut off*, tegangan *Overcharge Voltage*, tegangan *UnderDischarger*, dan lain sebagainya.

Uji ketiga yaitu pada baterai yang dilakukan meliputi pengujian lamanya waktu pengisian dan pengosongan baterai serta pengukuran tegangannya.

Tahap pengujian keempat yaitu di laboratorium dengan menghubungkan PLTS ke beban dan mengukur sebuah nilai output tegangan, arus dan daya saat diberi beban cerobong *Electrostatic Precipitator* tersebut dengan daya **144 Watt** yang menyala **1 jam**.

Setelah mendapatkan semua data pengujian lalu menganalisis data tersebut. Berdasarkan penjelasan diatas dapat dilihat gambar 3.3 yang ada di bawah:



Gambar 3. 3 Flowchart Penelitian Secara Keseluruhan

Tindakan yang dilakukan dalam proses pengujian ini adalah:

1. Tempatkan 2 lembar x 50 Wp secara vertikal menghadap ke atas.
2. Hubungkan panel surya secara seri menggunakan konektor MC4 2-in-1 untuk mendapatkan *Output* tegangan yang lebih besar.

3. Sambungkan kabel MC4 2-in-1 ke kabel 2x2,5 mm sepanjang 18 meter. Kabel ini tidak hanya berfungsi sebagai kabel *Output* untuk panel tetapi juga dapat diperpanjang pada saat cuaca hujan, memungkinkan pengujian peralatan yang tidak dapat terkena hujan dilakukan di dalam ruangan.
4. Hubungkan kabel 2x2.5 mm ke *Solar Charger Controller*.
5. Kemudian sambungkan *Solar Charger Controller* ke aki yang telah di rangkai seri.
6. Sebelum disambungkan ke *Solar Charger Controller*, pasang MCB DC 40 ampere sebagai pelindung arus.
7. Setelah itu sambungkan kabel beban ke *Output Solar Charger Controller* sesuai polaritas yang ada pada *Solar Charger Controller* tersebut.
8. Ukur tegangan, arus, dan daya *Input* dari panel surya serta tegangan, arus, dan daya *Output* dari beban tersebut.

3.4 Jenis Sumber Data

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data yang diperlukan untuk proses analisis selama penelitian. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi dan studi literatur.

Setelah data awal terkait penelitian didapatkan, langkah berikutnya adalah melakukan observasi langsung di lokasi atau objek penelitian. Data yang digunakan untuk mendukung penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

3.5 Pengumpulan Data

Data yang terkumpul sesuai dengan parameter penelitian yang telah dijelaskan, yaitu:

1. Data mengenai panel surya, SCC, dan baterai yang terpantau pada sistem PLTS tersebut.
2. Data mengenai arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan oleh PLTS tersebut saat diberi beban Cerobong *Electrostatic Precipitator*

3.6 Teknik Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan melalui observasi, pengamatan, dan pengukuran langsung kemudian dianalisis. Teknik pengolahan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mengukur dan menghitung rata-rata intensitas cahaya dan radiasi matahari yang terpantau diukur beberapa kali sebelum diambil.
2. Menghitung rata-rata tegangan, arus, daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh *Solar Cell* 50 WP diukur beberapa kali sebelum kesimpulan tentang jumlah diambil.
3. Menganalisis kinerja SCC (*Solar Charger Controller*) dan *Battery* yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya tersebut.
4. Mengukur, menghitung serta menganalisis rata-rata tegangan, arus, daya dan efisiensi kinerja beban cerobong asap *Electrostatic Precipitator* saat di beri sumber (PLTS) Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut.

3.7 Alat dan Bahan

Berknaan dengan penelitian ini, berikut adalah alat dan komponen elektronika yang digunakan:

3.7.1 Alat

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

1. Laptop
2. *Wattmeter*
3. *Lux meter*
4. Tang potong
5. Tang jepit buaya
6. Tang press
7. Obeng + dan -
8. Bor Listrik
9. Gunting
10. Multimeter

3.7.2 Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

1. Solar Panel *Polycrystalline* 2 x 50 WP
2. *Solar Charger Controller*
3. *Battery VRLA AGM 12 Volt 12 Ampere* 2 buah
4. Cerobong *Electrostatic Precipitator*
5. Lampu DC 12 Volt 2 buah

3.8 Faktor-Faktor Yang Berdampak Pada Performa Modul Sel Surya

Berdasarkan peforma modul panel surya terdapat sebuah faktor-faktor yang dapat dilihat dibawah ini: [16]

1. Suhu Modul

Untuk mencapai kinerja puncak, suhu panel surya harus tetap pada suhu normal 25 °C. Jika suhu panel melebihi suhu normal, maka tegangan sirkuit terbuka (Voc) akan melemah. Menurut Schaeer (1990), setiap kenaikan suhu sebesar 1 derajat *Celcius* di atas suhu normal 25 °C akan mengakibatkan penurunan daya sekitar 0,5%.

2. Intensitas Cahaya Matahari

Radiasi matahari yang mencapai bumi berbeda-beda di setiap lokasi dan sangat dipengaruhi oleh spektrum matahari yang diterima. Radiasi matahari memiliki pengaruh terhadap daya yang dihasilkan oleh panel surya.

3. Kecepatan Tiupan Angin

Kecepatan angin di sekitar lokasi panel surya akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pendinginan suhu permukaan panel, sehingga suhu panel dapat tetap dalam kisaran suhu yang ideal.

4. Keadaan Atmosfer Bumi

Kondisi atmosfer di sekitar panel surya seperti kondisi berawan, cuaca mendung, jenis debu dan asap di udara, kelembapan uap air, kabut, dan polusi memainkan peran penting dalam menentukan kinerja panel surya.

5. Peletakan Panel Surya

Untuk memastikan penyerapan energi matahari mencapai nilai optimal, permukaan panel surya harus selalu dijaga agar tegak lurus terhadap sinar matahari yang jatuh ke permukaannya. Karena itu, posisi panel surya sangat penting untuk memastikan kinerja panel surya mencapai performa maksimal.

3.9 Rancangan Skematik Untuk PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)



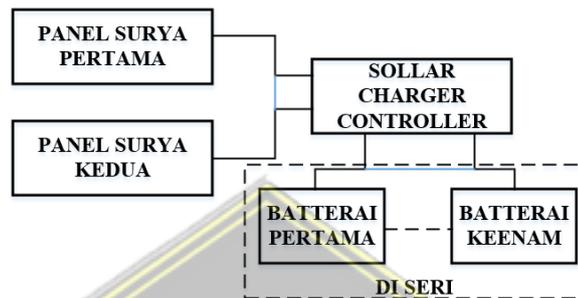
Gambar 3. 4 Diagram Blok PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Cara kerja PLTS adalah pada saat siang hari ketika sinar matahari menyinari panel surya, radiasi cahaya matahari akan diambil oleh panel surya. Elektron yang ada di panel surya akan bergerak dari N ke P. Pada terminal keluaran panel surya, tegangan yang dihasilkan akan berbeda tergantung pada jumlah sel surya yang terdapat di dalam panel surya. Sinar matahari yang masuk ke panel surya akan diubah menjadi energi listrik, sehingga keluaran dari panel surya berupa listrik arus searah (DC) dengan tegangan besar yang tergantung pada jumlah sel surya yang menerima sinar matahari. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan oleh beban yang membutuhkan sumber tegangan DC dengan arus yang kecil.

Ketika malam tiba dan panel surya tidak menerima sinar matahari, keluaran dari panel surya perlu disimpan ke dalam media penyimpanan seperti baterai atau ACCU. Namun, agar dapat tersimpan dengan baik, keluaran dari panel surya tidak bisa langsung dihubungkan ke baterai atau ACCU, melainkan harus melalui sebuah

SCC (*Solar Charger Controller*). Dalam rangkaian SCC tersebut, terdapat rangkaian pengisi baterai otomatis (*Automatic Charger*) agar baterai dapat terisi secara optimal.

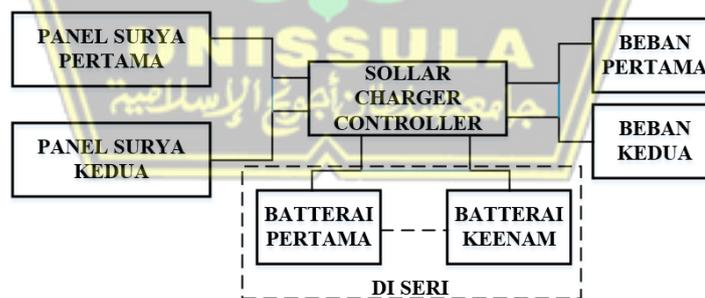
3.10 Rancangan Skematik Pengujian Modul Panel Surya



Gambar 3. 5 Diagram Blok Pengujian Karakteristik 2 Lembar Panel Surya Rangkai Seri Uji Coba Pertama dan Kedua

Pada perancangan pengujian modul panel surya dapat melihat digram blok diatas yang dihubungkan pada SCC dan baterai untuk pemakaian 3 Jam, untuk memperjelas gambar diatas dapat melihat gambar sebelum pengujian yaitu pada gambar 4.5.

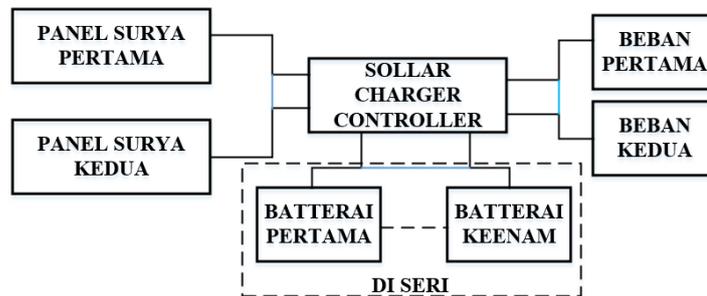
3.11 Rancangan Skematik Pengujian Baterai Panel Surya



Gambar 3. 6 Diagram Blok Pengujian Baterai Uji Coba Pertama dan Kedua

Pada perancangan pengujian baterai panel surya dapat melihat digram blok diatas yang dihubungkan pada SCC, baterai untuk pemakaian 3 Jam dan beban, untuk memperjelas gambar diatas dapat melihat gambar sebelum pengujian yaitu pada gambar 4.10.

3.12 Rancangan Skematik Pengujian SCC (*Solar Charger Controller*)



Gambar 3. 7 Diagram Blok Pengujian SCC Uji coba Pertama dan Kedua

Pada perancangan pengujian SCC (*Solar Charger Controller*) dapat melihat digram blok diatas yang dihubungkan pada panel surya, baterai untuk pemakaian 3 Jam dan beban, untuk memperjelas gambar diatas dapat melihat gambar sebelum pengujian yaitu pada gambar 4.11.

3.13 Rancangan Skematik Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong *Electrostatic Precipitator* Dengan Sumber *Power Supply* dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)



Gambar 3. 8 Diagram Blok Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong *Electrostatic Precipitator* Dengan Sumber *Power Supply* dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pada perancangan pengujian tegangan tinggi cerobong *Electrostatic Precipitator* dapat melihat digram blok diatas yang dihubungkan pada *watt meter* dan beban (pembagi tegangan) yang digunakan untuk melihat hasil tegangan *Output* dari sistem *high Voltage* tersebut, untuk memperjelas gambar diatas dapat melihat gambar sebelum pengujian yaitu pada gambar 4.12.

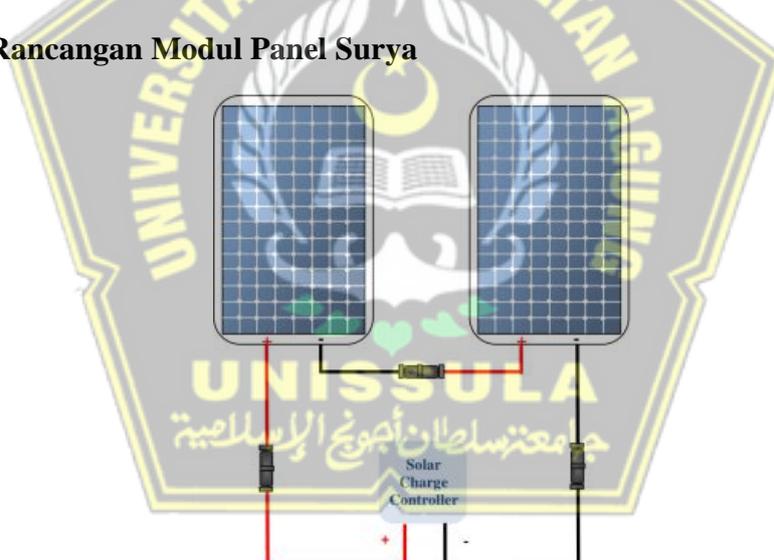
3.14 Rancangan Skematik Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Tegangan *Input* Ukuran Cerobong Berubah-Ubah



Gambar 3. 9 Diagram Blok Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Tegangan *Input* dan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah

Pada perancangan pengujian pengujian plts (pembangkit listrik tenaga surya) terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* dapat melihat digram blok diatas yang dihubungkan pada *watt meter* dan sistem *High Voltage* tersebut, untuk memperjelas gambar diatas dapat melihat gambar sebelum pengujian yaitu pada gambar 4.17 dan 4.20.

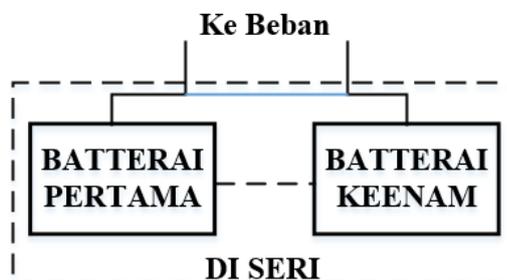
3.15 Rancangan Modul Panel Surya



Gambar 3. 10 Modul Panel Surya Rangkaian Seri

Tujuan dari menghubungkan rangkaian secara seri adalah untuk meningkatkan tegangan keluaran menjadi dua kali lebih besar dari tegangan keluaran satu sel fotoVoltaik [10]. Untuk memper jelas dapat melihat gambar 3.10 diatas. [28]

3.16 Rancangan Baterai PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)



Gambar 3. 11 Baterai Rangkaian Seri

Menghubungkan baterai rangkaian secara seri bertujuan untuk meningkatkan tegangan keluaran menjadi dua kali lipat lebih tinggi daripada tegangan keluaran dari satu baterai, baterai diatas untuk pemakaian 3 Jam. Untuk lebih memahaminya, dapat merujuk ke Gambar 3.11 yang terdapat di atas. Gambar tersebut akan memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai konsep penghubungan rangkaian secara seri.

3.17 Penyusunan Anggaran Untuk Investasi Dalam Sistem (PLTS) Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Biaya investasi awal yang terdiri dari pengadaan sistem PLTS di UMKM Pembakaran Ikan Manyung di Kendal mencakup beberapa elemen, di antaranya biaya komponen sistem PLTS. Biaya komponen sistem PLTS meliputi pembelian panel surya, SCC, dan *Battery* serta kompoenen pendukung lainnya.

Telah dijelaskan komponen yang dibutuhkan, termasuk 4 lembar panel surya dengan daya 50 Wp, 4 buah baterai VRLA *Deep Cycle* dengan kapasitas 12 Ah, dan satu unit MPPT *Visero* dengan tegangan 48 Volt dan arus 30 Ampere. Informasi lengkap mengenai biaya investasi awal sistem PLTS diperoleh melalui penelusuran informasi dari toko dan interaksi langsung dengan penjual. Semua komponen tersebut dibeli dari toko *Empowering* Elektrik yang berlokasi di Jl. MT. Haryono No.357, Jagalan, Kec. Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah.

Tabel 3. 1 Perhitungan Anggaran Investasi

Komponen	Satuan	Jumlah	Harga	Total
Panel Surya 50 Wp	1	2	Rp 500.000	Rp 1.000.000
Batteray VRLA Deep Cycle Dengan 12 V 12 AH	1	2	Rp 408.000	Rp 816.000
Solar Controler MPPT 30 A Visero	1	1	Rp1.750.000	Rp 1.750.000
Kabel dan Lain-Lain	-	-	Rp1.500.000	Rp 1.500.000
				Rp 5.066.000



BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 Hasil Menentukan Daya Total Pada Beban Cerobong *Electrostatic Precipitator*

Untuk menghitung total beban dalam *Watt-Hours*, langkahnya adalah menggunakan rumus persamaan (2.27) sebagai berikut:

$$E_B = P \times T$$

$$E_B = 144 \times 1 \text{ Jam}$$

$$E_B = 144 \text{ Watt horus}$$

Pada *prototype* cerobong *Electrostatic Precipitator* daya yang dihasilkan dari perhitungan diatas adalah 144 *Watt horus*.

4.2 Hasil Perhitungan Menentukan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pada penelitian ini terdapat sebuah hasil perhitungan untuk menentukan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebagai berikut:

4.2.1 Hasil Perhitungan Menentukan Modul Panel Surya

Setelah memahami bobot atau beban yang dipikul oleh panel surya, langkah selanjutnya adalah menghitungnya dengan menggunakan persamaan (2.28) dan (2.29) sebagai berikut:

$$P_{panel} = \frac{P_{beban}}{\text{Lama Penyerapan}}$$

$$P_{panel} = \frac{144}{5}$$

$$P_{panel} = 28,8 \text{ Watt-peak}$$

Pada saat pembelian dipasaran tidak ada panel surya yang bernilai 28,8 *Watt-peak* jadi memutuskan untuk pembelian yang 50 *Watt-peak*, untuk menghitung jumlah modul sesuai kebutuhan menggunakan persamaan (2.29) sebagai berikut:

$$N_{modul} = \frac{P_{panel} \times \text{Lama Penyerapan}}{P_{beban}}$$

$$N_{modul} = \frac{50 \times 5}{144}$$

$$N_{modul} = \frac{50 \times 5}{144} = \frac{250}{144} = 1,7$$

Jadi, untuk pembelian modul panel surya, membeli 2 lembar modul dengan spesifikasi daya puncak (*Watt-peak*) sebesar 50 Watt.

4.2.2 Hasil Perhitungan Menentukan *Battery* Panel Surya

Untuk menentukan jenis baterai yang akan dibeli, perlu dilakukan perhitungan total arus terlebih dahulu, perhitungan dibawah ini diasumsikan untuk satu jam pemakaian dengan menggunakan rumus (2.30) dan (2.31) sebagai berikut:

$$C_{Batt} = \frac{P_{beban}}{V_{Batt}}$$

$$C_{Batt} = \frac{144}{12} = 12 \text{ (Ampere-Hours)}$$

Jadi memutuskan untuk pembelian baterai yang 12 (*Ampere-Hours*),

Jika ingin menggunakan baterai VRLA dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$N_{batt} = \frac{P_{beban}}{V_{Batt} \times C_{Batt} \times Dod_{Batt}}$$

$$N_{batt} = \frac{144}{12 \times 12 \times 50\%} = \frac{144}{72} = 2 \text{ buah}$$

Hasil dari perhitungan diatas menunjukkan bahwasanya berjumlah 2 buah baterai VRLA

Jika ingin dengan baterai *Lifepo4*, juga dapat melakukan perhitungan sebagai berikut:

$$N_{batt} = \frac{P_{beban}}{V_{Batt} \times C_{Batt} \times Dod_{Batt}}$$

$$N_{batt} = \frac{144}{12 \times 12 \times 80\%} = \frac{144}{115,2} = 1,2 \text{ buah}$$

Menurut perhitungan yang dilakukan di atas, hanya ada 1 buah baterai *Lifepo4*

4.2.3 Hasil Perhitungan Menentukan SCC (*Solar Charger Controller*)

Sebelum mencari tahu kebutuhan untuk *Solar Charger Controller*, langkah awal yang perlu diambil adalah memahami spesifikasi dari panel surya. Pada panel surya, biasanya terdapat informasi sebagai berikut:

$$P_m = 50 \text{ Wp}$$

$$I_{mp} = 2,81 \text{ A}$$

$$V_m = 17,8 \text{ A}$$

$$I_{sc} = 3,03 \text{ A}$$

$$V_{oc} = 21,8 \text{ V}$$

Adapun untuk menghitung kapasitas *Solar Charger Controller*, digunakan persamaan (2.32) sebagai berikut:

$$I_{maks} = I_{mp} \times N_{modul}$$

$$I_{maks} = 2,81 \times 2 = 5,62 \text{ Ampere}$$

Jadi, hasil dari perhitungan diatas 5,62 *Ampere* pada saat pembelian tidak ada yang bernilai tersebut diputuskanlah untuk pembelian SCC yang bernilai 30 *Ampere*

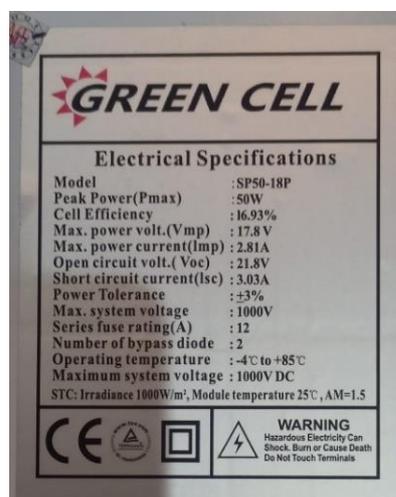
4.3 Hasil Pembelian Komponen PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pada penelitian ini terdapat sebuah hasil pembelian komponen PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebagai berikut:

4.3.1 Modul Panel Surya 50 Wp

Pada penelitian ini peneliti menggunakan modul panel surya berjenis *Polycrystalline* dengan daya bernilai kurang lebih 50 *Watt* berjumlah 2 lembar dengan dirangkai seri untuk mendapatkan tegangan yang maksimal guna mencukupi pada alat tersebut.

Tabel 4. 1 Spesifikasi Modul Panel Surya 50 Wp



GREEN CELL	
Electrical Specifications	
Model	: SP50-18P
Peak Power (Pmax)	: 50W
Cell Efficiency	: 16.93%
Max. power volt. (Vmp)	: 17.8 V
Max. power current (Imp)	: 2.81A
Open circuit volt. (Voc)	: 21.8V
Short circuit current (Isc)	: 3.03A
Power Tolerance	: ±3%
Max. system voltage	: 1000V
Series fuse rating (A)	: 12
Number of bypass diode	: 2
Operating temperature	: -4°C to +85°C
Maximum system voltage	: 1000V DC
STC: Irradiance 1000W/m², Module temperature 25°C, AM=1.5	
  	
WARNING Hazardous Electricity Can Shock, Burn or Cause Death Do Not Touch Terminals	

Dalam deskripsi modul panel surya 50 Wp, dalam acuan rumus 2.19 disebutkan bahwa tegangan yang dihasilkan adalah sebesar 17,8 Volt (**untuk satu lembar panel surya**) dan arus listrik sebesar 2,81 Ampere, dikarenakan pada penelitian ini panel surya dirangkai seri maka tegangan dan daya akan bertambah. Dengan demikian, daya maksimum yang mampu dihasilkan adalah 100,036 Watt (**dalam dua lembar panel surya**), yaitu hasil dari perkalian antara tegangan dan arus listrik. Biasanya, daya maksimum ini disebut sebagai daya puncak dan dilambangkan dengan notasi mp. Arus listrik pada posisi maksimum ditandai dengan I_{mp} , sedangkan tegangan ditulis sebagai V_{mp} .



Gambar 4. 1 Modul Panel Surya 50 Wp

4.3.2 Visero Vio-MPPT 30 A



Gambar 4. 2 Visero Vio-MPPT 30 A

Pengontrol PV serinya adalah pengontrol surya MPPT tercanggih dan terfavorit. Juga *levice* ini memiliki *port* penghubung RS-232 yang dapat bertemu

dengan jenis lemand komunikasi. Perangkat ini dapat digunakan untuk sistem energi *PV* dan cocok untuk modul surya. Silikon kristal dan amorf, sistem tenaga yang diikat jaringan, dll

Pada SCC (*Solar Charger Controller*) ini mempunyai banyak sekali fitur yaitu Deteksi otomatis *Voltase* baterai DC 12 V/ 24V/ 48V. Desain terbaik untuk pembuangan panas, pendinginan alami berdasarkan bodi paduan aluminium. Teknologi pelacakan titik daya maxium yang cerdas, efisiensi transfer maksimum adalah 98%. Kecepatan pelacakan runcing maksimum <40 detik, efisiensi MPPT> 99%. Masukan tegangan *PV* tinggi hingga 180 V. Teknologi kontrol CPU pintar. Arus keluaran dapat dikontrol dan bertemu dengan kapasitas baterai apa pun. Ouput DC *port* fungsi: perlindungan Tegangan Rendah, *timming*, saklar lampu. TFT layar warna. Dengan *port* komunikasi RS-232

Langkah-langkah pengaturan perangkat MPPT: Tekan tombol M untuk masuk ke pengaturan sistem antarmuka, saat masuk ke antarmuka pengaturan, tekan M pindahkan kursor ke parameter yang ingin diatur, lalu tekan ↑ atau ↓ untuk mengubah, setelah menyelesaikan langkah 2, periksa semua parameter sudah benar lalu tekan M, pindahkan kursor ke "enter", tekan tombol OK simpan data, antarmuka akan menampilkan "berhasil disimpan"

Tabel 4. 2 Spesifikasi SCC Visero Vio-MPPT 30 A

Solar Charger Controller MPPT 30A Visero (MPPT-30A)
<i>Voltase</i> Baterai : 12V/24V/48V
Rentang <i>Volt</i> Kerja : DC18-80V, DC30-120V, DC60-120V
Nilai Daya : 360W, 720W, 1440W
<i>Input</i> Daya Maks <i>PV</i> : 550W, 1200W , 2400W
Max <i>Charger</i> Current : 30A
Ukuran Unit : 160x130x62.8
Efisiensi : > 98.1%
Konsumsi Tanpa Beban : <0.7W

Tabel 4. 3 Parameter Visero Vio-MPPT 30 A

Parameter									
Model	Mppt1248-20A			Mppt1248-30A			Mppt1248-60A		
Batt. Voltage(V)	12V	24V	48V	12V	24V	48V	12V	24V	48V
Working volt. Range	DC18-80V	DC30-120V	DC60-120V	DC18-80V	DC30-120V	DC60-120V	DC18-80V	DC30-120V	DC60-120V
Best Volt. Range	12V Batt. (18V-45V)/24V Batt. (36V-90V)/48V Batt. (80V-120V)								
PV Over Volt	PV>80V	PV>120V		PV>80V	PV>120V		PV>80V	PV>120V	PV>180V
Rated Power (W)	240W	480W	960W	360W	720W	1440W	720W	1440W	2880W
PV Max.Power Input (W)	300W	600W	1200W	550W	1200W	2400W	800W	1800W	3600W
Chage Model	3 Phases: 1-Constant Current(MPPT), 2-Constant Volt., 3- Float Charge								
Equalize Charge Volt (Can be set)	Single Batt. 12V Low Volt.10.0V, High Volt. 17.0 V								
Constant Voltage (Can be set)	Single Batt. 12V Low Volt.10.0V, High Volt. 17.0 V								
Float Charge Voltage (Can be set)	Single Batt. 12V Low Volt.10.0V, High Volt. 17.0 V								
Output DC Terminal	0-24Hrs: Lighting Control+Low Volt.(0 Hr Function OFF /24Hrs: Low Voltage)								
Max. Charge Current (A)	20A			30A			60A		
Unit Size (mm)	130X130X62.8			160X130X62.8			190X130X62.8		
Efficiency	>98,1%								
No Load Consumption	<0.7w								

4.3.3 Vrla Deep Cycle Battery



Gambar 4. 3 Vrla Deep Cycle Battery

Menunjukkan pemasangan penelitian ini menggunakan 2 unit *Deep Cycle* baterai dengan nilai tegangan 12 Volt dan 12 AH, untuk menghasilkan sistem penyimpanan berkapasitas 288 *WattHours* untuk pencatu daya *prototype* cerobong *Electrostatic Precipitator* di Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Baterai *Deep Cycle* dirancang untuk menghasilkan stabil energi (arus listrik) dan dalam waktu yang lama. Jenis ini baterai tahan pengisian dan pemakaian berulang kali siklus karena konstruksinya menggunakan pelat yang lebih tebal. Dalam baterai siklus banyak digunakan dalam peralatan yang menggunakan motor listrik seperti kursi roda, forklift, kereta golf.

4.3.4 Lampu DC 12 Volt



Gambar 4. 4 Lampu DC 12 Volt

Pada penelitian ini untuk pengosongan *Battery* PLTS, selain menggunakan beban cerobong ESP yang mempunyai sistem 24 Volt, juga menggunakan beban lampu DC 12 Volt 2 buah yang dirangkai seri yang hasil dari sistem lampu tersebut sama seperti sistem cerobong ESP itu sendiri.

4.4 Hasil Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pada penelitian ini terdapat sebuah hasil pengujian komponen PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebagai berikut:

4.4.1 Pengujian Karakteristik 2 Lembar Panel Surya Rangkaian Seri Uji Coba Pertama dan Kedua

Prosedur pengujian untuk rangkaian modul panel surya yaitu rangkaian seri, untuk mendapatkan tegangan maksimal yang di gunakan untuk mengisi batterai, gambar dibawah ini mengacu pada gambar 3.5, untuk memperjelas dapat dilihat gambar 4.5 dibawah ini:



Gambar 4. 5 Pengujian Karakteristik 2 Lembar Panel Surya Rangkaian Seri Uji Coba Pertama dan Kedua

Pada gambar diatas terdapat sebuah keterangan untuk memperjelas sebuah rangkaian diatas:

1. Modul Panel Surya Pertama
2. Modul Panel Surya Kedua
3. *Lux Meter*
4. *Socket* Modul Panel Surya Positif Negatif Terhubung
5. *PV Connnect* Terminal
6. Modul Panel Surya yang di uji

Pada **Jumat, 7 Juli 2023** dan **Rabu, 12 Juli 2023**, dilakukan uji coba pertama dan kedua. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji tingkat kehandalan alat yang telah dibuat. Dapat dipastikan bahwa solar panel akan menerima penerangan secara optimal dan tidak akan terpengaruh oleh gangguan cuaca. Tabel pengujian dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4. 4 Hasil Pengkonversian Nilai Satuan *KLux* Menjadi *Lux* Uji Coba Pertama

Data Pengkonversian Nilai Satuan Klux Menjadi Lux Uji Coba Pertama				
No	Waktu Pengukuran	Kondisi Cuaca	Intensitas	Intensitas
			Cahaya Matahari	Cahaya Matahari
			Klux	Lux
1	Jam 10:00	Cerah	38,12	38120
2	Jam 10:30	Cerah	45,90	45900
3	Jam 11:00	Cerah	53,40	53400
4	Jam 11:30	Cerah	47,00	47000
5	Jam 12:00	Cerah	48,60	48600
6	Jam 12:30	Cerah	48,50	48500
7	Jam 13:00	Mendung	13,23	13230
8	Jam 13:30	Gerimis	13,13	13130
9	Jam 14:00	Cerah	46,80	46800

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian 2 Lembar Panel Rangkaian Seri Uji Coba Pertama

Data Pengujian 2 Lembar Panel Surya Rangkaian Seri Uji Coba Pertama										
No	Waktu Pengukuran	Kondisi Cuaca	Suhu °C	Intensitas	Luas	Panel Surya				Efisiensi %
				Radiasi Matahari	Penampang	Vout	Iout	Pout	Pin	
				W/m ²	m ²	V	A	W	W	
1	Jam 10:00	Cerah	30,40	316,40	0,3551	27,90	0,70	19,10	224,70	8,50%
2	Jam 10:30	Cerah	36,50	380,97	0,3551	29,70	1,20	36,10	270,56	13,34%
3	Jam 11:00	Cerah	38,20	443,22	0,3551	32,30	1,30	37,20	314,77	11,82%
4	Jam 11:30	Cerah	38,70	390,10	0,3551	29,80	1,20	35,50	277,05	12,81%
5	Jam 12:00	Cerah	36,90	403,38	0,3551	28,40	1,60	44,10	286,48	15,39%
6	Jam 12:30	Cerah	36,90	402,55	0,3551	27,20	1,50	42,10	285,89	14,73%
7	Jam 13:00	Mendung	36,50	109,81	0,3551	27,20	0,40	11,60	77,99	14,87%
8	Jam 13:30	Gerimis	35,60	108,98	0,3551	27,50	0,40	12,20	77,40	15,76%
9	Jam 14:00	Cerah	36,20	388,44	0,3551	31,10	1,00	27,70	275,87	10,04%
Rata - Rata			36,21	327,09	0,3551	29,01	1,03	29,51	232,30	13,03%

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian 2 Lembar Panel Rangkaian Seri Uji Coba Kedua

Data Pengujian 2 Lembar Panel Surya Rangkaian Seri Uji Coba Kedua										
No	Waktu Pengukuran	Kondisi Cuaca	Suhu °C	Intensitas	Luas	Panel Surya				Efisiensi %
				Radiasi Matahari	Penampang	Vout	Iout	Pout	Pin	
				W/m ²	m ²	V	A	W	W	
1	Jam 10:00	Cerah	33,10	444,05	0,3551	28,10	1,50	42,00	315,36	13,32%
2	Jam 10:30	Cerah	33,30	461,48	0,3551	29,00	1,90	52,70	327,74	16,08%
3	Jam 11:00	Cerah	35,70	532,86	0,3551	29,00	1,80	53,00	378,44	14,00%
4	Jam 11:30	Cerah	35,70	512,11	0,3551	27,40	1,90	52,20	363,70	14,35%
5	Jam 12:00	Cerah	36,00	515,43	0,3551	27,40	1,90	50,30	366,06	13,74%
6	Jam 12:30	Cerah	37,30	500,49	0,3551	28,20	1,60	45,60	355,45	12,83%
7	Jam 13:00	Cerah	36,80	501,32	0,3551	28,30	1,80	51,50	356,04	14,46%
8	Jam 13:30	Cerah	36,00	429,11	0,3551	28,00	1,90	52,40	304,75	17,19%
9	Jam 14:00	Cerah	35,70	390,10	0,3551	27,30	1,70	45,70	277,05	16,50%
Rata - Rata			35,51	476,33	0,3551	28,08	1,78	49,49	338,29	14,72%

Terdapat sebuah perhitungan dan grafik 2 lembar panel surya rangkaian seri uji coba pertama:

Selama penelitian yang tercermin dalam fluktuasi hasil pengukuran menggunakan *Lux* meter. Pengukuran dilakukan pada *Output* panel surya pada intensitas cahaya matahari, tegangan, arus, dan daya. Data yang dihitung adalah dua lembar panel surya yang dirangkai secara seri, Untuk perhitungannya dapat dilihat pada persamaan (2.33) dibawah ini :

A. Luas Penampang

$$A = P \times L$$

$$A = 63 \times 53$$

$$A = 3551 \text{ Cm}^2$$

$$A = 0,3551 \text{ m}^2$$

B. Intensitas Radiasi Matahari

Merubah satuan dari *KiloLux* (*KLux*) menjadi *Lux* adalah langkah yang mudah. Cukup dengan melakukan perkalian angka *KiloLux* dengan 1000, mengingat bahwa 'kilo' merepresentasikan kelipatan seribu. Contoh perhitungannya sebagai berikut :

$$Lux = KiloLux \times 1000$$

$$Lux = 38,12 \times 1000$$

$$= 38120 \text{ Lux}$$

Untuk mencari nilai rata-rata intensitas radiasi matahari, langkah yang diambil adalah mengubah satuan dari *Lux* ke *Watt/m²*. Rumus yang dipakai yaitu dari persamaan (2.26):

$$Ir = Lux \times 0,0083 \text{ Watt/m}^2$$

$$Ir = 38120 \times 0,0083$$

$$= 316,40 \text{ Watt/m}^2$$

Intensitas radiasi matahari memiliki perhitungan rata-rata dari persamaan (2.34) sebagai berikut:

$$Ir_r = \frac{Ir_1 + Ir_2 + Ir_3 + Ir_4 + Ir_5 + Ir_6 + Ir_7 + Ir_8 + Ir_9}{9}$$

$$Ir_r = \frac{316,40 + 380,97 + 443,22 + 390,10 + 403,38 + 402,55 + 109,81 + 108,98 + 388,44}{9}$$

$$Ir_r = 327,09 \text{ Watt/m}^2$$

C. Tegangan *Output* Panel Surya

Berdasarkan persamaan (2.35) tegangan *Output* panel surya memiliki rata-rata sebagai berikut:

$$V_{out R} = \frac{V_{out1} + V_{out2} + V_{out3} + V_{out4} + V_{out5} + V_{out6} + V_{out7} + V_{out8} + V_{out9}}{9}$$

$$V_{out R} = \frac{27,90 + 29,70 + 32,30 + 29,80 + 28,40 + 27,20 + 27,20 + 27,50 + 31,10}{9}$$

$$V_{out R} = 29,01 \text{ Volt}$$

D. Arus *Output* Panel Surya

Berdasarkan persamaan (2.36) arus *Output* panel surya memiliki rata-rata sebagai berikut:

$$I_{out R} = \frac{I_{out1} + I_{out2} + I_{out3} + I_{out4} + I_{out5} + I_{out6} + I_{out7} + I_{out8} + I_{out9}}{9}$$

$$I_{out R} = \frac{0,70 + 1,20 + 1,30 + 1,20 + 1,60 + 1,50 + 0,40 + 0,40 + 1,00}{9}$$

$$I_{out R} = 1,03 \text{ Ampere}$$

E. Daya *Output* Panel Surya

Daya keluaran dari modul panel surya merupakan tegangan dan arus listrik searah (DC). Untuk mengetahui besarnya daya yang dihasilkan modul panel surya dapat langsung melihat pada display SCC yang digunakan tersebut. Berdasarkan persamaan (2.37) daya *Output* panel surya memiliki rata-rata sebagai berikut:

$$P_{out R} = \frac{P_{out1} + P_{out2} + P_{out3} + P_{out4} + P_{out5} + P_{out6} + P_{out7} + P_{out8} + P_{out9}}{9}$$

$$P_{out R} = \frac{19,10 + 36,10 + 37,20 + 35,50 + 44,10 + 42,10 + 11,60 + 12,20 + 27,10}{9}$$

$$P_{out R} = 29,51 \text{ Watt}$$

F. Daya *Input* Panel Surya

Berdasarkan persamaan (2.20) daya masukan atau daya *Input* modul panel surya merupakan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh permukaan modul panel surya.

$$P_{in} = I_r \times A \times 2$$

$$P_{in} = 316,40 \times 0,3351 \times 2$$

$$P_{in} = 224,70 \text{ Watt}$$

Berdasarkan persamaan (2.37) daya *Input* panel surya memiliki rata-rata sebagai berikut:

$$P_{in R} = \frac{P_{in1} + P_{in2} + P_{in3} + P_{in4} + P_{in5} + P_{in6} + P_{in7} + P_{in8} + P_{in9}}{9}$$

$$P_{in R} = \frac{224,70 + 270,56 + 314,77 + 277,05 + 286,48 + 285,89 + 77,99 + 77,40 + 275,87}{9}$$

$$P_{in R} = 232,30 \text{ Watt}$$

G. Effisiensi

Berdasarkan persamaan (2.22) untuk perhitungan effisiensi modul panel surya sebagai berikut:

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

$$\eta = \frac{19,10}{224,70} \times 100\%$$

$$\eta = 8,50 \%$$

Berdasarkan persamaan (2.38) untuk perhitungan Rata - Rata effisiensi sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4 + \eta_5 + \eta_6 + \eta_7 + \eta_8 + \eta_9}{9}$$

$$\eta = \frac{8,50 + 13,34 + 11,82 + 12,81 + 15,39 + 14,73 + 14,87 + 15,76 + 10,04}{9}$$

$$\eta = 13,03 \%$$

H. Suhu

Berdasarkan peraturan yang berlaku, panel surya mengalami penurunan kapasitas daya yang dihasilkan jika melebihi suhu optimal standar saat bekerja. Apabila suhu panel surya berada di atas 25 °C, setiap perubahan suhu akan menyebabkan penurunan kapasitas daya sebesar 0.5%. Dalam rentang waktu tertentu, suhu tertinggi tercatat pada pengujian pertama sebesar 38,70 °C, sedangkan suhu terendah sebesar 30,40 °C, sehingga kenaikan suhu totalnya adalah 8,32 °C.

Berdasarkan persamaan (2.23) untuk menghitung besarnya daya yang berkurang pada saat suhu di sekitar panel mengalami kenaikan °C dari suhu standar, menggunakan persamaan

$$P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}} = 0,5\% / ^\circ\text{C} \times P_{MPP} \times \Delta t$$

$$P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}} = 0,5\% / 44,10 \times 8,32$$

$$P_{\text{saat } t \text{ naik } 8,32 ^\circ\text{C}} = 0,5\% / 44,10 \times 8,32 = 1,06 \text{ W}$$

Daya keluaran maksimum panel surya pada saat suhu naik menjadi t °C dari suhu standar dihitung dengan persamaan (2.24):

$$P_{MPP \text{ saat naik } t ^\circ\text{C}} = P_{MPP} - P_{\text{saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C}}$$

$$P_{MPP \text{ saat naik } t ^\circ\text{C}} = 44,10 - 1,06 = 43,04$$

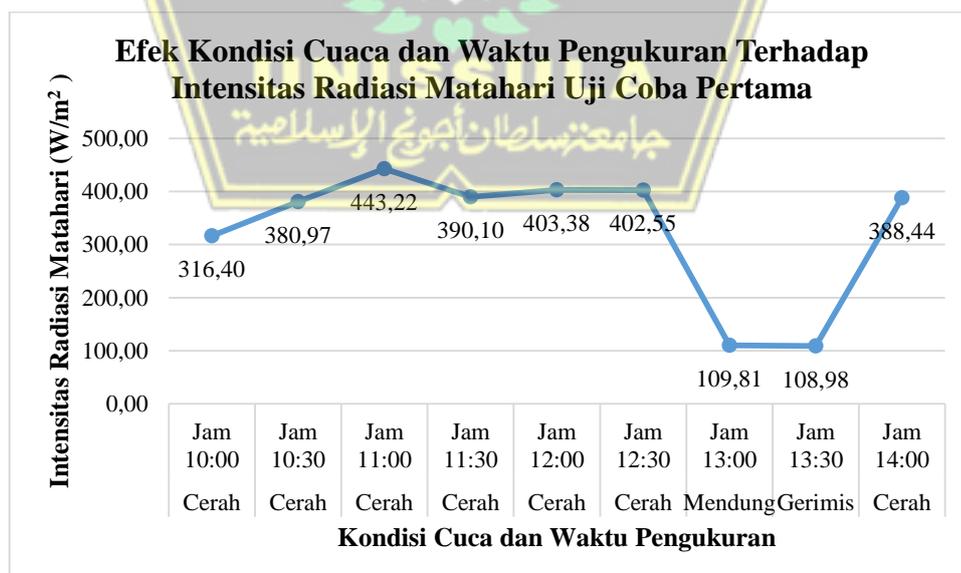
Faktor koreksi temperatur (*Temperatur Correction Factor*) dihitung dengan persamaan (2.25):

$$TCF = \frac{P_{MPP \text{ saat } t \text{ naik menjadi } t ^\circ\text{C}}}{P_{MPP}}$$

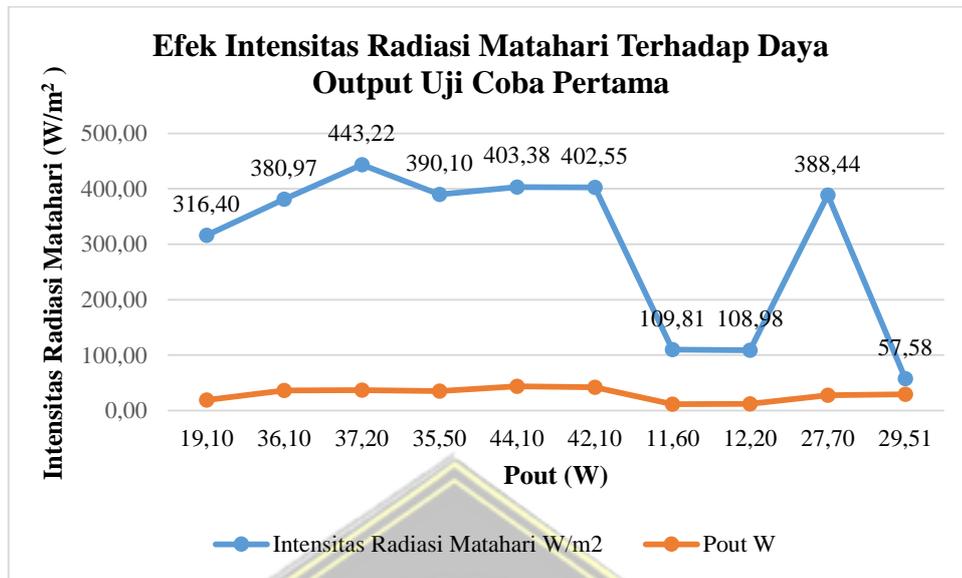
$$TCF = \frac{43,04}{44,10}$$

$$TCF = 0,975 ^\circ\text{C}$$

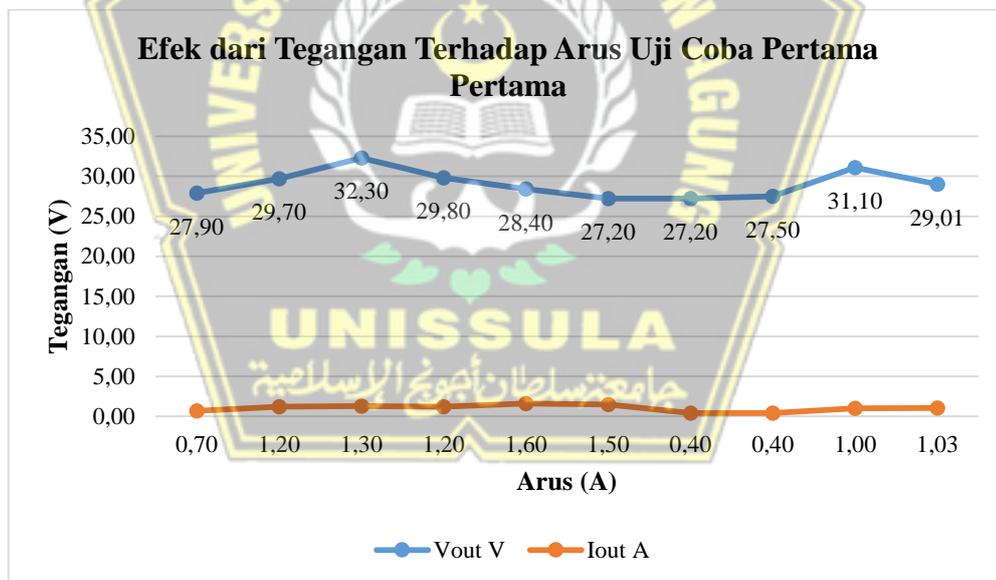
Untk memperjelas perhitungan dan data panel surya diatas dapat dilihat gambar tabel di bawah ini:



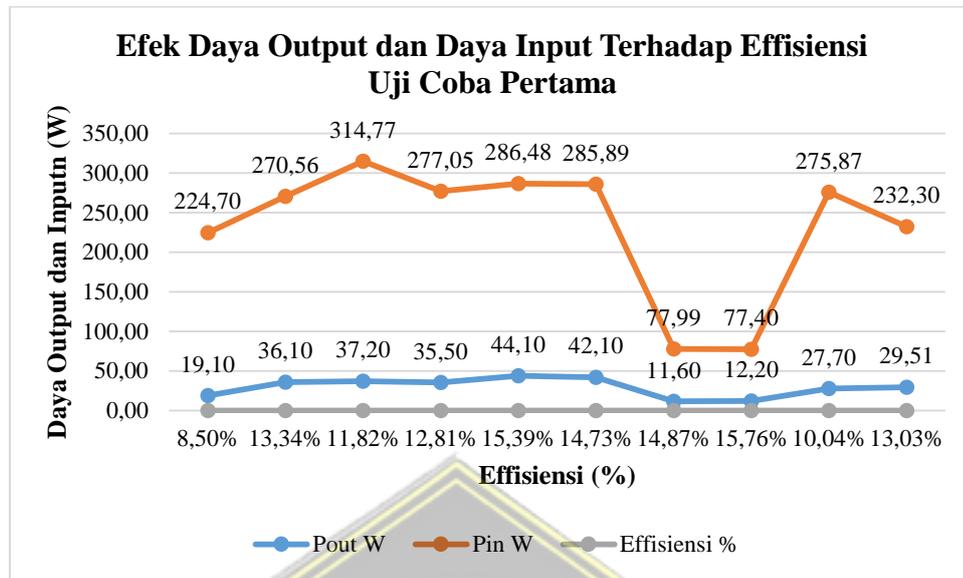
Gambar 4. 6 Grafik Efek Waktu Pengukuran dan Kondisi Cuaca Terhadap Intenitas Radiasi Matahari Uji Coba Pertama



Gambar 4. 7 Grafik Efek dari Intensitas Radiasi Matahari Terhadap Daya Output Uji Coba Pertama



Gambar 4. 8 Grafik Efek dari Tegangan Terhadap Arus Uji Coba Pertama



Gambar 4. 9 Grafik Efek Daya *Output* dan Daya *Input* Terhadap Effisiensi Uji Coba Pertama

4.4.2 Analisa Data 2 Lembar Panel Surya 50 Wp Uji Coba Pertama

Berdasarkan data pengukuran yang telah dilakukan, dapat dilihat dari Gambar 4.6 bahwa pada jam 11:00, memiliki intensitas radiasi tertinggi sebesar $443,22 \text{ W/m}^2$. Hal ini disebabkan oleh radiasi matahari yang besar saat menyinari panel surya. Sedangkan pada jam 13:30, memiliki intensitas radiasi terendah sebesar $108,98 \text{ W/m}^2$. Penurunan intensitas radiasi ini disebabkan oleh faktor cuaca.

Tercatat pada Gambar 4.7 bahwa intensitas radiasi mencapai titik terendah yaitu sebesar $108,98 \text{ W/m}^2$. Pada kondisi ini, panel surya menghasilkan daya *Output* sebesar 12,20 W. Hal ini menunjukkan bahwa perangkat ini melakukan pengisian baterai sedikit karena dayanya bernilai rendah. Sementara itu, terjadi puncak intensitas radiasi dengan nilai $443,22 \text{ W/m}^2$. Pada saat ini, panel surya menghasilkan daya *ouput* sebesar 37,20 W. Dari gambar 4.7 grafik di atas, terlihat adanya peningkatan intensitas yang ditunjukkan oleh garis warna biru bernilai 316,40 hingga mencapai titik puncak $443,22 \text{ W/m}^2$. Selama periode ini, seiring dengan kenaikan intensitas, daya *Output* juga meningkat dari 19,10 hingga 44,10 W. Namun, terjadi penurunan intensitas radiasi karena adanya cuaca mendung. intensitas radiasi secara signifikan menurun saat mendung dan gerimis, daya *Output*

juga mengalami penurunan drastis hingga. Hal ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya berkurang, daya juga berkurang.

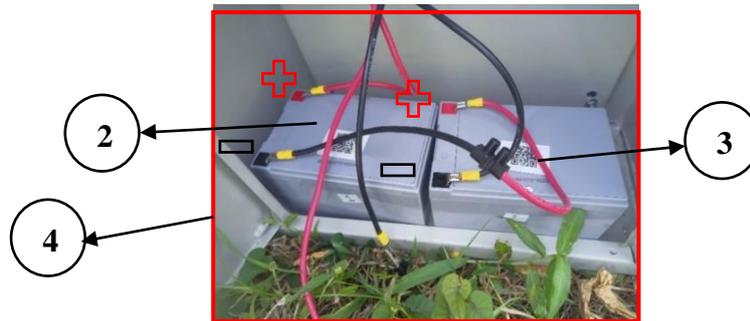
Pada Gambar 4.8 hanya 32,30 V dan 27,20 V merupakan tegangan tertinggi dan terendah yang dapat dihasilkan oleh PLTS konvensional. Arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh sebuah PLTS adalah 1,60 A. Dari terendah ke tertinggi, nilai arus rata-rata adalah 1,03 A. Gambar 4.8 grafik mengilustrasikan hubungan antara tegangan dan arus, menunjukkan bahwa ketika tegangan naik, arus panel surya harus secara bersamaan naik.

Berdasarkan data pada Gambar 4.9 yang didapatkan, terlihat bahwa nilai pada daya *Output* dan *Input* panel surya, yaitu 12,20 dan 77,40 *Watt*, dengan nilai efisiensi (η) tertinggi sebesar 15,76 %. Sementara itu, nilai yang diperoleh pada daya *Output* dan *Input* panel, yaitu 19,10 dan 224,70 *Watt* dengan nilai efisiensi (η) terendah sebesar 8,50 %. Hubungan antara daya *Output* dan *Input* panel terhadap efisiensi panel surya terlihat pada Gambar 4.9 untuk daya *Output* dan *Input* terlihat naik turun sedangkan nilai efisiensi mengalami naik turun juga dikarenakan faktor cuaca.

4.4.3 Pengujian Baterai Pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Prosedur pengujian untuk rangkaian baterai yaitu rangkaian seri, untuk mendapatkan tegangan maksimal yang di gunakan untuk menghidupkan beban, gambar dibawah ini mengacu pada gambar 3.6, untuk memperjelas dapat dilihat gambar 4.10 dibawah ini:





Gambar 4. 10 Pengujian Baterai Uji Coba Pertama dan Kedua

Pada Gambar 4.10 terdapat sebuah keterangan untuk memperjelas sebuah rangkaian diatas:

1. *Battery Connect Terminal*
2. Baterai Pertama
3. Baterai Kedua
4. Baterai yang di uji

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan durasi pengisian baterai hingga mencapai kapasitas penuh (waktu pengisian baterai dari panel surya), serta durasi pengosongan baterai (penggunaan beban DC pada baterai) hingga baterai habis. Baterai diatas di rangkai secara seri untuk mendapatkan hasil tegangan yang maksimal. Untuk memperjelas dapat dilihat tabel 4.7 di bawah ini:

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Baterai

Data Pengujian Baterai 2 Buah Baterai Rangkai Seri						
No	Proses	Kapasitas	Tegangan [V]	Kapasitas	Tegangan [V]	Lama Pengisian / Pengosongan Baterai Menit
		Awal (%)		Akhir (%)		
1	Pengisian	80	25	100	26	15
2	Pengosongan	100	26	80	25	30

Terdapat sebuah perhitungan waktu pengisian baterai uji coba pertama dan kedua:

Dengan mengacu pada informasi yang telah diperoleh sebelumnya, dilakukan perhitungan untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai hingga mencapai kapasitas penuh. Perhitungan ini menggunakan suatu persamaan (2.39) sebagai berikut:

$$\frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus total Jumlah Panel Surya}} = \text{Waktu (Menit)}$$

$$\frac{12}{9,30} = 15 \text{ (Menit)}$$

4.4.4 Analisa Baterai Pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

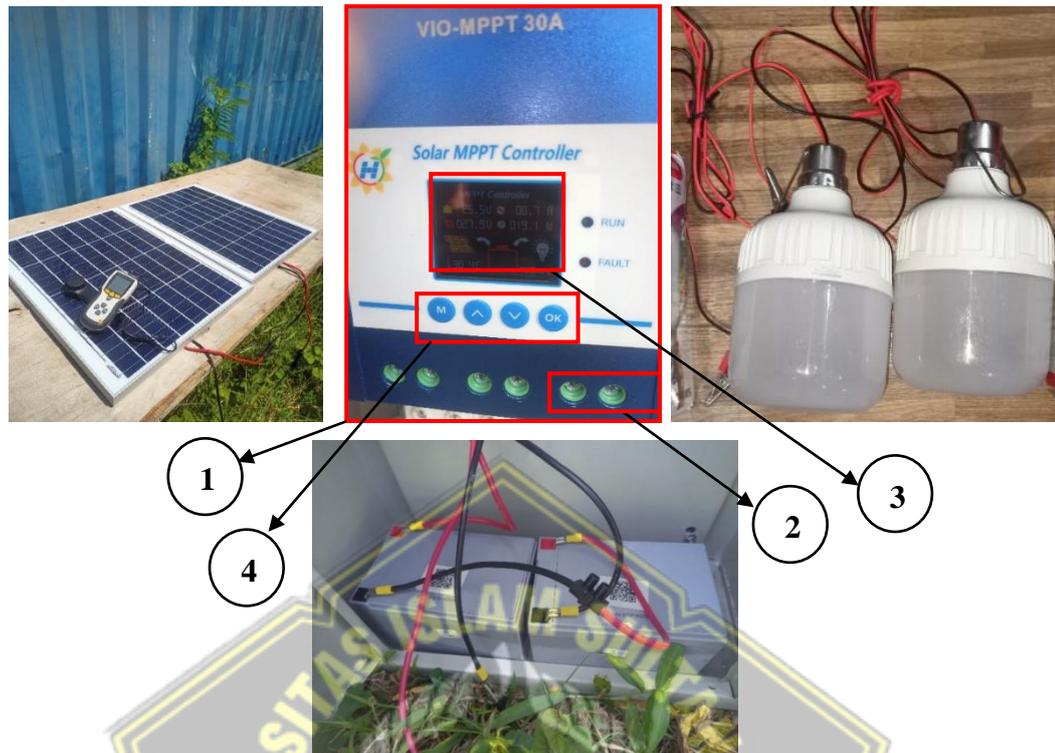
Dari tabel 4.7 yang terlampir, dapat dilihat bahwa dalam kondisi awal, baterai dihubungkan secara seri. Baterai ini memiliki tegangan awal 25 V dengan kapasitas pengisian sebesar 80%, dan waktu pengisian menggunakan arus pengecasan sekitar 1,03 A (rata-rata arus dari panel surya). Dalam waktu sekitar 15 menit, tegangan baterai mencapai 26 V yang memiliki kapasitas 100%.

Di sisi lain, waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan baterai, yaitu saat tegangan baterai mencapai 26 V dan kapasitas mencapai 100%, sistem pengisian baterai terputus (SCC) membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk mencapai tegangan 25 V dengan kapasitas 80%.

Untuk melakukan pengisian baterai, digunakan 2 buah panel surya yang dihubungkan secara seri. Pengaturan ini memungkinkan peningkatan nilai tegangan dari panel surya, sehingga proses pengisian baterai menjadi lebih cepat dibandingkan dengan proses pengosongan baterai.

4.4.5 Pengujian *Solar Charger Controller* Pada PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Prosedur pengujian untuk *Solar Charger Controller*, dilakukan untuk mendapatkan data yang maksimal, gambar dibawah ini mengacu pada Gambar 3.7, untuk memperjelas dapat dilihat Gambar 4.11 dibawah ini:



Gambar 4. 11 Pengujian SCC Uji coba Pertama dan Kedua

Pada gambar diatas terdapat sebuah keterangan untuk memperjelas sebuah rangkaian diatas:

1. SCC yang di uji
2. DC Load Terminal
3. TFT Color Display
4. Setting Button

Pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa *Solar Charger Controller* dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan fungsinya sebagai pengendali untuk mencegah *Overcharge Voltage* atau *Under Charger* pada baterai. Beberapa pengujian yang dilakukan terhadap kinerja *Charger Controller* meliputi:

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian SCC

Data Pengujian SCC			
No	Parameter	Nilai Setting SCC	Hasil Pengujian

Tabel 4. 9 Lanjutan Tabel 4.8

1	<i>Underdischarge Voltage</i>	24,10 V	Lampu akan mati saat tegangan baterai turun menjadi 24,10 V, yang menunjukkan bahwa baterai telah mencapai tingkat kosong sebesar 50%. Pada saat ini, panel surya akan mulai mengisi ulang baterai sesuai dengan pengaturan sistem pengecasan (SCC) yang telah ditentukan sebelumnya.
2	<i>Overcharge Voltage</i>	27,4 V	Panel Surya akan terputus saat tegangan baterai mencapai 27,4 V sesuai dengan pengaturan sistem pengecasan (SCC) yang telah ditetapkan sebelumnya.
3	<i>Load Reconnect Voltage</i>	26 V	Lampu akan menyala kembali saat tegangan baterai mencapai 26 V sesuai dengan pengaturan sistem pengecasan (SCC) yang telah ditetapkan sebelumnya.
4	Uji Polaritas terbalik	OK	Uji polaritas terbalik menunjukkan hasil yang baik, pada saat pengujian terbalik panel surya tidak mengeluarkan energi listrik
5	Proteksi <i>Overload</i>	OK	Proteksi terhadap beban berlebih juga berfungsi dengan baik, karena aliran arus ke beban terputus ketika terjadi <i>overload</i>

4.4.6 Analisa Solar Charger Controller

Pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa *Solar Charger Controller* dapat berfungsi sebagaimana yang diharapkan, yaitu sebagai pengendali untuk

mencegah terjadinya *Overcharge Voltage* atau *Under Charger* pada baterai. Beberapa pengujian yang dilakukan terhadap kinerja *Charger Controller* meliputi:

Pengujian dilakukan untuk menguji tegangan pengisian berlebih (*Overcharge Voltage*). *Overcharge Voltage* adalah kondisi di mana baterai diisi dengan arus listrik secara berlebihan. Ketika pengisian dilakukan menggunakan *Charger* biasa yang tersedia di pasaran, pengisian akan berhenti secara otomatis ketika arus pengisian mencapai nol, yang menandakan bahwa baterai telah terisi penuh. Penghentian pengisian baterai dilakukan ketika tegangan baterai mencapai kisaran antara 25 V hingga 27,4 V (sesuai dengan tegangan pengisian yang disarankan oleh manufaktur baterai untuk sistem 24 V. Oleh karena itu, saat tegangan baterai mencapai kisaran 25 V hingga 27,4 V, pengisian arus listrik harus segera diputuskan. Pemutusan arus pengisian ini dilakukan secara elektronik oleh *Charger Controller*, yang merupakan salah satu fungsi dari *Solar Charger Controller*. Tujuan dari pemutusan ini adalah mencegah terjadinya pembentukan gas berlebihan pada baterai yang dapat menyebabkan penguapan air dan korosi pada *grid* baterai.

Pengujian tegangan pengosongan berlebih (*Underdischarge Voltage*) adalah proses menguras arus listrik dari baterai secara berlebihan sehingga baterai menjadi kosong. Untuk mencegah terjadinya pengosongan berlebih, fungsi pengendali pengisian surya (*Solar Charger Controller*) berperan penting dalam secara otomatis memutuskan atau menghentikan pengeluaran arus listrik dari baterai. Hal ini dapat diketahui melalui tegangan baterai yang mencapai sekitar 24,10 hingga 24,30 V. Oleh karena itu, ketika tegangan baterai mencapai 24,10 hingga 24,30 V, penggunaan arus listrik dari baterai harus dihentikan atau hubungan beban ke baterai harus segera diputuskan. Tegangan ini juga dikenal sebagai tegangan pemutusan beban (*Load Disconnect Voltage*), yang menandakan bahwa beban akan dipisahkan dari sistem. Tujuannya adalah mencegah baterai terlalu sering mencapai kondisi kosong yang dapat menyebabkan sulfasi baterai dan merusak baterai dengan cepat.

Mengukur tegangan pada sambungan beban (*Load Reconnect Voltage*)
Kisaran tegangan operasi baterai adalah kisaran dimana sistem PLTS masih dapat

menghidupkan beban. Kisaran *Voltase* operasional baterai untuk sistem 24 V adalah antara 24,10 dan 26 V. Dalam penggunaan sehari-hari yang umum, perawatan harus dilakukan untuk mencegah beban menaikkan *Voltase* baterai menjadi 24,10 V karena pada saat itu, beban akan mati jika scc di matikan. Tegangan penyambungan kembali beban adalah tegangan saat ini ketika beban dihubungkan.

Menguji Kesalahan Polaritas, pengujian ini dilakukan untuk memastikan proteksi polaritas terbalik tetap berfungsi dengan baik saat baterai dan terminal SCC dihubungkan dengan arah berlawanan. Dalam keadaan berikut, polaritas terbalik dapat terjadi: (1) Membalikkan interaksi pengontrol muatan dengan panel surya; (2) Membalikkan koneksi baterai dengan pengontrol muatan; (3) Menentang hubungan pengontrol muatan dengan beban.

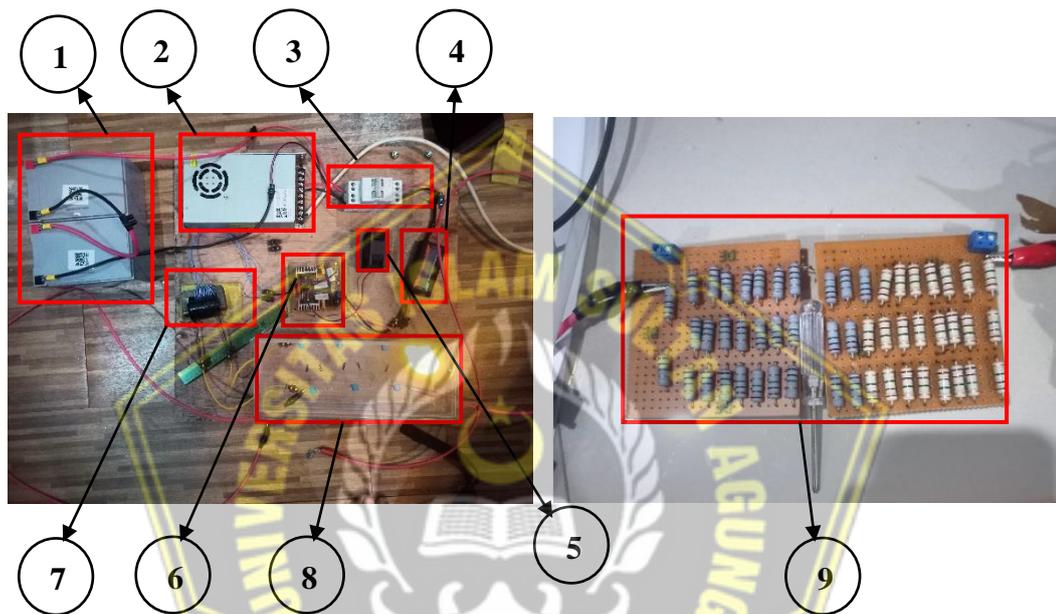
Pemeriksaan ini dilakukan untuk memastikan apakah hubung singkat atau kelebihan fungsi proteksi. Ketika beban lebih besar dari peringkat arus SCC, SCC beroperasi dengan benar. Hubung singkat terjadi Batteraibat hubungan langsung antara polaritas positif (+) dan negatif (-) sumber tegangan. Dalam hal ini, beban muatan adalah terminal positif dan terminal negatif. Beban akan menerima aliran listrik dari *Controller* yang juga berfungsi sebagai sumber tegangan. Risiko hubung singkat meningkat dengan kontak terminal positif dan negatif. Konduktor logam atau, kadang-kadang, hubungan langsung antara kabel positif dan negatif pada kabel yang menuju ke beban digunakan untuk menghubungkan beban ke pengontrol muatan. Komponen elektronik pengontrol muatan pasti akan rusak jika tidak dilindungi oleh perlindungan hubung singkat karena sejumlah besar arus tercipta dalam skenario hubung singkat ini.

4.5 Hasil Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong *Electrostatic Precipitator* Dengan Sumber *Power Supply* dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pada penelitian ini terdapat sebuah hasil pengujian tegangan tinggi cerobong *Electrostatic Precipitator* dengan sumber *Power Supply* dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebagai berikut:

4.5.1 Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong *Electrostatic Precipitator* Dengan Sumber *Power Supply* dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Prosedur pengujian terdiri dari tegangan, arus dan daya melibatkan tegangan tinggi pada alat Cerobong *Electrostatic Precipitator* yang digunakan, gambar dibawah ini mengacu pada gambar 3.8, untuk memperjelas dapat dilihat gambar 4.12 dibawah ini:



Gambar 4. 12 Pengujian Tegangan Tinggi Cerobong *Electrostatic Precipitator* Dengan Sumber *Power Supply* dan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pada gambar diatas terdapat sebuah keterangan untuk memperjelas sebuah rangkaian diatas:

1. Sumber Baterai 24 Volt
2. Sumber *Power Supply* 24 Volt
3. MCB COS
4. *Watt meter*
5. Kipas
6. *Mazzilli ZVS Converter Circuit*
7. *Converter Flyback*
8. *Cockcroft-Walton (DC)*
9. Pembagi Tegangan

Pada **Kamis, 20 Juli 2023** dilakukan uji coba. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji tegangan, arus dan daya *Output* pada tegangan tinggi tersebut serta melihat keberhasilan alat yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut kemudian ditampilkan dalam tabel yang disajikan di bawah ini:

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Rangkaian Trafo Flyback (AC) Sumber Power Supply 24 V

Pengujian Rangkaian Trafo Flyback (AC) Sumber Power Supply 24 V											
NO	Tegangan Input V	Arus Input A	Daya Input W	Jumlah Resistor	Resistor Total Ohm	Tegangan Pembagi V	Tegangan Output V	Arus Output A	Daya Output W	Frekuensi Hz	Effisiensi %
1	12	0,42	5,04	53	53000000	44,40	2353	0,000044	0,10	27,55	2,07%
2	13	0,48	6,24	53	53000000	47,70	2528	0,000048	0,12	27,46	1,93%
3	14	0,53	7,42	53	53000000	52,00	2756	0,000052	0,14	27,40	1,93%
4	15	0,59	8,85	53	53000000	58,20	3085	0,000058	0,18	27,36	2,03%
5	16	0,63	10,08	53	53000000	62,50	3313	0,000063	0,21	27,34	2,05%
6	17	0,69	11,73	53	53000000	68,58	3635	0,000069	0,25	27,34	2,13%
7	18	0,75	13,50	53	53000000	70,00	3710	0,000070	0,26	27,31	1,92%
8	19	0,77	14,63	53	53000000	73,00	3869	0,000073	0,28	27,31	1,93%
9	20	0,8	16,00	53	53000000	77,00	4081	0,000077	0,31	27,30	1,96%
10	21	0,85	17,85	53	53000000	82,50	4373	0,000083	0,36	27,31	2,02%
11	22	0,9	19,80	53	53000000	85,40	4526	0,000085	0,39	27,27	1,95%
12	23	0,92	21,16	53	53000000	94,10	4987	0,000094	0,47	27,29	2,22%
13	24	0,98	23,52	53	53000000	99,00	5247	0,000099	0,52	27,27	2,21%
		0,69	12,69	53	53000000	67,95	3601	0,000068	0,26	27,35	2,02%

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Rangkaian Cockcroft-Walton (DC) Sumber Power Supply 24 V

Pengujian Rangkaian Cockcroft-Walton (DC) Sumber Power Supply 24 V											
NO	Tegangan Input V	Arus Input A	Daya Input W	Jumlah Resistor	Resistor Total Ohm	Tegangan Pembagi V	Tegangan Output V	Arus Output A	Daya Output W	Effisiensi %	
1	12	0,69	8,28	53	53000000	209,43	11100	0,000209	2,32	28,08%	
2	13	0,75	9,75	53	53000000	228,30	12100	0,000228	2,76	28,33%	
3	14	0,83	11,62	53	53000000	249,06	13200	0,000249	3,29	28,29%	
4	15	0,91	13,65	53	53000000	264,15	14000	0,000264	3,70	27,09%	
5	16	0,97	15,52	53	53000000	284,91	15100	0,000285	4,30	27,72%	
6	17	1,06	18,02	53	53000000	305,66	16200	0,000306	4,95	27,48%	
7	18	1,12	20,16	53	53000000	322,64	17100	0,000323	5,52	27,37%	
8	19	1,19	22,61	53	53000000	339,62	18000	0,000340	6,11	27,04%	
9	20	1,25	25,00	53	53000000	360,38	19100	0,000360	6,88	27,53%	
10	21	1,34	28,14	53	53000000	381,13	20200	0,000381	7,70	27,36%	
11	22	1,39	30,58	53	53000000	398,11	21100	0,000398	8,40	27,47%	
12	23	1,45	33,35	53	53000000	418,87	22200	0,000419	9,30	27,88%	
13	24	1,50	36,00	53	53000000	437,74	23200	0,000438	10,16	28,21%	
		1,08	19,72	53	53000000	313,52	16617	0,000314	5,44	27,56%	

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Rangkaian *Trafo Flyback (AC)* Sumber Baterai 24 V

Pengujian Rangkaian Trafo Flyback (AC) Sumber Baterai 24 V											
NO	Tegangan Input V	Arus Input A	Daya Input W	Jumlah Resistor	Resistor Total Ohm	Tegangan Pembagi V	Tegangan Output V	Arus Output A	Daya Output W	Frekuensi Hz	Effisiensi %
1	12	0,41	4,92	53	53000000	50,30	2666	0,000050	0,13	26,98	2,73%
2	13	0,47	6,11	53	53000000	56,40	2989	0,000056	0,17	26,99	2,76%
3	14	0,52	7,28	53	53000000	63,70	3376	0,000064	0,22	27,03	2,95%
4	15	0,55	8,25	53	53000000	62,40	3307	0,000062	0,21	27,07	2,50%
5	16	0,62	9,92	53	53000000	67,90	3599	0,000068	0,24	27,08	2,46%
6	17	0,65	11,05	53	53000000	74,80	3964	0,000075	0,30	27,11	2,68%
7	18	0,7	12,60	53	53000000	75,50	4002	0,000076	0,30	27,16	2,40%
8	19	0,75	14,25	53	53000000	88,10	4669	0,000088	0,41	27,19	2,89%
9	20	0,8	16,00	53	53000000	86,00	4558	0,000086	0,39	27,22	2,45%
10	21	0,85	17,85	53	53000000	94,80	5024	0,000095	0,48	27,27	2,67%
11	22	0,91	20,02	53	53000000	101,10	5358	0,000101	0,54	27,31	2,71%
12	23	0,97	22,31	53	53000000	94,10	4987	0,000094	0,47	27,36	2,10%
13	24	1,01	24,24	53	53000000	94,50	5009	0,000095	0,47	27,41	1,95%
		0,68	12,55	53	53000000	76,26	4042	0,000076	0,32	27,15	2,56%

Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Rangkaian *Cockcroft-Walton (DC)* Sumber Baterai 24 V

Pengujian Rangkaian Cockcroft-Walton (DC) Sumber Baterai 24 V										
NO	Tegangan Input V	Arus Input A	Daya Input W	Jumlah Resistor	Resistor Total Ohm	Tegangan Pembagi V	Tegangan Output V	Arus Output A	Daya Output W	Effisiensi %
1	12	0,69	8,28	53	53000000	220,70	11697	0,000221	2,58	31,18%
2	13	0,76	9,88	53	53000000	241,10	12778	0,000241	3,08	31,18%
3	14	0,85	11,90	53	53000000	251,20	13314	0,000251	3,34	28,10%
4	15	0,92	13,80	53	53000000	278,10	14739	0,000278	4,10	29,70%
5	16	0,99	15,84	53	53000000	297,00	15741	0,000297	4,68	29,51%
6	17	1,07	18,19	53	53000000	316,40	16769	0,000316	5,31	29,17%
7	18	1,14	20,52	53	53000000	336,20	17819	0,000336	5,99	29,19%
8	19	1,2	22,80	53	53000000	355,00	18815	0,000355	6,68	29,30%
9	20	1,28	25,60	53	53000000	374,30	19838	0,000374	7,43	29,01%
10	21	1,34	28,14	53	53000000	391,40	20744	0,000391	8,12	28,85%
11	22	1,39	30,58	53	53000000	431,00	22843	0,000431	9,85	32,20%
12	23	1,45	33,35	53	53000000	430,00	22790	0,000430	9,80	29,38%
13	24	1,5	36,00	53	53000000	447,00	23691	0,000447	10,59	29,42%
		1,09	19,91	53	53000000	326,87	17324	0,000327	5,91	29,71%

Terdapat sebuah perhitungan dan grafik tegangan tinggi rangkaian *Trafo Flyback* cerobong *Electrostatic Precipitator* sumber Baterai 24 V:

A. Resistor Total

Di tabel 4.12 di atas, terdapat nilai resistor total. dapat menggunakan rumus (2.17) berikut untuk mencari Resistor Total:

$$R_{tot} = n \times K$$

$$R_{tot} = 53 \times 1.000.000 = 53.000.000 \text{ Ohm}$$

B. Tegangan Output

Dalam sistem *Trafo Flyback* dengan Sumber Baterai 24 V, untuk menentukan tegangan *Output* yang diinginkan, dapat menggunakan rumus (2.15) sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{tp} \times n$$

$$V_{out} = 50,30 \times 53 = 2666 \text{ V}$$

C. Arus *Output*

Dalam situasi rangkaian tersebut, dapat menggunakan rumus (2.16) guna menghitung nilai arus *Output* yang diinginkan:

$$A_{out} = \frac{V_{out}}{R_{tot}}$$

$$A_{out} = \frac{2666}{53.000.000} = 0,000050 \text{ A}$$

D. Daya *Output*

Dalam situasi rangkaian tersebut, dapat menggunakan rumus (2.21) guna menghitung nilai daya *Output* yang diinginkan:

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 2666 \times 0,000050$$

$$P_{out} = 0,13 \text{ Watt}$$

E. Daya *Input*

Dalam konteks rangkaian tersebut, dapat menggunakan persamaan (2.21) berikut untuk menghitung besaran daya *Input* yang diinginkan:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 12 \times 0,41 = 4,92 \text{ Watt}$$

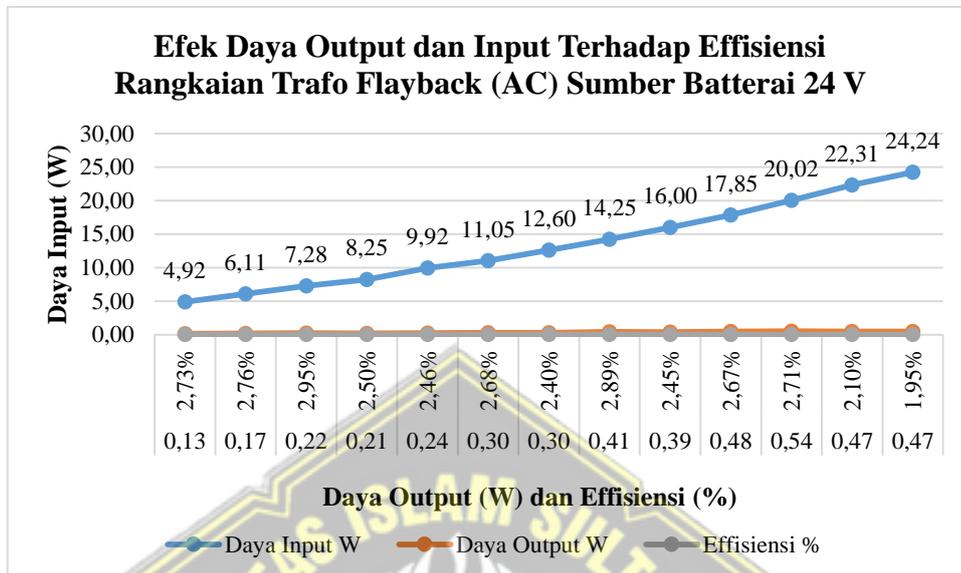
F. Efisiensi

Berikut adalah cara perhitungan efisiensi:

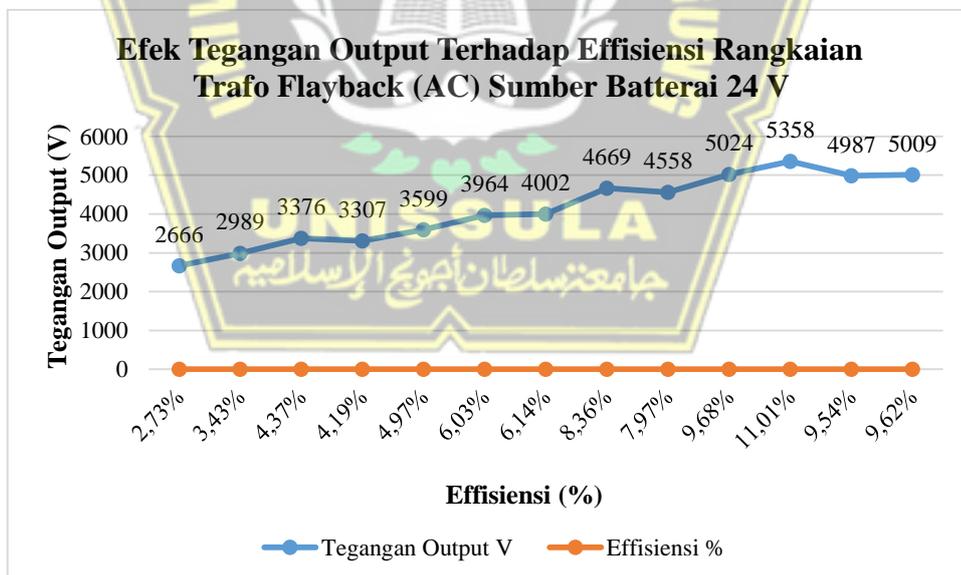
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,13}{4,92} \times 100\% = 2,73 \%$$

Untuk memberikan penjelasan lebih rinci mengenai perhitungan dan data dari *Trafo Flyback* Sumber Baterai 24 V di atas, silakan lihat gambar di bawah ini:



Gambar 4. 13 Grafik Daya Output dan Input Terhadap Effisiensi Rangkaian Trafo Flyback (AC) Sumber Baterai 24 V



Gambar 4. 14 Grafik Efek Tegangan Output Terhadap Effisiensi Rangkaian Trafo Flyback (AC) Sumber Baterai 24 V

Terdapat sebuah perhitungan dan grafik tegangan tinggi rangkaian *Cockroft-Walton* cerobong *Electrostatic Precipitator* sumber Baterai 24 V:

A. Resistor Total

Di tabel 4.13 di atas, terdapat nilai resistor total. dapat menggunakan rumus berikut untuk mencari Resistor Total:

$$R_{tot} = n \times K$$

$$R_{tot} = 53 \times 1.000.000$$

$$R_{tot} = 53.000.000 \text{ Ohm}$$

B. Tegangan *Output*

Dalam sistem *Cockroft-Walton* dengan Sumber Baterai 24 V, untuk menentukan tegangan *Output* yang diinginkan, dapat menggunakan rumus berikut:

$$V_{out} = V_{tp} \times n$$

$$V_{out} = 220,70 \times 53$$

$$V_{out} = 11.697 \text{ V}$$

C. Arus *Output*

Dalam situasi rangkaian tersebut, dapat menggunakan rumus berikut guna menghitung nilai arus *Output* yang diinginkan:

$$A_{out} = \frac{V_{out}}{R_{tot}}$$

$$A_{out} = \frac{11.697}{53.000.000}$$

$$A_{out} = 0,000221 \text{ A}$$

D. Daya *Output*

Dalam situasi rangkaian tersebut, dapat menggunakan rumus berikut guna menghitung nilai daya *Output* yang diinginkan:

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 11.697 \times 0,000221$$

$$P_{out} = 2,58 \text{ Watt}$$

E. Daya *Input*

Dalam konteks rangkaian tersebut, dapat menggunakan persamaan berikut untuk menghitung besaran daya *Input* yang diinginkan:

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 12 \times 0,69$$

$$P_{in} = 8,28 \text{ Watt}$$

F. Efisiensi

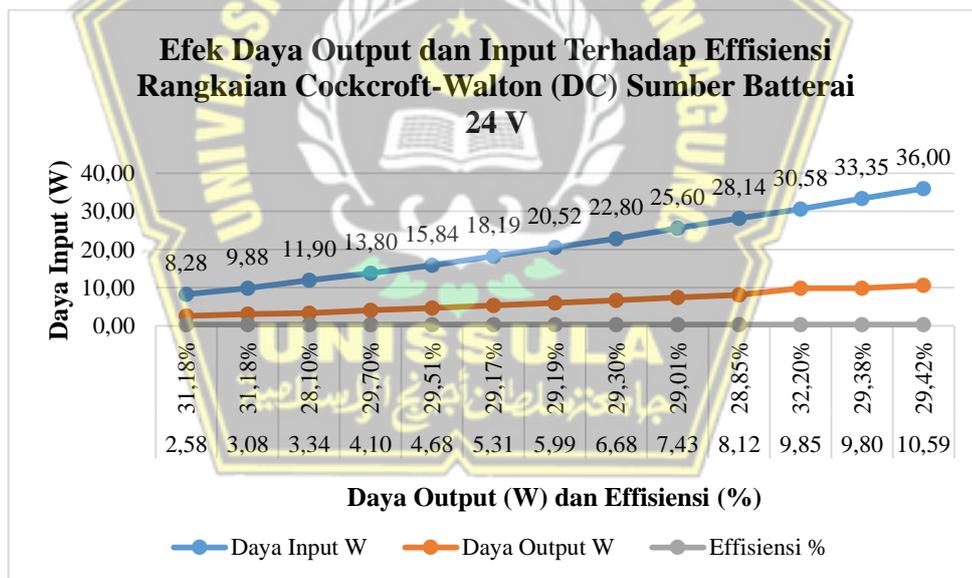
Berikut adalah cara perhitungan efisiensi:

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

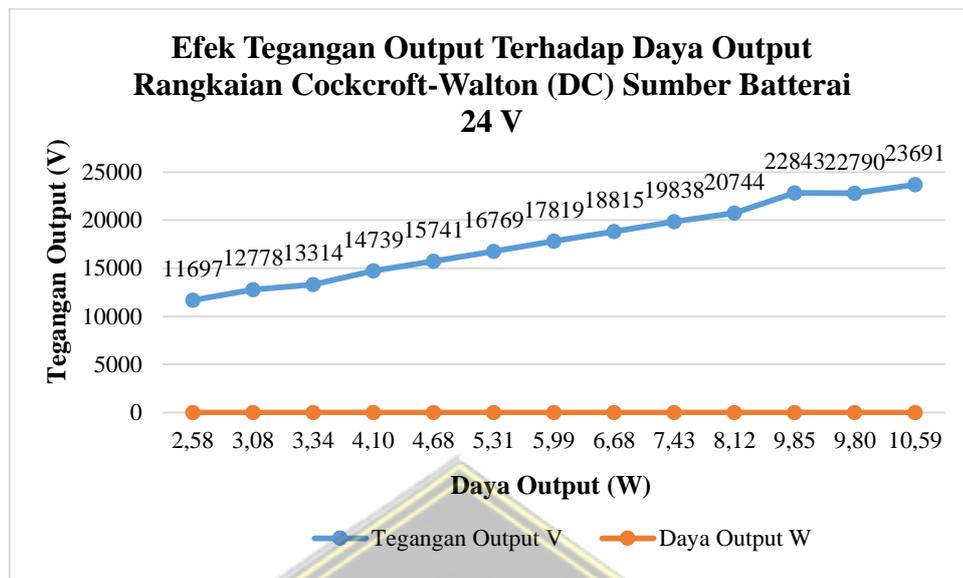
$$\eta = \frac{2,58}{8,28} \times 100\%$$

$$\eta = 31,18 \%$$

Untuk memberikan penjelasan lebih rinci mengenai perhitungan dan data dari *Cockroft-Walton* Sumber Baterai 24 V di atas, silakan lihat gambar di bawah ini:



Gambar 4. 15 Grafik Efek Daya *Output* dan *Input* Terhadap Efisiensi Rangkaian *Cockroft-Walton* (DC) Sumber Baterai 24 V



Gambar 4. 16 Efek Tegangan Terhadap Daya Output Rangkaian Cockcroft-Walton (DC) Sumber Baterai 24 V

4.5.2 Analisa Tegangan Tinggi Cerobong *Electrostatic Precipitator* Sumber Baterai 24 V

Gambar 4.13 memperlihatkan bagaimana daya *Output* dan *Input* berpengaruh terhadap efisiensi pada rangkaian *Trafo Flyback (AC)* sumber Baterai 24 V. Dalam gambar tersebut, efisiensi cenderung naik turun, sementara daya *Output* dan *Input* yang dihasilkan semakin naik.

Gambar 4.14 memperlihatkan bagaimana tegangan *Output* berpengaruh terhadap efisiensi pada rangkaian *Trafo Flyback (AC)* sumber Baterai 24 V. Dalam gambar tersebut, efisiensi cenderung naik turun, sementara tegangan keluaran yang dihasilkan tidak menentu atau mengalami fluktuasi.

Gambar 4.15 memperlihatkan bagaimana daya *Output* dan *Input* berpengaruh terhadap efisiensi pada rangkaian *Cockcroft-Walton (DC)* sumber Baterai 24 V. Dalam gambar tersebut, efisiensi cenderung naik turun, sementara daya *Output* dan *Input* yang dihasilkan semakin naik. Untuk daya *Output* dan *Input* pada rangkaian *Cockcroft-Walton (DC)* lebih besar di bandingkan dengan rangkaian *Trafo Flyback (AC)*, dikarenakan fungsi rangkaian *Cockcroft-Walton (DC)* untuk mengalikan tegangan menjadi tinggi sehingga daya *Output* dan *Input* juga menjadi tinggi.

Gambar 4.16 menggambarkan bagaimana tegangan dan arus *Output* berhubungan dengan daya *Output* pada rangkaian *Cockcroft-Walton (DC)* sumber Baterai 24 V. Dalam grafik tersebut, tegangan *Output* tampak mengalami fluktuasi, sedangkan arus dan daya *Output* cenderung menurun. Tegangan *Output* mencapai nilai tertinggi sebesar 23.691 V dengan daya *Output* mencapai nilai 10,59 W. Penurunan yang drastis pada dan daya *Output* dibandingkan dengan daya *Input* terjadi karena sebagian besar daya *Output* digunakan untuk meningkatkan tegangan menjadi tinggi. Selain penurunan pada daya *Output*, untuk arus *Output* juga mengalami penurunan secara drastis dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13. Perbandingan pengujian ini dengan sumber *Power Supply* dilakukan karena tegangan pada *Power Supply* tetap stabil, sedangkan pada Baterai ada beberapa yang mengalami tegangan berlebih. Hal inilah yang menyebabkan tegangan *Output* lebih besar ketika menggunakan Baterai dibandingkan dengan menggunakan sumber *Power Supply*.

4.6 Hasil Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Tegangan *Input* Berubah-Ubah

Pada penelitian ini terdapat sebuah hasil PLTS terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan tegangan *Input* berubah-ubah sebagai berikut:

4.6.1 Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Tegangan *Input* Berubah-Ubah

Prosedur pengujian terdiri dari tegangan, arus dan daya melibatkan kinerja pada alat Cerobong *Electrostatic Precipitator* yang digunakan, gambar dibawah ini mengacu pada gambar 3.9, untuk memperjelas dapat dilihat gambar 4.17 dibawah ini:



(1) Tegangan *Input* Bernilai 12 Volt (2) Tegangan *Input* Bernilai 22 Volt

Gambar 4. 17 Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator*
Berdasarkan Tegangan *Input* Berubah-Ubah

Pada **Jumat 21 Juli 2023** dilakukan uji coba. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tegangan *Input* yang berubah-ubah yang digunakan untuk kinerja alat *Electrostatic Precipitator* tersebut dan keberhasilan alat yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut kemudian ditampilkan dalam tabel yang disajikan di bawah ini:

Tabel 4. 14 Hasil Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator*
Berdasarkan Tegangan *Input* Berubah-Ubah

Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Tegangan <i>Input</i> Berubah-Ubah										
NO	Tegangan Input V	Arus Input A	Daya Input W	Ukuran Cerobong Cm	Debu Awal Gram	Debu Yang Tidak Menempel Gram	Debu Yang Menempel Gram	Effisiensi %	Asap Pada Cerobong	Asap Dengan Ikan Pada Cerobong
1	12	0,58	7,00	13	5	1,49	3,51	70,18	Tampak	Tampak
2	14	0,80	11,30			1,37	3,63	72,66	Tampak	Tampak
3	16	0,90	14,40			1,41	3,59	71,88	Hilang	Hilang
4	18	1,39	25,20			1,02	3,98	79,58	Hilang	Hilang
5	20	1,22	24,40			1,00	4,00	80,04	Hilang	Hilang
6	22	1,39	30,70			0,93	4,07	81,38	Hilang	Hilang

Terdapat sebuah perhitungan dan grafik plts terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan tegangan *Input* berubah-ubah:

A. Debu Yang Menempel

Dalam situasi rangkaian tersebut, dapat menggunakan rumus (2.9) guna menghitung nilai debu yang menempel pada cerobong tersebut:

- Tegangan *Input* 12 V

$$C_{t12} = C_o - 1,49$$

$$C_{t12} = 5 - 1,49 = 3,51 \text{ gram}$$

B. Effisiensi

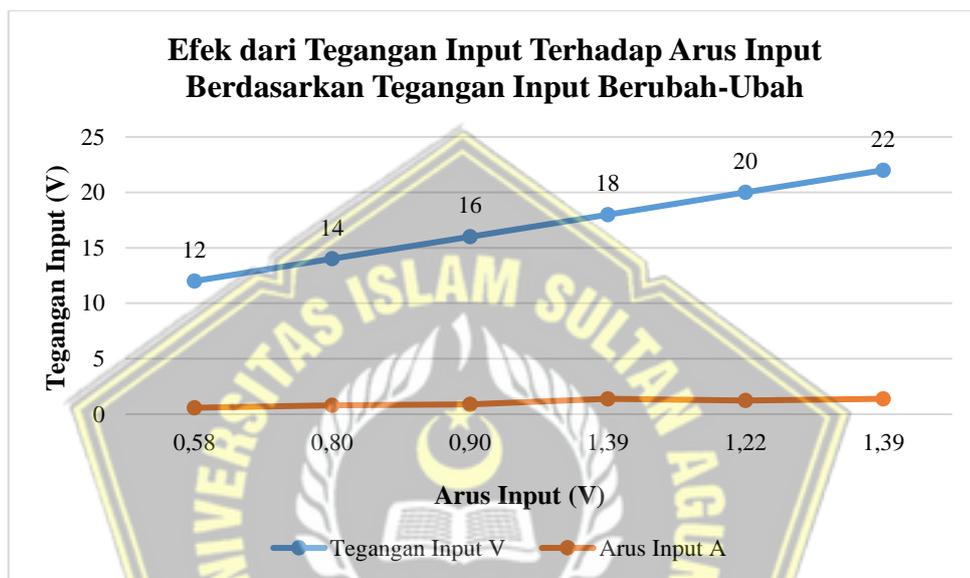
Pada perhitungan effisiensi ini dapat melihat persamaan (2.10) yang dikenal sebagai persamaan *Deutsch-Anderson*:

- Efisiensi Tegangan *Input* 12 V

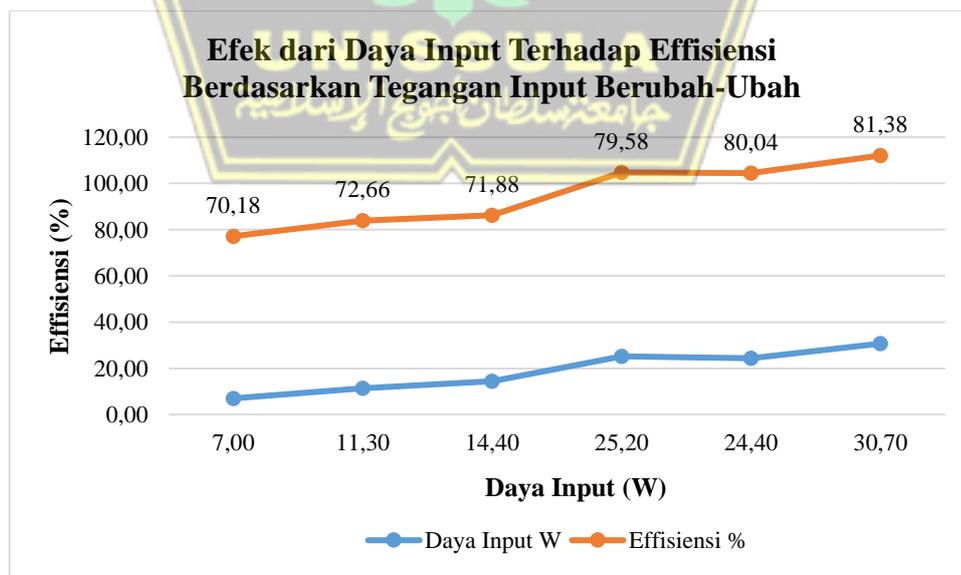
$$E_{12} = (C_o - 1,49) / C_o * 100$$

$$E_{12} = (5 - 1,49) / 5 * 100 = 70,18 \%$$

Untuk memberikan penjelasan lebih rinci mengenai perhitungan dan data dari plts terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan tegangan *Input* berubah-ubah di atas, silakan lihat gambar di bawah ini:



Gambar 4. 18 Grafik Efek Tegangan *Input* Terhadap Arus *Input* Berdasarkan Tegangan *Input* Berubah-Ubah



Gambar 4. 19 Grafik Efek Daya *Input* Terhadap Effisiensi Berdasarkan Tegangan *Input* Berubah-Ubah

4.6.2 Analisa PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Tegangan *Input* Berubah-Ubah

Pada gambar 4.18 hanya 22 V dan 12 V tegangan tertinggi dan terendah yang dapat dihasilkan oleh PLTS konvensional. Arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh sebuah PLTS adalah 0,58 sampai 1,39 A, dari terendah ke tertinggi. Gambar 4.18 grafik mengilustrasikan hubungan antara tegangan dan arus, menunjukkan bahwa ketika tegangan naik, arus harus secara bersamaan naik.

Berdasarkan data pada gambar 4.19 yang didapatkan, terlihat bahwa nilai pada daya *Input*, yaitu dan 30,70 *Watt*, dengan nilai efisiensi (η) tertinggi sebesar 81,38 %. Sementara itu, nilai yang diperoleh pada daya *Input*, yaitu 7,00 *Watt* dengan nilai efisiensi (η) terendah sebesar 70,18 %. Hubungan antara daya *Input* terhadap efisiensi terlihat pada grafik 4.19 ketika daya *Input* naik maka nilai efisiensi juga naik. Sama seperti hubungan tegangan dan arus *Input* pada gambar 4.18. Untuk analisa plts terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan tegangan *Input* berubah-ubah dapat disimpulkan bahwa nilai *Input* yang paling efisien terdapat pada nilai tegangan 16 V, arus 0,90 A, dan daya 14,40 W, dengan nilai efisiensi 71,88 % terlihat pada tabel tersebut untuk asap pada cerobong tanpa ikan maupun dengan ikan asap keduanya hilang.

4.7 Hasil Pengujian PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah

Pada penelitian ini terdapat sebuah hasil PLTS terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan ukuran cerobong berubah-ubah sebagai berikut:

4.7.1 Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah

Prosedur pengujian terdiri dari tegangan, arus dan daya melibatkan kinerja pada alat Cerobong *Electrostatic Precipitator* yang digunakan, gambar dibawah ini mengacu pada gambar 3.9, untuk memperjelas dapat dilihat gambar 4.20 dibawah ini:



(1) Ukuran Cerobong Bernilai 12 Cm (2) Ukuran Cerobong Bernilai 13 Cm

Gambar 4. 20 Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah

Pada Sabtu, 22 Juli 2023, dilakukan uji coba untuk mengevaluasi dan ukuran cerobong yang berubah-ubah yang digunakan dalam kinerja alat *Electrostatic Precipitator* serta keberhasilan alat yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut kemudian dihadirkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 15 Hasil Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah

Pengujian PLTS Terhadap Kinerja Cerobong <i>Electrostatic Precipitator</i> Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah										
NO	Ukuran Cerobong Cm	Tegangan Input V	Arus Input A	Daya Input W	Debu Awal Gram	Debu Yang Tidak Menempel Gram	Debu Yang Menempel Gram	Effisiensi %	Asap Pada Cerobong	Asap Dengan Ikan Pada Cerobong
1	8	14,00	0,59	8,20	5	0,69	4,31	86,24	Tampak	Tampak
2	9		0,69	9,60		0,94	4,06	81,19	Tampak	Tampak
3	10		0,69	9,70		1,11	3,89	77,88	Hilang	Hilang
4	11		0,70	9,70		0,83	4,17	83,32	Hilang	Hilang
5	12		0,85	11,90		1,33	3,67	73,30	Hilang	Hilang
6	13		0,92	12,90		1,29	3,71	74,13	Hilang	Hilang

Terdapat sebuah perhitungan dan grafik plts terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan ukuran cerobong berubah-ubah:

A. Debu Yang Menempel

Dalam situasi rangkaian tersebut, dapat menggunakan rumus (2.9) guna menghitung nilai debu yang menempel pada cerobong tersebut:

- Ukuran Cerobong 8 Cm

$$C_{t12} = C_o - 0,69$$

$$C_{t12} = 5 - 0,69 = 4,31 \text{ gram}$$

B. Effisiensi

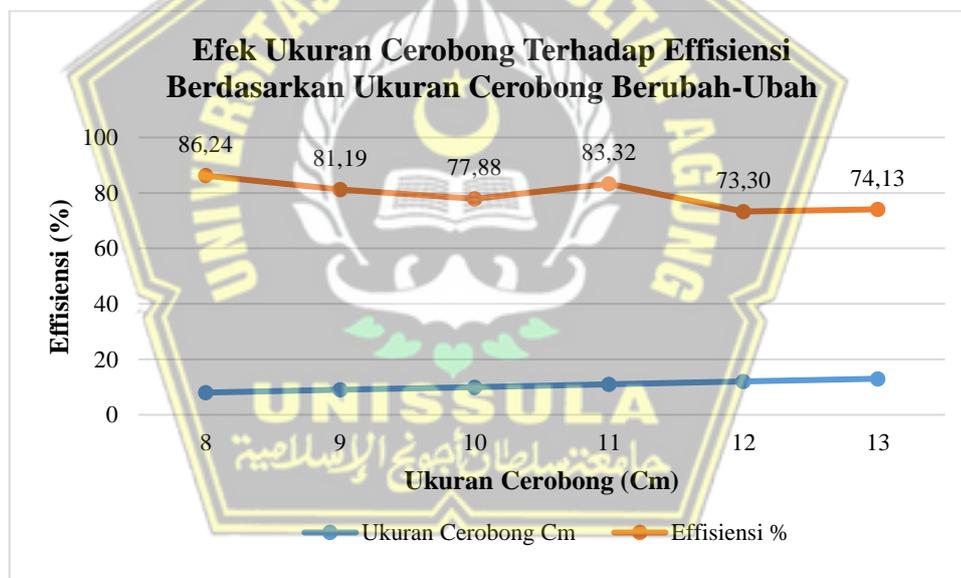
Pada perhitungan effisiensi ini dapat melihat persamaan (2.10) yang dikenal sebagai persamaan *Deutsch-Anderson*:

- Effisiensi Ukuran Cerobong 8 Cm

$$E_{12} = (C_o - 0,69) / C_o * 100$$

$$E_{12} = (5 - 0,69) / 5 * 100 = 86,24 \%$$

Untuk memberikan penjelasan lebih rinci mengenai perhitungan dan data dari plts terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan ukuran cerobong berubah-ubah di atas, silakan lihat gambar di bawah ini:



Gambar 4. 21 Grafik Efek Ukuran Cerobong Terhadap Effisiensi

4.7.2 Analisa PLTS Terhadap Kinerja Cerobong *Electrostatic Precipitator* Berdasarkan Ukuran Cerobong Berubah-Ubah

Berdasarkan data pada gambar 4.21 yang didapatkan, terlihat bahwa nilai pada ukuran cerobong terkecil 8 Cm, yaitu nilai efisiensi (η) tertinggi sebesar 86,24 %. Sementara itu, nilai yang diperoleh pada ukuran cerobong terbesar 12 Cm, yaitu dengan nilai efisiensi (η) terendah sebesar 73,30 %. Hubungan antara ukuran

cerobong terhadap efisiensi terlihat pada grafik 4.21 ketika ukuran cerobong naik maka nilai efisiensi turun. Untuk analisa plts terhadap kinerja cerobong *Electrostatic Precipitator* berdasarkan ukuran cerobong berubah-ubah dapat disimpulkan bahwa nilai ukuran cerobong yang paling efisien terdapat pada nilai 11 Cm yaitu dengan nilai efisiensi 83,32 %, terlihat pada tabel tersebut untuk asap pada cerobong tanpa ikan maupun dengan ikan asap keduanya hilang.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari data hasil penelitian dan pembahasan tentang Perancangan Pencatu Daya Alat *Electrostatic Precipitator* Dengan *Solar Cell* Pada Cerobong Pengasapan Ikan adalah sebagai berikut:

1. Potensi intensitas radiasi matahari yang diserap *Solar Cell* sangatlah mempunyai efisiensi yang baik, pada pengujian pertama mempunyai nilai efisiensi terendah 8,50 %, tertinggi 15,76 % dan rata-rata 13,03 %,.. Sedangkan, pada pengujian kedua mempunyai nilai efisiensi terendah 12,38 %, tertinggi 17,19 % dan rata-rata 14,72%.
2. Untuk mengoperasikan alat *Electrostatic Precipitator* dengan daya yang didapat dari intensitas radiasi matahari sangat mencukupi, dikarenakan pada pengujian pertama dan kedua rata-rata daya *Output* panel surya bernilai 29,51 dan 49,49 *Watt*, sedangkan untuk daya *Input* alat tersebut dengan dua kali percobaan bernilai 30,70 dan 10,33 *Watt*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. Selain beban cerobong *Electrostatic Precipitator*, digunakan beban lampu untuk pengosongan baterai panel surya, kedepannya pada saat pengujian pengosongan baterai panel surya gunakanlah beban lampu pijar dikarenakan nilai dari pengujiannya lebih real dibandingkan lampu led.
2. Memelihara PLTS secara teratur sangat penting untuk memastikan PLTS beroperasi pada efisiensi puncak dan memperpanjang umurnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Alat Pengasapan Ikan Dan Mutu Ikan Asap, J. Sirait, S. Hadi Saputra Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda Jalan MTHaryono, and B. No, "220 Jantri Sirait, Suroto. HS TECHNOLOGY OF FISH-SMOKING TOOLAND THE SMOKED FISH QUALITY," no. 1, pp. 220–229, 2020.
- [2] J. Abidin and F. A. Hasibuan, "Penyebaran Konsentrasi Polutan Dengan Pemodelan Dispersi Gauss Menggunakan Matlab," *J. Pendidik. Fis. dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 227–234, 2019, doi: 10.29303/jpft.v5i2.1341.
- [3] Winarno, "Analisis Kinerja *Electrostatic Precipitator (ESP)* Berdasarkan Pembagian Besarnya Arus Transformator di PT. PJB UBJOM PLTU Paiton," *J. EECCIS*, vol. 14, no. 2, pp. 45–57, 2020.
- [4] I. Purwanto, J. T. Informatika, F. T. Industri, U. Trisakti, and T. Surya, "SOLAR CELL (PHOTOVOLTAIC / PV) SOLUSI MENUJU," vol. 5, no. 2, pp. 117–126, 2020.
- [5] B. A. B. Ii and T. Pustaka, "BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1," pp. 1–64, 2002.
- [6] N. Nurhadi, P. N. Malang, P. Udianto, and P. N. Malang, "PENGARUH INTENSITAS CAHAYA MATAHARI TERHADAP *OUTPUT* menciptakan peralatan dengan energi alternatif , misalnya pengembangan kendaraan," no. November, 2017.
- [7] F. A. Rayvaldo, "Pengembangan Filter Partikulat Pm0. 1 Berbasis Elektrostatis Tegangan Rendah Arus Ac Untuk Sistem Pembuangan Emisi Sepeda Motor." Universitas Brawijaya, 2018.
- [8] J. Bawalo, M. Rumbayan, and N. M. Tulung, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Rumah Kebun Desa Ammat Kabupaten Kepulauan Talaud," *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, 2014.
- [9] D. A. Hapidin, I. Saleh, M. M. Munir, and Khairurrijal, "Design and Development of a Series-configuration Mazzilli Zero Voltage Switching Flyback Converter as a High-voltage *Power Supply* for Needleless Electrospinning," *Procedia Eng.*, vol. 170, pp. 509–515, 2017, doi:

- 10.1016/j.proeng.2017.03.081.
- [10] K. M. Habsari and D. J. D. HS, “Metode Flyback pada Pembangkitan Tegangan Tinggi untuk Aplikasi Plasma Electrolytic Oxidation,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 3, pp. 374–379, 2017.
- [11] Gianto, M. Sarwoko, and E. Kurniawan, “Perancangan dan Implementasi Pengendap Debu Dengan Tegangan Tinggi Secara Elektrostatik,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 2091–2097, 2015, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/303>.
- [12] H. N. K. Ningrum, B. Artono, R. J. K. Haryo, and S. D. Ardiansyah, “Rancang Bangun Prototype *Electrostatic Precipitator (ESP)* Sebagai Penangkap Debu Asap Paska Pengelasan,” *JREC (Journal Electr. Electron.*, vol. 8, no. 2, pp. 67–74, 2020, doi: 10.33558/jrec.v8i2.2349.
- [13] S. Fuada *et al.*, “Analisis Rangkaian Pembagi Tegangan dan Perbandingan Hasil Simulasinya Menggunakan Simulator Offline,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 1, pp. 28–46, 2022.
- [14] B. H. Purwoto, J. Jatmiko, M. A. Fadilah, and I. F. Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 10–14, 2018, doi: 10.23917/emit.v18i01.6251.
- [15] N. M. Janna and D. A. Widodo, “Analisis Karakteristik Modul Panel Surya Dengan Sistem Pendingin Air,” *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 6, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.33772/jfe.v6i1.16200.
- [16] A. G. Hutajulu, M. RT Siregar, and M. P. Pambudi, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 23, 2020, doi: 10.24912/tesla.v22i1.7333.
- [17] P. R. Michael, D. E. Johnston, and W. Moreno, “A conversion guide: Solar irradiance and *Lux* illuminance,” *J. Meas. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 153–166, 2020, doi: 10.21595/jme.2020.21667.
- [18] T. Haryanto, H. Charles, and H. Pranoto, “Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch,” vol. 10, no. 1,

- 2021.
- [19] N. Evalina, F. Irsan Pasaribu, A. H. Abdul Azis, R. Dimas Ivana, and J. Kapt Muchtar Basri No, "Implementasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin," *Uisu*, p. 62, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/4143>.
- [20] "Inilah Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," 2021, [Online]. Available: <https://www.radius.co.id/inilah-karakteristik-baterai-sebagai-penyimpan-energi-listrik-secara-spesifik/>.
- [21] P. D. A. N. Perawatannya, "Akumulator, pemakaian dan perawatannya," vol. 11, no. 01, 2015.
- [22] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1.
- [23] S. Modjo, "PLN vs Energi Terbarukan: Peraturan Menteri ESDM Terkait Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap," *J. Huk. Lingkungan. Indones.*, vol. 6, no. 1, pp. 19–40, 2020, doi: 10.38011/jhli.v6i1.89.
- [24] F. Hidayat, B. Winardi, and A. Nugroho, "Analisis Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro," *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 875, 2019, doi: 10.14710/transient.7.4.875-882.
- [25] M. T. Darno, Yehannes M. Simanjutak, "Studi Perencanaan Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts)," *J. Untan*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2017.
- [26] H. Purnomo, "Rangkaian Elektrik (Analisis Keadaan Mantab)," *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Brawijaya Malang*, vol. 1, p. 64, 2017, [Online]. Available: <http://elektro.ub.ac.id/wp-content/uploads/2019/01/Rangkaian-Elektrik-pdf.pdf>.
- [27] M. Syahwil and N. Kadir, "Rancang Bangun Modul Pembangkit Listrik

Tenaga Surya (PLTS) Sistem Off-grid Sebagai Alat Penunjang Praktikum Di Laboratorium,” *J. Pengelolaan Lab. Pendidik.*, vol. 3, no. 1, pp. 26–35, 2021, doi: 10.14710/jplp.3.1.26-35.

- [28] D. Amalia, H. Abdillah, and T. W. Hariyadi, “Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangakai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off-Grid,” *J. Elektro dan Mesin Terap.*, no. Vol. 8 No. 1 (2022), pp. 12–21, 2022, doi: 10.35143/elementer.v8i1.5187.

