

ANALISIS RANCANGAN TRAINER KOMBINASI PV TIPE POLYCRYSTALLINE DAN MONOCRYSTALLINE PADA EBT

SKRIPSI

OLEH :

**Youstra Sebayang
18.812.0046**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

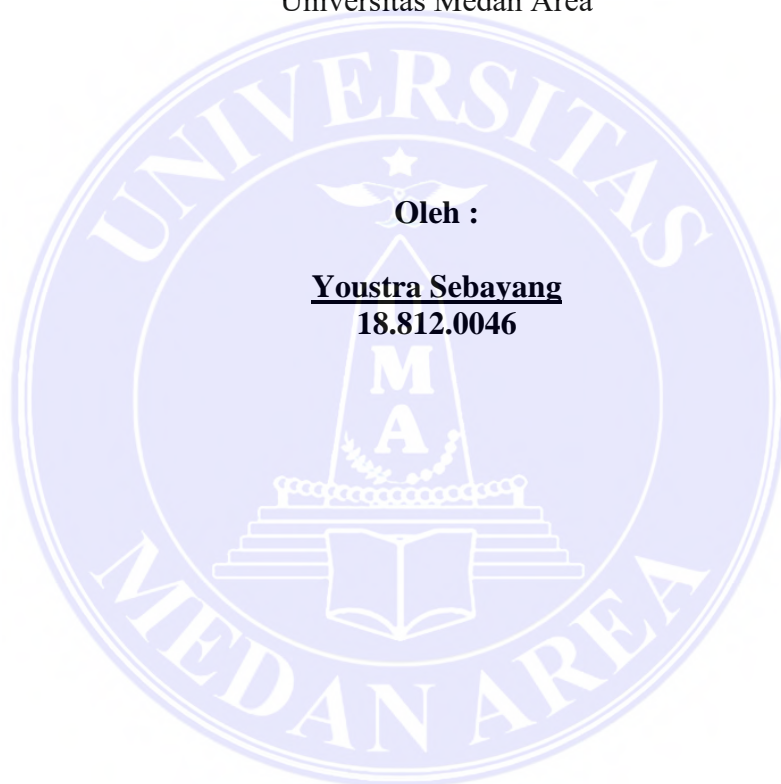
Document Accepted 27/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)27/12/22

ANALISIS RANCANGAN TRAINER KOMBINASI PV TIPE POLYCRYSTALLINE DAN MONOCRYSTALLINE PADA EBT

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



Oleh :

Youstra Sebayang
18.812.0046

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)27/12/22



LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Rancangan *Trainer* Kombinasi PV Tipe
Polycrystalline dan *Monocrystalline* pada EBT

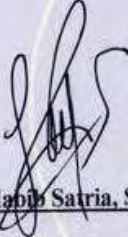
Nama : Youstra Sebayang

NPM : 18.812.0046


Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing


Hani Satria, S.Pd, MT

Pembimbing I


Fadhilah Azmi, S.Pd, M.Kom

Pembimbing II



Dr. Rahmat Syah, S.Kom, M.Kom

Dekan



Hani Satria, S.Pd, MT

Ka. Prodi

Tanggal Lulus :

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 17 Oktober 2022



Youstra Sebayang

188120046

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Youstra Sebayang

NPM : 188120046

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

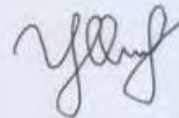
**ANALISIS RANCANGAN TRAINER KOMBINASI PV TIPE
POLYCRYSTALLINE DAN MONOCRYSTALLINE PADA EBT.**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di: Medan

Pada Tanggal: 17 Oktober 2022



(Youstra Sebayang)

ABSTRAK

Trainer merupakan sebuah media objek yang mirip dengan benda nyata yang memudahkan sebagai sarana pembelajaran. Energi surya adalah energi terbarukan. Setiap tipe PV memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. Sehubungan dengan itu perancangan trainer solar panel kombinasi PV tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* pada EBT ini bertujuan sebagai media pembelajaran Energi Baru Terbarukan (EBT). Solar panel tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* mempunyai karakteristik, kinerja, dan efisiensi yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil data tersebut agar dapat dianalisis, maka trainer tersebut dirancang dengan menggunakan *Wattmeter DC*, *Solar Charge Controller*, dan Baterai. Percobaan dilakukan pada tanggal 17 Juli 2022 dan pada trainer ini dapat dilihat efisiensi rata-rata pada panel surya *polycrystalline* sebesar 12,01%, panel surya *monocrystalline* sebesar 6,11%, dan paralel panel surya *polycrystalline* dan *monocrystalline* sebesar 4,20%.

Kata kunci : Trainer, Solar Panel, *Polycrystalline*, *Monocrystalline*, EBT

ABSTRACT

Trainer is a medium object similar to real objects that facilitates learning. Solar energy is renewable energy. Each type of PV has its own advantages and disadvantages. In this regard, the design of a solar panel trainer, a combination of polycrystalline and monocrystalline PV type in NRE, aims to be a learning medium for New and Renewable Energy (EBT). Solar panels of polycrystalline and monocrystalline types have different characteristics, performance, and efficiency. To get the results of the data so that it can be analyzed, the trainer is designed using a DC Wattmeter, Solar Charge Controller, and Battery. The experiment was conducted on July 17, 2022 and in this trainer can be seen the average efficiency on polycrystalline solar panels of 12.01%, monocrystalline solar panels of 6.11%, and parallel polycrystalline and monocrystalline solar panels of 4.20%.

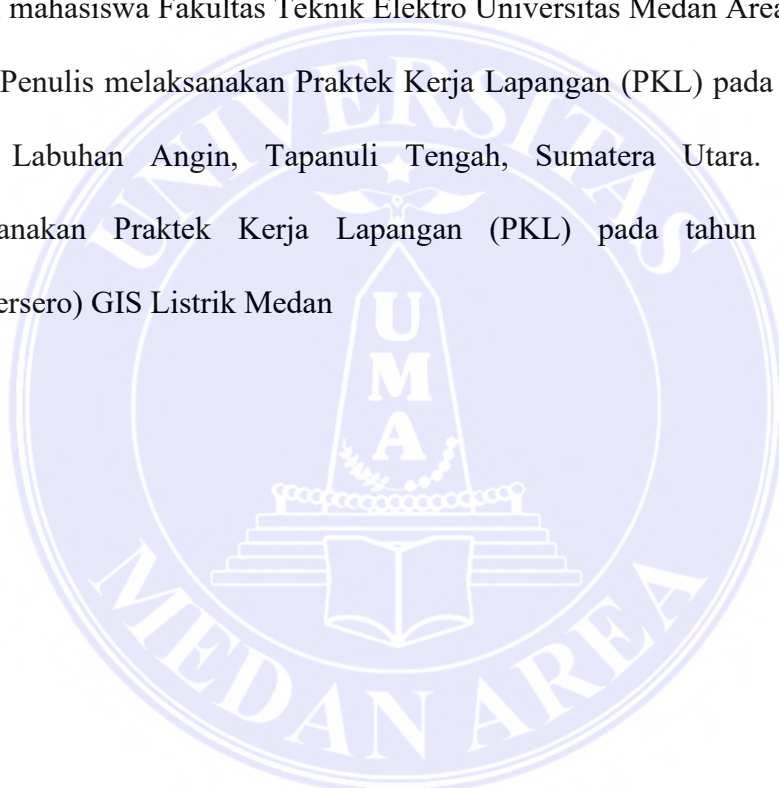
Keywords : Trainer, Solar Panel, *Polycrystalline*, *Monocrystalline*, NRE

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan. Pada tanggal 17 Februari 1995 dari ayah Halextra Sebayang dan ibu Purnamalena br Sembiring. Penulis merupakan putra 3 dari 3 bersaudara.

Tahun 2013 Penulis lulus dari SMA Santo Thomas 1 Medan. Tahun 2016 Penulis lulus dari Politeknik Negeri Medan dan pada Tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area.

Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2016 di PLTU Labuhan Angin, Tapanuli Tengah, Sumatera Utara. Penulis juga melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) pada tahun 2021 di PT PLN(Persero) GIS Listrik Medan



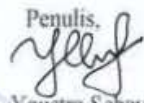
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Mahas Esa atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah : Trainer Solar Panel dengan judul **“ANALISIS RANCANGAN TRAINER KOMBINASI PV TIPE POLYCRYSTALLINE DAN MONOCRYSTALLINE PADA EBT”**

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa materi, moral dan spiritual. Selayaknya Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.kom, M.kom, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Habib Satria, S. pd, M. T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
4. Bapak Habib Satria, S. Pd, M. T, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Fadhillah Azmi, S. Pd, M. Kom, selaku Dosen Pembimbing II.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro dan Staff Pegawai di Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area.
7. Ucapan terima kasih saya yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya, yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta Do'a yang tiada henti untuk penulis.
8. Serta teman-teman seperjuangan stambuk 2018 Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Medan Area, serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis,

Youstra Sebayang



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Trainer	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	5
2.3 Cara Kerja PLTS	6
2.4 Energi	9
2.5 Sistem PLTS	11
2.5.1 Sistem PLTS Terpusat(<i>Off-Grid</i>)	11
2.5.2 Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	12
2.5.3 Sistem PLTS <i>Hybrid</i>	13
2.6 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	14

2.6.1 Sel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	15
2.6.2 Pola Rangkaian Instalasi Sel Surya.....	15
2.6.3 Karakteristik Sel Surya	16
2.6.4 Jenis Sel Surya	18
2.6.5 Perhitungan Efisiensi Panel Surya	20
2.7 Solar Charge Control	21
2.8 Baterai	23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.1.1 Tempat Penelitian	24
3.2 Blok Diagram.....	25
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.4 Prosedur Pembuatan Alat.....	29
3.4.1 Perancangan dan Pembuatan Mekanik Seluruh Sistem	31
3.4.2 Pemasangan Seluruh Sistem	33
3.4.3 Pemasangan Instalasi Seluruh Sistem.....	35
3.4.4 Pemasangan Stiker sebagai Jalur Rangkaian	36
3.5 <i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat	37
3.6. Spesifikasi Alat	39
3.6.1 Panel Surya 10 WP <i>Polycrystalline</i>	39
3.6.2 Panel Surya 10 WP <i>Monocrystalline</i>	39
3.6.3 <i>Solar Charge Controller</i>	40
3.6.4 Baterai	40

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Umum	41
4.2 Cara Mengoperasikan Trainer.....	41
4.2.1 Modul 1 (Pengukuran Parameter Panel Surya <i>Polycrystalline</i>)..	42
4.2.2 Modul 2 (Pengukuran Parameter Panel Surya <i>Monocrystalline</i>)	47
4.2.3 Modul 3 (Pengukuran Parameter Panel Surya Paralel).....	52

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA	60
-----------------------------	----



DAFTAR TABEL

3.1 Waktu dan Uraian Kegiatan	24
3.2 Alat yang Digunakan.....	27
3.3 Komponen Elektronik dan Bahan yang Dibutuhkan	28
4.1 Tujuan Percobaan Panel Surya Tipe Polycrystalline	42
4.2 Alat dan Bahan Panel Surya Tipe Polycrystalline	42
4.3 Prosedur Percobaan Panel surya Tipe Polycrystalline	43
4.4 Data Hasil Percobaan Panel Surya Tipe Polycrystalline.....	45
4.5 Tujuan Percobaan Panel Surya Tipe Monocrystalline	47
4.6 Alat dan Bahan Panel Surya Tipe Monocrystalline	47
4.7 Prosedur Percobaan Panel Surya Tipe Monocrystalline	48
4.8 Data Hasil Percobaan Panel Surya Tipe Monocrystalline	50
4.9 Tujuan Percobaan Panel Surya Gabungan	52
4.10 Alat dan Bahan Panel Surya Gabungan	52
4.11 Prosedur Percobaan Panel Surya Gabungan	53
4.12 Data Hasil Percobaan Panel Surya Gabungan	55

DAFTAR GAMBAR

2.1 Alur Rangkaian Sistem Instalasi Panel Surya.....	9
2.2 Konfigurasi Sistem PLTS Off-Grid	11
2.3 Konfigurasi Sistem PLTS On-Grid.....	13
2.4 Konfigurasi Sistem PLTS Hybrid	14
2.5 Skema Hubungan Antara Solar Cell, Modul, Panel, dan Array.....	16
2.6 Kurva Arus dan Tegangan	17
2.7 Bentuk Fisik Panel Surya Jenis <i>Monocrystalline</i>	19
2.8 Bentuk Fisik Panel Surya Jenis <i>Polycrystalline</i>	20
2.9 Bentuk Fisik <i>Solar Charge Controller</i>	23
2.10 Bentuk Fisik Baterai.....	23
3.1 Blok Diagram Alat	25
3.2 Flowchart Perancangan dan Pembuatan Alat.....	30
3.3 Desain Dudukan dan Tata Letak Seluruh Sistem.....	31
3.4 Hasil Pemasangan Seluruh Sistem	34
3.5 Instalasi Listrik Seluruh Sistem	35
3.6 Hasil Pemasangan Instalasi Listrik Seluruh Sistem	36
3.7 Tampilan Alat Trainer Setelah Dipasang Stiker	37
3.8 Flowchart Sistem Kerja Alat.....	38
3.9 Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	39
3.10 Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	39
3.11 <i>Solar Charge Controller</i>	40
3.12 Baterai	40
4.1 Skema Rangkaian <i>Voc</i> dan <i>Isc Polycrystalline</i>	44
4.2 Skema Rangkaian Panel Surya Tipe <i>Polycrystalline</i>	44
4.3 Skema Rangkaian <i>Voc</i> dan <i>Isc Monocrystalline</i>	49
4.4 Skema Rangkaian Panel Surya Tipe <i>Monocrystalline</i>	49
4.5 Skema Rangkaian <i>Voc</i> dan <i>Isc</i> gabungan.....	54
4.6 Skema Rangkaian Panel Surya gabungan	54

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area adalah salah satu program studi yang menyediakan pembelajaran Pembangkit Listrik Energi Terbarukan, dimana bertujuan untuk memberikan ilmu pengetahuan mengenai bermacam konsep dan teknologi konversi serta energi dari nonfosil berdasarkan konsep “*Energy Systems in Sustainable Future*” kepada mahasiswa.

Media pembelajaran merupakan sarana bagi pendidik untuk menyampaikan materi dan mempermudah siswa dalam memahami materi yang diberikan (Fitrianto, R.D, 2014). Salah satu kegiatan penunjang perkuliahan pada mata kuliah pembangkit listrik energi terbarukan yaitu dengan memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk melakukan pengamatan di Laboratorium Teknik Elektro. Sehingga dengan pengamatan tersebut mahasiswa diharapkan mengetahui bagaimana konsep pembangkitan listrik energi terbarukan. Namun berdasarkan survei yang telah dilakukan, ini adalah salah satu kekurangan yang dihadapi saat ini, karena alat untuk mendukung praktik di Laboratorium Teknik Elektro tentang konversi energi terbarukan, terutama energi matahari, masih minim. Untuk itu diperlukan alat pendukung latihan yaitu sebuah trainer, karena hal ini diperlukan agar mahasiswa mampu memahami teori-teori yang telah disampaikan dosen.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Rancangan *Trainer* dengan Kombinasi PV Tipe *Polycrystalline* dan *Monocrystalline* pada EBT” yang ditujukan sebagai alat yang membantu proses

belajar mata kuliah Pembangkit Listrik Energi Terbarukan pada program studi Teknik Elektro Universitas Medan Area.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana prosedur pembuatan *trainer* dengan kombinasi PV tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* untuk media pembelajaran mata kuliah EBT ?
2. Bagaimana cara pengoperasian *trainer* dengan kombinasi PV tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* ?
3. Bagaimana menganalisis kelayakan *trainer* instalasi dengan kombinasi PV tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline*?

1.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam skripsi ini dimaksudkan untuk mempersempit ruang lingkup permasalahan yang akan dikaji. Pembatasan masalah tersebut adalah meliputi :

1. Trainer dengan kombinasi PV tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* digunakan untuk media pembelajaran mata kuliah Energi Terbarukan.
2. Menguji kelayakan trainer sehingga bisa digunakan sebagai media pembelajaran mata kuliah Pembangkit Listrik Energi Terbarukan.
3. Solar panel yang digunakan adalah dua buah dengan kapasitas masing-masing 10 Wp.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merealisasikan pembuatan trainer dengan kombinasi solar panel tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* untuk media pembelajaran mata kuliah pembangkit listrik energi terbarukan.
2. Mengoperasikan trainer dengan kombinasi PV tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline*.
3. Menganalisis kelayakan trainer dengan kombinasi PV tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* agar layak digunakan untuk media pembelajaran mata kuliah pembangkit listrik energi terbarukan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

- 1.5.1. Bagi Mahasiswa/Dosen:
 - a. Akan mendapatkan trainer yang dapat mendukung proses pembelajaran pada mata kuliah pembangkit listrik energi terbarukan.
 - b. Memudahkan dosen untuk menjelaskan pelajaran yang akan disampaikan tentang EBT dengan cara praktikum.
- 1.5.2. Bagi jurusan, akan mendapatkan tambahan media pembelajaran berupa trainer sebagai media penunjang praktikum bagi mahasiswa.
- 1.5.3. Bagi peneliti, sebagai sarana untuk menambah wawasan pengetahuan yang nantinya dapat diterapkan secara nyata di lapangan.

1.6. Sistematika Pembahasan

Untuk mencapai hasil yang maksimal dalam penyusunan skripsi ini, peneliti melakukan urutan pembahasan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta sistematika pembahasan.

BAB II TEORI PENUNJANG

Dalam bab ini berisikan tentang penjelasan beberapa teori terkait *hardware* yang digunakan pada rancangan pembuatan trainer.

BAB III METODA PERANCANGAN ALAT

Bab ini membahas tentang metoda yang dilakukan dalam perancangan dan pembuatan alat serta pengujiannya secara detail.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan pola pengujian yang dilakukan beserta analisa hasil pengujian sehingga mendapatkan sebuah kesimpulan yang tepat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan data yang ada, serta saran dan petunjuk untuk pengembangan sebagai bagian dari pengembangan alat lebih lanjut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Trainer

Suatu peralatan yang dapat dimanfaatkan sebagai media untuk mendukung kegiatan pembelajaran sehingga dapat memperjelas penyampaian informasi pengetahuan kepada peserta didik merupakan pengertian dari trainer (Fitrianto, R.D, 2014). Adapun yang akan menjadi efek positif dari pemanfaatan trainer adalah menambahkan informasi dan pengalaman nyata kepada mahasiswa karena belajar dapat dilakukan dengan praktik. Mengacu pemahaman di atas cenderung dirasakan bahwa mahasiswa menggunakan trainer sebagai fasilitas, untuk menciptakan kondisi belajar sehingga mereka dapat mewujudkan perubahan informasi, kemampuan serta juga kepribadian mahasiswa.

Media yang bertindak sebagai pembelajaran tentu jelas berfungsi sebagai perangkat dalam meneruskan seputar ilmu pengetahuan kepada mahasiswa. Perangkat yang dijelaskan ialah alat pembantu praktik atau alat peraga latihan, yakni: *Trainer* dengan Kombinasi Solar Panel Tipe *Polycrystalline* dan *Monocrystalline* sebagai Pembelajaran pada EBT.

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya ialah sistem pembangkit listrik yang membutuhkan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik arus searah. Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga surya tentu sangat menguntungkan dari sisi kemudahan dalam pengimplementasiannya jika dibandingkan dengan

pembangkit listrik lainnya yang sumbernya dari energi terbarukan (Jose, S. dan R. L. Itagi,2015).

Metode dalam melakukan pembangkitan listrik bisa dibuat melalui dua metode, yakni yang pertama adalah metode yang dilakukan menggunakan PV dan kedua adalah metode secara tidak langsung yakni melalui pola pemusatan energi surya. Dalam ulasan ini dilakukan pembahasan seputar pembangkitan energi listrik dari matahari menggunakan proses fotovoltaik. Pada siklus PV tersebut yakni dengan secara langsung mengubah energi cahaya menjadi energy listrik memanfaatkan dampak fotoelektrik yang terjadi pada sel berbasis sinar matahari. Efek fotoelektrik merupakan cara paling umum untuk menghilangkan elektron dari permukaan ketika terkena, dan menyerap, radiasi elektromagnetik yang terletak di atas batas frekuensinya dan kontingen.

2.3. Cara Kerja PLTS

Konsep yang dimiliki PLTS ialah mampu mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sumber energi dari matahari telah dipakai untuk memberikan daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sebuah sel surya mengambil energi dari matahari dan mampu menyediakan energi listrik yang hamper tak terbatas, tanpa menggunakan bahan bakar atau bagian yang bergerak secara mekanis. Oleh karena itu sistem sel surya dikatakan bersih dan sangat ramah secara ekologis. Apabila kita buat perbandingan dengan sebuah generator listrik, ia memiliki komponen berputar dan membutuhkan bahan bakar untuk menyediakan listrik. Efeknya terdengar, dan gas yang diciptakan juga memiliki dampak negatif pada biosfer bumi dengan menghasilkan gas rumah kaca.

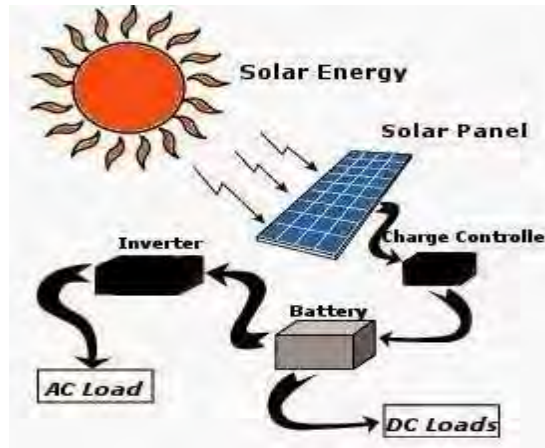
Kerangka sel berbasis matahari ini dapat dipakai di permukaan bumi yang terdiri dari papan sel bertenaga matahari, sistem kontroler sebagai pengendali muatan, dan baterai 12 volt (baterai) sebagai penyimpan energi listrik. Papan sel berorientasi matahari juga merupakan modul yang terdiri dari campuran beberapa sel berbasis matahari yang terkait secara seri dan paralel yang bergantung pada ukuran batas yang benar-benar kita inginkan. Papan sel berorientasi matahari juga merupakan modul yang terdiri dari campuran beberapa sel bertenaga matahari yang terkait secara seri dan paralel yang bergantung pada ukuran batas yang benar-benar kita inginkan. Rangkaian kontroler untuk fungsi kendali atau pengaturan pola pengisian baterai juga merupakan sistem elektronik yang mengatur proses pengisian baterai. Piranti kontroler ini dapat mengubah tegangan yang mengisi baterai dengan kisaran tegangan 12v atau 24v. Jika tegangan turun menjadi 10,8 volt, ini menyiratkan bahwa tegangan sisa pada baterai adalah 2,2 volt dengan asumsi jika menggunakan sistem 12 volt, kontroler akan menuduh baterai pengisi daya berbasis sinar matahari sebagai sumber daya. Sistem pengisian akan terjadi ketika ada sinar matahari. Jika ada penurunan tegangan sekitar waktu malam, kontroler akan menghilangkan pengisian energi listrik. Setelah sistem pengisian daya menyala selama beberapa jam, tegangan baterai akan naik ketika tegangan baterai tiba pada 12 volt, kemudian, pada saat itu, kontroler akan menghentikan pengisian baterai.

Sistem kontroler atau pengendali pengisian aki, pada dasarnya mudah untuk dirakit sendiri tanpa harus membeli yang sudah jadi seperti yang dijual di pasaran. Namun, pada umumnya sistem kontroler ini sudah tersedia dipasaran sehingga terkadang kita apabila butuh cepat untuk penggunaan *controller* lebih mudah.

Untuk harga komponen-komponen kontroler, tidak diragukan lagi sangat mahal setiap kali dibeli sebagai unit sendiri. Begitu banyak kerangka sel berbasis matahari dijual sebagai bundel lengkap sehingga jelas lebih murah daripada ketika kita membuat sendiri. Umumnya untuk penyusunan pengisi daya bertenaga matahari diletakkan dalam posisi lurus menunjuk ke arah matahari. Sementara bumi kita berputar atau mengelilingi matahari, selanjutnya agar pengisi daya bertenaga matahari bekerja secara maksimal oleh sinar matahari, harus diusahakan bahwa sinar matahari tersebut tegak lurus pada permukaan panel surya.

Terkait bahan sel surya pada umumnya terbuat dari bahan kaca pelindung dan bahan perekat transparan untuk melindungi bahan sel surya dari kondisi lingkungan selanjutnya menggunakan bahan anti-reflektif untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor tipe P dan tipe N (terbuat dari campuran silikon) sehingga dapat menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirimkan elektron ke perangkat listrik.

Proses kinerja sel-sel berorientasi matahari pada umumnya tidak dapat dibedakan dari perangkat semikonduktor dioda. Pada titik ketika cahaya bersentuhan langsung dengan sel berorientasi matahari sehingga diserap oleh bahan semikonduktor, dan akan ada pelepasan elektron. Kemudian jika muatan dapat bergerak menuju ke bahan semikonduktor di lapisan berbeda, akan ada penyesuaian sigma gaya-gaya dalam material. Selanjutnya, gaya tolakan antara materil semikonduktor, akan mengakibatkan aliran medan maknet. Dan akan mengakibatkan muatan elektron dapat disalurkan menuju saluran awal dan saluran akhir untuk dipakai di beban listrik.



Gambar 2.1: Alur rangkaian sistem instalasi panel surya
(Sumber: Anonim. 2011. <http://repository.untag-sby.ac.id/982/2/BAB%20II.pdf>)

2.4. Energi

a. Definisi Energi

Energi identik dengan sebutan tenaga yang merupakan sebuah kemampuan yang berguna untuk melakukan sebuah usaha. Sedangkan, bila dikaji berdasarkan Hukum Kekekalan Energi, maka energi adalah tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat diubah bentuknya.

Menurut para ahli yakni , Arif Alfatah dan Muji Lestari menjelaskan bahwa energi itu adalah sesuatu yang diperlukan oleh sebuah material agar material tersebut mampu melakukan suatu usaha. Kemudian, menurut Campbell, Reece dan Mitchell menjelaskan bahwa sebuah energi adalah suatu besaran fisika yang berpotensi dengan kemampuan yang digunakan untuk mengatur ulang suatu materi. Dan yang ketiga, menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia menyatakan bahwa energi itu adalah suatu kekuatan yang dibutuhkan agar mampu melakukan berbagai suatu proses kegiatan (Hedi Sasrawan, 2014)

Klasifikasi energi dibagi menjadi dua jenis yakni energi potensial dan energi kinetik. Tetapi selain energi potensial dan energi kinetik, ada juga energi lain

yakni mekanik, listrik, elektromagnetik, kimia, panas, nuklir, angin, dan sebagainya. Sebagian energi tersebut umumnya bentuknya haruslah diubah, supaya bisa dimanfaatkan sesuai kebutuhan manusia didalam kehidupannya.

b. Sumber Energi

sumber energi terdapat dari alam, tanam-tanaman, benda-benda renik, sampah organik maupun di bahan bakar fosil yang umurnya sampai jutaan tahun yang akan dimanfaatkan sebagai produksi energi. Energi dapat dibagi berdasarkan asalnya yaitu sebagai berikut :

1. Energi Konvensional

Energi konvensional adalah energi tak terbarukan yakni energi yang tidak bisa diperbaharui yang asalnya hanyalah berada dari bumi dengan jumlah terbatas. Selain sumber energi ini sifatnya adalah cepat habis bahkan dapat membahayakan makhluk hidup karena dapat berefek negatif yakni pencemaran yang mencemari udara, air, dan tanah yang menyebabkan kualitas kesehatan manusia. Energi tidak terbarukan adalah berbentuk batubara, gas alam, uranium, dan minyak bumi, serta sumber energi lain yang adalah bahan bakar fosil.

2. Energi Terbarukan

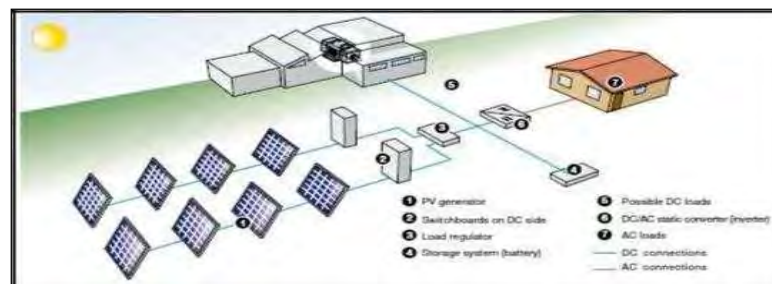
Energi terbarukan itu adalah sebuah energi yang sifatnya bisa diperbaharui yang bersumber di alam yang ada di bumi dengan kapasitas yang tidak terbatas bahkan jumlahnya akan habis secara alami. Energi terbarukan tidak mengakibatkan dampak negatif seperti polusi, namun ramah terhadap lingkungan dan makhluk hidup lainnya, serta dianggap terbersih di muka bumi ini seperti matahari, angin, sungai, ombak, tumbuhan, dll.

2.5. Sistem PLTS

Umumnya jika ditinjau dari aplikasi dan konfigurasinya PLTS diklasifikasi menjadi tiga bagian yakni sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (Off-Grid PV plant), sistem PLTS On-Grid (terhubung dengan jaringan) juga sistem PLTS Hybrid, yaitu sistem PLTS dalam penggunaannya digabungkan dengan jenis pembangkit listrik lainnya. Menurut IEEE standard 929-2000 sistem PLTS diklasifikasikan menjadi tiga tingkatan, yaitu PLTS skala kecil dengan batas 10 kW atau kurang, skala menengah dengan batas antara 10 kW sampai 500 kW, dan skala besar dengan range di atas 500 kW.

2.5.1. Sistem PLTS Terpusat (*Off-Grid*)

Ketika sistem pembangkit listrik menggunakan radiasi matahari tanpa terkait ke jaringan PLN, itu disebut sebagai "off-grid" atau dapat dikatakan bahwa satu-satunya sumber pembangkitan adalah memanfaatkan radiasi matahari dibantu oleh PV agar mampu memproduksi sejumlah energi listrik tertentu. Lokasi yang tidak dapat memperoleh listrik dari PLN, seperti yang ada di lokasi desa, menggunakan PV off-grid. Berikut adalah Gambar 2.2 yang menampilkan konfigurasi sistem PLTS *Off-Grid* :



Gambar 2.2: Konfigurasi sistem PLTS *Off-Grid*

(Sumber: Anonim. 2010. Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Plants. Italy: ABB SACE)

Prinsip pengoperasian sistem PLTS *Off-Grid* adalah sebagai berikut :

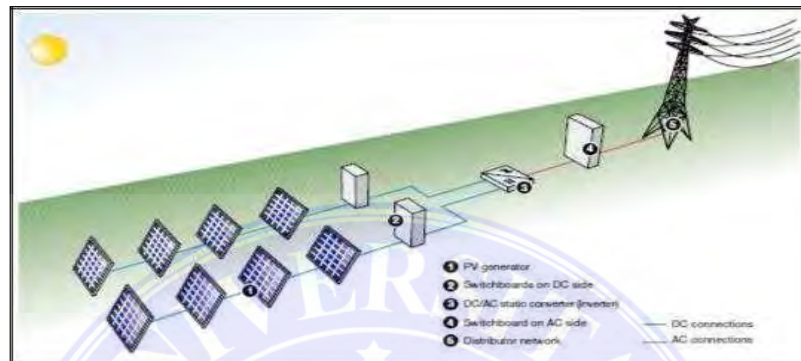
- Sel surya (photovoltaic) menghasilkan energi listrik pada waktu siang hari sehingga baterai berperan untuk menyimpan energi listrik yang dialirkan kepadanya. Saat energi disimpan dari photovoltaic ke dalam aki dibantu dengan penggunaan ` SCC untuk dapat terhindar dari pengisian yang berlebihan (*overcharging*). Adapun jumlah energi yang dihasilkan photovoltaic ialah 140 W/m^2 , intensitas matahari maksimum yang diterima oleh sistem photovoltaic mencapai 1000 W/m^2 dengan kondisi efisiensi sel 14%. Maka, besarnya energi yang dihasilkan dari PV sangatlah bergantung pada nilai potensi intensitas sinar matahari dan efisiensi *cell*-nya.
- Selanjutnya daya yang telah disimpan pada aki tersebut akan dimanfaatkan berikutnya agar mencukupi kebutuhan beban-beban listrik AC. Tapi, sebelum disuplai ke beban listrik AC dari baterai, alurnya adalah tegangan DC di sisi baterai diubah terlebih dahulu menjadi daya AC melalui sistem inverter bila diperlukan.

2.5.2. Sistem PLTS *On-Grid*

Sistem PLTS terinterkoneksi (*On-Grid*) juga dikenal sebagai *Grid Connected PV System* merupakan sebuah sistem pembangkit listrik yang menggunakan atau membutuhkan radiasi matahari agar menghasilkan energi listrik. Dengan memaksimalkan penggunaan energi matahari melalui modul PV yang menciptakan energi listrik sebanyak mungkin, sistem ini, sesuai namanya, terhubung ke jaringan PLN.

Metode ini dikategorikan sebagai nol emisi dan tidak merusak ekologis. Ini menjadi pilihan energi hijau untuk penduduk kota, termasuk tempat kerja dan

perumahan dengan tujuan agar berpotensi meminimalisir biaya listrik PLN serta mampu memberikan nilai tambah secara efektif bagi pemiliknya. Berikut ini adalah Gambar 2.3 yang menampilkan konfigurasi sistem PLTS *On-Grid*.



Gambar 2.3: Konfigurasi sistem PLTS *On-Grid*

(Sumber: Anonim. 2010. Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Platns. Italy: ABB SACE)

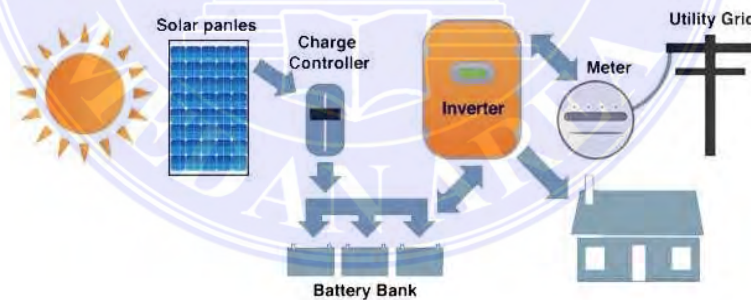
2.5.3. Sistem PLTS *Hybrid*

Sistem PLTS pada pola *hybrid* ialah metode yang menggabungkan sistem pembangkit satu dengan lainnya sehingga tercipta kolaborasi antara 2 atau lebih sistem pembangkit dan pada umumnya sumber pembangkit listrik yang dipakai pada sistem ini ada banyak jenisnya. Sehingga sistem *hybrid* adalah berupa gabungan dari PLTS-Genset, PLTS-*Mycrohidro*, PLTS-Energi Angin, dan lain-lain. Kemudian sistem hybrid telah banyak dipakai di Indonesia, baik PLTS-Genset, PLTS-*Mycrohidro*, maupun PLTS energi angin-mikrohidro, namun sistem *hybrid* yang paling banyak penggunaan oleh manusia ialah PLTS-Genset. Sistem PLTS-Genset *hybrid* ini biasanya memakai genset yang tidak tersambung ke PLN.

Adapun tujuan dari Sistem *Hybrid PV-Genset* ini yakni untuk menggabungkan kelebihan serta memperkecil kelemahan antara PV dan genset

dalam suatu situasi, sehingga sistem secara keseluruhan ini mampu bertindak lebih murah dan efisien. Kegiatan penggabungan sistem *Hybrid* antara PV dan genset bisa menghasilkan kontribusi berupa keunggulan bagi genset yakni bisa mengurangi jumlah jam operasi genset (misalnya setiap hari bekerja 24 jam lalu berkurang hingga hanya 4 jam per hari pada beban puncak), sehingga jumlah harga operasi dan manajemen dapat lebih murah.

Perlu kita ketahui bahwa Fotovoltaik juga diuntungkan dari sistem ini yakni hanya digunakan sebagai catu beban dasar saja, sehingga tidak memerlukan investasi awal yang begitu besar. Dengan begitu, penerapan sistem *Hybrid* PV-Genset sangat mampu menjadikan penghematan biaya kerja dan manajemen, bahkan mengurangi jam kerja genset, juga bisa menghindari kebutuhan biaya investasi awal yang begitu besar. Berikut adalah Gambar 2.4 yang menampilkan konfigurasi sistem PLTS *hybrid*.



Gambar 2.4: Konfigurasi sistem PLTS hybrid

(Sumber: Priyo. 2021. PLTS On-Grid, Off-Grid dan Hybrid. <https://www.kartanagari.co.id/plts-ongridoffgrid-dan-hybrid/>.)

2.6. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Kegiatan proses rencana serta pembangunan sistem PLTS tentu sangatlah memerlukan komponen-komponen yang bisa mendukung sistem ini, baik

komponen utama maupun komponen pendukung, adapun komponen tersebut yakni sebagai berikut:

2.6.1. Sel Surya (*Photovoltaic*)

Sel surya atau photovoltaic ialah piranti elektronik yang sistem kerjanya dapat mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik, konversi energi ini dikarenakan sebuah proses yang dinamakan dengan efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* sendiri ialah pelepasan muatan positif juga negatif dalam material padat melalui cahaya. Oleh karena itu secara tidak langsung output berupa arus dan tegangan akan dipengaruhi oleh jumlah intensitas cahaya (Rosyadi, Nasrul Haq, 2016).

2.6.2. Pola Rangkaian Instalasi Sel Surya

Umumnya ada dua pola rangkaian sistem pada instalasi sel surya, yakni sistem dengan rangkaian seri dan sistem rangkaian paralel.

1. Rangkaian Seri Solar Cell

Dikatakan sistem tersebut adalah rangkaian seri *solar cell* adalah jika susunan terhubung secara seri yakni menyambungkan sisi depan (+) dari sel surya primer dengan sisi belakang (-) dari sel surya sekunder.

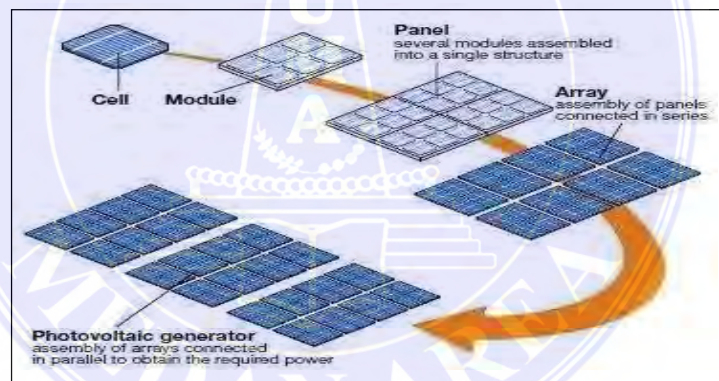
2. Rangkaian Paralel *Solar Cell*

Dikatakan sistem tersebut adalah rangkaian parallel sel surya, yaitu jika rangkaian terhubung secara paralel yaitu menghubungkan terminal kutub (+) dan (-) pada *solar cell*.

3. Modul Surya

Modul surya ialah piranti elektronik yang difungsikan untuk mengubah

radiasi matahari menjadi energi listrik, disusun secara seri atau paralel dari beberapa panel surya, selanjutnya piranti tersebut dirangkai dalam bingkai yang dilengkapi dengan laminasi atau lapisan *cover* atau pelindung. Setelah itu istilah *array* merupakan rangkaian dari beberapa modul surya yang dipasang sedemikian rupa pada penyangga. Selanjutnya tujuan dari PV modul secara seri terhadap sel-sel surya adalah agar dapat menaikkan atau menggabungkan tegangan (VDC) yang dihasilkan setiap sel. Adapun arus dapat dirancang sesuai keperluan yakni dengan melihat luas permukaan sel. Berikut adalah Gambar 2.5 yang memperlihatkan pola skema hubungan antara sel surya, modul, panel dan array :



Gambar 2.5: Skema hubungan antara solar cell, modul, panel dan array
 (Sumber: Anonim. 2010. Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Platns. Italy: ABB SACE)

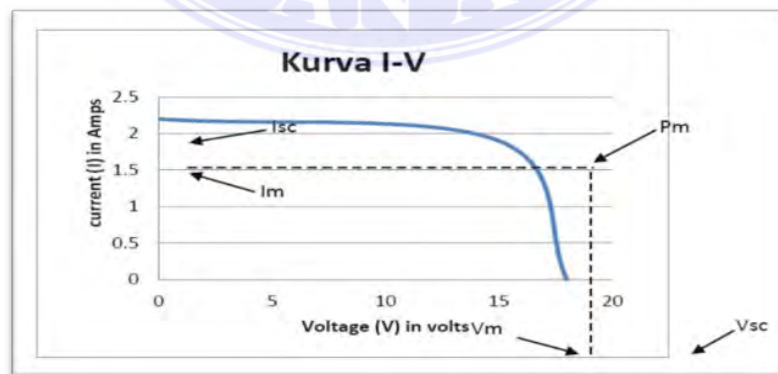
2.6.3. Karakteristik Sel Surya

Pada umumnya terdapat tiga karakteristik dari sebuah sel surya yakni :

1. Produksi listriknya
2. Temperatur
3. Intensitas cahaya matahari

Penjelasan pertama, pada produksi listriknya, *photovoltaic* disusun dari jenis semikonduktor yakni berbentuk silikon yang dimanfaatkan sebagai insulator dan konduktor tergantung temperaturnya. Untuk ukuran semikonduktor jenis silikon tersebut tidak menentukan produksi elektromagnetik fototovoltaik dan secara stabil dapat mengeluarkan energi kira-kira 0.5 volt hingga mencapai 600 mV dengan arus 2 A dan nilai intensitas radiasi matahari $1000 \text{ W/m}^2 = "1 \text{ Sun}"$. Kemudian terkait kekuatan radiasi matahari sendiri juga bisa menghasilkan arus (I) dengan orde 30 mA/cm^2 setiap panel surya.

Sistem fotovoltaik mampu menghasilkan energi maksimum jika nilai (V_m) dan (I_m) mencapai nilai maksimum. Selanjutnya arus hubung singkat (I_{sc}) bisa menghasilkan arus puncak tanpa adanya nilai tegangan dan arus hubung singkat (I_{sc}) yang tentunya berbanding lurus dengan intensitas radiasi matahari. Dan untuk rangkaian terbuka, tegangan akan mencapai puncaknya jika nilai arusnya nol dan V_{oc} juga akan meningkat secara logaritmik jika kondisi intensitas radiasi matahari juga meningkat. Berdasarkan ini yang menjadikan fotovoltaik bisa mengisi baterai.



Gambar 2.6: Kurva arus dan tegangan

(Sumber: Wulandari, Triyas Ika. 2010. *Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air Dengan Memanfaatkan Energi Alternatif Matahari* (Skripsi). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November)

Keterangan:

I_{sc} = Arus hubung singkat (short circuit)

V_{oc} = Tegangan open circuit (volt)

V_m = Tegangan maksimum (volt)

I_m = Arus maksimum (ampere)

P_m = Daya keluaran maksimum dari photovoltaic array (watt)

2.6.4. Jenis Sel Surya

umumnya ada beberapa jenis sel surya yakni sebagai berikut :

1. Monokristal Silikon (*Mono-crystalline*)

Monocrystalline adalah salah satu jenis sel surya yang bahannya terdiri dari bahan silisium kristal tunggal yang berbentuk silinder yang ditarik dari cairan silisium dan jenis sel surya juga mempunyai tingkat efisiensi yang paling besar yakni mencapai 16-25% (Narayana, I.B.K, 2010). Oleh karena sel surya jenis ini mempunyai efisiensi yang besar, maka monokristal silikon sangatlah cocok dipakai pada area yang memiliki ruang yang sempit. Karakteristik pada sel surya *monocrystalline* adalah :

- Menghasilkan efisiensi tertinggi
- Kinerja sangatlah efektif disaat cuaca hangat dan pada saat temperatur meningkat, kemampuan kerja alat menurun drastis
- Jenis solar panel *monocrystalline* dapat menghasilkan listrik berkisar 360- 380 W setiap $2m^2$

Berikut adalah Gambar 2.7 yang menunjukkan bentuk fisik dari sel surya jenis *mono-crystalline*



Gambar 2.7: Bentuk fisik panel surya jenis *mono-crystalline*

b. Polikristal Silikon (*Poly-Crystalline*)

Polycrystalline ialah salah satu jenis sel surya yang mengandung material dari serangkaian kristal acak dengan tingkat efisiensi yang dimilikinya yakni 14-16%. Dan *Polycrystalline* terbentuk dari model coran silisium yang dipotong menjadi bentuk menyerupai bunga kristal es. Karakteristik pada sel surya *polycrystalline* adalah:

- Tingkat efisiensi yang dimiliki polikristalin sangatlah rendah jika dibandingkan dengan monokristalin
- Mempunyai ketahanan panas sedikit lebih rendah dibandingkan *monocrystalline*, akan tetapi dampak kenaikan temperatur pada kerja alat tidak signifikan
- Pada saat sinar matahari meredup, efisiensi tidak cepat turun
- Listrik yang dihasilkan pada panel surya *polycrystalline* sebesar 320-340 W setiap $2m^2$

Berikut adalah Gambar 2.8 yang menunjukkan bentuk fisik dari sel surya jenis *poly-crystalline*:



Gambar 2.8: Bentuk fisik panel surya jenis *poly-crystalline*

2.6.5. Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Jika ingin mendapatkan nilai efisiensi sebuah panel surya, maka ada beberapa parameter yang menjadi acuan, adapun parameter tersebut adalah sebagai berikut (Ismail, Rahmat. 2021).

1. Tegangan keluaran panel surya (V)
2. Arus keluaran panel surya (I)
3. Intensitas cahaya matahari (G)
4. Luasan permukaan panel surya (Apv)
5. Nilai Fill Factor (FF)

Nilai Fill factor merupakan hal yang penting untuk mendapatkan nilai efisiensi yang bagus. Nilai yang baik berkisar antara 0.7 – 0.85. Semakin besar nilai yang didapatkan maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar pula. Perhitungan nilai FF dapat dilihat pada persamaan 2.1 berikut:

$$FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{oc}} \dots\dots\dots(2.1)$$

6. Daya output panel surya (Pout)

Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan 2.2 berikut :

$$P_{out} = V \times I \times FF \dots\dots\dots (2.2)$$

7. Daya input panel surya (Pin)

Daya input akibat iradiasi sumber cahaya dapat dihitung dengan persamaan 2.3 berikut :

$$P_{in} = G \times A_{pv} \dots\dots\dots (2.3)$$

8. Efisiensi Panel Surya (η)

Perhitungan efisiensi panel surya dapat lihat pada persamaan 2.4 berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

I_{mp} = Arus maksimum (Ampere)

V_{mp} = Tegangan maksimum (Volt)

I_{sc} = Arus rangkaian terbuka (Ampere)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka (Volt)

2.7. Solar Charge Controller

Solar charge controller merupakan sebuah piranti elektronik yang memiliki fungsi penting pada sistem pembangkit listrik tenaga surya, yakni sebagai pengisi baterai (kapan baterai diisi dan menjaga pengisian baterai) dan mengatur arus listrik yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar (Evan, Permana, 2015).

Solar charger controlller pada rangkaian PV yang disingkat dengan *SCC* merupakan komponen sangat penting. Hal ini penting karena memiliki peran utama yakni mampu melindungi dan mengotomatisasi pengecasan aki. Hal ini ditujukan yakni untuk mengoptimalkan sistem panel surya dan sistem baterai hingga ke output beban. Selain itu juga *SCC* juga mampu menjaga aki agar umur

aki dapat dimaksimalkan. *SCC* mempunyai terminal untuk panel surya, baterai, dan untuk beban yang dilengkapi dengan polaritas tanda positif (+) dan negatif (-).

SCC pada sistem PV dapat melakukan fungsi-fungsi berikut :

1. Dapat mengontrol tegangan panel surya

Apabila dilakukan tanpa fungsi kontrol antara PV dan baterai, maka sistem panel surya akan mengisi baterai lebih dari tegangan daya yang diterimanya, sehingga hal ini tentu bisa merusak sel yang terdapat di dalam baterai hingga bisa mengakibatkan ledakan jika baterai diisi daya secara berlebihan sehingga rusak total.

2. Mampu mengawasi tegangan baterai

Sistem *SCC* ini mampu melakukan pendeteksian ketika tegangan baterai terlalu rendah. Dan apabila tegangan baterai turun di bawah tegangan yang disetel, maka *SCC* mampu melakukan secara otomatis memutuskan beban dari baterai sehingga daya baterai tidak habis. Untuk pemakaian baterai juga harus ada ketentuan dimana baterai bisa rusak dan tidak bisa digunakan lagi ketika kapasitas daya habis. Oleh karenanya perlu mempertimbangkan *Depth of Discharge (DoD)* baterai.

3. Ketika malam hari mampu menghentikan arus terbalik

Kondisi pada malam hari, tentunya PV tidak akan memproduksi arus, karena tidak ada lagi sumber tenaga surya yang akan membangkitkan pada sel surya. Oleh karena itu arus baterai akan mengalir kembali ke panel surya, yang mengakibatkan ini rusaknya sistem panel surya. Berikut adalah Gambar 2.9 yang menampilkan bentuk dari *solar charge controller* yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 2.9: Solar charge controller

2.8. Baterai

Baterai merupakan suatu sel elektrokimia yang mengubah dari energi kimia menjadi energi listrik (Oates, Krysten,2010). Fungsi baterai pada sistem PLTS adalah sebagai piranti yang akan menyimpan energi listrik pada siang hari sebagai sumber cadangan untuk digunakan malam hari, dimana malam hari panel surya tidak dapat menghasilkan energi listrik. Baterai kering sering digunakan pada PLTS, karena ini dapat menjaga keawetan komponen pada PLTS. Berikut adalah Gambar 2.10 yang menampilkan baterai yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 2.10: Baterai

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat Penelitian

Adapun perancangan dan pembuatan alat Trainer dengan Kombinasi Solar Panel Tipe *Polycrystalline* dan *Monocrystalline* sebagai Pembelajaran pada EBT ini dilaksanakan di :

1. Nama Tempat : Laboratorium CV. Angkasa Mobie Tech.
2. Alamat : Jalan Sultan Serdang Dusun II Sena Gg. Ikhlas Batang Kuis.

3.1.2. Waktu Penelitian

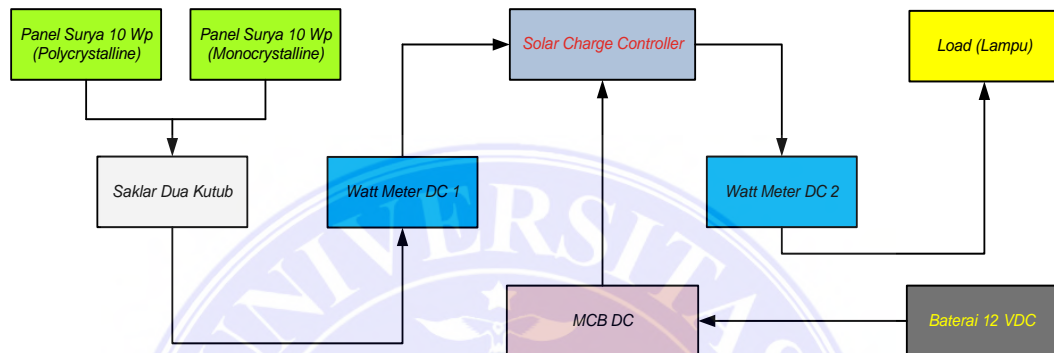
Waktu yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah sekitar 3 bulan dengan uraian seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1: Waktu dan Uraian Kegiatan Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan ke											
		I				II				III			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Menyediakan alat dan bahan												
2.	Merancang rangkaian sistem (konsep alat)												
3.	Membuat sistem mekanik alat												
4.	Memasang instalasi alat												
5.	Pengujian sistem dan perbaikan												
6.	Penyusunan laporan Skripsi												

3.2. Blok Diagram Alat

Berikut adalah Gambar 3.1 adalah blok diagram alat yang menjelaskan bagaimana integrasi antar setiap peralatan yang akan disambung hingga menjadi kesatuan yang utuh. Blok diagram dari sistem ini juga memberikan pemahaman bagaimana hubungan pengawatan antar peralatan.



Gambar 3.1: Blok Diagram Alat

Dari Gambar 3.1 blok diagram alat di atas menjelaskan bagaimana peran masing-masing blok yaitu sebagai berikut:

1. Panel Surya 10 Wp (*polycrystalline*) mampu mengkonversi sumber cahaya matahari sebagai energi listrik dimana panel surya ini terbuat dari kristal yang mengandung banyak silikon dan dapat dikatakan multi kristal.
2. Panel Surya 10 Wp (*monocrystalline*) mampu mengkonversi sumber cahaya matahari sebagai energi listrik dimana sel panel surya ini terbuat dari kristal tunggal atau mono.
3. Saklar dua kutub adalah alat yang digunakan untuk memutus maupun menghubungkan hantaran fasa dan nol dari panel surya secara bersama-sama.

4. Watt Meter DC 1 adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur atau memeriksa besaran listrik mulai dari arus, tegangan, daya listrik dalam satuan watt dan Wh yang sumber pengukurannya dari PV.
5. *Solar Charge Controller* pada rangkaian *trainer* berfungsi sebagai:
 - a) Mengubah arus DC tegangan tinggi panel surya menjadi arus tegangan rendah dengan kapasitas baterai dalam hal ini sebesar 12 VDC.
 - b) Mengurangi arus pengisian ke baterai saat baterai sudah penuh, cara ini untuk melindungi baterai dari *overcharge*. Dampak yang ditimbulkan ketika baterai mengecap walaupun sudah penuh adalah terjadinya gas bahkan bisa mengakibatkan ledakan.
 - c) Mencegah arus balik ketika malam hari. Kurangnya cahaya matahari dapat mengakibatkan terjadinya arus yang terdapat pada baterai akan mengalir ke panel surya.
 - d) Menampilkan informasi tegangan, arus, besaran energi dari panel surya, dan energi yang dikirim ke baterai.
6. *MCB DC* pada alat berfungsi sebagai *breaker* dari baterai ke *solar charge controller* untuk menghindari terjadinya hubungan singkat atau korsleting.
7. Watt Meter DC 2 adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur atau memeriksa besaran listrik mulai dari arus, tegangan, daya listrik dalam satuan watt dan Wh yang sumber pengukurannya dari baterai dan pemakaian besaran listrik oleh beban (lampu).

8. Baterai 12 Volt DC berfungsi sebagai sumber energi listrik terhadap beban (lampu) juga sebagai beban yang di charge oleh panel surya melalui *solar charge controller*.
9. *Load* (lampu) digunakan sebagai beban yang di-*supply* oleh peralatan trainer juga sebagai indikator kinerja alat yang dipasang.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Sebelum eksekusi perancangan dan pemasangan seluruh sistem-sistem seperti yang telah ditunjukkan pada blok diagram di atas maka tahapan selanjutnya adalah persiapan agar tujuan penelitian ini dapat diwujudkan dengan baik. Adapun persiapan yang dilakukan adalah meliputi penentuan alat dan bahan (komponen) yang akan digunakan beserta jumlahnya. Untuk yang pertama berikut adalah Tabel 3.2 yang menampilkan alat yang digunakan dalam pembuatan *trainer* ini :

Tabel 3.2 : Alat yang digunakan

No.	Peralatan	Jumlah
1.	Tang Kombinasi	1 buah
2.	Gerinda	1 buah
3.	Bor Listrik	1 buah
4.	Solder Listrik	1 buah
5.	Martil	1 buah
6.	Gergaji Kayu	1 buah
7.	Mistar Besi	1 buah
8.	Alat tulis	1 buah
9.	Multimeter Digital	1 buah

10.	Tang Potong	1 buah
11.	Obeng Rata	1 buah
12.	Obeng Minus	1 buah

Sedangkan untuk kebutuhan komponen elektronik dan jenis bahan lainnya yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini :

Tabel 3.3 : Komponen elektronik dan bahan yang dibutuhkan

No.	Nama Komponen & Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1.	Panel Surya	<i>Polycrystalline</i> 10 Wp	1 buah
2.	Panel Surya	<i>Monocrystalline</i> 10 Wp	1 buah
3.	Saklar	Dua Kutub / merek Mitsui	1 buah
4.	Watt Meter DC	Voltage 0-60V /Current 0-100A	2 buah
5.	Solar Charge Controller	Model: W88-A Rated Voltage: 12V/24V Rated Current: 10A Max. PV Voltage: 50V	1 buah
6.	MCB DC	Sean Ro SR-63/C10 Max 500V DC MCB	1 buah
7.	Baterai	KITACO Model: GTZ-5S 12V 5Ah	1 buah
8.	Bola Lampu	SURYA DC 12 V / 7 W	1 buah
9.	Banana Jack Connector	Male : 0,8cm/4cm	30 buah
10.	Banana Jack Connector	Female : 1cm/1,2cm	30 buah
11.	Timah Solder	Merk: NIPPON Panjang: +/- 10 meter Diameter: 0.8mm	1 gulung
12.	Papan Triplek	Tebal: 4 mm Luas: 55cm x 29,5cm	34 x 32 cm
13.	Kabel Warna Merah	18 A.W.G / 0,75mm ²	5 meter
14.	Kabel Warna Biru	18 A.W.G / 0,75mm ²	5 meter
15.	Kabel Warna Hitam	18 A.W.G / 0,75mm ²	5 meter
16.	Baut	Panjang: 1,5 cm Diameter: 0,4 cm	50 buah
17.	Mur	Diameter 0,4 cm	50 buah

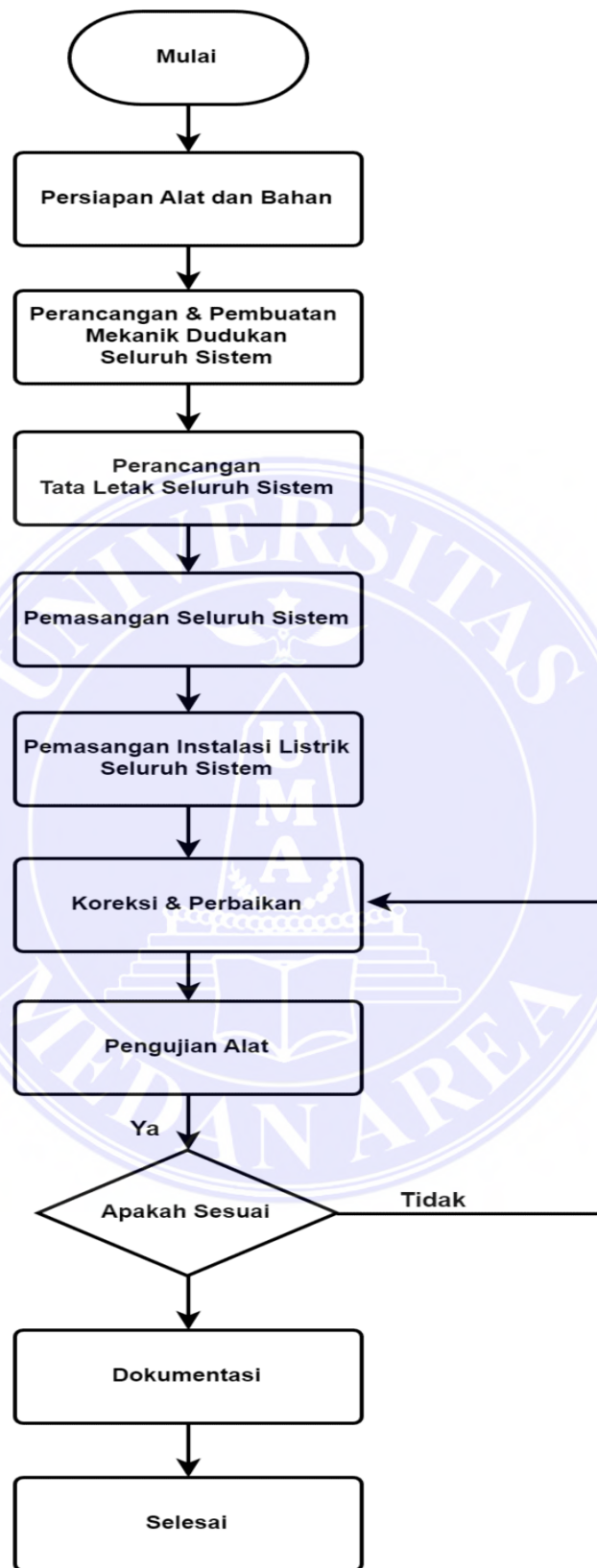
18.	Stiker Lis Velg Pelek Reflektor Skotlet	Merah : Panjang 8 meter x Lebar 1 centimeter	1 roll
19.	Stiker Lis Velg Pelek Reflektor Skotlet	Hitam : Panjang 8 meter x Lebar 1 centimeter	1 roll
20.	Hollow Baja Ringan/ Model Persegi	Luas : 3,24 cm ²	4 meter
21.	Hollow Baja Ringan/ Model Siku Sama Sisi	Ukuran: 2x2 cm	3 meter

3.4. Prosedur Pembuatan Alat

Dalam penelitian ini untuk mewujudkan prosedur pembuatan trainer dengan kombinasi solar panel tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* untuk media pembelajaran mata kuliah EBT maka tahapan yang akan dilakukan adalah menentukan sistem atau bagian apa sajakah yang akan dirancang dan dipasang. Berikut ini adalah penjelasan terkait sistem atau bagian-bagian yang akan dirancang dan dipasang:

1. Perancangan dan pembuatan mekanik dudukan seluruh sistem
2. Perancangan tata letak seluruh sistem
3. Pemasangan seluruh sistem
4. Pemasangan instalasi listrik seluruh sistem
5. Pemasangan stiker sebagai jalur rangkaian

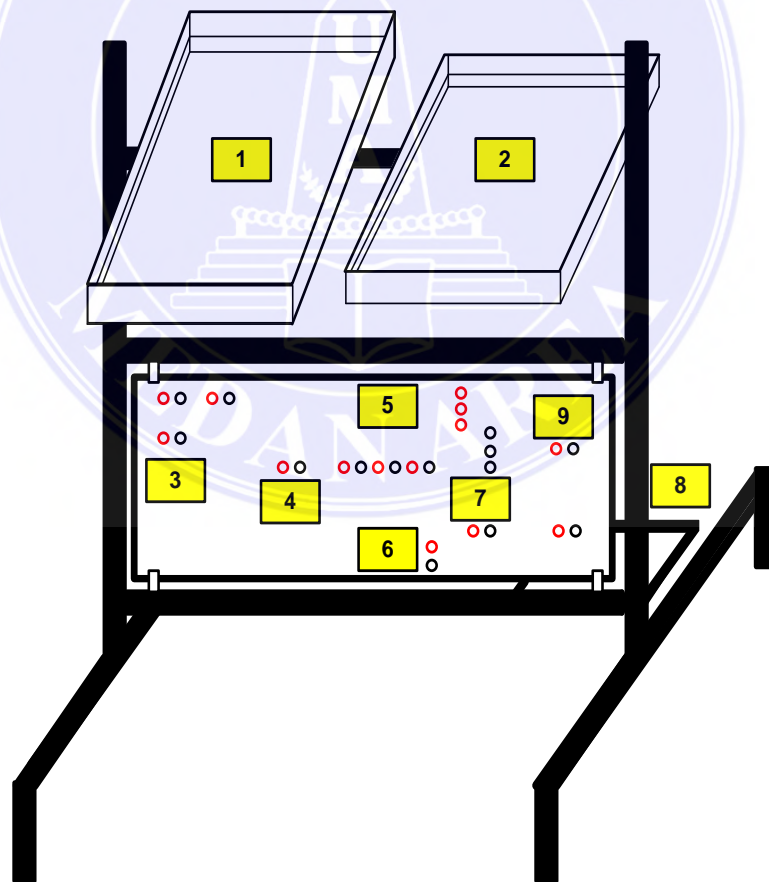
Untuk mempermudah dalam memahami bagaimana alur pembuatan alat trainer maka berikut adalah Gambar 3.2 yang menampilkan *flowchart* perancangan dan pembuatan alat:



Gambar 3.2 : Flowchart Perancangan dan Pembuatan Alat

3.4.1. Perancangan dan Pembuatan Mekanik Dudukan Seluruh Sistem

Adapun bahan pembentuk mekanik dudukan seluruh sistem adalah terbuat dari bahan besi *hollow* baja ringan dengan 2 jenis bentuk besi yakni yang pertama bentuk persegi dan yang kedua bentuk siku dengan masing-masing dimensi seperti yang diuraikan pada Tabel 3.3 di atas. Adapun alasan pemilihan jenis dan dimensi ini adalah agar mudah diangkat atau dibawa pada saat kegiatan akademik lainnya yakni (seminar hasil dan sidang) serta disisi lain karena alasan jumlah dan dimensi masing-masing sistem tidak terlalu banyak dan besar sehingga disesuaikan ukuran dudukannya agar tampak padat dan cantik. Sedangkan desain bentuk dari dudukan seluruh sistem yang dibuat adalah dapat dilihat pada Gambar 3.3 :



Gambar 3.3: Desain dudukan dan tata letak seluruh sistem

Keterangan :

- 1 = Panel surya 10 Wp (*Polycrystalline*)
- 2 = Panel surya 10 Wp (*Monocrystalline*)
- 3 = Saklar dua kutub
- 4 = Watt meter dc 1
- 5 = *Solar charge controller*
- 6 = *MCB dc*
- 7 = Watt meter dc 2
- 8 = Baterai 12 V dc
- 9 = Load (lampu)

Selanjutnya adalah tahapan pembuatan dudukan tersebut sesuai desain Gambar 3.3 di atas serta akan dijelaskan juga bagaimana tahap pembuatannya:

1. Pertama mempersiapkan bahan besi hollow baja ringan dengan masing-masing bentuk yakni bentuk persegi dan bentuk siku.
2. Memperhatikan Gambar 3.3 sebagai acuan untuk menentukan bentuk dan dimensi yang akan dibuat.
3. Mengukur terlebih dahulu pada besi hollow baja ringan sesuai ukuran yang dibutuhkan dan selanjutnya memotong dengan menggunakan gerinda sesuai bentuk dan ukuran pada Gambar 3.3.
4. Melakukan penyambungan dengan menggunakan las listrik sesuai bentuk pada gambar.
5. Setelah selesai sesuai dengan bentuk yang ada di gambar maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengecatan dengan warna hitam menggunakan cat semprot (*pylox*).

6. Terakhir adalah memotong menggunakan gergaji papan triplek sesuai dimensi yang ada pada gambar dan selanjutnya mengikat papan tersebut menggunakan mur dan baut.

3.4.2. Pemasangan Seluruh Sistem

Setelah seluruh tata letak komponen ditentukan seperti Gambar 3.3 di atas maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pemasangan seluruh sistem. Adapun prosedur pemasangannya adalah :

1. Memasang panel surya 10 Wp jenis *polycrystalline* dengan langsung meletakkan pada dudukannya dan dikunci menggunakan mur dan baut.
2. Memasang panel surya 10 Wp jenis *monocrystalline* dengan langsung meletakkan pada dudukannya dan dikunci menggunakan mur dan baut dengan menggunakan obeng.
3. Memasang saklar dua kutub dengan posisi ataupun letak sesuai yang ditunjukkan Gambar 3.3 yang ditunjukkan. Selanjutnya mengunci saklar dua kutub menggunakan mur dan bautnya dengan menggunakan obeng.
4. Memasang watt meter dc 1 dengan posisi ataupun letak sesuai yang ditunjukkan Gambar 3.3. Selanjutnya menguncinya menggunakan mur dan bautnya dengan menggunakan obeng.
5. Memasang *solar charge controller* dengan posisi ataupun letak sesuai yang ditunjukkan Gambar 3.3. Selanjutnya menguncinya menggunakan mur dan bautnya dengan menggunakan obeng.
6. Selanjutnya memasang MCB dc, watt meter dc 2, baterai 12 V dc dan *load* (lampu) dengan posisi ataupun letak sesuai yang ditunjukkan Gambar 3.3.

Selanjutnya menguncinya masing-masing komponen tersebut menggunakan mur dan bautnya dengan menggunakan obeng.

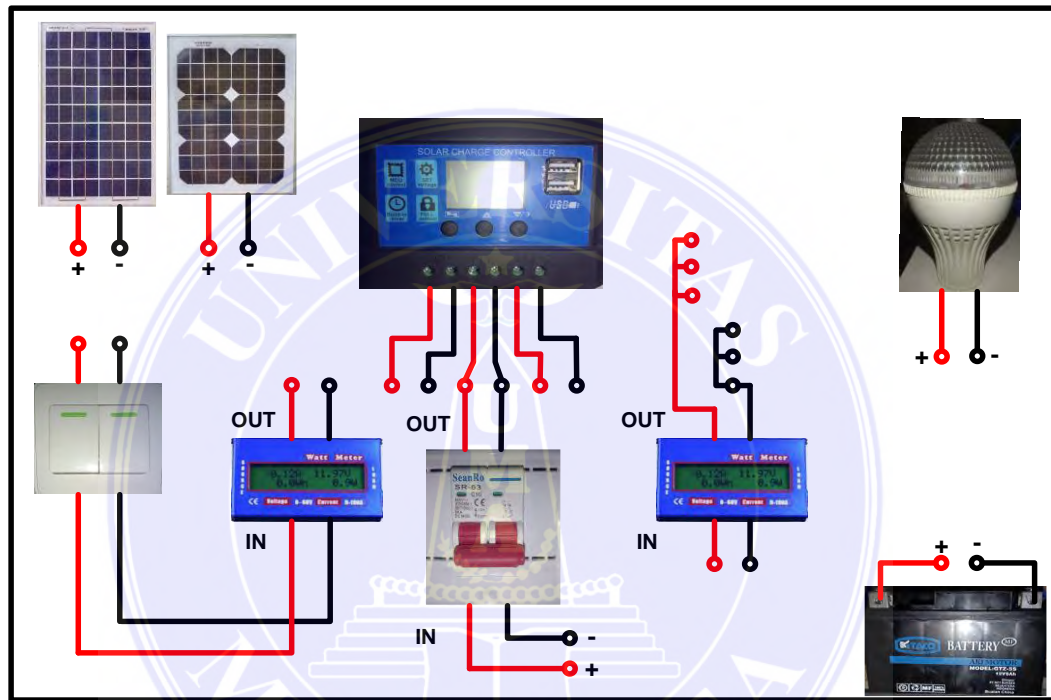
7. Memasang komponen *banana jack connector* dengan posisi dan letak serta jumlah sesuai yang ditunjuk pada Gambar 3.3 untuk per setiap input dan output masing-masing komponen. Adaoun cara memasangnya adalah dengan membuat lubang terlebih dahulu dengan menggunakan bor listrik dengan ukuran sesuai diameter *banana jack connector* jenis *female*. Setelah itu memasang komponen tersebut pada lubang yang telah dibuat dan menguncinya dengan bautnya.
8. Setelah semua telah dipasang maka tahapan selanjutnya adalah memeriksa kembali apakah seluruh komponen telah terpasang sesuai petunjuk pada Gambar 3.3
9. Selanjutnya berikut adalah hasil pemasangan seluruh sistem :



Gambar 3.4: Hasil pemasangan seluruh sistem

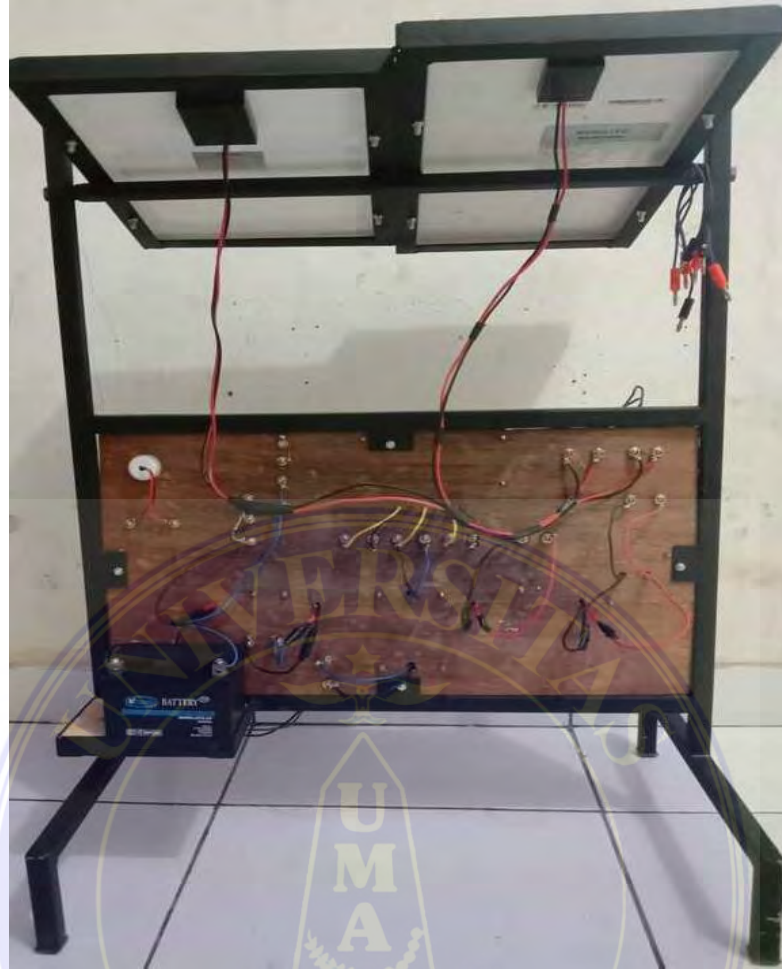
3.4.3. Pemasangan Instalasi Listrik Seluruh Sistem

Tahapan selanjutnya setelah selesai melakukan pemasangan seluruh sistem pada posisi ataupun letaknya masing-masing, maka dilakukan pemasangan instalasi listrik seluruh sistem. Adapun pola ataupun petunjuk pemasangannya adalah mengikuti seperti Gambar 3.6 berikut :



Gambar 3.5: Instalasi listrik seluruh sistem

Setelah instalasi listrik seluruh sistem dipasang sesuai petunjuk pada Gambar 3.5 di atas maka hasil pemasangannya yang tampak dari bagian belakang dapat kita lihat seperti Gambar 3.6 yang ditampilkan berikut ini:



Gambar 3.6: Hasil pemasangan instalasi listrik seluruh sistem (tampak belakang)

3.4.4. Pemasangan Stiker sebagai Jalur Rangkaian

Tahapan terakhir yang dilakukan dalam prosedur pembuatan alat yang berjudul Trainer dengan Kombinasi Solar Panel Tipe *Polycrystalline* dan *Monocrystalline* sebagai Pembelajaran pada EBT adalah pemasangan stiker yang bertujuan untuk mempermudah kita untuk mengetahui bagaimana jalur rangkaian dari setiap komponen sehingga kita terhindar dari yang namanya salah sambungan. Selain itu juga pemasangan stiker ini dapat merubah tampilan

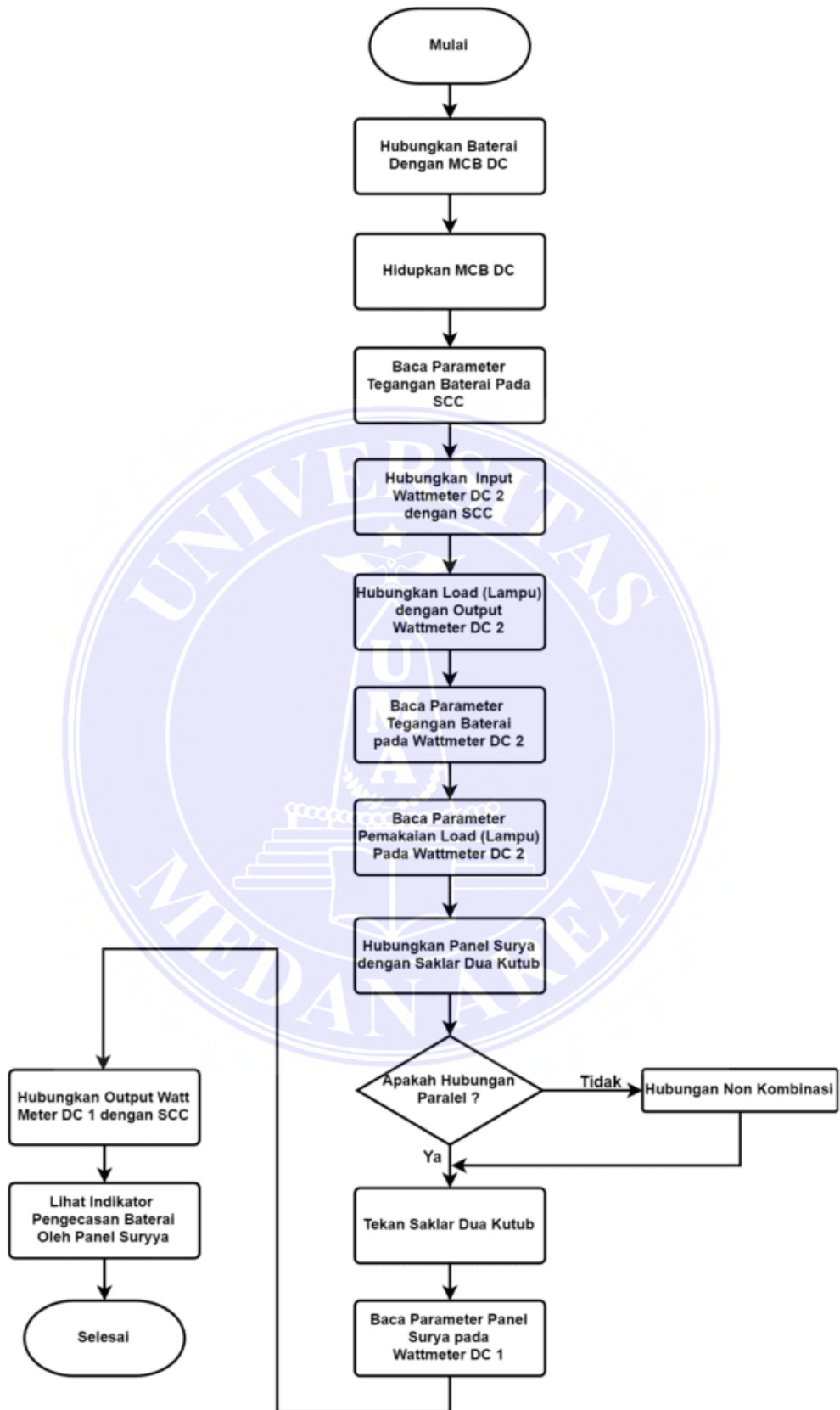
menjadi lebih cantik dan mudah difahami. Berikut adalah Gambar 3.8 yang menampilkan bentuk dari hasil pemasangan stiker sebagai jalur rangkaian :



Gambar 3.7: Tampilan alat trainer setelah dipasang stiker

3.5. *Flowchart* Sistem Kerja Alat

Untuk mempermudah dalam memahami bagaimana prosedur sistem kerja alat ini, maka berikut adalah Gambar 3.8 yang menampilkan *flowchart* sistem kerja alat :



Gambar 3.8: Flowchart sistem kerja alat

3.6. Spesifikasi Alat

3.6.1. Panel Surya 10 WP *polycrystalline*

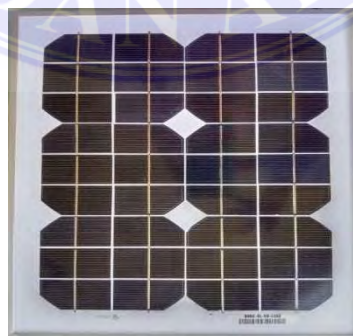


Gambar 3.9: Panel Surya *Polycrystalline*

Spesifikasi panel surya 10 WP *polycrystalline*:

- a. Maximum Power (Pmax): 10 W
- b. Maximum Power Voltage (Vmp): 17,2 V
- c. Maximum Power Current (Imp): 0.58 A
- d. Open Circuit Voltage (Voc): 20.64 V
- e. Short Circuit Current (Isc): 0,65 A
- f. Standart Test Condition Irradiance (G): 1000 W/m²

3.6.2. Panel Surya 10 WP *Monocrystalline*



Gambar 3.10: Panel Surya 10 *Monocrystalline*

Spesifikasi panel surya 10 WP *monocrystalline*:

- a. Maximum Power (Pmax): 10 W
- b. Short Circuit Current (Isc) 0.57 A
- c. Open Circuit Voltage (Voc): 21.24 V
- d. Maximum Power Voltage (Vmp): 18 V
- e. Maximum Power Current (Imp): 0.56 A
- f. Standart Test Condition Irradiance (G): 1000 W/m²

3.6.3. Solar charge Controller



Gambar 3.11: Solar Charge Controller

Spesifikasi *Solar Charge Controller*:

- a. Rated Voltage: 12 V / 24 V
- b. Rated Current: 10 A
- c. Maximum PV Voltage: 50V

3.6.4. Baterai



Gambar 3.12: Baterai

Spesifikasi Baterai:

- a. Model: GTZ-5S
- b. Voltage: 12 V
- c. Capacity: 5 Ah

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

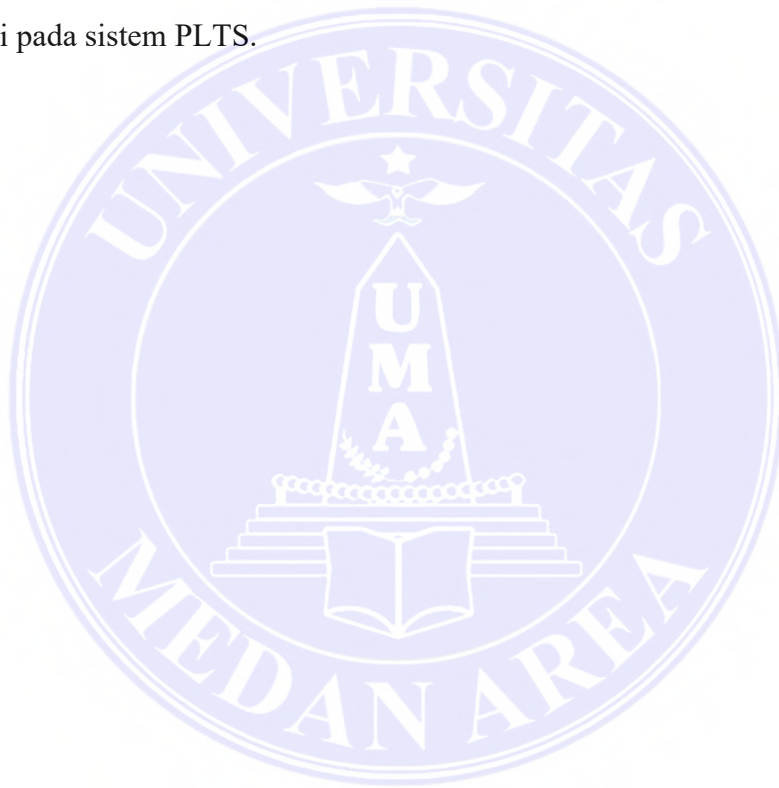
Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan trainer dengan kombinasi solar panel tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* untuk media pembelajaran mata kuliah pembangkit listrik energi terbarukan dapat direalisasikan.
2. Mengoperasikan trainer dengan kombinasi solar panel tipe *polycrystalline* dan *monocrystalline* dapat dilakukan dengan tiga pola pengoperasian yakni melalui pengukuran parameter panel surya tipe *polycrystalline*, pengukuran parameter panel surya tipe *monocrystalline* dan pengukuran parameter panel surya gabungan tipe *polycrystalline* dan tipe *monocrystalline* dengan pola rangkaian paralel.
3. Dari hasil analisis trainer kombinasi solar panel tipe polycrystalline dan monocrystalline ketika diparalelkan mendapatkan hasil rata-rata pada Fill Factor (FF) sebesar 0,63, daya output sebesar 12,62 Watt, daya input sebesar 332,87 Watt dan efisiensi sebesar 4,20 %

5.2. Saran

Melalui penelitian yang saya lakukan, maka penulis dapat memberikan Saran berikut untuk penelitian lanjut dalam pengembangan Trainer ini yakni sebagai berikut:

1. Trainer dapat divariasikan dengan pola rangkaian seri apabila *Solar Charge Controller* yang dipakai menggunakan kapasitas ampere yang lebih besar.
2. Trainer dapat diaplikasikan untuk menguji dan mengukur kapasitas sistem proteksi pada sistem PLTS.



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Fitrianto, R. D. 2014. Trainer Digital Register dan Counter Sebagai Media Pembelajaran untuk Mahasiswa Elektronika Komunikasi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro* 3(1): 69-75.
- [2]. Jose, S. dan R. L. Itagi. 2015. Smart Solar Power Plant. *International Conference on Communications and Signal Processing*. Melmaruvathur, India. 850-854.
- [3]. Anonim. 2011. <http://repository.untag-sby.ac.id/982/2/BAB%20II.pdf>. 18 Maret 2022.
- [4]. Hedi Sasrawan. 2014. Pengertian Energi. <https://hedisasrawan.blogspot.com/2014/07/pengertian-energi-artikel-lengkap.html>. 21 Maret 2022.
- [5]. IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems. 2000. USA: IEEE-SA Standards Board.
- [6]. Anonim. 2010. Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Platns. Italy: ABB SACE
- [7]. Priyo. 2021. PLTS On-Grid, Off-Grid dan Hybrid. <https://www.kartanagari.co.id/plts-ongridoffgrid-dan-hybrid/>. 17 Maret 2022.
- [8]. Rosyadi, Nasrul Haq. 2016. Anialisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Energi Angin dan Energi Surya Dalam Penyediaan Energi Listrik Di Desa Banaran, Yogyakarta (Skripsi). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [9]. Narayana, I.B.K. 2010. Incentive Instruments for PV Development. International Workshop On PV Feed In Tariff. Jakarta 1 Desember.
- [10]. Anonim. 2020. [Inilah Perbedaan Panel Surya Monocrystalline dan Polycrystalline - Digital Station \(ortizaku.com\)](https://ortizaku.com/inilah-perbedaan-panel-surya-monocrystalline-dan-polycrystalline-digital-station/). 20 Juli 2022
- [11] Ismail, Rahmat. 2021. Analisis Potensi Energi Surya Di Daerah Paotere Makassar. Skripsi-S1 thesis. Makasar: Universitas Hasanuddin.

- [12] Evan, Permana. (2015). Rancangan Alat Pengisi Daya Dengan Panel Surya (Solar Charging Bag) Menggunakan Quality Function Deployment (QFD). Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. Vol: 03, No. 04. 97-107.
- [13] Oates, Krysten. (2010). Lithium-ion Batteries: Commercialization History and Current Market. Foresight Science and Technology.
- [14]. Anonim. 2016. Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya. <https://suryautamaputra.co.id/blog/2016/04/20/mengenal-kelebihan-dan-kelemahan-penggunaan-panel-surya/>.15 Maret 2022.

