

RANCANG BANGUN PLTS UNTUK PENERANGAN PADA
KAMPUS PNUP KAB. KOLAKA KAPASITAS 320 WP



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

DISUSUN OLEH:

LA ODE MUH. DJALIL MUSTAFA A.M	342 20 091
ROBI GUNAWAN	342 20 095
JUSTANG	342 20 100

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

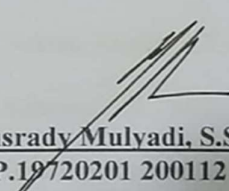
Laporan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun PLTS Untuk Penerangan Pada Kampus PNUP Kab.Kolaka Kapasitas 320 WP” oleh Justang NIM 342 20 100, Robi Gunawan NIM 342 20 095 dan La Ode Muh. Djalil Mustafa A.M NIM 342 20 091 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

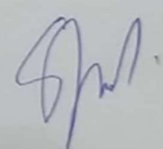
Makassar, 2023

Menyetujui

Pembimbing I,

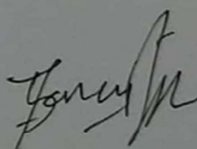
Pembimbing II,


Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.
NIP.19720201 200112 1 002


Sri Suwasti, S.ST., M.T.
NIP.19741123 200112 2 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin,

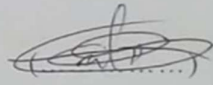


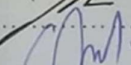
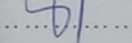

Dr. Ir. Syaharuddin Rasvid, M.T.
NIP.19680105 199403 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, 20 September 2023, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa: Justang 342 20 100, Robi Gunawan NIM 342 20 095 dan La Ode Muh. Djalil Mustafa A.M NIM 342 20 091 dengan judul “Rancang Bangun PLTS Untuk Penerangan Pada Kampus PNUP Kab.Kolaka Kapasitas 320 WP”.

Makassar, 20 September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

1. Sukma Abadi, S.T.,M.T.	Ketua	
2. Sonong, S.T., M.T.	Sekretaris	(.....)
3. Abdul Rahman, S.T., M.T.	Anggota I	
4. Apollo, S.T., M.Eng.	Anggota II	
5. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.	Pembimbing I	
6. Sri Suwasti, S.ST., M.T.	Pembimbing II	

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini yang berjudul “Rancang Bangun PLTS Untuk Penerangan Pada Kampus PNUP Kab. Kolaka Kapasitas 320 WP” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudara kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang;
3. Ketua Jurusan Teknik Mesin Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.;
4. Kordinator Program Studi D-3 Teknik Konversi Energi Ibu Sri Suwasti S.ST., M.T.;
5. Bapak Musrady Mulyadi, S.ST.,M.T. sebagai pembimbing I yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatanya untuk mengarahkan kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini;

6. Ibu Sri Suwasti S.ST., M.T. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatanya untuk mengarahakan kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini;
7. Bapak Muhammad Sidiq Dwi Putra, S.T., M.T. selaku wali kelas kami;
8. Bapak Ir. Andareas Pangkung, M.T. selaku ketua pengelola PSDKU PNUP Kolaka;
9. Ibu Rahmah, S.Pd., M.Pd. selaku wakil ketua pengelola PSDKU PNUP Kolaka;
10. Bapak Apollo, S.T., M.Eng, Selaku ketua pengelola PSDKU PNUP Kolaka terdahulu;
11. Ibu Mardiana Wahab, M.Kes, selaku wakil ketua pengelola PSDKU PNUP Kolaka terdahulu;
12. Para dosen dan staf Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tak dapat kami sebutkan satu persatu atas limpahan ilmu yang telah dibelikan;
13. Teman-teman yang telah berkenan membantu hingga laporan proposal tugas akhir ini selesai.

Teman-teman yang telah berkenan membantu hingga laporan proposal tugas akhir ini dapat selesai.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapakan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini dan demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Makassar, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PENERIMAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
SURAT PERNYATAAN	xiii
RINGKASAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan	3
1.4.1 Tujuan Kegiatan	3
1.4.2 Manfaat Kegiatan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teori Dasar	5
2.2 Energi Matahari	6
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	6
2.3.1 Sel Surya (<i>Solar Cell</i>)	6
2.3.2 Struktur Umum Sel Surya	7
2.3.3 Jenis-Jenis Sel Surya	8

2.3.4 Prinsip kerja <i>solar cell</i>	9
2.3.5 Karakteristik <i>Solar Cell</i>	9
2.3.6 Intensitas Radiasi Matahari	11
2.3.7 Komponen PLTS	12
2.4 Instrumen Pengukuran	15
2.5 Panel Hubung Bagi (PHB)	17
2.6 Sistem Proteksi	19
2.7 Perancangan Sistem Tenaga Surya.....	21
BAB III METODE KEGIATAN	25
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan.....	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat.....	25
3.2.2 Bahan.....	26
3.3 Prosedur/Langkah Kerja.....	27
3.4 Perancangan Pembuatan Alat.....	28
3.5 Tahap Perancangan.....	31
3.5.1 Perakitan dan Pembuatan Rangkaian PLTS	31
3.5.2 Tahap Perakitan Rangka Dudukan Panel Surya	31
3.5.3 Pengujian Rangka Dudukan Panel Surya.....	32
3.5.4 Pengujian PLTS Tanpa Beban.....	32
3.5.5 Pengujian PLTS Menggunakan Beban	33
3.5.6 Mengukur Parameter <i>Output</i>	33
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN	34
4.1 Hasil Rancangan PLTS	34
4.2 Hasil Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	37
1. Data beban dan jam operasi beban gedung.....	37
2. Total daya sebenarnya	37
3. Kebutuhan panel surya	38
4. Penggunaan baterai.....	38
4.3 Analisa Perhitungan pada Pengujian Tanpa Beban.....	39

4.4 Analisa Perhitungan pada Pengujian Berbeban.....	40
4.5 Grafik dan Pembahasan pada pengujian tanpa beban.....	41
4.5.1 Grafik dan pembahasan hasil data pengamatan pengujian tanpa beban	41
4.5.2 Grafik dan Pembahasan Hasil Analisa Data pada Pengujian Tanpa Beban.....	45
4.6 Grafik dan Pembahasan Hasil Analisa Data pada Pengujian Berbeban	48
BAB V PENUTUP	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	51



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Total energi listrik yang di perlukan perhari	37
---	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-Jenis Sel Surya.....	9
Gambar 2.2 Grafik Arus dan Tegangan pada Sel Surya.....	11
Gambar 2.3 Baterai.....	13
Gambar 2.4 Solar Charge Controller.....	14
Gambar 2.5 Inverter.....	15
Gambar 2.6 Multimeter Digital.....	16
Gambar 2.7 Pyranometer.....	17
Gambar 2.8 Panel Hubung Bagi (PHB).....	19
Gambar 2.9 Miniature Circuit Breaker.....	20
Gambar 2.10 Kipas.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir.....	27
Gambar 3.2 Skematik Rangkaian Sistem.....	27
Gambar 3.3 Single Line Diagram.....	29
Gambar 3.4 Denah Ruang Kelas PSDKU PNUP Kolaka.....	30
Gambar 4.1 Hasil Perancangan dudukan panel surya.....	34
Gambar 4.2 Hasil rancangan instalasi kelistrikan pada kotak panel.....	36
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap intensitas radiasi matahari.....	41
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap arus, tegangan dan daya panel surya.....	41
Gambar 4.5 Grafik hubungan waktu pengujian dan terhadap intensitas radiasi matahari.....	42
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap arus, tegangan dan daya panel surya.....	43

DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
P_{in}	Watt	Daya input sel fotovoltaik
G	Watt/m ²	Intensitas radiasi matahari
A	m ²	Luasan sel fotovoltaik
I _{sc}	Ampere	<i>short circuit current</i>
V _{oc}	Volt	<i>open circuit voltage</i>
ESH	Hour	<i>Equivalent Sun Hours</i> / lama penyinaran matahari
P_{out}	Watt	Daya output sel fotovoltaik
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
WP	Watt peak	Daya puncak
η	%	Efisiensi
G	Watt/m ²	intensitas radiasi matahari
Ω	R	Nilai tahanan
kV	Volt	Kilo volt

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1a Data pengamatan tanpa beban pada tanggal 02-juni-2023.....	55
Lampiran 1b Data pengamatan tanpa beban pada tanggal 03-juni-2023.....	57
Lampiran 1c Data pengamatan tanpa beban pada tanggal 19-juni-2023.....	59
Lampiran 1d Hasil Analisa Data Tanpa Beban.....	61
Lampiran 2a Data hasil pengujian berbeban kipas 20Watt dan Lampu 20 Watt	64
Lampiran 2b Data hasil pengujian berbeban kipas 20Watt dan Lampu 30 Watt	66
Lampiran 3a Data pengamatan berbeban kipas 20Watt dan Lampu 20Watt.....	68
Lampiran 3b Data pengamatan berbeban kipas 20Watt dan Lampu 60Watt.....	69
Lampiran 3c Data pengamatan berbeban kipas 20Watt dan Lampu 50Watt.....	70
Lampiran 4 Intensitas radiasi matahari Indonesia ($\text{kWh/m}^2/\text{h}$) dan letak gedung (yang ditandai) yang akan di pasang PLTS.....	72
Lampiran 5 Proses Pembuatan Dudukan Panel Surya.....	73
Lampiran 6 Proses Pembuatan Instalasi Kelistrikan	74
Lampiran 7 Proses Pengujian Tanpa Beban dan berbeban	75
Lampiran 8 Asistensi Dosen Pembimbing	76
Lampiran 9 Denah Kampus PSDKU PNUP Kabupaten Kolaka.....	77
Lampiran 10 Single Line Diagram Ruang Kelas A	78
Lampiran 11 Single Line Diagram Ruang Kelas B.....	79
Lampiran 12 Single Line Diagram Ruang Kelas C.....	80
Lampiran 13 Single Line Diagram Ruang Kelas D.....	81
Lampiran 13 Single Line Diagram Perpustakaan.....	82

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : La Ode Muh. Djalil Mustafa A.M

NIM 342 20 091

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun PLTS Untuk Penerangan Pada Kampus PNUP Kab.Kolaka Kapasitas 320 WP” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir. Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023

La Ode Muh. Djalil Mustafa A.M
NIM. 342 20 091

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Robi Gunawan

Nim : 342 20 095

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun PLTS Untuk Penerangan Pada Kampus PNUP Kab.Kolaka Kapasitas 320 WP” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir. Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023

Robi Gunawan
NIM. 342 20 095

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Justang

Nim : 342 20 100

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun PLTS Untuk Penerangan Pada Kampus PNUP Kab.Kolaka Kapasitas 320 WP” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir. Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023

Justang
NIM. 342 20 100

RANCANG BANGUN PLTS UNTUK PENERANGAN PADA KAMPUS PNUP KAB. KOLAKA KAPASITAS 320 WP

RINGKASAN

Tenaga listrik merupakan salah satu jenis energi yang sangat di perlukan dalam pembangunan khususnya penerangan pada malam hari yang dalam sistem operasionalnya memerlukan desain yang baik untuk mencapai efisiensi yang di butuhkan. Sehingga desain yang di tentukan menggunakan 4 jumlah panel yang berkapasitas 80 WP menggunakan rangkain kombinasi antara seri paralel sehingga mencapai kapasitas yang di inginkan yaitu 4X80 Wp (320 Wp).

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui cara merancang bangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada salah satu gedung yang ada di kampus PSDKU PNUP Kab. Kolaka Dimulai dengan survey lapangan, perancangan alat kemudian dilakukan pengujian tanpa beban pada siang hari dan berbeban pada malam hari. Pada pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang di bebani oleh beberapa lampu AC, yang menggunakan baterai 100 Ah dengan kapasitas 320Wp.

Hasil penelitian dan pembahasan, total daya dan efisiensi pengujian panel surya berubah-ubah karena pengaruh cuaca pada saat pengujian. Pengujian tanpa beban menghasilkan efisiensi terendah pada pukul 12:00 WITA di 1.8% dan tertinggi pada pukul 09:40 WITA di 24.4%. Pada pengujian berbeban efisiensi inverter fluktuatif di setiap pengujian yang berada pada efisiensi terendah pada beban kipas 20Watt dan lampu 20watt di 58.9% dan tertinggi pada beban kipas 20Watt dan lampu 30Watt di 74.1%. Sehingga rancang bangun PLTS dengan kapasitas 320 Wp ini layak di gunakan di kampus PSDKU PNUP Kab. Kolaka dengan beban penerangan yang memiliki total daya sebesar 80Watt dan system kipas 20 Watt.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang dihasilkan melalui perubahan atau mengkonversikan energi ke energi yang lain. Misal perubahan energi kinetik dari perputaran turbin menjadi energi listrik, energi perputaran diesel menjadi energi listrik. Di Indonesia Perusahaan Listrik Negara (PLN) banyak menggunakan pembangkit listrik tenaga uap dan batubara sebagai bahan bakarnya. Jika hal ini terus berlanjut maka tidak mungkin kedepannya akan terjadi krisis energi. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut yaitu menggunakan Energi Baru dan Terbarukan. Tak dapat dipungkiri energi memiliki andil yang besar dalam kehidupan sehari-hari. Bahkan menjadi tolak ukur dari tingkat kemakmuran sebuah negara, dapat dilihat dari konsumsi energi masyarakatnya. Secara konsumsi global hingga nasional mengalami kenaikan yang berbanding lurus dengan kemajuan dan pembangunan yang ada. (Ryan, 2020).

Pemanfaatan energi dalam memenuhi kebutuhan manusia sehari-hari makin lama makin bertambah dan hal ini berbanding terbalik dengan cadangan energi minyak bumi yang makin lama makin berkurang. Dibutuhkan kebijakan dalam memanfaatkan energi alternatif diantaranya adalah energi matahari sebagai energi alternatif dan terbarukan. Indonesia adalah negara khatulistiwa yang mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan sebagai bentuk energi alternatif (Harahap, 2019).

Berbagai penelitian mengenai potensi, perancangan, dan unjuk kerja PLTS telah banyak dilakukan. Penelitian mengenai unjuk kerja PLTS rooftop dengan kapasitas 158 kWp pada Kantor Gubernur Bali menggunakan software helioscope untuk mengetahui potensi produksi energi listrik dari PLTS. Penelitian mengenai unjuk kerja PLTS smart microgrid 26.4 kWp yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Gedung DH Teknik Elektro Universitas Udayana. Penelitian yang membahas kajian teknis PLTS adalah perancangan PLTS pada Gedung Sekolah Dasar Negeri 5 Pendungan dan RSPTN UNUD. (Ardiansyah, 2021).

PSDKU PNUP (Program Studi Diluar Kampus Utama Politeknik Negeri Ujung Pandang) terletak di Jl. Mutiara, lamokato, kec. Kolaka, kab. Kolaka, Sulawesi Tenggara. Kampus tersebut memiliki beberapa ruangan. Adapun kondisi ruang kelas PSDKU PNUP kolaka yang masih menggunakan suplay listrik konvensional berasal dari PLN, dalam hal ini kami menggunakan energi listrik terbarukan yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mengurangi penggunaan energi konvensional dan juga mendukung pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan (EBT).

Berdasarkan beberapa permasalahan tersebut, peneliti berinisiatif untuk membuat tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Plts Untuk Penerangan Pada Kampus Pnup Kab.Kolaka Kapasitas 320 WP”. Hasil akhir dari penelitian ini nantinya akan dapat membantu para mahasiswa PSDKU PNUP kolaka untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dan penerangan yang didapatkan dari panel surya.

1.2 Rumusan Masalah

Pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana desain sistem PLTS yang dapat di terapkan untuk memasok energi listrik pada salah satu gedung di kampus PSDKU PNUP kolaka?
2. Apakah desain PLTS yang diterapkan dapat menghasilkan efisiensi yang maksimal untuk kebutuhan salah satu gedung di kampus PSDKU PNUP Kolaka?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi permasalahan yang meluas, maka dibuatlah suatu batasan masalah. Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan laporan seminar tugas akhir ini yaitu:

1. Pembangkit listrik tenaga surya digunakan untuk menyalakan lampu AC.
2. Panel surya yang digunakan berkapasitas 4 x 80 Wp.
3. Dapat merancang sistem pembangkit listrik tenaga surya sebagai penerangan.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Dalam penelitian ini ada beberapa tujuan yaitu :

1. Untuk mendesain dan merancang system PLTS yang dapat dikembangkan untuk memasok listrik pada salah satu gedung di kampus PSDKU PNUP kolaka.

2. Untuk mengetahui desain yang tepat untuk mencapai efisiensi yang maksimal untuk kebutuhan pada salah satu gedung di kampus PSDKU PNUP Kolaka.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

Ada beberapa manfaat dalam penulisan yaitu :

1. Dapat digunakan sebagai referensi untuk pengembangan selanjutnya
2. Dapat mengaplikasikan ilmu yang telah di dapatkan selama perkuliahan
3. Memberikan gambaran pengetahuan kepada masyarakat tentang proses perancangan PLTS sesuai kebutuhan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Energi matahari dihasilkan oleh matahari yang diciptakan melalui proses termonuklir dan proses ini menciptakan panas dan radiasi elektromagnetik. Radiasi elektromagnetik ini memiliki energi yang sampai ke bumi. Karena energi matahari adalah sumber energi tidak langsung, kita memerlukan dua komponen: satu kolektor dan perangkat penyimpanan lainnya. Kolektor akan mengumpulkan radiasi yang berasal dari matahari dan mengubahnya dalam bentuk energi listrik. Kita memerlukan unit penyimpanan karena Radiasi terus bervariasi sepanjang siang hari dan pada malam hari tidak akan ada radiasi.

Ada tiga jenis kolektor seperti kolektor pelat datar, kolektor center dan kolektor pasif. Sebagian besar kita menggunakan panel pelat datar yang merupakan kombinasi susunan sel surya yang disusun dalam bidang yang sederhana. Output panel ini bergantung pada ukuran panel dan intensitas radiasi.

Sel surya atau sel PV mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan efek photovolta. Ketika sinar matahari mengenai permukaan material, elektron yang ada di pita valensi menyerap energi dengan melompat ke pita konduksi dan menjadi bebas. Elektron non-termal berdifusi, dan beberapa mencapai persimpangan di mana mereka dipercepat menjadi bahan yang berbeda dengan potensi built-in (potensi Galvani). Ini menghasilkan gaya gerak listrik dan dengan demikian energi cahaya diubah menjadi energi listrik. Adanya perpindahan elektron

ini yang menyebabkan terjadinya energi listrik. Adanya perpindahan electron inilah yang menyebabkan terjadinya arus listrik. (Quaschning, 2005).

Energi matahari merupakan energi yang bersumber dari Matahari dengan memanfaatkan cahaya maupun panas yang di pancarkan oleh Matahari. Energi ini juga merupakan salah satu sumber energi terbarukan (*renewable*) yang murah, efisien, dan ramah lingkungan. Energi ini dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menggunakan teknologi fotovoltaik sehingga menghasilkan listrik.

2.2 Energi Matahari

Matahari merupakan sumber energi mahadasyat yang dimiliki tata surya. Melalui pancaran energi radiasi dan energi termal matahari, Kehidupan di bumi dapat berlangsung hingga sekarang. Konversi energi matahari yang terjadi di bumi dan dapat dirasakan seperti gaya rotasi bumi yang menyebabkan pergantian musim, pertukaran angin darat dan laut, gelombang laut, pergerakan air sungai dan hujan, topan tornado, arus pancar (*Jetstream*) yang terjadi pada ketinggian 10.000 meter atau lebih, fotosintesis pada daun tumbuhan, serta perpindahan kalor yang terjadi di tubuh makhluk hidup. (Suryanto,2022).

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.3.1 Sel Surya (*Solar Cell*)

Sel surya (*Photovoltaic*, PV) didefinisikan sebagai teknologi yang menghasilkan listrik DC dari suatu bahan semikonduktor ketika dipaparkan oleh cahaya. Selama bahan semikonduktor tersebut dipaparkan oleh cahaya maka sel surya akan selalu menghasilkan energi listrik. Namun, ketika tidak dipaparkan oleh

cahaya sel surya berhenti menghasilkan energi listrik. Energi solar atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spektrum cahaya. Foton yang terserap oleh sel surya inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik. (Dalimunthe, 2019).

Metal grid membentuk satu dari terminal listrik semikonduktor. Cahaya matahari akan masuk melalui metal grid dan menyebabkan kontak dengan komponen semikonduktor dan kemudian energi listrik akan terbentuk. *Antireflective layer* berfungsi untuk meningkatkan jumlah cahaya yang masuk ke semikonduktor. Energi listrik terbentuk ketika adanya hole (h^+) dan elektron (e^-) yang muncul akibat energi cahaya matahari yang masuk ke sel surya. Rangkaian sel surya dapat direpresentasikan sebagai sumber arus yang terhubung paralel dengan sebuah dioda dan tahanan (RSH) dan terhubung seri dengan tahanan (RS). (Dalimunthe, 2019).

2.3.2 Struktur Umum Sel Surya

Struktur inti dari sel surya pada umumnya terdiri dari satu atau lebih jenis material semi konduktor dengan dua daerah berbeda yaitu, daerah positif dan negatif. Dua sisi yang berlainan ini berfungsi sebagai elektroda. Untuk menghasilkan dua daerah muatan yang berbeda umumnya digunakan dopant dengan golongan periodik yang berbeda. Hal ini dimaksudkan agar dopant pada daerah negatif akan berfungsi sebagai pendonor elektron, sedangkan dopant pada daerah positif akan berfungsi sebagai acceptor elektron. (Goetzberger, A., Hoffman, V.U.2005).

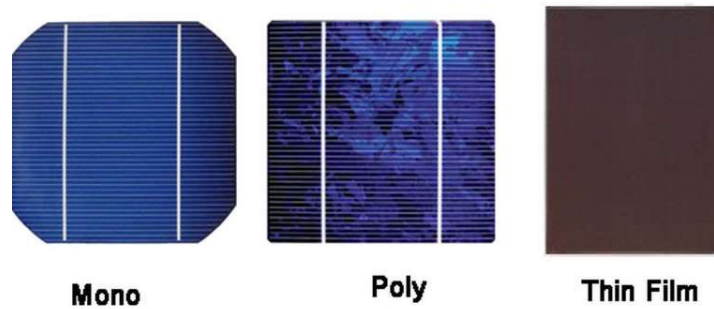
Sebagai contoh, pada solar sel konvensional digunakan material elektron sebagai semikonduktor. Untuk menghasilkan dua muatan yang berbeda, maka pada satu sisi diberi dopant dari golongan elektron V yang mempunyai elektron valensi lima. Hal ini mengakibatkan elektro mempunyai kelebihan elektron (n-tipe). Sedangkan pada sisi yang berlainan digunakan dopant dari golongan elektron III yang mengakibatkan elektro kekurangan elektron (p-tipe). Dikarenakan untuk membentuk suatu struktur yang stabil dibutuhkan empat elektron, maka kekurangan satu elektron akan didapat dari donor n-tipe. (Goetzberger, A., Hoffmann, V.U. 2005).

2.3.3 Jenis-Jenis Sel Surya

Ada 2 (dua) jenis modul surya yang paling populer yaitu jenis *crystalline silicon* dan *thin film*. Jenis *crystalline silicon* terbuat dari bahan silikon dan *thin film* sebagian besar terbuat dari bahan kimia. Jenis *crystalline* terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu tipe *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Masing-masing jenis memiliki efisiensi berbeda yaitu *monocrystalline* 14-16%, *polycrystalline* 13 – 15%. Modul surya *thin film* terdiri dari beberapa jenis yang dinamai sesuai dengan bahan dasarnya, seperti A-Si:H, CdTe dan CIGs. Rata-rata efisiensi modul surya jenis *thin film* 6,5 – 8%. Sehingga, dengan kapasitas yang sama, masing-masing jenis modul memiliki luas permodul yang berbeda, hal ini berimplikasi pada penyediaan lahan yang berbeda. (Sianipar, 2014).

Kapasitas modul surya yang dinyatakan dalam Wp dan tersedia dalam beberapa ukuran. Untuk penggunaan pembangkit, ukuran modul yang lazim digunakan adalah 80 – 300 Wp permodul. Untuk mendapatkan tegangan yang lebih

besar, modul disusun secara seri dan untuk mendapatkan arus yang besar, modul disusun secara parallel. (Sianipar, 2014).



Gambar 2.1 Jenis-Jenis Sel Surya

(Sumber : sianipar, 2014)

2.3.4 Prinsip kerja *solar cell*

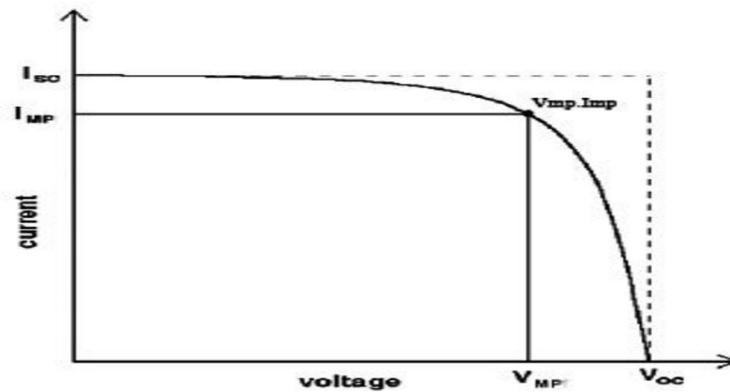
Menurut (Mudhofiroh & Noor, 2014) “Prinsip dari Panel surya ialah mengubah intensitas cahaya matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk menjalankan peralatan elektronik”. Panel surya yaitu suatu panel lengkap yang terdiri dari beberapa sel yang disusun secara horizontal serta dilapisi dengan kaca sehingga mampu dipasang dibawah sinar matahari. Beberapa sel tersebut terbuat dari kristal silikon yang dikembangkan dalam bentuk batang tuangan.

2.3.5 Karakteristik *Solar Cell*

Sel surya menerima penyinaran matahari dalam satu hari sangat bervariasi. Hal ini dikarenakan sinar matahari memiliki intensitas yang besar ketika siang hari dibandingkan dengan pagi hari. Untuk mengetahui kapasitas daya yang dihasilkan, dilakukanlah pengukuran terhadap arus (I) dan tegangan (V) pada gususan sel surya yang disebut modul. Untuk mengukur arus maksimum, maka

kedua terminal dari modul dibuat rangkaian hubung singkat sehingga tegangannya menjadi nol dan arusnya maksimum. Dengan menggunakan amper meter akan didapatkan sebuah arus maksimum yang dinamakan *short circuit current* atau I_{sc} . Pengukuran terhadap tegangan (V) dilakukan pada terminal positif dan negatif dari modul sel surya dengan tidak menghubungkan sel surya dengan komponen lainnya. Pengukuran ini dinamakan *open circuit voltage* atau V_{oc} . Hasil pengukuran arus (I) dan tegangan (V) ini dapat digambarkan dalam sebuah grafik yang disebut kurva I-V seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 Pada kurva I-V terdapat hal-hal yang sangat penting yaitu:

- a. *Maximum Power Point* (V_{mp} dan I_{mp}) *Maximum Power Point* (V_{mp} dan I_{mp}) Pada kurva I-V, adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel sel surya.
- b. *Open Circuit Voltage* (V_{oc}) *Open Circuit Voltage* V_{oc} , adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.
- c. *Short Circuit Current* (I_{sc}) *Short Circuit Current* (I_{sc}), adalah maksimum arus keluaran dari panel sel surya yang dapat dikeluarkan di bawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau hubung singkat .
- d. *Fiil Factor* (FF) merupakan parameter yang menentukan daya maksimum dari panel sel surya. (Suriadi,2010).



Gambar 2.2 Grafik Arus dan Tegangan pada Sel Surya

(Sumber: junial heri)

2.3.6 Intensitas Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah pancaran energi yang berasal dari proses thermonuklir yang terjadi di Matahari. Energi radiasi matahari berbentuk sinar dan gelombang elektromagnetik. Spektrum radiasi matahari sendiri terdiri dari dua yaitu, sinar bergelombang pendek dan sinar bergelombang panjang. Sinar yang termasuk gelombang pendek adalah sinar x, sinar gamma, sinar ultra violet, sedangkan sinar gelombang panjang adalah sinar infra merah. (Dyah, 2015).

Di luar Atmosfer, radiasi tersebut disebut Konstanta Surya (*Solar Constant*). Secara teoritis nilai intensitas radiasi surya yaitu sebesar 1353 W/m^2 , sedangkan secara aktual nilai intensitas radiasi surya (G) dapat dihitung menggunakan alat Piranometer (Solarimeter).

2.3.7 Komponen PLTS

1. Baterai

Baterai adalah perangkat yang dapat mengubah energi kimia langsung menjadi energi listrik. Bagian utama baterai terdiri dari elektrolit dan pelat-pelat yang berisi bahan aktif. Pada umumnya baterai terbagi menjadi dua kelompok:

- a. Baterai primer yang memiliki siklus perubahan energi kimia menjadi energi listrik yang tak dapat berulang (tidak dapat diisi ulang). Contoh baterai primer adalah baterai *Zinc-carbon*, *Zinc-chloride*, *Alkaline*, *Lithium-ion disulphide*, *Mercury*, dan sebagainya.
- b. Baterai sekunder yang dapat diisi ulang, yang mana pada reaksi kimianya dapat diulang kembali dengan mencatu listrik pada sel-selnya. Contoh baterai sekunder adalah baterai Asam Timbal (*Lead Acid*), *Nickel-cadmium*, *Nickel-Metal hydride*, *Lithium-ion*, *Lithium polymer* dan sebagainya. Ada beberapa tipe baterai yang sekarang umum digunakan pada PLTS di Indonesia. Jenis baterai tersebut diantaranya adalah :

1) Baterai VLA (*Vented Lead Acid*)

Baterai ini mirip seperti aki pada kendaraan bermotor, sedangkan bedanya terdapat pada tebal lempengan elektroda yang digunakan. Kelebihan baterai VLA adalah harganya yang murah dan umur yang lebih lama (dengan perawatan yang tepat). Sedangkan kekurangannya adalah memerlukan perawatan berkala, tidak cocok di temperatur yang rendah dan timbulnya gas saat *overcharge*.

2) Baterai VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)

Baterai jenis ini bersifat tertutup (*sealed*), sehingga penguapan yang dikeluarkan sangat kecil, dengan kata lain sangat sedikit senyawa / bahan yang dapat keluar / masuk baterai, dengan demikian tidak memerlukan penambahan cairan elektrolit selama masa pemakaian baterai tersebut.

Terdapat 2 (dua) jenis baterai VRLA:

- Gel

Pada jenis ini elektrolit di dalam baterai berada pada bentuk gel dengan penambahan bahan tertentu.

- AGM Pada jenis ini AGM (*Absorbed Glass Mat*) elektrolit terserap di sebuah material namanya glass mat.



Gambar 2.3 Baterai

(Sumber: Harahap, 2019)

2. *Solar Charge Controller*

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang mengatur aliran listrik dari modul surya ke baterai dan beban. *Solar Charge Controller* menjaga agar baterai tetap terisi penuh tanpa berlebihan (*overcharge*). Ketika beban sedang menarik daya, *Solar Charge Controller* memungkinkan arus listrik mengalir dari modul ke baterai. Ketika pengontrol menyensor bahwa

baterai telah terisi penuh maka *Solar Charge Controller* akan menghentikan aliran arus dari modul. *Solar Charge Controller* juga menyensor bilamana terlalu banyak energi listrik ditarik beban sehingga baterai hampir kosong. Ketika hal itu terjadi, *Solar Charge Controller* akan menghentikan aliran listrik sampai muatan di dalam baterai terisi kembali.



Gambar 2.4 Solar Charge Controller

(Sumber: Harahap, 2019)

3. Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan arus searah (*Direct Current*) menjadi tegangan bolak-balik (*Alternating Current*). Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber DC yang lain. (saputro, 2017).



Gambar 2.5 Inverter

(Sumber: Harahap, 2019)

2.4 Instrumen Pengukuran

2.4.1. Multimeter

Multimeter adalah alat ukur dalam bidang elektronika yang untuk mengukur tegangan DC, mengukur tegangan AC, mengukur arus DC, mengukur tahanan (Ohm), mengukur nilai kapasitansi kapasitor (Farad) dan Memeriksa keadaan suatu komponen masih baik atau tidak dan digunakan pada trouble shooting suatu peralatan elektronik. Pada Multimeter Analog terdapat skala pembacaan meter dan saklar putar untuk memilih fungsi pengukuran dan kisaran/rentangan pengukuran. Fungsi pengukurannya yaitu DC Voltmeter, AC Voltmeter, DC Amperemeter, Ohmmeter dll. Kisaran/rentangan pengukuran dapat dipilih pada saklar putar dan pembacaannya dilihat pada skala meter. (Prawiroredjo, 2006).



Gambar 2.6 Multimeter Digital

(Sumber: rakhman.net)

2.4.2 Pyranometer

Pyranometer merupakan sebuah alat untuk mengukur radiasi matahari. Energi matahari sendiri menjadi salah satu sumber daya energi selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Pyranometer adalah inovasi dalam industri test & measurement sebagai alat ukur untuk tenaga matahari atau perangkat solar cell, yang digunakan untuk mengukur besarnya pengaruh radiasi cahaya pada permukaan bidang dengan satuan W/m^2 . Dalam Pyranometer terdapat sebuah sensor, yaitu sensor yang berfungsi untuk membaca nilai dari radiasi matahari yang terpancar ke bumi realtime pada saat diterima. Untuk mendapatkan nilai radiasi yang realtime sesuai dengan kualitas data yang diinginkan, maka pyranometer harus dikembangkan agar dapat menampilkan data hasil dari pengukuran. (Budianto, 2016).



Gambar 2.7 Pyranometer

(Sumber: Budianto,2016)

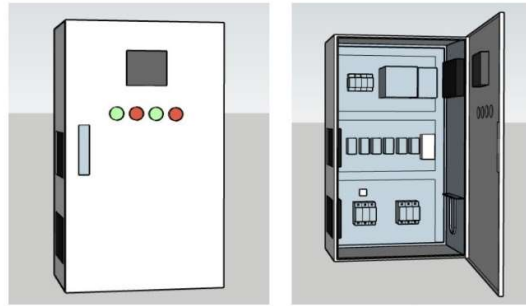
2.5 Panel Hubung Bagi (PHB)

Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkuit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkuit akhir ke beban yang berupa beberapa titik lampu dan kotak-kontak ke peralatan listrik yang berada dalam bangunan. Perangkat Hubung Bagi sendiri terdiri dari berbagai komponen seperti pemutus arus, kabel penghantar, dan alat ukur. Sumber panas pada Perangkat Hubung Bagi biasanya berasal dari komponen yang melebihi kapasitas beban. Panas yang terjadi dapat menghasilkan percikan api pada komponen. Selain suhu panas, kelembapan panel dapat menimbulkan bahaya, kelembapan yang tinggi dapat menyebabkan pengembunan. Jika air embun tersebut mengenai komponen elektrikal dapat menyebabkan korslet.

Menurut data pada penelitian yang dilakukan oleh (Suherman and Riky, 2018) yang melakukan pengecekan pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah, didapatkan bahwa terjadi perubahan nilai tahanan kontak saat suhu naik. Dimana pada saat 28 derajat selsius nilai tahanan masing-masing kontak R, S, T, adalah $130\mu\Omega$; $169\mu\Omega$; $151\mu\Omega$ dan pada saat 29 derajat selsius nilai tahanan masing-masing kontak R, S, T, adalah $127,3\mu\Omega$; $163,9\mu\Omega$; $164,5\mu\Omega$. Kubikel 20KV Berbasis Internet Of Things. Berdasarkan penelitan dari Rahman dan Broto dalam jurnal yang berjudul “Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Udara pada Kubikel 20KV Berbasis Internet Of Things”, salah satu cara untuk mengoptimalkan nilai suhu dan kelembapan pada sebuah panel adalah dengan menggunakan fan dan heater.

Perlengkapan Hubung Bagi istilah umum yang mencakup rangkaian sakelar dan kombinasinya dengan perlengkapan kendali, alat ukur, proteksi, rangkain elektronik dan perlengkapan tersebut dengan interkoneksi, kotak panel dan struktur penyangga terkait, yang dimaksudkan secara prinsip untuk penggunaan dalam pembangkitan, transmisi, distribusi dan konversi energi listrik. Sedangkan Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali merupakan perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke sirkuit listrik untuk keperluan melaksanakan satu fungsi atau lebih berikut: proteksi, kendali, isolasi, penyakelaran *switchgear and controlgear*. Perlengkapan hubung bagi salah satunya adalah panel hubung bagi. Panel hubung bagi merupakan perlengkapan hubung bagi yang pada tempat pelayanannya berbentuk suatu panel atau kombinasi panel-panel, terbuat dari bahan konduktif atau tidak konduktif yang dipasang pada suatu rangka yang dilengkapi

dengan perlengkapan listrik seperti sakelar, kabel dan rel serta peralatan proteksi. (Nugraha, 2022).



Gambar 2.8 Panel Hubung Bagi (PHB)

(Sumber: Nugraha, 2022)

2.6 Sistem Proteksi

2.6.1 Miniature Circuit Breaker (MCB)

Pada sistem tenaga listrik perlu diberikan suatu sistem proteksi untuk melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat adanya beban lebih atau terjadi hubung singkat juga untuk melokalisasi luas daerah yang terganggu menjadi sekecil mungkin. Peralatan proteksi tersebut banyak jenisnya tergantung dengan kebutuhan yang biasa digunakan baik pada perindustrian maupun pada perumahan. *Miniature Circuit Breaker* (MCB) merupakan jenis peralatan proteksi berfungsi sebagai memproteksi arus lebih untuk melindungi peralatan listrik dari arus lebih yang disebabkan terjadinya beban lebih dan arus lebih karena adanya hubungan pendek (*short circuit*).

Prinsip dasar bekerjanya suatu MCB yaitu untuk pemutusan rangkaian jika terjadi beban lebih pada rele termis akibat arus yang mengalir pada MCB melebihi

arus nominal secara terus-menerus, maka sistem pemutusannya dilakukan oleh logam bimetal. Untuk pemutusan yang terjadi apabila terjadi hubung singkat yang menimbulkan arus yang sangat besar, maka digunakan elektromagnet. Pemutusan hubungan kontak yang terletak pada pemadam busur dan terjadi pembukaan saklar pada MCB disebabkan karena bimetal ataupun elektromagnet bekerja. Gawai proteksi digunakan pada instalasi listrik umumnya digunakan untuk:

- Mengamankan hantaran, peranti, pemanfaat dan motor listrik terhadap beban lebih.
 - Mengamankan terhadap hubung pendek antar fase atau antar fase dengan netral/bumi, dan terhadap hubung pendek dalam aparatus.
 - Pengaman terhadap hubung pendek dengan badan mesin atau aparatus.
- (Hambali,2010).



Gambar 2.9 *Miniature Circuit Breaker*

(Sumber: Susanto, 2013)

2.6.2 Kipas

Kipas adalah mengatur temperatur udara agar panel hubung bagi yang tidak mengalami panas berlebih dan dapat bersirkulasi udara secara normal. Pada umumnya kipas angin dimanfaatkan untuk pendingin udara, penyebar udara, ventilasi (*exhaust fan*), atau pengering (umumnya memakai komponen penghasil panas). Terdapat dua jenis kipas angin berdasarkan arah angin yang dihasilkan,

yaitu kipas angin centrifugal (angin mengalir searah dengan poros kipas) dan kipas angin axial (angin mengalir secara paralel dengan poros kipas)



Gambar 2.10 Kipas

(Aulia, 2021)

2.7 Perancangan Sistem Tenaga Surya

Langkah-langkah perancangan panel surya adalah sebagai berikut:

- 1) Mencari total beban harian listrik harian

Rumus yang digunakan untuk mencari total beban pemakaian per hari adalah sebagai berikut:

$$\text{Beban pemakaian} = \text{Daya (Watt)} \times \text{Lama Pemakaian (h)} \dots\dots (2.1)$$

- 2) Menentukan kebutuhan daya listrik

Dengan menghitung berapa watt daya yang dibutuhkan oleh masing-masing peralatan yang akan disupply oleh PV system dan berapa jam perhari pemakaian, hasil dari perhitungan ini menghasilkan daya dalam satuan watt jam perhari. Namun, energi listrik yang dihasilkan PLTS tidak 100% dapat digunakan karena selama masa transmisi dari panel surya hingga pada akhirnya ke beban(alat elektronik) terdapat hingga 40% energi listrik yang hilang. Maka dari itu, perlu adanya

penambahan 40% daya listrik dari total daya yang digunakan. Jadi, secara matematis :

Total daya pemakaian = daya beban x lama pemakaian beban (waktu) : (100%-40%) (Priska, 2022).

3) Menentukan jam matahari ekivalen (*Equivalent Sun Hours, ESH*)

Jam matahari ekivalen suatu tempat ditentukan berdasarkan peta insolasi matahari dunia yang dikeluarkan oleh Solarex. Berdasarkan peta insolasi matahari dunia, diperoleh ESH untuk wilayah Indonesia Timur sebesar 4.8 (Bachtiar, 2006).

4) Menentukan jumlah panel surya

Rumus yang digunakan untuk menentukan jumlah panel surya sesuai dengan beban pemakaian adalah (Zian, 2018):

$$\text{jumlah panel surya} = \frac{\text{Total beban pemakaian haria (Wh)}}{\text{Kapasitas modul (Watt)} \times \text{ESH (h)}} \dots\dots (2.2)$$

5) Menentukan kebutuhan baterai/aki.

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) umumnya dilengkapi dengan baterai sebagai media penyimpanan energi untuk mensuplai kebutuhan listrik beban ketika beroperasi malam hari. Kapasitas baterai dihitung dengan persamaan (Hari, 2018):

$$\text{Arus yang dibutuhkan} = \frac{\text{Total beban pemakaian harian (Wh)}}{\text{Tegangan Sistem (Volt)}} \dots (2.3)$$

$$\text{Jumlah baterai yang dibutuhkan} = \frac{\text{Arus yang dibutuhkan (Ah)}}{\text{Kapasitas aki (Ah)}} (2.4)$$

6) Besar Kebutuhan *Solar Charge Controller* (SCC)

Untuk menghitung kebutuhan *Solar Charge Controller*, perlu untuk mengetahui spesifikasi dari panel surya. Dari spesifikasi panel surya, yang perlu diperhatikan adalah I_{sc} (*short circuit current*). (Hari, 2018)

7) Besar Kebutuhan Inverter

Besar kebutuhan inverter yang diperlukan untuk kebutuhan AC adalah minimal sama dengan total daya yang dinyalakan bersamaan. (Hari, 2018).

Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Untuk mendapatkan nilai efisiensi dari panel surya, terdapat beberapa parameter yang harus diketahui terlebih dahulu, yaitu (Zian, 2018):

- a. Tegangan keluaran panel surya (V)
- b. Arus keluaran panel surya (I)
- c. Intensitas Radiasi matahari (I_r)
- d. Luasan permukaan panel surya (A)

1) Daya output panel surya (P_{out})

Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan 2.6 (Zian, 2018):

$$P_{out} = V \cdot I \dots \dots \dots (2.6)$$

2) Daya input panel surya (P_{in})

Daya input akibat iradiasi sumber cahaya dapat dihitung dengan persamaan berikut (Zian, 2018):

$$P_{in} = A \cdot I_r \dots\dots\dots(2.7)$$

3) Efisiensi Panel Surya (η)

Perhitungan efisiensi panel surya dapat lihat pada persamaan 2.8 (Zian, 2018):

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$



BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Lokasi pembuatan dan pengujian Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Penerangan pada salah satu gedung di Kampus PSDKU PNUP Kolaka dilaksanakan di kampus PSDKU PNUP Kolaka.

Waktu pembuatan dan pengerjaan rancang bangun ini dilakukan mulai bulan Januari sampai bulan Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan rancang bangun ini akan digunakan berbagai alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada proses rancang bangun ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mesin Gurinda
- 2) Mesin bor listrik
- 3) Mesin las
- 4) Tang kombinasi
- 5) Obeng Plus
- 6) Obeng Minus
- 7) Multimeter
- 8) piranometer
- 9) Meteran
- 10) Kunci pas ring

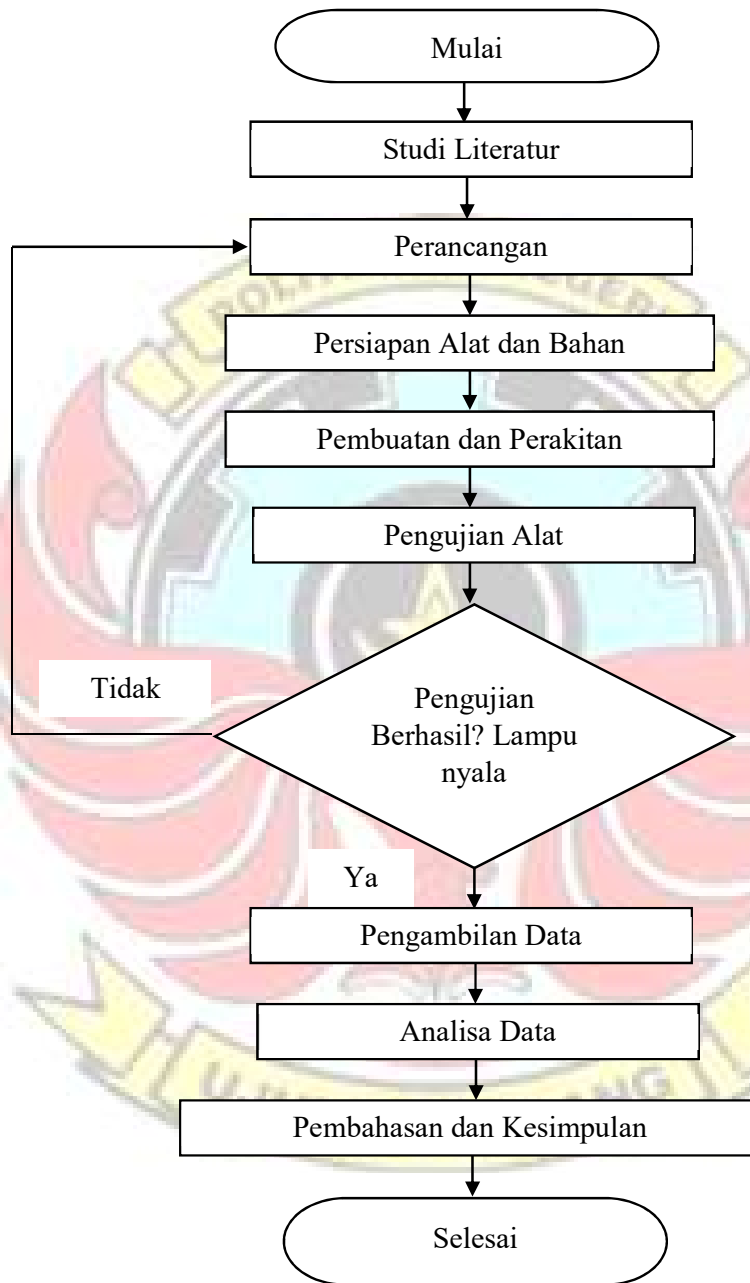
3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun yaitu:

- 1) Panel surya
- 2) *Solar Charger Controller*
- 3) Baterai
- 4) Lampu
- 5) MCB DC
- 6) MCB AC
- 7) Terminal Krustin
- 8) Plat Besi
- 9) Besi siku
- 10) Baut dan mur
- 11) Fitting lampu
- 12) Saklar
- 13) Kabel
- 14) Isolasi bakar
- 15) Kotak panel
- 16) *Change Over Switch*

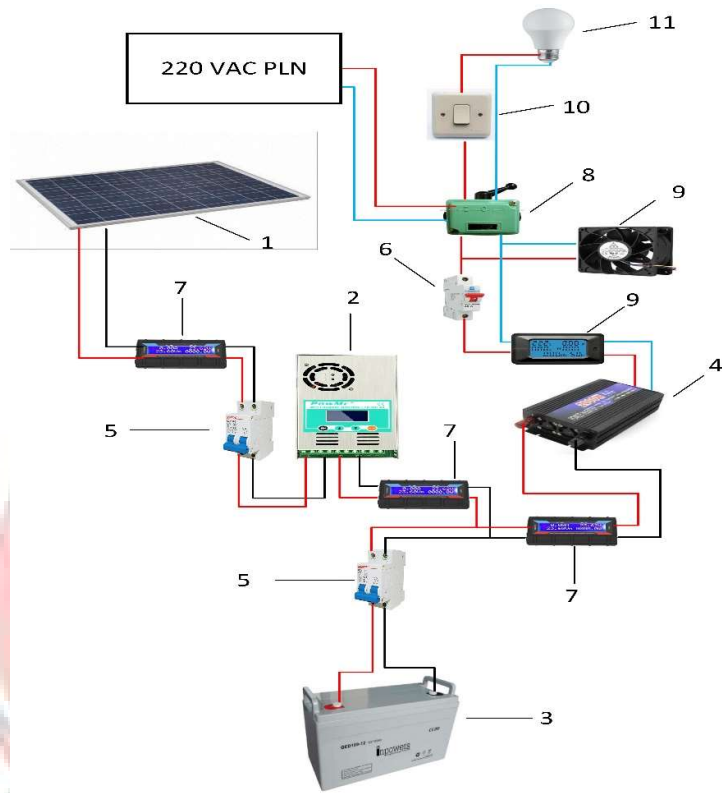


3.3 Prosedur/Langkah Kerja



Gambar 3.3 Diagram Alir Kegiatan Tugas Akhir

3.4 Perancangan Pembuatan Alat

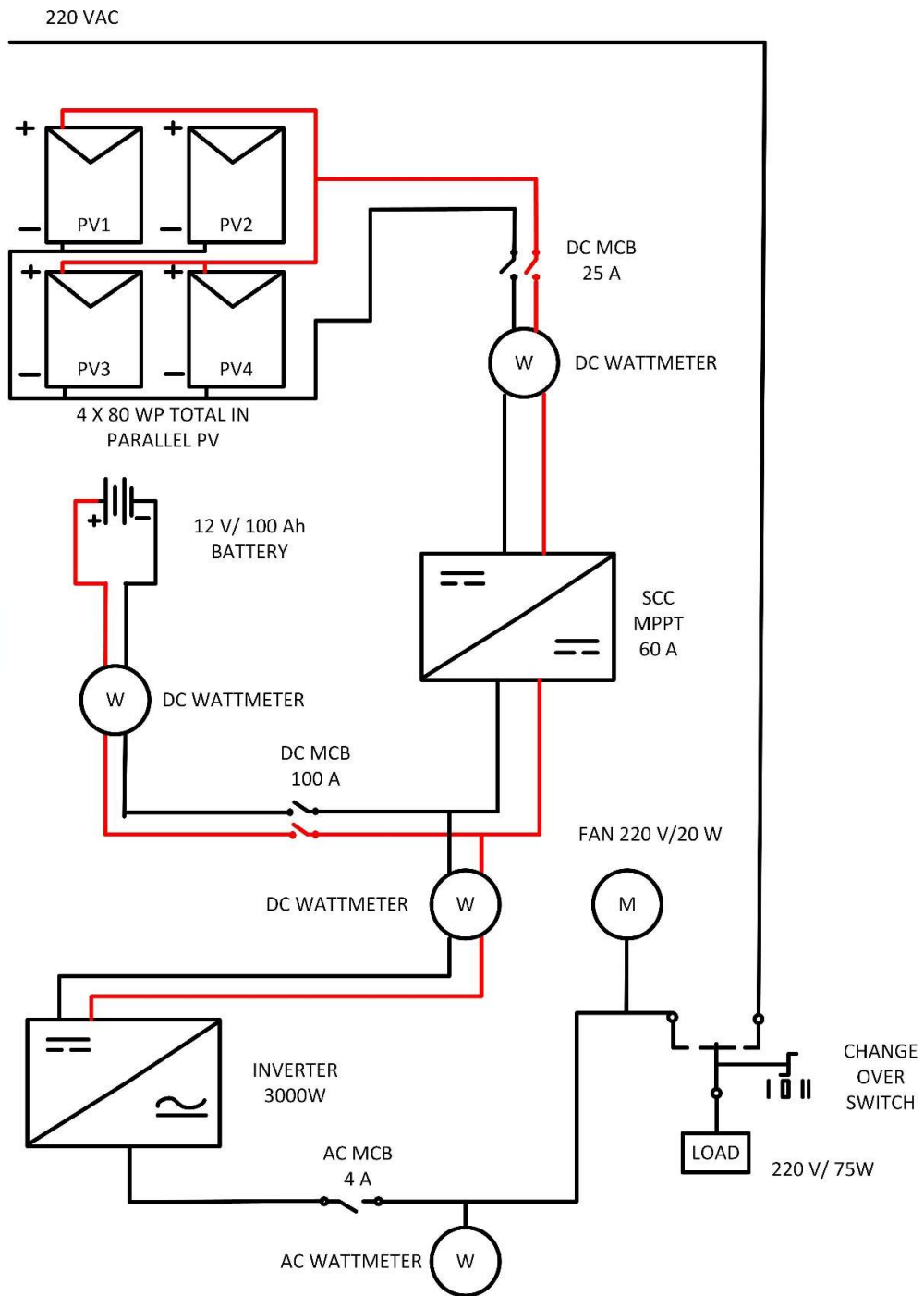


Gambar 3.2 Skematik Rangkaian Sistem

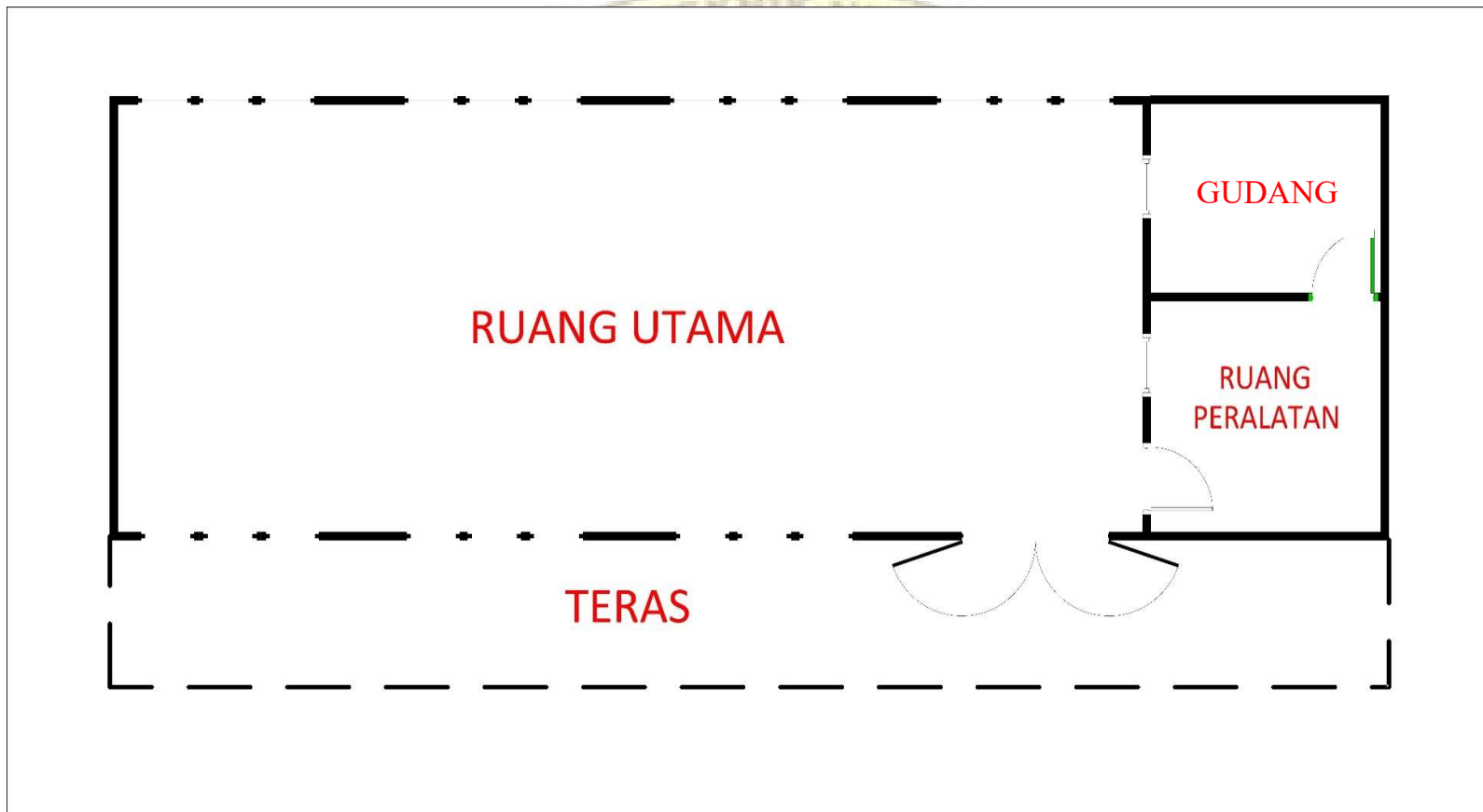
Rancangan instalasi pembangkit listrik tenaga surya 320 Wp dengan Sistem *Solar charge* bisa lihat seperti dibawah ini.

Keterangan gambar:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Panel Surya | 7. <i>Wattmeter</i> DC |
| 2. <i>Solar Charge Controler</i> | 8. <i>Change Over Switch</i> |
| 3. Baterai | 9. kipas |
| 4. <i>Inverter</i> | 10. Saklar |
| 5. MCB DC | 11. lampu |
| 6. MCB AC | |



Gambar 3.3 Single Line Diagram



Gambar 3.4 Denah Ruang Kelas PSDKU PNUP Kolaka

3.5 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan langkah sebelum diaplikasikan Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Penerangan Pada Kampus PSDKU PNUP Kolaka. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Penerangan Pada Kampus PSDKU PNUP Kolaka ini beroperasi dengan optimal.

3.5.1 Perakitan dan Pembuatan Rangkaian PLTS

Tahap perancangan ini kita menentukan ukuran kerangka dan material penyangga dari panel surya serta tiang penyangga untuk panel itu sendiri dan pengujian rangkaian pada PLTS. Prosedur perakitan dan pembuatan rangka panel surya yaitu sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua alat dan bahan.
2. Membuat rangka yang akan berfungsi sebagai dudukan panel surya.
3. menghubungkan antara dudukan panel dengan rangka atap menggunakan bahan dari plat besi.
4. Memasang *solar charge controller*, baterai, dan *converter*.
5. Memasang instalasi pada gedung yang digunakan sebagai tempat pengujian,
6. Memasang *converter* untuk menstabilkan tegangan keluaran sebelum arus mengalir ke lampu.

3.5.2 Tahap Perakitan Rangka Dudukan Panel Surya

Pembuatan kerangka dudukan pada panel surya menggunakan bahan dari material sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan

2. Memotong besi siku sebagai dudukan sesuai dengan ukuran dimensi panel surya.
3. Menyusun potongan besi siku secara memanjang sebagai dudukan panel surya, setelah itu menggabungkan dudukan panel surya dengan rangka atap menggunakan braket.
4. Menghubungkan dudukan panel dengan panel surya menggunakan braket.

3.5.3 Pengujian Rangka Dudukan Panel Surya

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah rangka yang dibuat mampu menopang beban dari panel surya. Pada pengujian ini didapati langkah-langkah yang dilakukan meliputi :

- a. Merakit dudukan panel pada atap;
- b. Meletakkan satu persatu panel surya pada dudukan panel;
- c. Mengamati rangka dudukan panel;

3.5.4 Pengujian PLTS Tanpa Beban

Pengujian pada PLTS ini bertujuan apakah semua rangkain baik itu dari panel surya – *solar charge controller*- baterai dan pada beban dapat menghasilkan daya yang diinginkan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian ini adalah:

- a. Meletakkan 4 buah panel 4 x 80 Wp pada posisi tegak lurus menghadap keatas.
- b. Menyambung paralel panel yang berguna untuk mendapatkan arus yang lebih besar pada output dari panel menggunakan kabel 2 in 1 mc4 *conector*.
- c. Menyambung kabel 2 in 1 mc4 ke kabel 2 x 2,5 mm sepanjang 9 meter. Kabel ini selain berfungsi sebagai penyalur output dari panel. kabel yang panjang juga berfungsi dapat ditarik panjang apabila terjadi hujan pada saat pengujian alat-

alat yang bersifat tidak bisa terkena air hujan dapat dipindahkan dan dilakukan didalam ruangan.

- d. Menghubungkan kabel 2 x 2,5 mm ke *solar charge controller*.
- e. Kemudian menghubungkan MPPT *solar charge controller* dengan baterai dengan kabel menuju ke inverter.
- f. Sebelum ke inverter pasang MCB sebagai pengaman arus dengan besar 4 Ampere
- g. Setelah itu hubungkan Inverter ke beban dengan memasang MCB 16 Ampere sebelum menuju ke beban sebagai pengaman.
- h. Mengukur tegangan input dari panel dan output keluaran dari inverter tanpa menggunakan beban.

3.5.5 Pengujian PLTS Menggunakan Beban

Pada pengujian kali ini menggunakan berbagai macam beban dari yang bersifat resistif. Peralatan dan langkah-langkah yang dilakukan sama seperti halnya pengujian PLTS tanpa beban, hanya saja pada pengujian kali ini menggunakan tambahan beban.

3.5.6 Mengukur Parameter *Output*

Pada tahap ini dilakukan pengukuran parameter seperti Daya (W), Tegangan (V), dan arus (I) pada beban. Pengukuran parameter ini menggunakan power watt digital dan multimeter analog. Pengukuran ini dilakukan pada tegangan hasil keluaran panel surya atau tegangan input panel tegangan DC, tegangan pada saat tanpa beban tegangan AC dan menggunakan beban tegangan AC.

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Rancangan PLTS

4.1.1 Hasil rancangan Rangka Dudukan Panel Surya

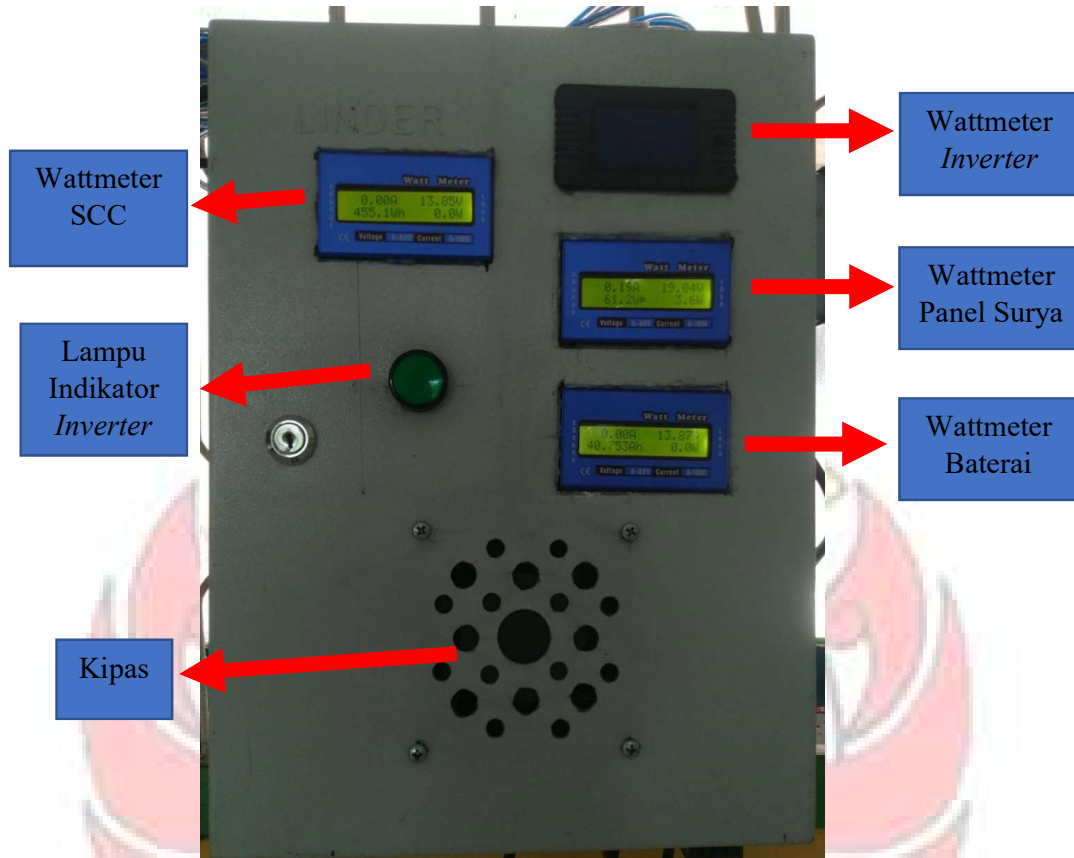
Hasil rancangan ini merupakan tempat dudukan panel surya yang diletakkan di atap ruang kelas yang langsung terkena sinar matahari sehingga mendapatkan penyinaran terik matahari secara langsung tanpa terhalangi seperti pepohonan atau benda yang menghalangi panel surya. *Frame* panel surya terbuat dari besi siku yang berukuran 3 x 3 cm. seperti gambar 4.1 berikut



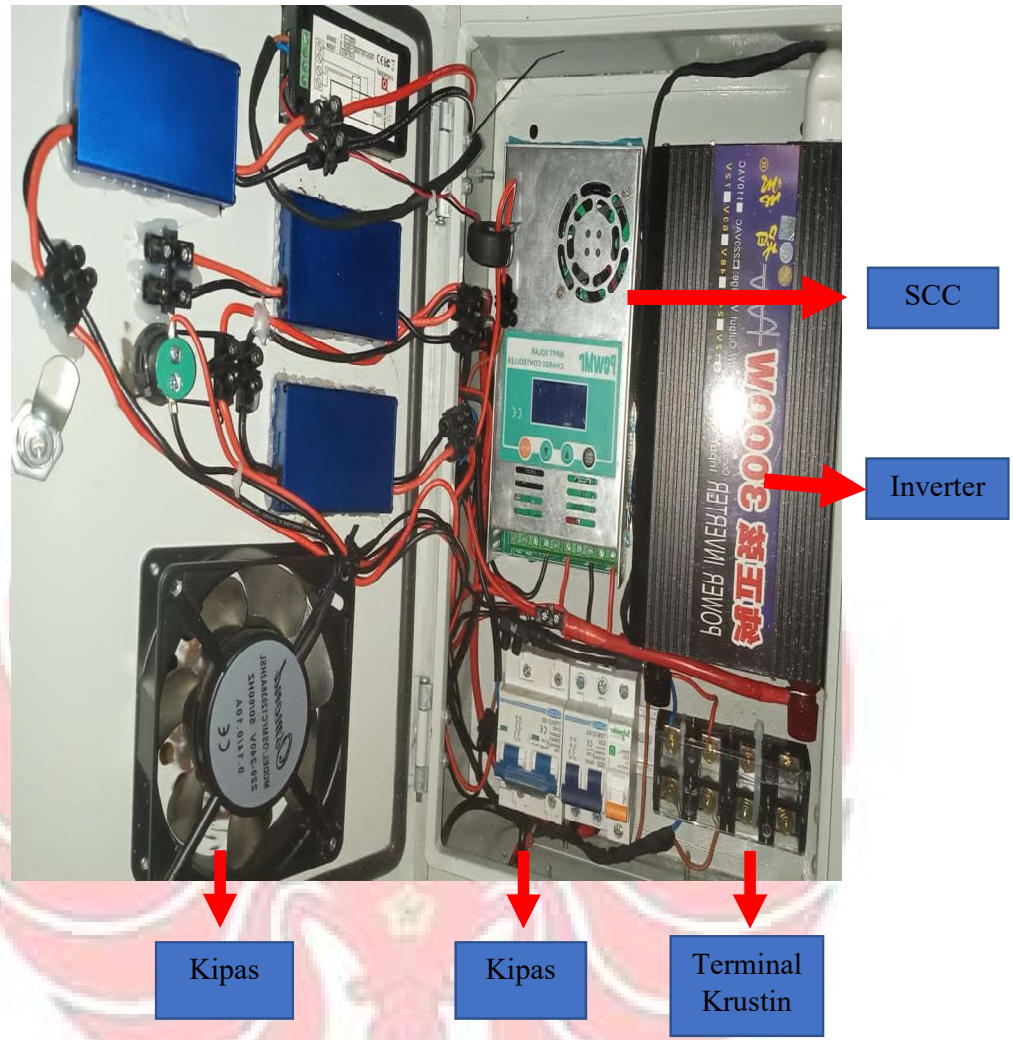
Gambar 4.1 Hasil Perancangan dudukan panel surya

4.1.2 Hasil Rancangan instalasi kelistrikan pada kotak panel

Hasil rancangan ini sesuai dengan gambar 3.2, rancangan instalasi pembangkit listrik tenaga surya 320 Wp dengan Sistem *Solar charge* yang berfungsi sebagai pengontrol *charging* baterai dan juga sebagai proteksi pada sistem PLTS.



(a)



(b)

Gambar 4.2 Hasil rancangan instalasi kelistrikan pada kotak panel

(a) Tampak luar

(b) Tampak dalam

4.2 Hasil Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

4.2.1 Perancangan system kelistrikan

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan kebutuhan energi listrik agar kita dapat mengetahui kebutuhan panel surya, baterai dan komponen lainnya yang akan digunakan.

1. Data beban dan jam operasi beban gedung

Berdasarkan survey lapangan yang telah dilakukan diperoleh data beban seperti tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Total energi listrik yang di perlukan perhari

No	Komponen	Jumlah (buah)	Waktu (h)	Daya (Watt)	Total daya lampu (Watt)	Total daya listrik (Wh)	keterangan
1	Lampu	2	10	15	30	300	Ruang utama
2	Lampu	1	10	10	10	100	Gudang
3	Lampu	1	10	10	10	100	Ruang peralatan
4	Lampu	2	10	5	10	100	Teras
5	Kipas	1	10	20	20	200	Sistem
Total Energi					80	800	

2. Total daya sebenarnya

Dari tabel di atas di dapatkan kebutuhan listrik perhari adalah 800Wh, namun perlu diingat bahwa energi listrik yang dihasilkan PLTS ini tidak 100% dapat digunakan. Karena selama masa mengalirnya daya dari panel surya hingga ke beban terdapat hingga 40% energi listrik yang hilang. Jadi, perlu adanya penambahan 40% daya listrik dari total daya yang digunakan.

$$\begin{aligned}
 \text{Total daya} &= \frac{\text{Total daya}}{100\% - 40\%} \\
 &= \frac{800 \text{ Watt}}{60\%} \\
 &= 1333.33 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

3. Kebutuhan panel surya

Di Indonesia, proses *photovoltaic* optimal hanya berlangsung 5 jam saja sehingga untuk menghitung banyaknya panel surya yang di gunakan, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Panel surya} &= \frac{\text{Total daya}}{\text{waktu optimal}} \\
 &= \frac{1333.33 \text{ Watt}}{5} \\
 &= 266.667 \text{ Wp} \\
 (\text{panel } 80 \text{ Wp} &= 3.3 \text{ panel}) \text{ 4 pcs}
 \end{aligned}$$

4. Penggunaan baterai

Energi listrik pada baterai tidak 100% dapat digunakan, karena pada saat di inverter potensi kehilangan energinya bisa sebesar 10%. Sehingga perlu adanya cadangan 10% yang harus ditambah :

$$\begin{aligned}
 \text{Cadangan} &= \frac{\text{Total daya}}{100\% - 10\%} \\
 &= \frac{800 \text{ Watt}}{90\%} \\
 &= 888.89 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan baterai} = 12 \text{ Volt}$$

$$\text{Baterai} = 100 \text{ Ah}$$

$$\text{Kapasistas baterai} = 1200$$

$$\text{Jumlah baterai} = \text{Daya listrik} / \text{kapasitas baterai}$$

$$= 888.89 / 1200 = 0.7 \text{ buah (di bulatkan)} = 1 \text{ buah}$$

4.3 Analisa Perhitungan pada Pengujian Tanpa Beban

Pengambilan data dilakukan pada siang hari untuk pengujian tanpa beban menggunakan parameter-parameter yang telah terpasang pada panel box dan multimeter untuk mengetahui tegangan Vdc baterai sedangkan untuk mengukur intensitas radiasi matahari di gunakan pyranometer. Dengan melihat tabel data pengujian tanpa beban di atas maka efisiensi panel dapat di hitung.

Contoh menggunakan lampiran 1a data ke 5:

- Menghitung daya input PV

Daya Input PV = intensitas radiasi matahari \times luas permukaan panel

$$P_{in} = 160 \text{ W/m}^2 \times 1.8 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = 288 \text{ W}$$

- Menghitung daya output PV

Daya output PV = arus PV \times tegangan PV

$$P_{out} = 3.49\text{A} \times 13.32\text{Vdc}$$

$$P_{out} = 46.487 \text{ W}$$

- Menghitung efisiensi PV

$$\text{Efisiensi PV} = \frac{\text{Daya output PV}}{\text{Daya Input PV}} \times 100\%$$

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

$$\eta = \frac{46.487\text{W}}{288\text{W}} \times 100\% \quad \eta = 16.14\%$$

4.4 Analisa Perhitungan pada Pengujian Berbeban

Pengambilan data dilakukan pada malam hari untuk pengujian berbeban menggunakan parameter-parameter yang telah terpasang pada panel box dan multimeter untuk mengetahui tegangan Vdc. Dengan melihat tabel data pengujian tanpa beban di atas maka efisiensi panel dapat di hitung.

Contoh menggunakan Lampiran 2a data ke 5:

- Menghitung daya input inverter

Daya Input inverter = arus baterai × tegangan baterai

$$P_{in} = 6.26A \times 11.63V$$

$$P_{in} = 72.8W$$

- Menghitung daya output inverter

Daya output inverter = arus inverter × tegangan inverter

$$P_{out} = 0.197A \times 225Vdc$$

$$P_{out} = 44.325W$$

- Menghitung efisiensi inverter

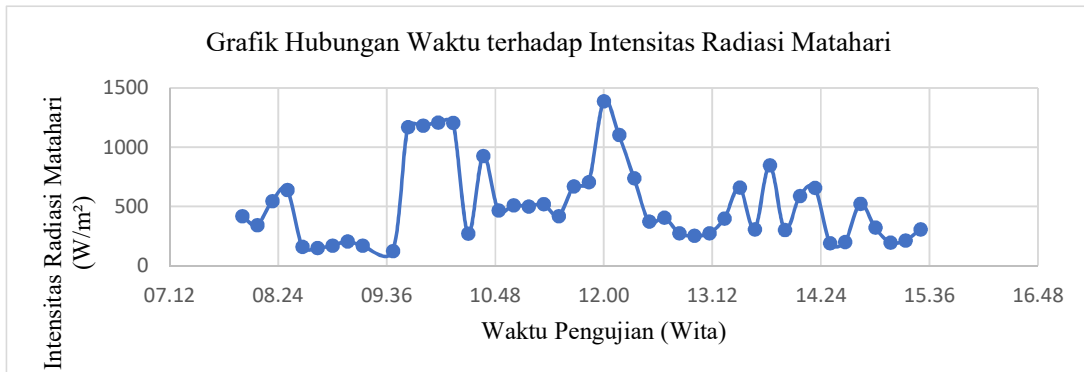
$$\text{Efisiensi inverter} = \frac{\text{Daya output inverter}}{\text{Daya Input inverter}} \times 100\%$$

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

$$\eta = \frac{44.325W}{72.8W} \times 100\% \quad \eta = 60.89\%$$

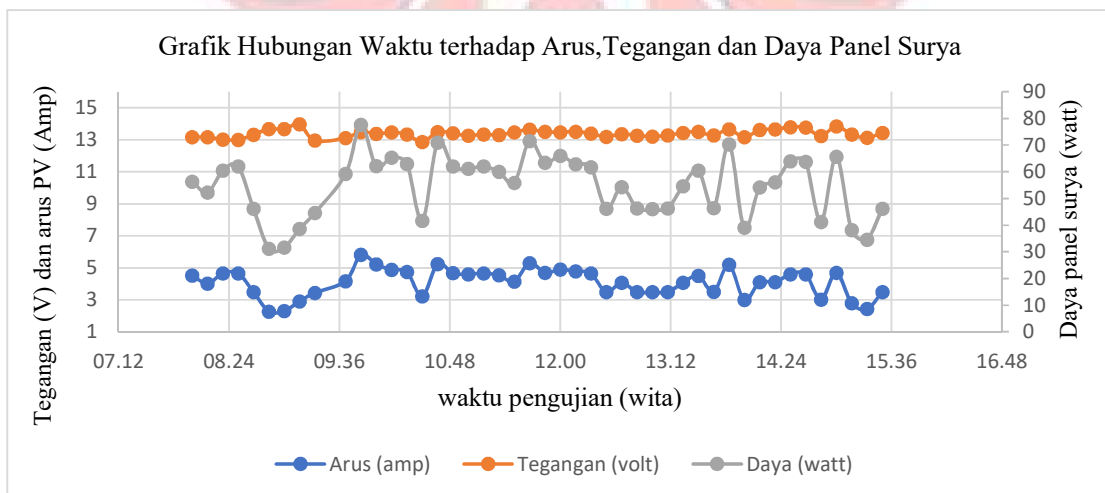
4.5 Grafik dan Pembahasan pada pengujian tanpa beban

4.5.1 Grafik dan pembahasan hasil data pengamatan pengujian tanpa beban



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap intensitas radiasi matahari

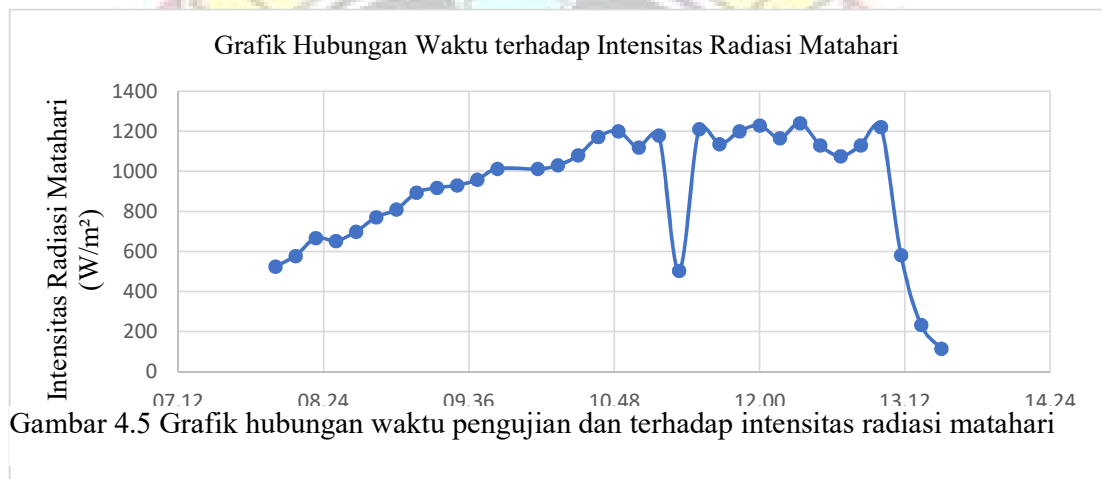
Pada gambar 4.3 grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap intensitas radiasi matahari berubah-ubah di karenakan cuaca pada tanggal 02-juni-2023 sedang tidak stabil sehingga mempengaruhi intensitas radiasi matahari dan terjadi penurunan pada pukul 08:00 – 09:00 WITA titik terendah berada pada 124W/m^2 kondisi cuaca berawan dan berada pada intensitas tertinggi di pukul 12:00 WITA sebesar 1388W/m^2 kondisi cuaca cerah.



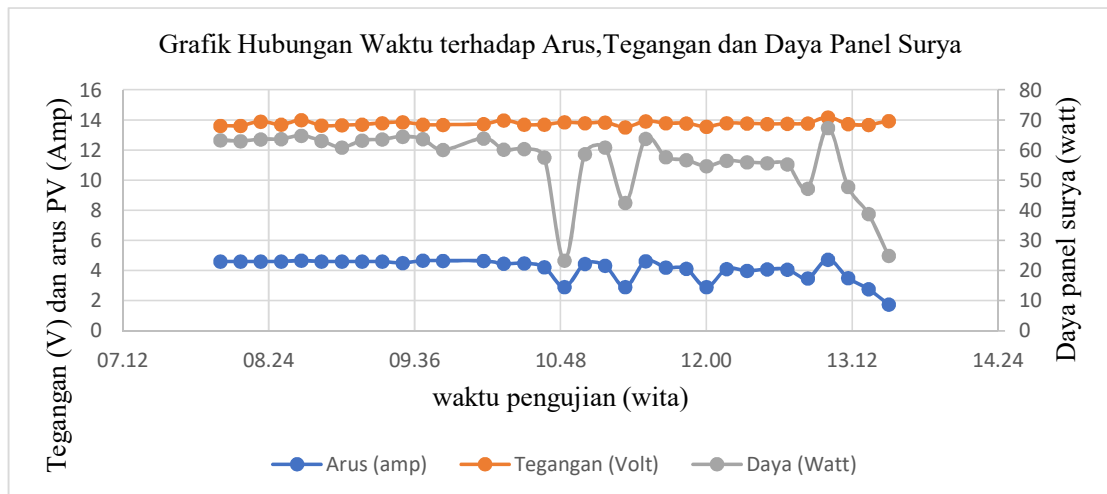
Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap arus, tegangan dan daya panel surya

Pada gambar 4.4 Grafik hubungan antara waktu terhadap Arus, Tegangan dan Daya panel surya pada tanggal 02-juni-2023 dapat dilihat bahwa daya panel surya naik sehubungan dengan naiknya arus pada panel surya yang berada pada titik terendah di 2.27A, 31.2W dan mencapai titik tertinggi di 5.81A, 77.6W. sedangkan untuk tegangan cenderung konstan berada di tegangan terendah pada 13.01V dan tertinggi berada pada 13.97V.

Pada gambar 4.5 grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap

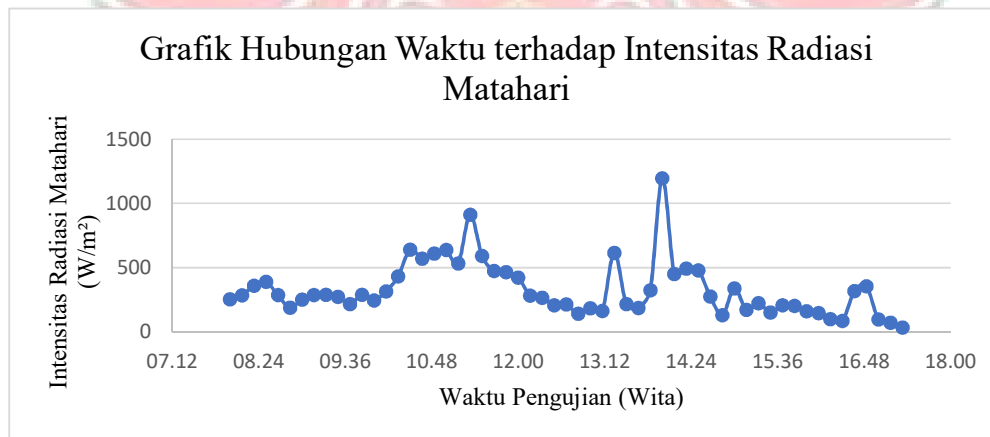


Gambar 4.5 Grafik hubungan waktu pengujian dan terhadap intensitas radiasi matahari intensitas radiasi matahari terus terjadi peningkatan di dukung cuaca pada tanggal 03-juni-2023 tersebut yang cerah berada di titik terendah pada 115W/m² pada sore hari dan berada pada intensitas tertinggi di pukul 12:20 WITA sebesar 1241W/m² kondisi cuaca cerah.



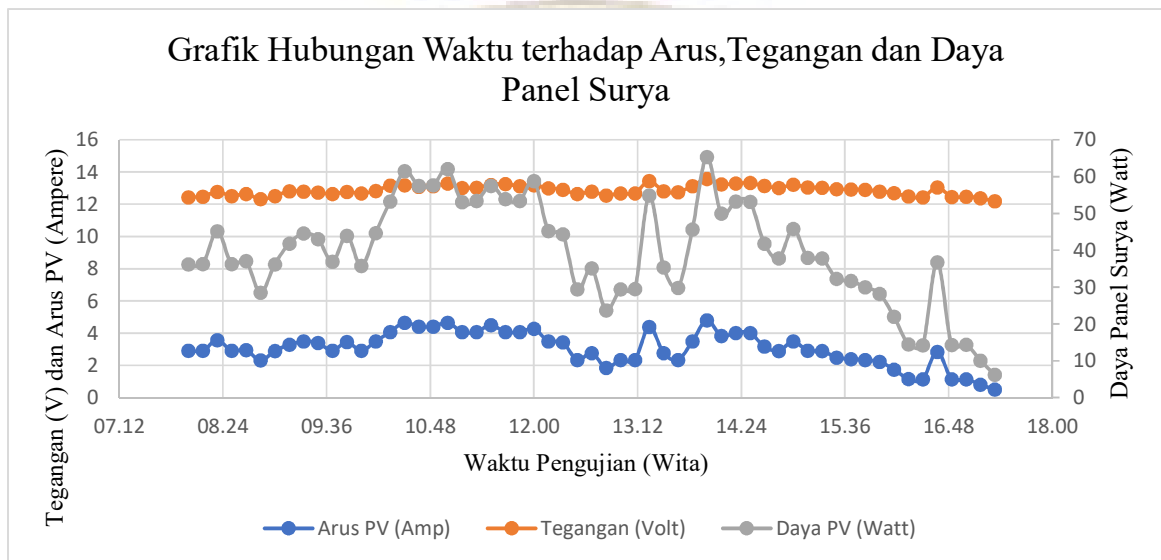
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap arus, tegangan dan daya panel surya

Pada gambar 4.6 Grafik hubungan antara waktu terhadap Arus, Tegangan dan Daya panel surya pada tanggal 03-juni-2023 dapat dilihat bahwa daya panel surya stabil karena cuaca yang juga stabil dan hanya terjadi beberapa kali penurunan yang berada pada titik terendah di 1.74A, 24.9W dan mencapai titik tertinggi di 4.73A, 67.4W. sedangkan untuk tegangan cenderung konstan berada di tegangan terendah pada 13.62V dan tertinggi berada pada 14.18V.



Gambar 4.7 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap intensitas radiasi matahari

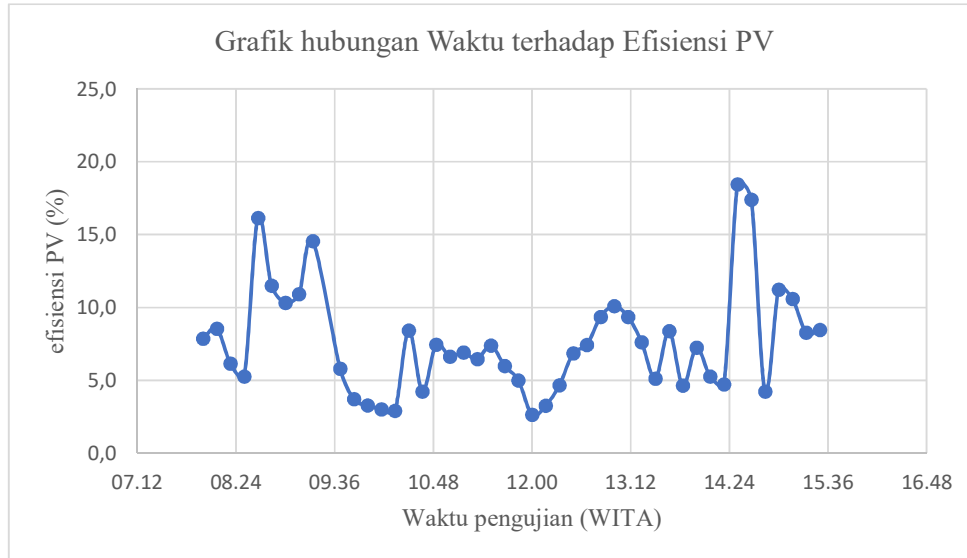
Pada gambar 4.7 grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap intensitas radiasi matahari terus terjadi perubahan karena cuaca yang tidak stabil pada tanggal 19-juni-2023 yang berada di titik terendah pada 34W/m^2 pada sore hari dan berada pada intensitas tertinggi di pukul 14:00 WITA sebesar 1195W/m^2 kondisi cuaca cerah.



Gambar 4.8 Grafik hubungan antara waktu pengujian terhadap arus, tegangan dan daya panel surya

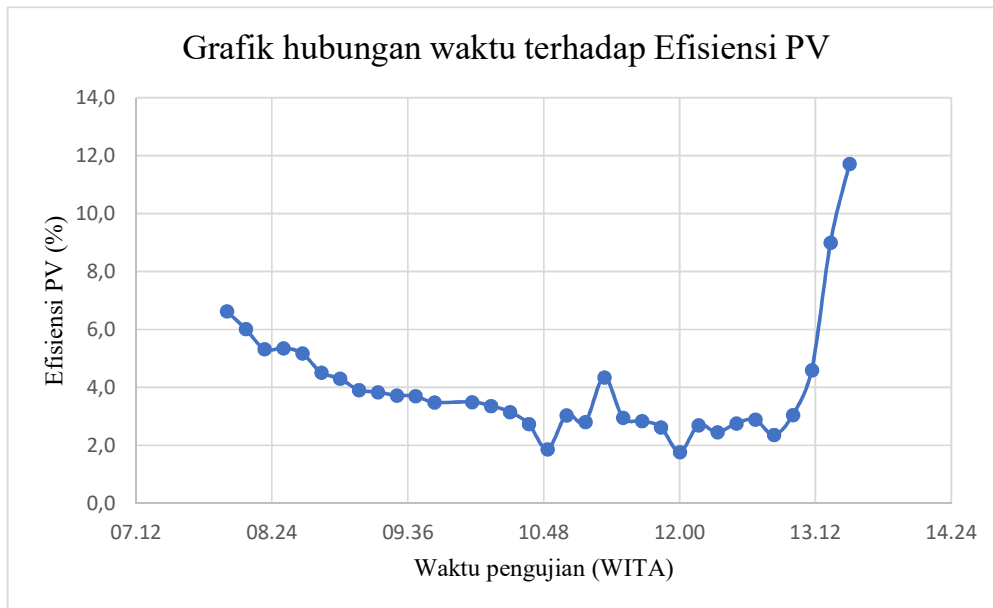
Pada gambar 4.8 Grafik hubungan antara waktu terhadap Arus, Tegangan dan Daya panel surya pada tanggal 19-juni-2023 dapat dilihat bahwa daya panel surya bervariasi karena cuaca yang tidak stabil yang berada di titik terendah di 0.5A, 6.2W dan mencapai titik tertinggi di 4.81A, 65.4W. Sedangkan untuk tegangan cenderung konstan berada di tegangan terendah pada 12.12V dan tertinggi berada pada 13.57V

4.5.2 Grafik dan Pembahasan Hasil Analisa Data pada Pengujian Tanpa Beban



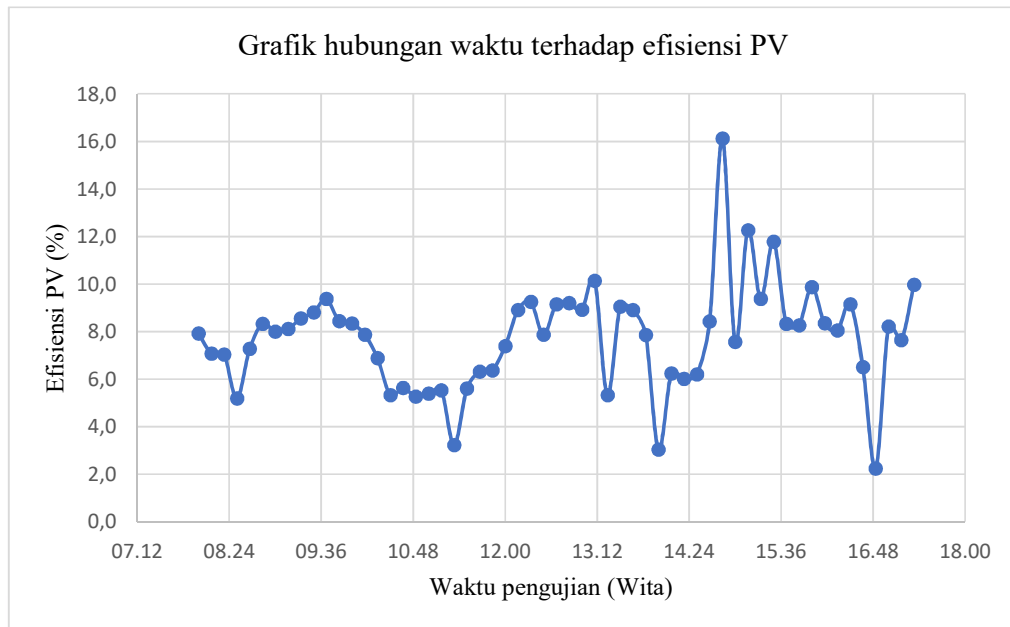
Gambar 4.9 Grafik hubungan waktu(WITA) terhadap efisiensi panel surya (%)

Pada gambar 4.9 dapat di lihat bahwa hubungan antara waktu pengujian (WITA) terhadap Efisiensi Panel Surya begitu bervariasi yang di pengaruhi oleh cuaca pada tanggal 02-juni-2023 pengambilan data tidak stabil. Dan mencapai efiesni terendah pada pukul 12:00 WITA di 2.6% dan mencapai efisiensi tertinggi di pukul 02:30 WITA di 18.5%.



Gambar 4.10 Grafik hubungan waktu(WITA) terhadap efisiensi panel surya (%)

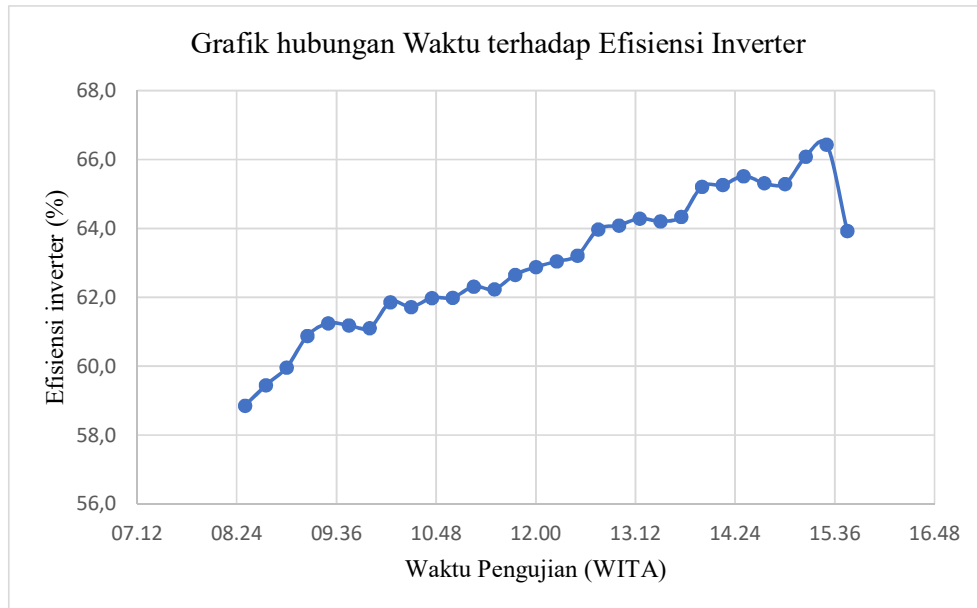
Pada gambar 4.10 dapat di lihat bahwa hubungan antara waktu pengujian (WITA) terhadap Efisiensi Panel Surya cukup stabil pada tanggal 03-juni-2023 yang mana terjadi perubahan drastis pada sore hari. Di lihat pada gambar tersebut efisiensi terendah terjadi pada pukul 12:00 WITA di 1.8% dan mencapai efisiensi tertinggi di pukul 13:30 WITA di 11.7%.



Gambar 4.11 Grafik hubungan waktu (WITA) terhadap efisiensi panel surya (%)

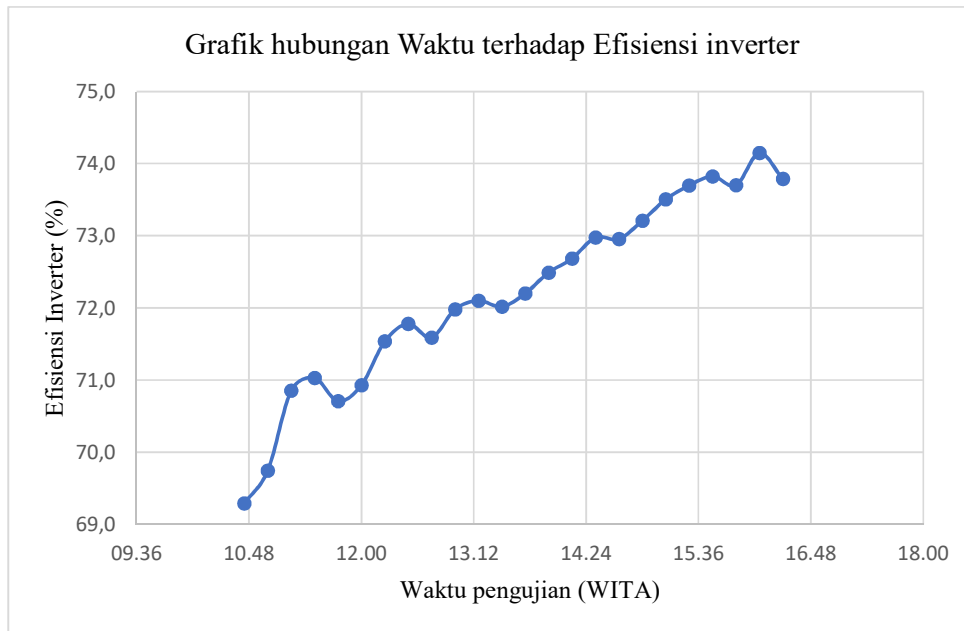
Pada gambar 4.11 dapat di lihat bahwa hubungan antara waktu pengujian (WITA) terhadap Efisiensi Panel Surya cukup stabil dan hanya terjadi berapa kali perubahan drastis di karenakan cuaca yang sesekali berawan pada tanggal 19-juni-2023. Di lihat pada gambar tersebut efisiensi terendah terjadi pada pukul 16:50 WITA di 2.2% dan mencapai efisiensi tertinggi di pukul 14:50 WITA di 16.1%.

4.6 Grafik dan Pembahasan Hasil Analisa Data pada Pengujian Berbeban



Gambar 4.12 Grafik hubungan waktu (WITA) terhadap efisiensi inverter (%)

Pada gambar 4.12 dapat di lihat bahwa hubungan antara waktu pengujian (WITA) pada beban kipas 20Watt dan lampu 20Watt terhadap Efisiensi Inverter naik sehubungan dengan lamanya system beroperasi. Di lihat pada gambar tersebut efisiensi terendah pada saat di bebani terjadi pada pukul 08:30 WITA di 58.9% dan mencapai efisiensi tertinggi di pukul 03:30 WITA di 66.4%.



Gambar 4.13 Grafik hubungan waktu (WITA) terhadap efisiensi inverter (%)

Pada gambar 4.13 dapat di lihat bahwa hubungan antara waktu pengujian (WITA) pada beban kipas 20Watt dan lampu 30Watt terhadap Efisiensi Inverter naik sehubungan dengan lamanya system beroperasi. Di lihat pada gambar tersebut efisiensi terendah pada saat di bebani terjadi pada pukul 10:45 WITA di 69.3% dan mencapai efisiensi tertinggi di pukul 16:15 WITA di 74.1%.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat pembangkit Listrik Tenaga Surya ini di desain dan di rancang dengan model rooftop dan sistem on grid dengan total beban sebesar 80Watt untuk penerangan di salah satu gedung di kampus PSDKU PNUP Kolaka.
2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya di desain dengan menggunakan 4 PV dengan kapasitas 80Wp (4X80Wp) dengan baterai 100Ah untuk mencapai efisiensi terendah pada pukul 12:00 WITA di 1.8% dan tertinggi pada pukul 09:40 WITA di 24.4% dan bisa memenuhi kebutuhan listrik di salah satu gedung di PSDKU PNUP Kolaka.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selajutnya ialah

1. Mengembangkan output daya yang maksimal agar dapat menyalakan lampu dalam waktu yang lebih lama.
2. Membuat Sistem kontrol penggerak otomatis pada panel surya sehingga dapat menyerap cahaya matahari secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, Rachmat dkk. 2021. *Pengendalian Suhu Ruangan Menggunakan Menggunakan Fan Dan Dht11 Berbasis Arduin*. *Journal of Computer Engineering System and Science*. ISSN :2502-7131 Vol. 6 No. 1, Program Studi Teknik Informatika Universitas Harapan Medan.
- Ardiansyah, Allan dkk. 2021. *Perancangan Plts Atap On Grid System Pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian Dan Pengembangan Kota Probolinggo*. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 8, No. 4, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.
- Bachtiar, Muhammad. 2006. *Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home Power)*. *Jurnal SMARTek*, Vol. 4, No. 3 hal 176-182. Universitas Tadulako, Palu.
- Budianto & dkk. 2016. *Aplikasi Pyranometer Digital Berbasis Node Webkit Dengan Sistem Penampilan Data Secara Realtime*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, *Jurnal Elektum* Vol. 14 No. 1, ISSN : 1979-5564, Jakarta Pusat.
- Dalimunthe, Ernando Rizki & dkk.(Aug,2019). “*Pengaruh Penggunaan Perturb & Observe pada MPPT terhadap Daya Keluaran Sel Surya*”. Departemen Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto. (ISSN 2685-2381), Vol. 1, No.1.
- Dimas Ivana, Ryan.2020. *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charge*. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Goetzberger, A., Hoffmann, V.U. 2005. *Photovoltaic Solar Energy Generation*. Springer.
- Hambali, Irfi. 2010. *Analisis Pengaruh Harmoni Terhadap Unjuk Kerja Miniature Circuit Breaker (MCB) 2A dan 4A*.*Skripsi*. Universitas Indonesia. Jakarta.

- Harahap, Partonan. 2019. *Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan Plts Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan*, Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU, (ISBN: 978-623-7297-02-4)
- Harahap, partonan. (jan 2020). *Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya*, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Vol. 2, No. 2, (ISSN 2622 – 7002).
- Junial Heri,ST.MT. *Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50wp* . Hal- 49.
- Satryawan, Hari (2018). *Perancangan solar home system di daerah terpencil nusa tenggara barat*. Skripsi. Terbit. Fakultas teknik Universitas muhammadiyah surakarta: Surakarta.
- Mudhofiroh, N., & Noor, FM (2014). *Karakteristik Tenaga Surya Sel 10 WP Pada Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan* , Probolinggo: ISSN 2088-4591.
- Nugraha, Anggara Trisna & Reza Fardiyana As'ad. 2022. "Rancang Bangun Penstabil Kinerja Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah". Institut Teknologi Telkom Surabaya, *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*. Vol. 3, No.1, ISSN 2723-4371, E-ISSN 2723-5912. Surabaya.
- Prawiroredjo, Kiki. 2006. *Pemahaman dan Penggunaan Alat Ukur Multimeter Analog sebagai Pengenalan Teknik Elektronika*. Universitas Trisakti, ISSN 1412-257X. Vol. 6, No. 2. Jakarta.
- Restu Utami, Prasiska dkk. *Analisa Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Taman Markisa Di Wilayah Rt 01/ Rw 08 Kelurahan Mampang, Pancoran Mas, Kota Depok*. Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin.

Universitas Gunadarma. Vol 1 No. 2 Agustus 2022 | ISSN: 2829-0887
(cetak), ISSN: 2829-0496.

- Rukhman.net. <https://rakhman.net/electrical-id/alat-ukur-listrik/> 16 Macam-macam Alat Ukur Listrik dan Fungsinya. Diakses pada tanggal 5 Agustus 2023.
- Saputro, Saldi Eko D. & dkk. (2017). "Analisis Perencanaan pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbantuan Program System Sizing Estimator". Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Sianipar, Rafael. (feb.2014). "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya", Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti. (ISSN 1412-0372). Vol 11, No. 2, 61-78. Jakarta.
- Suriadi & Mahdi Sukri .2010. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh*. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, Vol. 9, No. 2.
- Suryant dkk. 2022. *Sumber-Sumber Energi* . Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Susanto,Eko. 2013. *Automatic Transfer Switch* (Suatu Tinjauan). Universitas Negeri Semarang, Teknik Elektro *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 5 No. 1
- Quaschning, 2005. *Perancangan Pembangkit Energi Baru dan Terbarukan*. Jawa Barat: Media Sains Indonesia.
- Quaschning, Volker.2005. *Understanding Renewable Energy Systems*. Earthscan. London.
- Zian Iqtimal, Ira Devi Sara dan Syahrizal. (2018). *Aplikasi sistem tenaga surya sebagai sumber tenaga listrik pompa air*. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 2252-7036, Vol.3, No.1. dari Universitas Syiah Kuala.

L



A

M

P

I

R

A

N

Lampiran 1a Data pengamatan tanpa beban pada tanggal 02-juni-2023

Tegangan Awal baterai : 11,68 V (Panel Surya tidak terkena cahaya matahari)

Tegangan akhir baterai : 12,53 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Data Output Panel Surya - Alat Ukur Wattmeter								Data Output SCC (Charger) (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter								Alat Ukur Pyranometer	
		Baterai	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Intensitas Radiasi Matahari	Kondisi Cuaca
		Vdc																		
1	8:00	11.95	56.3	4.52	13.16	8.7	5.22	67.8	0.733	12.59	57.7	4.11	12.34	7.4	5.6	62.5	0.59	11.58	420	cerah
2	8:10	11.98	52.2	4.02	13.16	17.9	5.22	67.8	1,409	12.59	44.5	3.54	12.29	16.1	5.6	62.5	1.28	11.58	344	cerah
3	8:20	12.4	60.5	4.65	13.01	25.1	5.22	67.8	1,999	12.59	56	4.5	12.43	22.6	5.6	62.5	1.83	11.58	546	cerah
4	8:30	12.7	62.0	4.66	13.00	33.5	5.22	67.8	2,636	12.59	57.5	4.63	12.42	30.3	5.6	62.5	2.45	11.58	640	cerah
5	8:40	12.10	46.1	3.49	13.32	42.3	5.22	67.8	3,322	12.59	42.6	3.08	12.28	38.2	5.6	62.5	3.10	11.58	160	berawan
6	8:50	12.13	31.2	2.27	13.67	47.8	5.22	67.8	3,720	12.87	27.9	2.29	12.20	43	5.6	62.5	3.49	11.58	150	berawan
7	9:00	12.16	31.6	2.31	13.68	51.4	5.22	67.8	3,988	13.05	28.1	2.3	12.3	46.5	5.6	62.5	3.78	11.58	170	berawan
8	9:10	12.24	38.6	2.90	13.97	56.4	5.22	67.8	4,349	12.82	35.5	2.86	12.41	51.5	5.6	62.5	4.17	11.58	206	berawan
9	9:20	12.24	44.6	3.44	12.95	66.1	5.11	67.8	5.15	12.71	42.7	3.45	12.42	61.3	5.06	62.3	4.99	11.97	170	berawan
11	9:40	12.28	59.2	4.17	13.11	77.8	5.22	67.8	6.23	12.71	50.07	4.04	12.55	71.8	5.06	62.6	5.85	11.97	124	berawan
12	9:50	12.38	77.6	5.81	13.49	90	5.22	79.3	6,886	12.71	72	5.62	13.48	82.5	5.79	74.5	6.64	11.97	1170	cerah
13	10:00	12.40	62.2	5.22	13.37	101.1	5.82	79.3	7,739	12.71	63.6	5.2	12.68	92.8	5.79	74.5	7.43	11.97	1182	cerah
14	10:10	12.53	65.3	4.88	13.47	112.1	5.82	79.3	8,571	12.71	60.4	4.70	12.78	102.8	5.79	74.5	8.29	11.97	1208	cerah
15	10:20	12.44	63.0	4.74	13.33	121.9	5.82	79.3	9,311	12.71	59.4	4.67	12.71	111.9	5.79	74.5	9.30	11.97	1206	cerah
16	10:30	12.20	41.6	3.22	12.86	129.7	5.82	79.3	9,913	12.71	38	3.09	12.44	119.4	5.79	74.5	9.58	11.97	273	berawan
17	10:40	12.28	71.0	5.24	13.48	138.3	5.82	79.3	10,558	12.71	66.3	5.2	12.77	127.4	5.79	74.5	10.22	11.97	926	cerah

18	10:50	12.30	62.1	4.67	13.40	147.5	5.82	79.3	11,213	12.71	58.6	4.62	12.7	134.9	5.79	74.5	10.85	11.97	467	cerah
19	11:00	12.26	61.1	4.6	13.26	156.8	5.82	79.3	11,962	12.71	56.8	4.55	12.69	143.6	5.79	74.5	11.51	11.97	511	cerah
20	11:10	12.32	62.0	4.6600	13.34	167.6	5.82	79.3	12,761	12.71	58.6	4.61	12.72	153.8	5.79	74.5	12.30	11.97	500	cerah
21	11:20	12.32	60.0	4.54	13.30	176.2	5.82	79.3	13,411	12.71	57.7	4.58	12.72	161.3	5.79	74.5	12.92	11.97	520	cerah
22	11:30	12.34	55.9	4.15	13.47	185.4	5.82	79.3	14,166	12.71	52.6	4.10	12.9	170.5	5.79	74.5	13.65	11.97	420	cerah
23	11:40	12.40	71.5	5.30	13.63	195.5	5.82	79.7	14,911	12.71	67.2	5.18	12.87	180.1	5.79	74.5	14.41	11.97	670	cerah
24	11:50	12.36	63.4	4.70	13.50	205.1	5.82	79.7	15,595	12.71	59.6	4.63	12.83	188.1	5.79	74.5	15.01	11.97	705	cerah
25	12:00	12.42	66.0	4.90	13.46	215	5.82	79.7	16,341	12.71	60.3	4.71	12.82	198.5	5.79	74.5	15.81	11.97	1388	cerah
26	12:10	12.38	62.8	4.79	13.51	227.4	5.82	79.7	17,245	12.71	62.2	4.7	12.85	209.7	5.79	74.5	16.69	11.97	1104	cerah
27	12:20	12.36	61.7	4.65	13.39	235	5.82	79.7	17,822	12.71	57.6	4.41	12.77	216.8	5.79	74.5	17.24	11.97	740	cerah
28	12:30	12.38	46.2	3.49	13.19	246.2	5.82	79.7	18,665	12.71	43.9	3.46	12.7	227.3	5.79	74.5	18.07	11.97	373	berawan
29	12:40	12.42	54.3	4.07	13.36	254.4	5.82	79.7	19,255	12.71	51.7	4.04	12.81	234.5	5.79	74.5	18.65	11.97	407	berawan
30	12:50	12.45	46.3	3.49	13.26	261.2	5.82	79.7	19,811	12.71	44	3.44	12.8	241	5.79	74.5	19.16	11.97	275	berawan
31	13:00	12.44	46.0	3.49	13.21	268.3	5.82	79.7	20,340	12.71	43.8	3.44	12.76	247.4	5.79	74.5	19.67	11.97	254	berawan
32	13:10	12.34	46.3	3.49	13.27	277.7	5.82	79.7	21,072	12.71	44.3	3.45	12.81	256.2	5.79	74.5	20.38	11.97	275	berawan
33	13:20	12.46	54.6	4.07	13.43	288.4	5.82	79.7	21,866	12.71	52.1	4.04	12.9	266.4	5.79	74.5	21.14	11.97	399	berawan
34	13:30	12.5	60.5	4.50	13.50	291.8	5.82	79.7	22,115	12.71	58.8	4.62	12.99	269.3	5.79	74.5	21.40	11.97	660	cerah
35	13:40	12.64	46.4	3.50	13.27	301.3	5.82	79.7	22,93	12.71	44.3	4.34	12.81	281.3	5.79	74.5	22.33	11.97	308	berawan
36	13:50	12.65	70.3	5.20	13.65	309.6	5.82	79.7	23,65	12.71	60.5	4.93	13.01	289.7	5.79	74.5	22.9	11.97	849	cerah
37	14:00	12.61	39.0	3.00	13.16	318.6	5.82	79.7	24.1	12.71	36.7	2.9	12.73	296.6	5.79	74.5	23.4	11.97	303	berawan
38	14:10	12.63	54.2	4.10	13.61	325.4	5.82	79.7	23.81	12.71	52.4	3.93	13.0	302.4	5.79	74.5	23.98	11.97	590	cerah
39	14:20	12.7	56.1	4.10	13.65	335.7	5.82	79.7	25.51	12.71	57.2	4.0	13.06	312.2	5.79	74.5	24.72	11.97	657	cerah
40	14:30	12.8	64.0	4.60	13.79	343.2	5.82	79.7	26.09	12.71	60.4	4.6	13.11	318.8	5.79	74.5	25.25	11.97	191	berawan
41	14:40	12.7	63.7	4.60	13.76	351.2	5.82	79.7	26.66	12.71	61	4.64	13.12	326.5	5.79	74.5	25.87	11.97	202	berawan
42	14:50	12.67	41.2	3.01	13.24	358.7	5.82	79.7	27.32	12.71	37.2	2.97	12.82	333.7	5.79	74.5	26.64	11.97	523	cerah
43	15:00	12.83	65.7	4.70	13.84	368.7	5.82	79.7	27.97	13.15	60	4.63	13.17	344.3	5.79	74.5	27.21	11.97	322	cerah
44	15:10	12.7	38.1	2.80	13.33	374.7	5.82	79.7	28.23	13.06	31.9	2.46	12.75	348.7	5.79	74.5	27.53	11.97	196	berawan
45	15:20	12.65	34.6	2.43	13.12	381.3	5.82	79.7	28.84	13.06	30.6	2.42	12.77	354.8	5.79	74.5	28.00	11.97	214	berawan

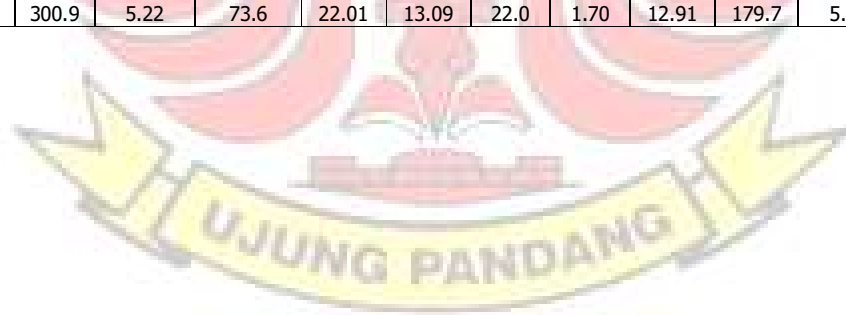
Lampiran 1b Data pengamatan tanpa beban pada tanggal 03-juni-2023

Tegangan Awal baterai : 12,3 V (Panel Surya tidak terkena cahaya matahari)

Tegangan akhir baterai : 12,7 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No	Waktu Pengujian (Wita)	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Data Output Panel Surya - Alat Ukur Wattmeter								Data Output SCC (Charger) (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter								Alat Ukur Pyranometer																		
		Baterai	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Intensitas Radiasi Matahari	Kondisi Cuaca																	
		Vdc																			(watt)	(amp)	(volt)	(Wh)	(amp/Ap)	(watt/Wp)	(Ah)	(Vmax)	(watt)	(amp)	(volt)	(Wh)	(amp/Ap)	(watt/Wp)	(Ah)	(Vmax)	(W/m ²)
1	8:00	12.64	63.3	4.6	13.62	16.1	4.66	63.9	1.42	13.39	59	4.44	13.02	5.3	6.63	59.7	0.38	12.23	525	cerah																	
2	8:10	12.76	63	4.6	13.62	29.8	4.66	63.9	2.25	13.39	58	4.4	12.99	14.8	6.63	59.7	1.13	12.23	578	cerah																	
3	8:20	12.76	63.6	4.6	13.9	39.6	4.66	64.2	2.91	13.39	59.9	4.61	13.02	24.1	6.63	60.3	1.84	12.23	668	cerah																	
4	8:30	12.78	63.7	4.6	13.69	49.2	4.66	64.7	3.65	13.39	60	4.6	13.02	32.5	6.63	60.3	2.49	12.23	653	cerah																	
5	8:40	12.81	64.8	4.66	13.99	59.1	4.66	65.1	4.43	13.39	60.02	4.62	13.02	43.0	6.63	60.4	3.27	12.23	699	cerah																	
6	8:50	12.8	63.1	4.6	13.63	68.8	4.66	65.1	5.15	13.39	57.0	4.46	13.01	52.1	6.63	60.4	3.97	12.23	771	cerah																	
7	9:00	12.81	60.9	4.6	13.65	78.6	4.66	65.1	5.81	13.39	57.2	4.4	13.02	60.2	6.63	60.4	4.66	12.23	810	cerah																	
8	9:10	12.80	63.2	4.6	13.69	88.3	4.66	65.1	6.52	13.39	57.9	4.45	13.06	68.9	6.63	60.4	5.32	12.23	894	cerah																	
9	9:20	12.91	63.6	4.6	13.8	100.4	4.66	65.1	7.4	13.39	60.3	4.5	13.16	81.3	6.63	60.8	6.22	12.23	918	cerah																	
10	9:30	12.91	64.5	4.5	13.86	108.7	4.66	65.3	7.89	13.39	60.6	4.6	13.7	88.3	6.63	61.2	6.82	12.23	930	carah																	
11	9:40	12.87	63.7	4.66	13.69	117.5	4.84	65.9	8.61	13.39	60	4.6	13.02	7.6	4.65	60.5	0.64	12.44	958	cerah																	
12	9:50	13.08	60.06	4.65	13.68	128	4.84	65.9	9.46	13.65	59.5	4.55	13.03	18.5	4.65	60.5	1.4	12.44	1013	cerah																	
13	10:10	13.73	63.9	4.64	13.74	136.6	4.84	65.9	10	13.65	60.03	4.62	13.06	26.3	4.65	60.5	2.00	12.44	1012	cerah																	
14	10:20	12.81	60.2	4.46	13.98	146.0	4.84	65.9	10.73	13.61	54.5	4.12	13.11	34.5	4.65	60.5	2.63	12.39	1030	cerah																	

15	10:30	12.83	60.4	4.48	13.7	153.7	4.84	65.9	11.32	13.61	55.7	4.11	13.12	42.6	4.65	60.5	3.22	12.39	1080	cerah
16	10:40	12.92	57.6	4.22	13.7	163.2	4.84	65.9	11.98	13.61	53.5	4.1	13.12	50.7	4.65	60.5	3.87	12.39	1172	cerah
17	10:50	12.74	23.3	2.91	13.85	171.1	4.84	65.9	12.55	13.21	52.4	3.58	13.16	58.3	4.65	61.3	4.42	12.39	1200	cerah
18	11:00	12.89	58.7	4.44	13.79	180.2	4.84	65.9	13.27	13.73	54.2	4.19	13.19	67.1	4.66	61.3	5.18	12.39	1119	cerah
19	11:10	12.89	60.9	4.32	13.83	190.4 3	4.84	65.9	13.95	13.63	54.6	4.12	13.19	76.1	4.66	61.3	5.8	12.39	1180	cerah
20	11:20	12.87	42.5	2.91	13.52	197.6	4.84	65.9	14.5	13.36	53.1	4.00	13.19	83.5	4.66	61.3	6.37	12.39	503	cerah
21	11:30	12.93	63.8	4.63	13.92	208.7	4.84	66.4	15.26	13.36	61.1	4.58	13.27	93.1	4.66	61.7	7.13	12.39	1211	cerah
22	11:40	12.93	57.7	4.21	13.79	126.2	4.84	66.4	15.84	13.36	53.7	4.07	13.22	100.2	4.66	61.7	7.66	12.39	1135	cerah
23	11:50	12.94	56.7	4.12	13.78	225.8	4.84	66.4	16.51	13.36	53.6	4.12	13.21	109.6	4.66	61.7	8.34	12.39	1200	cerah
24	12:00	12.94	54.7	2.9	13.56	232.9	4.84	66.4	17.05	13.36	45.5	3.47	13.06	116.1	4.66	61.7	8.83	12.39	1229	cerah
25	12:10	12.95	56.5	4.1	13.79	241.1	4.84	66.4	17.66	13.36	53.6	4.05	13.21	124	4.66	61.7	9.43	12.39	1166	cerah
26	12:20	12.95	56	3.98	13.77	252.1	4.84	66.4	18.44	13.36	50.9	3.98	13.21	134.7	4.66	61.7	10.21	12.39	1241	cerah
27	12:30	12.95	55.7	4.09	13.74	260.4	4.84	66.4	19.04	13.36	52.6	3.98	13.23	141.5	4.66	61.7	10.78	12.39	1130	cerah
28	12:40	13.03	55.3	4.07	13.75	267.1	4.84	66.4	19.45	13.36	47.3	3.5	13.20	148.0	4.66	61.7	11.28	12.39	1076	cerah
29	12:50	12.98	47.2	3.49	13.78	274.8	5.04	70.7	20.10	13.29	50.5	4.04	13.28	155.6	4.81	64.4	1.87	12.39	1130	cerah
30	13:00	13.10	67.4	4.73	14.18	283.8	5.22	73.6	20.70	13.41	61.9	4.62	13.39	163.8	5.07	67.9	12.48	12.39	1221	cerah
31	13:10	13.02	47.8	3.51	13.73	290	5.22	73.6	21.22	13.36	50.7	4.08	13.32	169.9	5.07	67.9	12.91	12.39	582	berawan
32	13:20	12.97	38.8	2.77	13.68	297.2	5.22	73.6	21.75	13.41	34.9	2.6	13.08	176.6	5.07	67.9	13.44	12.39	234	berawan
33	13:30	12.91	24.9	1.74	13.94	300.9	5.22	73.6	22.01	13.09	22.0	1.70	12.91	179.7	5.07	67.9	13.69	12.39	115	berawan



Lampiran 1c Data pengamatan tanpa beban pada tanggal 19-juni-2023

Tegangan Awal baterai : 11,48 V (Panel Surya tidak terkena cahaya matahari)

Tegangan akhir baterai : 12,13 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Data Output Panel Surya Paralel - Alat Ukur Wattmeter									Data Output SCC (Charger) (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter							Alat Ukur Pyranometer																		
		Baterai	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Intensitas Radiasi Matahari	Kondisi Cuaca																	
		Vdc																			(watt)	(amp)	(volt)	(Wh)	(amp/Ap)	(watt/Wp)	(Ah)	(Vmax)	(watt)	(amp)	(volt)	(Wh)	(amp/Ap)	(watt/Wp)	(Ah)	(Vmax)	(W/m ²)
1	8:00	11.70	36.2	2.91	12.44	6.4	3.13	41.1	0.465	12.42	34.3	2.88	11.97	6.1	3.52	42.2	0.488	11.9	254	berawan																	
2	8:10	11.73	36.3	2.91	12.48	10.4	3.49	44	0.834	12.4	34.5	2.88	12.02	9.8	3.52	42.2	0.811	11.9	285	berawan																	
3	8:20	11.79	45.2	3.57	12.78	18	4.72	61.6	1.404	12.4	42.5	3.5	12.18	16.7	4.64	57.1	1.419	11.9	360	berawan																	
4	8:30	11.78	36.3	2.91	12.51	24.7	4.72	61.6	1.917	12.4	34.7	2.9	12.06	22.6	4.64	57.1	1.857	11.9	390	berawan																	
5	8:40	11.79	37.1	2.96	12.65	31.1	4.72	61.6	2.496	12.4	35.2	2.89	12.17	29.5	4.64	57.2	2.436	11.9	286	berawan																	
6	8:50	11.80	28.5	2.31	12.32	36.9	4.72	61.6	2.893	12.23	26.9	2.27	11.98	33.4	4.64	57.2	2.783	11.9	190	berawan																	
7	9:00	11.85	36.2	2.9	12.51	41.9	4.72	61.6	3.288	12.23	34.1	2.83	12.08	38.1	4.64	57.2	3.157	11.9	252	berawan																	
8	9:10	11.82	41.8	3.28	12.82	48.1	4.72	61.6	3.780	12.23	37.9	3.12	12.32	44	4.64	57.2	3.634	11.9	288	berawan																	
9	9:20	11.87	44.6	3.49	12.79	55	4.72	61.6	4.32	12.23	42	3.43	12.26	50.8	4.64	57.2	4.196	11.9	290	berawan																	
11	9:30	11.89	43.1	3.4	12.73	61.6	4.72	61.6	4.843	12.23	38.5	3.12	12.24	56.4	4.64	57.2	4.705	11.9	273	berawan																	
12	9:40	11.90	36.9	2.91	12.64	67.9	4.72	61.6	5.323	12.23	35	2.87	12.18	62.4	4.64	57.2	5.146	11.9	218	berawan																	
13	9:50	11.93	44	3.45	12.77	73.7	4.72	61.6	5.798	12.23	39.9	3.27	12.23	68	4.64	57.2	5.604	11.9	290	berawan																	
14	10:00	11.92	35.8	2.91	12.68	81.5	4.72	61.6	5.43	12.23	35	2.88	12.20	75.1	4.64	57.2	6.207	11.9	246	berawan																	
15	10:10	11.95	44.7	3.49	12.83	86.6	4.72	61.6	6.788	12.23	42.2	3.44	12.29	79.8	4.64	57.2	6.573	11.9	316	berawan																	
16	10:20	12.01	53.3	4.07	13.16	94	4.72	61.6	7.38	12.23	50.3	4.04	12.46	87.2	4.64	57.2	7.169	11.9	432	berawan																	

17	10:30	12.05	61.5	4.66	13.18	102.8	5.25	70.6	8.05	12.23	57.3	4.6	12.44	94.8	5.21	65.7	7.777	11.9	640	berawan
18	10:40	12.05	57.5	4.41	13.1	113.1	5.25	70.6	8.84	12.23	52.2	4.21	12.42	104.6	5.21	65.7	8.573	11.9	570	berawan
19	10:50	12.07	57.7	4.41	13.12	122.6	5.25	70.6	9.57	12.23	52.2	4.24	12.44	112.4	5.21	65.7	9.195	11.9	611	berawan
20	11:00	12.11	62.1	4.66	13.3	131.3	5.25	70.6	10.229	12.23	59.3	4.64	12.52	121.2	5.21	65.7	9.909	11.9	638	berawan
21	11:10	12.11	53.1	4.07	13.02	141	5.25	70.6	11.007	12.23	46.8	3.67	12.38	129.7	5.21	65.7	10.598	11.9	532	berawan
22	11:20	12.13	53.4	4.07	13.04	150.5	5.25	70.6	11.66	12.23	50.2	4.04	12.48	138.2	5.21	65.7	11.28	11.9	912	cerah
23	11:30	12.14	57.5	4.51	13.21	158.7	5.25	70.6	12.31	12.23	57.2	4.64	12.56	145.8	5.21	65.7	11.93	11.9	591	berawan
24	11:40	12.18	53.9	4.07	13.26	170.3	5.25	70.7	13.22	12.23	53.7	4.04	12.46	156.4	5.21	65.9	12.77	11.9	475	berawan
25	11:50	12.19	53.4	4.07	13.13	176.8	5.25	70.7	13.75	12.23	49.9	4	12.52	163	5.21	65.9	13.27	11.9	466	berawan
26	12:00	12.20	58.8	4.27	13.18	185.9	5.78	78.9	14.32	12.23	43.3	3.46	12.50	171.3	5.57	71.2	13.39	11.9	423	berawan
27	12:10	12.18	45.3	3.49	13	192.2	5.78	78.9	14.92	12.23	43	3.56	12.44	177	5.57	71.2	14.39	11.9	283	berawan
28	12:20	12.18	44.4	3.43	12.91	201.6	5.79	79	15.60	12.23	36.8	2.93	12.40	185.3	5.62	71.8	15.09	11.9	266	berawan
29	12:30	12.14	29.4	2.33	12.64	206.8	5.79	79	16.01	12.23	28.2	2.29	12.28	190.2	5.62	71.8	15.49	11.9	208	berawan
30	12:40	12.15	35.1	2.77	12.79	211.8	5.79	79	16.39	12.23	31.8	2.6	12.34	195.1	5.62	71.8	15.85	11.9	215	berawan
31	12:50	12.13	23.7	1.86	12.55	216.2	5.79	79	16.74	12.23	21.2	1.72	12.22	199.1	5.62	71.8	16.17	11.9	141	berawan
32	13:00	12.15	29.4	2.33	12.68	220.7	5.79	79	17.09	12.23	28.1	2.28	12.28	202.9	5.62	71.8	16.49	11.9	184	berawan
33	13:10	12.16	29.5	2.33	12.68	225.5	5.79	79	17.48	12.23	28.1	2.28	12.30	207.5	5.62	71.8	16.87	11.9	162	mendung
34	13:20	12.26	54.9	4.39	13.44	230.6	5.79	79	17.91	12.23	66.3	4.63	12.84	213.1	5.62	71.8	17.28	11.9	616	cerah
35	13:30	12.20	35.4	2.77	12.81	239.9	5.81	80	18.57	12.23	31.3	2.54	12.40	221.2	5.64	72.6	17.96	11.9	218	berawan
36	13:40	12.20	29.8	2.34	12.75	244.7	5.81	80	18.94	12.23	28.4	2.3	12.37	225.4	5.64	72.6	18.32	11.9	186	berawan
37	13:50	12.27	45.7	3.49	13.13	251.6	5.81	80	19.5	12.23	43.3	3.45	13.15	232.2	5.64	72.6	18.86	11.9	324	berawan
38	14:00	12.36	65.4	4.81	13.57	262	5.81	80	20.22	13.35	59.6	4.65	12.81	241.8	5.64	72.6	19.57	11.9	1195	cerah
39	14:10	12.36	50	3.83	13.24	270.8	5.81	80	20.9	13.11	43.5	3.45	12.60	250	5.64	72.6	20.24	11.9	452	berawan
40	14:20	12.37	53.3	4.02	13.3	279.8	5.81	80	21.57	13.11	48.9	3.83	12.69	257.9	5.64	72.6	20.86	11.9	494	berawan
41	14:30	12.39	53.2	4.02	13.33	286.6	5.81	80	22.14	13.11	50.3	3.98	12.72	264.9	5.64	72.6	21.39	11.9	480	berawan
42	14:40	12.34	41.8	3.17	13.15	294.8	5.81	80	22.73	13.11	37.2	2.92	12.68	272	5.64	72.6	21.99	11.9	275	berawan
43	14:50	12.34	37.8	2.90	13.01	300.5	5.81	80	23.15	12.9	35	2.89	12.54	277.1	5.64	72.6	22.38	11.9	130	berawan
44	15:00	12.38	45.8	3.49	13.22	307	5.81	80	23.65	12.9	44	3.47	12.73	282.8	5.64	72.6	22.84	11.9	339	berawan
45	15:10	12.37	38	2.91	13.05	313.4	5.81	80	24.16	12.89	36.1	2.87	12.59	289	5.64	72.6	23.36	11.9	172	berawan
46	15:20	12.37	37.8	2.9	13.03	318.4	5.81	80	24.56	12.89	35.5	2.81	12.58	294	5.64	72.6	23.72	11.9	224	berawan
47	15:30	12.35	32.3	2.49	12.94	324.5	5.81	80	24.99	12.89	29.4	2.35	12.53	299.1	5.64	72.6	24.15	11.9	152	berawan
48	15:40	12.36	31.7	2.4	12.92	329.5	5.81	80	25.38	12.89	28.8	2.31	12.53	303.7	5.64	72.6	24.51	11.9	207	berawan

49	15:50	12.34	30	2.33	12.9	334.7	5.81	80	25.79	12.73	28.6	2.3	12.52	308.5	5.64	72.6	24.91	11.9	202	berawan
50	16:00	12.34	28.2	2.22	12.8	339.1	5.81	80	26.14	12.73	24.6	1.97	12.46	312.6	5.64	72.6	25.22	11.9	160	berawan
51	16:10	12.32	22	1.74	12.7	342.7	5.81	80	26.44	12.68	21.2	1.71	12.41	316	5.64	72.6	25.51	11.9	147	berawan
52	16:20	12.27	14.5	1.16	12.49	345.8	5.81	80	26.69	12.47	13.7	1.13	12.30	319	5.64	72.6	25.74	11.9	100	berawan
53	16:30	12.26	14.2	1.14	12.43	347.9	5.81	80	26.84	12.41	13.2	1.06	12.26	320.9	5.64	72.6	25.89	11.9	86	berawan
54	16:40	12.40	36.8	2.85	13.06	325.1	5.81	80	27.47	12.41	13.7	1.12	12.59	326.5	5.64	72.6	26.34	11.9	318	cerah
55	16:50	12.30	14.3	1.15	12.46	355.9	5.81	80	27.49	12.41	13.5	1.07	12.29	328.3	5.64	72.6	26.49	11.9	355	cerah
56	17:00	12.28	14.4	1.15	12.47	358.7	5.81	80	27.7	12.41	13.6	1.11	12.30	331	5.64	72.6	26.7	11.9	97	cerah
57	17:10	12.26	10.1	0.8	12.38	360.7	5.81	80	27.85	12.35	8	0.66	12.24	332.5	5.64	72.6	26.84	11.9	72	berawan
58	17:20	12.22	6.2	0.5	12.2	361.7	5.81	80	27.94	12.17	3.6	0.32	12.14	333.4	5.64	72.6	26.91	11.9	34	berawan

Lampiran 1d Hasil Analisa Efisiensi Panel Surya

No.	Waktu Pengujian (Wita)	02-juni-2023				03-juni-2023				19 juni 2023			
		Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Daya Input PV	Daya Output PV	Efisiensi PV	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Daya Input PV	Daya Output PV	Efisiensi PV	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Daya Input PV	Daya Output PV	Efisiensi PV
		Baterai				Baterai				Baterai			
		Vdc	(W)	(W)	(%)	Vdc	(W)	(W)	(%)	Vdc	(W)	(W)	(%)
1	8:00	11.95	756.0	59.5	7.9	12.64	945.0	62.7	6.6	11.70	457.2	36.2	7.9
2	8:10	11.98	619.2	52.9	8.5	12.76	1040.4	62.7	6.0	11.73	513.0	36.3	7.1
3	8:20	12.4	982.8	60.5	6.2	12.76	1202.4	63.9	5.3	11.79	648.0	45.6	7.0
4	8:30	12.7	1152.0	60.6	5.3	12.78	1175.4	63.0	5.4	11.78	702.0	36.4	5.2
5	8:40	12.10	288.0	46.5	16.1	12.81	1258.2	65.2	5.2	11.79	514.8	37.4	7.3
6	8:50	12.13	270.0	31.0	11.5	12.8	1387.8	62.7	4.5	11.80	342.0	28.5	8.3

7	9:00	12.16	306.0	31.6	10.3	12.81	1458.0	62.8	4.3	11.85	453.6	36.3	8.0
8	9:10	12.24	370.8	40.5	10.9	12.80	1609.2	63.0	3.9	11.82	518.4	42.0	8.1
9	9:20	12.24	306.0	44.5	14.6	12.91	1652.4	63.5	3.8	11.87	522.0	44.6	8.6
10	9:30	12.28	943.2	54.7	5.8	12.91	1674.0	62.4	3.7	11.89	491.4	43.3	8.8
11	9:30	12.38	2106.0	78.4	3.7	12.87	1724.4	63.8	3.7	11.89	392.4	36.8	9.4
12	9:40	12.40	2127.6	69.8	3.3	13.08	1823.4	63.6	3.5	11.90	522.0	44.1	8.4
13	9:50	12.53	2174.4	65.7	3.0	13.73	1821.6	63.8	3.5	11.93	442.8	36.9	8.3
14	10:00	12.44	2170.8	63.2	2.9	12.81	1854.0	62.4	3.4	11.92	568.8	44.8	7.9
15	10:10	12.20	491.4	41.4	8.4	12.83	1944.0	61.4	3.2	11.95	777.6	53.6	6.9
16	10:20	12.28	1666.8	70.6	4.2	12.92	2109.6	57.8	2.7	12.01	1152.0	61.4	5.3
17	10:30	12.30	840.6	62.6	7.4	12.74	2160.0	40.3	1.9	12.05	1026.0	57.8	5.6
18	10:40	12.26	919.8	61.0	6.6	12.89	2014.2	61.2	3.0	12.05	1099.8	57.9	5.3
19	10:50	12.32	900.0	62.2	6.9	12.89	2124.0	59.7	2.8	12.07	1148.4	62.0	5.4
20	11:00	12.32	936.0	60.4	6.5	12.87	905.4	39.3	4.3	12.11	957.6	53.0	5.5
21	11:10	12.34	756.0	55.9	7.4	12.93	2179.8	64.4	3.0	12.11	1641.6	53.1	3.2
22	11:20	12.40	1206.0	72.2	6.0	12.93	2043.0	58.1	2.8	12.13	1063.8	59.6	5.6
23	11:30	12.36	1269.0	63.5	5.0	12.94	2160.0	56.8	2.6	12.14	855.0	54.0	6.3
24	11:40	12.42	2498.4	66.0	2.6	12.94	2212.2	39.3	1.8	12.18	838.8	53.4	6.4
25	11:50	12.38	1987.2	64.7	3.3	12.95	2098.8	56.5	2.7	12.19	761.4	56.3	7.4
26	12:00	12.36	1332.0	62.3	4.7	12.95	2233.8	54.8	2.5	12.20	509.4	45.4	8.9
27	12:10	12.38	671.4	46.0	6.9	12.95	2034.0	56.2	2.8	12.18	478.8	44.3	9.2
28	12:20	12.42	732.6	54.4	7.4	13.03	1936.8	56.0	2.9	12.18	374.4	29.5	7.9
29	12:30	12.45	495.0	46.3	9.3	12.98	2034.0	48.1	2.4	12.14	387.0	35.4	9.2
30	12:40	12.44	457.2	46.1	10.1	13.10	2197.8	67.1	3.1	12.15	253.8	23.3	9.2
31	12:50	12.34	495.0	46.3	9.4	13.02	1047.6	48.2	4.6	12.13	331.2	29.5	8.9
32	13:00	12.46	718.2	54.7	7.6	12.97	421.2	37.9	9.0	12.15	291.6	29.5	10.1
33	13:10	12.5	1188.0	60.8	5.1	12.91	207.0	24.3	11.7	12.16	1108.8	59.0	5.3
34	13:20	12.64	554.4	46.4	8.4					12.26	392.4	35.5	9.0

35	13:30	12.65	1528.2	71.0	4.6					12.20	334.8	29.8	8.9
36	13:40	12.61	545.4	39.5	7.2					12.20	583.2	45.8	7.9
37	13:50	12.63	1062.0	55.8	5.3					12.27	2151.0	65.3	3.0
38	14:00	12.7	1182.6	56.0	4.7					12.36	813.6	50.7	6.2
39	14:10	12.8	343.8	63.4	18.5					12.36	889.2	53.5	6.0
40	14:20	12.7	363.6	63.3	17.4					12.37	864.0	53.6	6.2
41	14:30	12.67	941.4	39.9	4.2					12.39	495.0	41.7	8.4
42	14:40	12.83	579.6	65.0	11.2					12.34	234.0	37.7	16.1
43	14:50	12.7	352.8	37.3	10.6					12.34	610.2	46.1	7.6
44	15:00	12.65	385.2	31.9	8.3					12.38	309.6	38.0	12.3
45	15:10	12.71	554.4	46.9	8.5					12.37	403.2	37.8	9.4
46	15:20									12.37	273.6	32.2	11.8
47	15:30									12.35	372.6	31.0	8.3
48	15:40									12.36	363.6	30.1	8.3
49	15:50									12.34	288.0	28.4	9.9
50	16:00									12.34	264.6	22.1	8.4
51	16:10									12.32	180.0	14.5	8.0
52	16:20									12.27	154.8	14.2	9.2
53	16:30									12.26	572.4	37.2	6.5
54	16:40									12.40	639.0	14.3	2.2
55	16:50									12.30	174.6	14.3	8.2
56	17:00									12.28	129.6	9.9	7.6
57	17:10									12.26	61.2	6.1	10.0
58	17:20									12.22	457.2	36.2	7.9

Keterangan :  = Dalam kondisi hujan

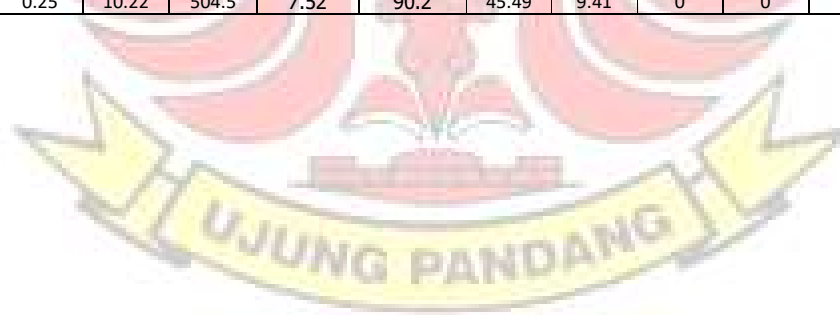
Lampiran 2a Data hasil pengujian berbeban kipas 20 Watt dan Lampu 20 Watt

Tegangan Awal baterai : 12,19 V (Tegangan baterai sebelum di bebani)

Tegangan akhir baterai : 11 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No	Waktu Pengujian (Wita)	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter		Data Output baterai (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter										Data Output Inverter							Daya Input PV	Daya Output PV	Efisiensi PV
		Baterai																						
		Vdc	Voltage	Voltage Peak	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Voltage (AC)	Current (AC)	Power	Frekuensi	Energy	Power Factor	(W)	(W)	(%)			
(volt)	(Vmax)	(watt)	(amp)	(volt)	(Wh)	(amp/Ap)	(watt/Wp)	(Ah)	(Vmax)	(volt)	(amp)	(Watt)	(Hz)	(kWh)		(W)	(W)	(%)						
1	8:15	12.06	11.72	11.39	57.6	4.88	11.83	3.3	7.52	90.2	0.291	11.71	227	0.103	19.7	50	2.47	0.85	57.7	23.4	40.5			
2	8:30	12.05	11.59	11.28	75	6.41	11.75	18.2	7.52	90.2	1,505	11.43	225	0.197	37.6	50	2.48	0.85	75.3	44.3	58.9			
3	8:45	12.05	11.54	11.28	73.9	6.34	11.7	35.9	7.52	90.2	3,037	11.43	225	0.196	37.4	50	2.49	0.85	74.2	44.1	59.5			
4	9:00	11.95	11.51	11.28	73.3	6.34	11.66	51.9	7.52	90.2	4,459	11.43	225	0.197	37.4	50	2.5	0.84	73.9	44.3	60.0			
5	9:15	11.99	11.48	11.28	73.3	6.26	11.63	70.9	7.52	90.2	5,569	11.43	225	0.197	37.4	50	2.51	0.85	72.8	44.3	60.9			
6	9:30	11.91	11.43	11.28	72.3	6.25	11.58	90.4	7.52	90.2	7,777	11.43	225	0.197	37.4	50	2.51	0.84	72.4	44.3	61.2			
7	9:45	11.93	11.45	11.28	72.6	6.25	11.59	104.9	7.52	90.2	8.98	11.43	225	0.197	37.4	50	2.52	0.84	72.4	44.3	61.2			
8	10:00	11.92	11.41	11.28	72.5	6.28	11.55	121.1	7.52	90.2	10.38	11.43	225	0.197	37.4	50	2.53	0.84	72.5	44.3	61.1			
9	10:15	11.89	11.38	11.28	72.1	6.22	11.52	138.9	7.52	90.2	11.95	11.43	225	0.197	37.4	50	2.54	0.85	71.7	44.3	61.9			
10	10:30	11.86	11.35	11.28	71.8	6.25	11.49	154.7	7.52	90.2	13.33	11.43	225	0.197	37.4	50	2.55	0.84	71.8	44.3	61.7			
11	10:45	11.82	11.32	11.28	71.8	6.24	11.46	172.3	7.52	90.2	14.84	11.43	225	0.197	37.4	50	2.56	0.84	71.5	44.3	62.0			
12	11:00	11.79	11.3	11.28	71.3	6.25	11.44	188.4	7.52	90.2	16.31	11.42	225	0.197	37.4	50	2.57	0.84	71.5	44.3	62.0			
13	11:15	11.76	11.26	11.24	71.5	6.24	11.4	204.8	7.52	90.2	17.77	11.39	225	0.197	37.4	50	2.58	0.84	71.1	44.3	62.3			

14	11:30	11.67	11.22	11.21	71.4	6.29	11.38	222.1	7.52	90.2	19.3	11.37	225	0.198	37.4	50	2.59	0.84	71.6	44.6	62.2
15	11:45	11.69	11.19	11.19	71.1	6.27	11.34	234.4	7.52	90.2	20.45	11.37	225	0.198	37.4	50	2.6	0.84	71.1	44.6	62.7
16	12:00	11.66	11.15	11.13	71	6.27	11.3	251.9	7.52	90.2	22	11.29	225	0.198	37.4	50	2.61	0.84	70.9	44.6	62.9
17	12:15	11.61	11.1	11.09	70.5	6.27	11.27	267.5	7.52	90.2	23.66	11.26	225	0.198	37.4	50	2.62	0.84	70.7	44.6	63.0
18	12:30	11.58	11.09	11.08	70.4	6.27	11.24	285.1	7.52	90.2	24.97	11.19	225	0.198	37.4	50	2.63	0.84	70.5	44.6	63.2
19	12:45	11.55	11.02	11	70	6.24	11.16	304.2	7.52	90.2	26.7	11.15	225	0.198	37.4	50	2.64	0.84	69.6	44.6	64.0
20	13:00	11.51	10.98	10.96	69.8	6.24	11.14	318	7.52	90.2	27.97	11.12	225	0.198	37.4	50	2.65	0.84	69.5	44.6	64.1
21	13:15	11.47	10.92	10.91	69.4	6.26	11.07	336.5	7.52	90.2	29.63	11.07	225	0.198	37.4	50	2.65	0.84	69.3	44.6	64.3
22	13:30	11.43	10.87	10.87	69.2	6.29	11.03	354.2	7.52	90.2	31.2	11.02	225	0.198	37.4	50	2.66	0.84	69.4	44.6	64.2
23	13:45	11.38	10.83	10.82	69.9	6.3	10.99	369.3	7.52	90.2	32.6	10.98	225	0.198	37.4	50	2.67	0.84	69.2	44.6	64.3
24	14:00	11.32	10.78	10.75	68.7	6.25	10.93	384.9	7.52	90.2	34.09	10.93	225	0.198	37.4	50	2.68	0.84	68.3	44.6	65.2
25	14:15	11.26	10.72	10.71	68.9	6.28	10.87	402	7.52	90.2	35.64	10.86	225	0.198	37.4	50	2.69	0.84	68.3	44.6	65.3
26	14:30	11.2	10.65	10.64	68.3	6.29	10.81	417	7.52	90.2	37.11	10.8	225	0.198	37.4	50	2.70	0.84	68.0	44.6	65.5
27	14:45	11.11	10.57	10.56	67.8	6.3	10.73	433.5	7.52	90.2	38.57	10.72	223	0.198	37	50	2.71	0.84	67.6	44.2	65.3
28	15:00	11.03	10.48	10.48	66.1	6.27	10.64	454.8	7.52	90.2	40.06	10.62	220	0.198	36.7	50	2.72	0.84	66.7	43.6	65.3
29	15:15	10.89	10.35	10.35	65.3	6.22	10.5	464.9	7.52	90.2	41.56	10.49	218	0.198	36.2	50	2.73	0.84	65.3	43.2	66.1
30	15:30	10.79	10.26	10.10	65.1	6.24	10.42	477.1	7.52	90.2	42.77	10.41	216	0.2	36.3	50	2.74	0.84	65.0	43.2	66.4
31	15:45	10.43	9.92	9.91	62.5	6.2	10.6	491.5	7.52	90.2	44.17	10.02	208	0.202	34.8	50	2.74	0.83	65.7	42.0	63.9
32	16:00	10.22	10.15	9.25	2.6	0.25	10.22	504.5	7.52	90.2	45.49	9.41	0	0	0	0	0	0			



Lampiran 2b Data hasil pengujian berbeban kipas 20Watt dan Lampu 30 Watt

Tegangan Awal baterai : 12,5 V (Tegangan baterai sebelum di bebani)

Tegangan akhir baterai : 11 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No	Waktu Pengujian (Wita)	Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter		Data Output baterai (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter								Data Output Inverter						Daya Input inverter (W)	Daya Output inverter (W)	Efisiensi inverter (%)
		Voltage	Voltage Peak	Power	Current	Voltage	Power Flow Rate	Peak Current	Peak Power	Peak Current	Voltage Peak	Voltage (AC)	Current (AC)	Power	Frekuensi	Energy	Power Factor			
		(volt)	(Vmax)	(watt)	(amp)	(volt)	(Wh)	(amp/Ap)	(watt/Wp)	(Ah)	(Vmax)	(volt)	(amp)	(Watt)	(Hz)	(kWh)				
1	10:45	11.98	11.33	84.8	7.02	12.08	20.9	7.28	88.2	1.74	12.06	226	0.26	47.7	50	2.77	0.81	84.8	58.8	69.3
2	11:00	11.81	11.33	84.2	6.98	12.07	38.7	7.28	88.2	3.267	12.05	226	0.26	47.5	50	2.78	0.81	84.2	58.8	69.7
3	11:15	11.89	11.33	82.6	6.94	11.95	60.6	7.28	88.2	5.06	11.87	226	0.26	47.5	50	2.79	0.81	82.9	58.8	70.9
4	11:30	11.69	11.15	82.8	6.94	11.92	77.5	7.28	88.2	6.584	11.87	226	0.26	47.5	50	2.81	0.81	82.7	58.8	71.0
5	11:45	11.84	11.15	83	6.96	11.94	99.9	7.28	88.2	8.54	11.85	226	0.26	47.5	50	2.82	0.81	83.1	58.8	70.7
6	12:00	11.6	11.15	82.7	6.95	11.92	117.5	7.28	88.2	10.1	11.85	226	0.26	47.5	50	2.83	0.81	82.8	58.8	70.9
7	12:15	11.75	11.07	82	6.92	11.87	137.8	7.28	88.2	11.85	11.83	226	0.26	47.5	50	2.84	0.81	82.1	58.8	71.5
8	12:30	11.86	11.07	82	6.92	11.83	156.6	7.28	88.2	13.49	11.8	226	0.26	47.5	50	2.85	0.81	81.9	58.8	71.8
9	12:45	11.83	11.01	81.9	6.95	11.81	173.1	7.28	88.2	14.98	11.76	226	0.26	47.5	50	2.86	0.81	82.1	58.8	71.6
10	13:00	11.73	11	81.5	6.93	11.78	197.6	7.28	88.2	17.12	11.76	226	0.26	47.5	50	2.88	0.81	81.6	58.8	72.0
11	13:15	11.72	10.99	81.5	6.93	11.76	215.6	7.28	88.2	18.69	11.73	226	0.26	47.5	50	2.89	0.81	81.5	58.8	72.1
12	13:30	11.66	10.99	81.4	6.95	11.74	235.2	7.28	88.2	20.45	11.7	226	0.26	47.5	50	2.9	0.81	81.6	58.8	72.0
13	13:45	11.61	10.95	81.2	6.95	11.71	254.3	7.28	88.2	22.12	11.68	226	0.26	47.5	50	2.91	0.81	81.4	58.8	72.2

14	14:00	11.5	10.92	81.2	6.94	11.68	274.9	7.28	88.2	23.85	11.65	226	0.26	47.5	50	2.92	0.81	81.1	58.8	72.5
15	14:15	11.44	10.86	80.9	6.96	11.66	294.5	7.28	88.2	25.6	11.63	226	0.261	47.5	50	2.94	0.81	81.2	59.0	72.7
16	14:30	11.23	10.86	81	6.95	11.63	313.7	7.28	88.2	27.32	11.6	226	0.261	47.5	50	2.95	0.81	80.8	59.0	73.0
17	14:45	11.15	10.86	80.8	6.97	11.6	333.8	7.28	88.2	29.04	11.56	226	0.261	47.5	50	2.96	0.81	80.9	59.0	73.0
18	15:00	11.13	10.84	80.7	6.97	11.56	353	7.28	88.2	30.76	11.55	226	0.261	47.5	50	2.97	0.81	80.6	59.0	73.2
19	15:15	11.15	10.68	80.3	6.96	11.53	373.5	7.28	88.2	32.48	11.51	226	0.261	47.5	50	2.98	0.81	80.2	59.0	73.5
20	15:30	11.13	10.68	80	6.96	11.5	393.6	7.28	88.2	34.24	11.47	226	0.261	47.5	50	3	0.81	80.0	59.0	73.7
21	15:45	11.13	10.64	79.9	6.96	11.48	412.8	7.28	88.2	35.92	11.45	226	0.261	47.5	50	3.01	0.81	79.9	59.0	73.8
22	16:00	11.11	10.64	79.9	6.99	11.45	433.3	7.28	88.2	37.71	11.43	226	0.261	47.5	50	3.02	0.81	80.0	59.0	73.7
23	16:15	11.1	10.64	79.8	6.96	11.43	450.8	7.28	88.2	39.23	11.41	226	0.261	47.5	50	3.03	0.81	79.6	59.0	74.1
24	16:30	11.07	10.64	79.8	7	11.42	470	7.28	88.2	40.99	11.39	226	0.261	47.5	50	3.04	0.81	79.9	59.0	73.8



Lampiran 3a Data pengamatan berbeban kipas 20Watt dan Lampu 20Watt

Tegangan Awal baterai : 12,96 V (Tegangan baterai sebelum di bebani)

Tegangan akhir baterai : 11,06 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Data Output SCC (Charger) (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter		Data Output Inverter					
		Baterai	Voltage	Voltage Peak	Voltage (AC)	Current (AC)	Power	Frekuensi	Energy	Power Factor
		Vdc	(volt)	(Vmax)	(volt)	(amp)	(Watt)	(Hz)	(Wh)	
1	8:20	12.55	12.35	12.01	225	0.097	18.9	50	1.21	0.87
2	9:00	12.54	11.99	11.87	226	0.198	38.2	50	1.22	0.86
3	9:15	12.5	12.07	11.87	226	0.195	37.6	50	1.22	0.86
4	9:30	12.6	11.94	11.87	226	0.195	37.6	50	1.23	0.85
5	9:45	12.54	11.9	11.8	226	0.195	37.6	50	1.24	0.85
6	10:00	12.7	11.91	11.76	226	0.195	37.6	50	1.25	0.85
7	10:15	12.52	11.94	11.76	226	0.195	37.6	50	1.26	0.85
8	10:30	12.54	12.8	11.7	226	0.195	37.6	50	1.27	0.85
9	10:45	12.54	12.04	11.7	226	0.195	37.6	50	1.28	0.85
10	11:00	12.46	12.03	11.7	226	0.195	37.6	50	1.29	0.85
11	11:15	12.42	12.02	11.7	226	0.195	37.6	50	1.3	0.85
12	11:30	12.42	12	11.7	226	0.195	37.6	50	1.31	0.85
13	11:45	12.4	11.93	11.7	226	0.195	37.6	50	1.32	0.86
14	12:00	12.36	11.95	11.7	226	0.195	37.6	50	1.33	0.85
15	12:15	12.35	11.93	11.7	226	0.195	37.6	50	1.34	0.85
16	12:30	12.33	11.93	11.7	226	0.195	37.6	50	1.35	0.85
17	12:45	12.3	11.9	11.7	226	0.195	37.6	50	1.36	0.85
18	13:00	12.29	11.88	11.7	226	0.195	37.6	50	1.36	0.85
19	13:15	12.25	11.86	11.7	226	0.195	37.6	50	1.37	0.85
20	13:30	12.24	11.84	11.7	226	0.195	37.6	50	1.38	0.85
21	13:45	12.23	11.82	11.7	226	0.195	37.6	50	1.39	0.85
22	14:00	12.68	11.79	11.7	226	0.195	37.6	50	1.41	0.85
23	14:15	12.7	11.78	11.7	226	0.195	37.6	50	1.41	0.85
24	14:30	12.18	11.75	11.69	226	0.196	37.6	50	1.42	0.85
25	14:45	12.16	11.73	11.69	226	0.196	37.6	50	1.43	0.85
26	15:00	12.12	11.72	11.69	226	0.196	37.6	50	1.44	0.85
27	15:15	12.11	11.69	11.69	226	0.196	37.6	50	1.45	0.85
28	15:30	12.09	11.67	11.67	226	0.196	37.6	50	1.46	0.85
29	15:45	12.07	11.65	11.64	226	0.196	37.6	50	1.47	0.85

30	16:00	12.04	11.62	11.61	226	0.197	37.6	50	1.48	0.85
31	16:15	12.02	11.6	11.6	226	0.197	37.6	50	1.49	0.85
32	16:30	12.04	11.58	11.55	226	0.197	37.6	50	1.5	0.85
33	16:45	11.94	11.56	11.55	226	0.197	37.6	50	1.51	0.85
34	17:00	11.95	11.54	11.53	226	0.197	37.6	50	1.52	0.85
35	17:15	11.94	11.51	11.5	226	0.197	37.6	50	1.52	0.85
36	17:30	11.9	11.49	11.48	226	0.197	37.6	50	1.53	0.85
37	17:45	11.85	11.46	11.43	226	0.197	37.6	50	1.54	0.85
38	18:00	11.84	11.43	11.41	226	0.197	37.6	50	1.55	0.85

Lampiran 3b Data pengamatan berbeban kipas 20Watt dan Lampu 60Watt

Tegangan Awal baterai : 12,12 V (Tegangan baterai sebelum di bebani)

Tegangan akhir baterai : 11,04 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Data Baterai (Alat Ukur Multimeter)	Data Output SCC (Charger) (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter		Data Output Inverter					
		Baterai	Voltage	Voltage Peak	Voltage (AC)	Current (AC)	Power	Frekuensi	Energy	Power Factor
		Vdc	(volt)	(Vmax)	(volt)	(amp)	(Watt)	(Hz)	(Wh)	
1	7:00	12.12	11.64	11.32	227	0.104	19.7	50	2.21	0.84
2	7:00	11.85	11.3	11.28	224	0.535	78.5	50	2.22	0.66
3	7:15	11.77	11.2	11.14	224	0.534	77.5	50	2.24	0.65
4	7:30	11.72	11.14	11.12	223	0.535	77.5	50	2.25	0.65
5	7:45	11.64	11.08	11.07	223	0.535	77.6	50	2.27	0.65
6	8:00	11.60	11.04	11.03	223	0.534	77.7	50	2.29	0.65
7	8:15	11.51	10.96	10.95	223	0.533	77.6	50	2.28	0.65
8	8:30	11.45	10.90	10.87	223	0.535	77.5	50	2.34	0.65
9	8:45	11.40	10.84	10.78	223	0.533	77.3	50	2.35	0.65
11	9:00	11.32	10.72	10.68	220	0.535	76.7	50	2.37	0.65
13	9:15	11.20	10.63	10.62	218	0.540	76.4	50	2.38	0.65
14	9:30	11.14	10.58	10.55	217	0.540	76.1	50	2.40	0.65
15	9:45	11.12	10.50	10.47	214	0.630	87.4	50	2.41	0.65
16	10:00	10.83	10.24	10.2	209	0.555	74,9	50	2.45	0,64
17	10:15	10.34	9.72	9.69	198	0.577	72.6	50	2.46	0.64

Lampiran 3c Data pengamatan berbeban kipas 20Watt dan Lampu 50Watt

Tegangan Awal baterai : 12,42 V (Tegangan baterai sebelum di bebani)

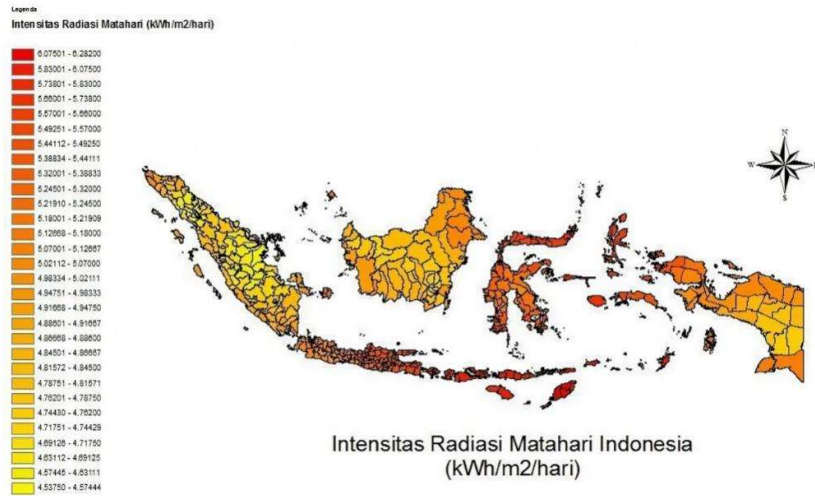
Tegangan akhir baterai : 11,4 V (Tegangan baterai 30 menit setelah pengujian)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Data Output SCC (Charger) (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter		Data Output Inverter					
		Voltage	Voltage Peak	Voltage (AC)	Current (AC)	Power	Frekuensi	Energy	Power Factor
		(volt)	(Vmax)	(volt)	(amp)	(Watt)	(Hz)	(Wh)	
1	8:20	12.42	12.08	226	0.099	19	50	1.59	0.85
2	9:00	11.95	11.95	223	0.496	67.6	50	1.6	0.61
3	9:15	11.9	11.89	223	0.497	67.6	50	1.62	0.61
4	9:30	11.87	11.86	223	0.497	67.6	50	1.63	0.61
5	9:45	11.83	11.82	223	0.497	67.6	50	1.65	0.61
6	10:00	11.78	11.77	223	0.497	67.6	50	1.66	0.61
7	10:15	11.72	11.46	223	0.499	67.6	50	1.68	0.61
8	10:30	11.69	11.46	223	0.499	67.6	50	1.7	0.61
9	10:45	11.68	11.46	223	0.499	67.6	50	1.72	0.61
11	11:00	11.64	11.46	223	0.499	67.6	50	1.74	0.61
12	11:15	11.61	11.46	223	0.499	67.6	50	1.76	0.61
13	11:30	11.59	11.46	223	0.499	67.6	50	1.77	0.61
14	11:45	11.55	11.46	223	0.499	67.6	50	1.78	0.61
15	12:00	11.52	11.46	223	0.499	67.6	50	1.8	0.61
16	12:15	11.48	11.46	223	0.499	67.6	50	1.82	0.61
17	12:30	11.45	11.44	223	0.499	67.6	50	1.83	0.61
18	12:45	11.41	11.4	223	0.5	67.6	50	1.85	0.61
19	13:00	11.38	11.37	223	0.501	67.6	50	1.87	0.61
20	13:15	11.34	11.34	223	0.5	67.6	50	1.88	0.61
21	13:30	11.31	11.3	223	0.5	67.6	50	1.9	0.61
22	13:45	11.27	11.24	223	0.5	67.6	50	1.92	0.61
23	14:00	11.24	11.22	223	0.5	67.6	50	1.93	0.61
24	14:15	11.22	11.2	223	0.5	67.6	50	1.96	0.61
25	14:30	11.16	11.13	223	0.5	67.6	50	1.97	0.61
26	14:45	11.12	11.1	223	0.5	67.6	50	1.99	0.61
27	15:00	11.06	11.06	223	0.5	67.6	50	2	0.61

28	15:15	11.03	11.02	223	0.5	67.6	50	2.02	0.61
29	15:30	10.98	10.98	223	0.498	67.6	50	2.04	0.61
30	15:45	10.93	10.93	223	0.498	67.6	50	2.05	0.61
31	16:00	10.88	10.87	223	0.498	67.6	50	2.07	0.61
32	16:15	10.83	10.81	223	0.498	67.6	50	2.09	0.61
33	16:30	10.77	10.76	223	0.5	67.6	50	2.1	0.61
34	16:45	10.71	10.59	223	0.5	67.6	50	2.12	0.61
35	17:00	10.63	10.61	223	0.504	66.8	50	2.14	0.61
36	17:15	10.55	10.53	217	0.506	66.5	50	2.15	0.61
37	17:30	10.41	10.4	214	0.51	65.8	50	2.17	0.6
38	17:45	10.26	10.25	211	1.516	65.3	50	2.19	0.6
39	18:00	10.97	10.87	0	0	0	0	0	0



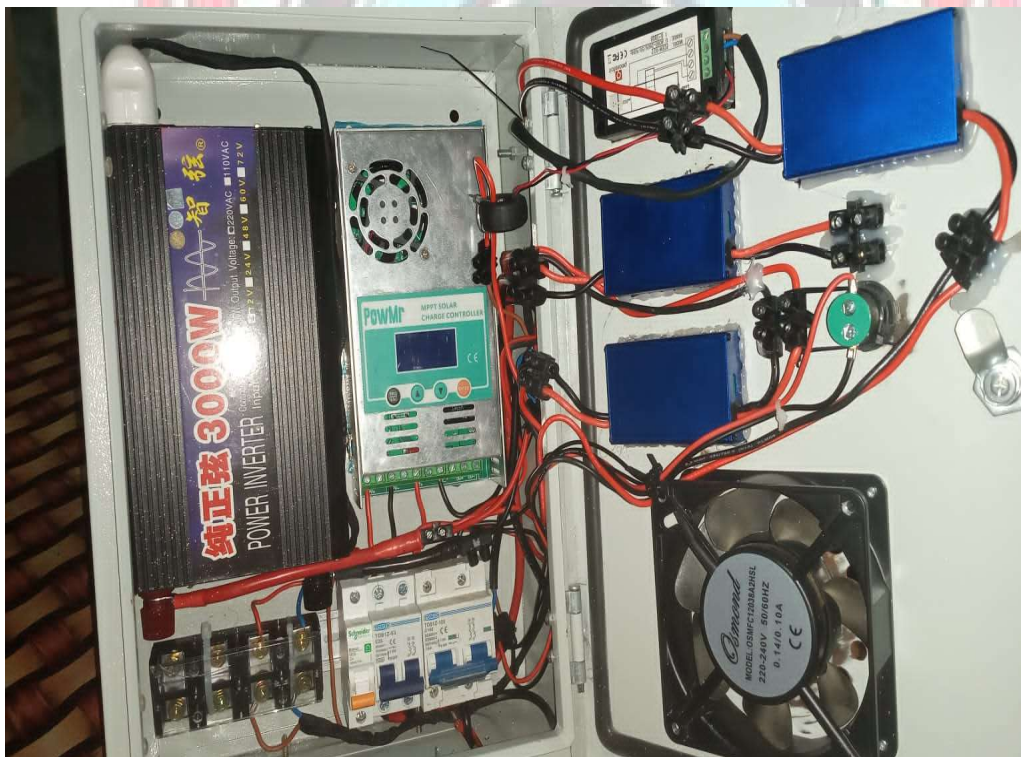
Lampiran 4 Intensitas radiasi matahari Indonesia (kWh/m²/h) dan letak gedung (yang ditandai) yang akan di pasang PLTS



Lampiran 5 Proses Pembuatan Dudukan Panel Surya



Lampiran 6 Proses Pembuatan Instalasi Kelistrikan



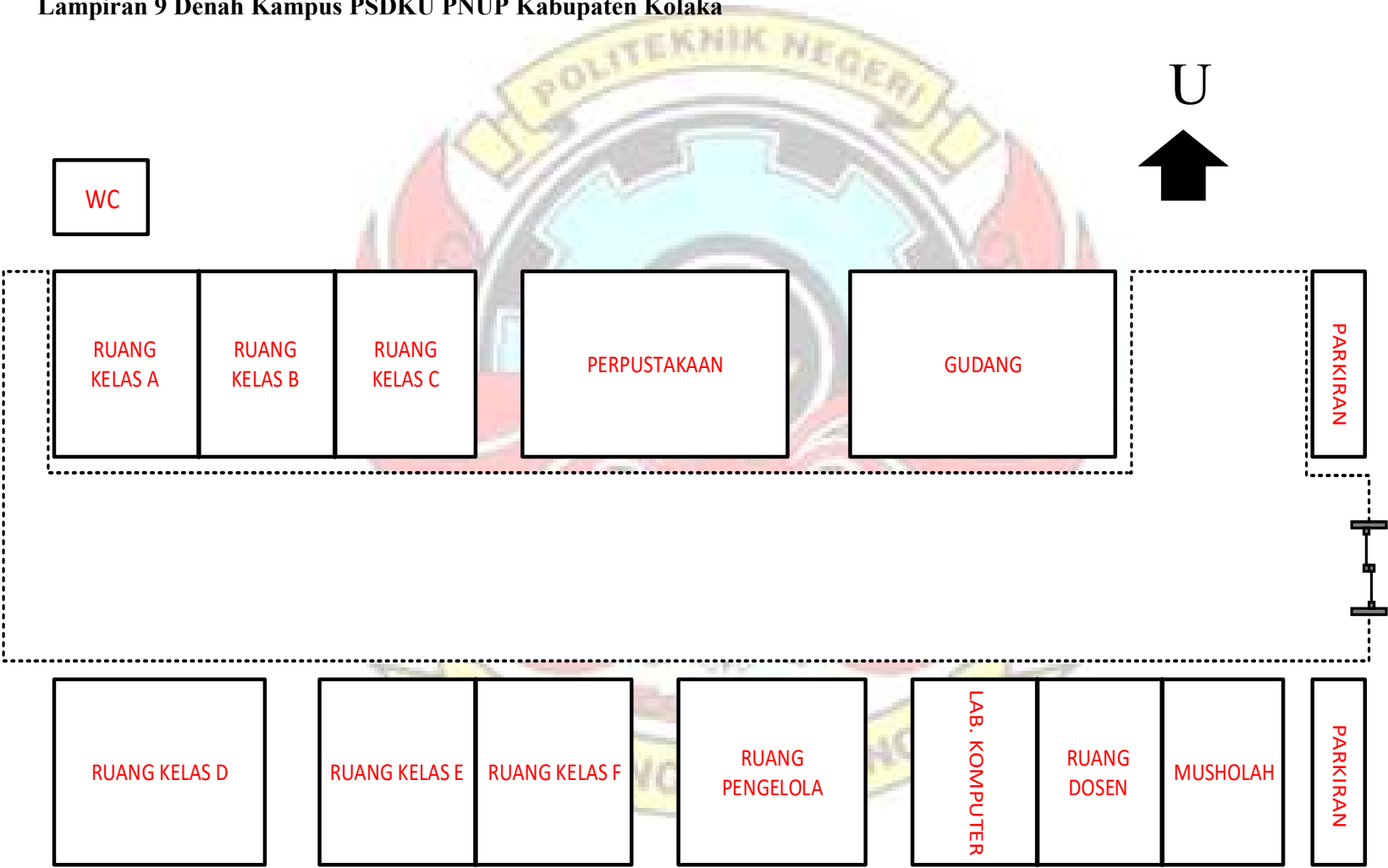
Lampiran 7 Proses Pengujian Tanpa Beban dan berbeban



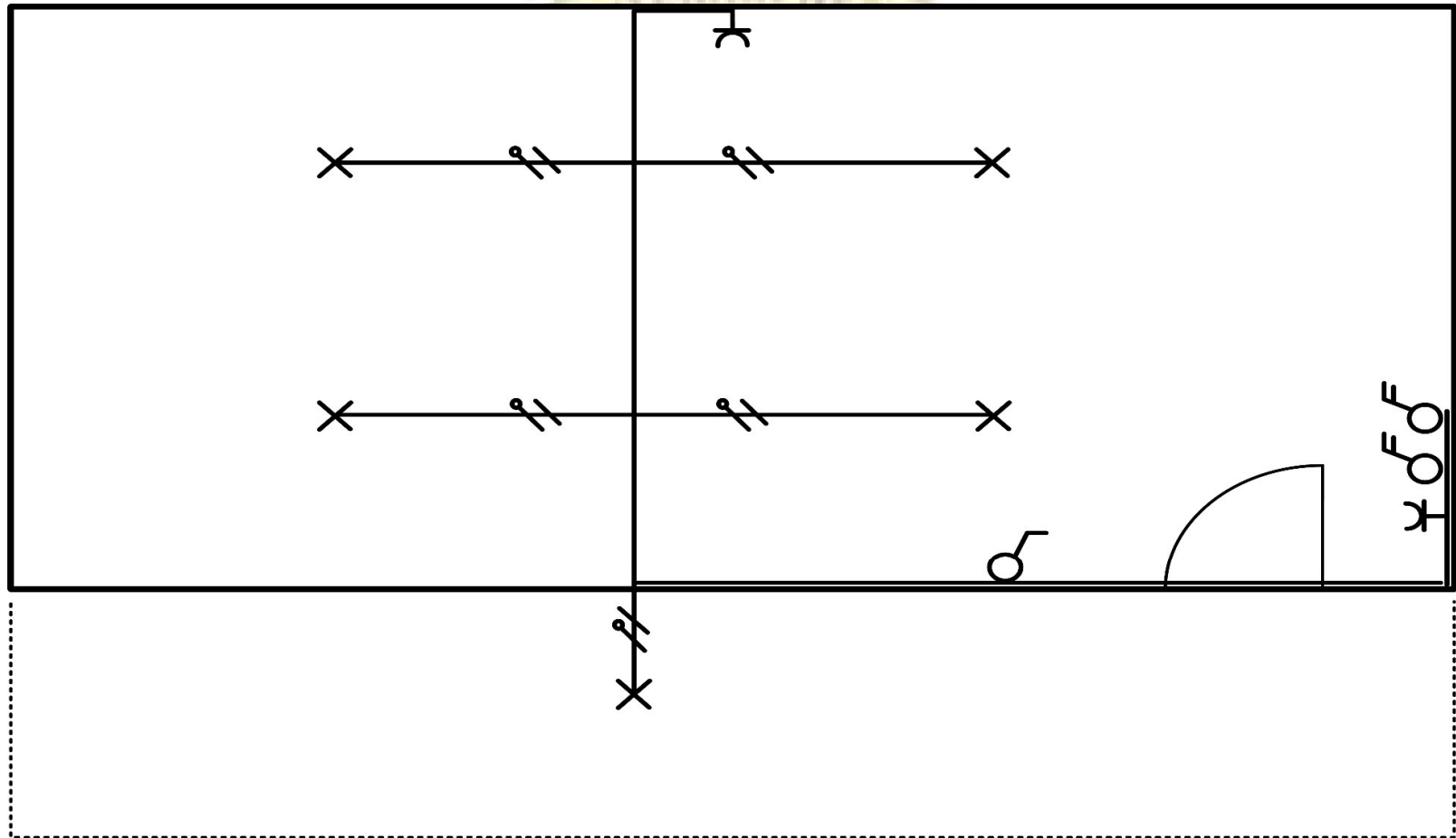
Lampiran 8 Asistensi Dosen Pembimbing



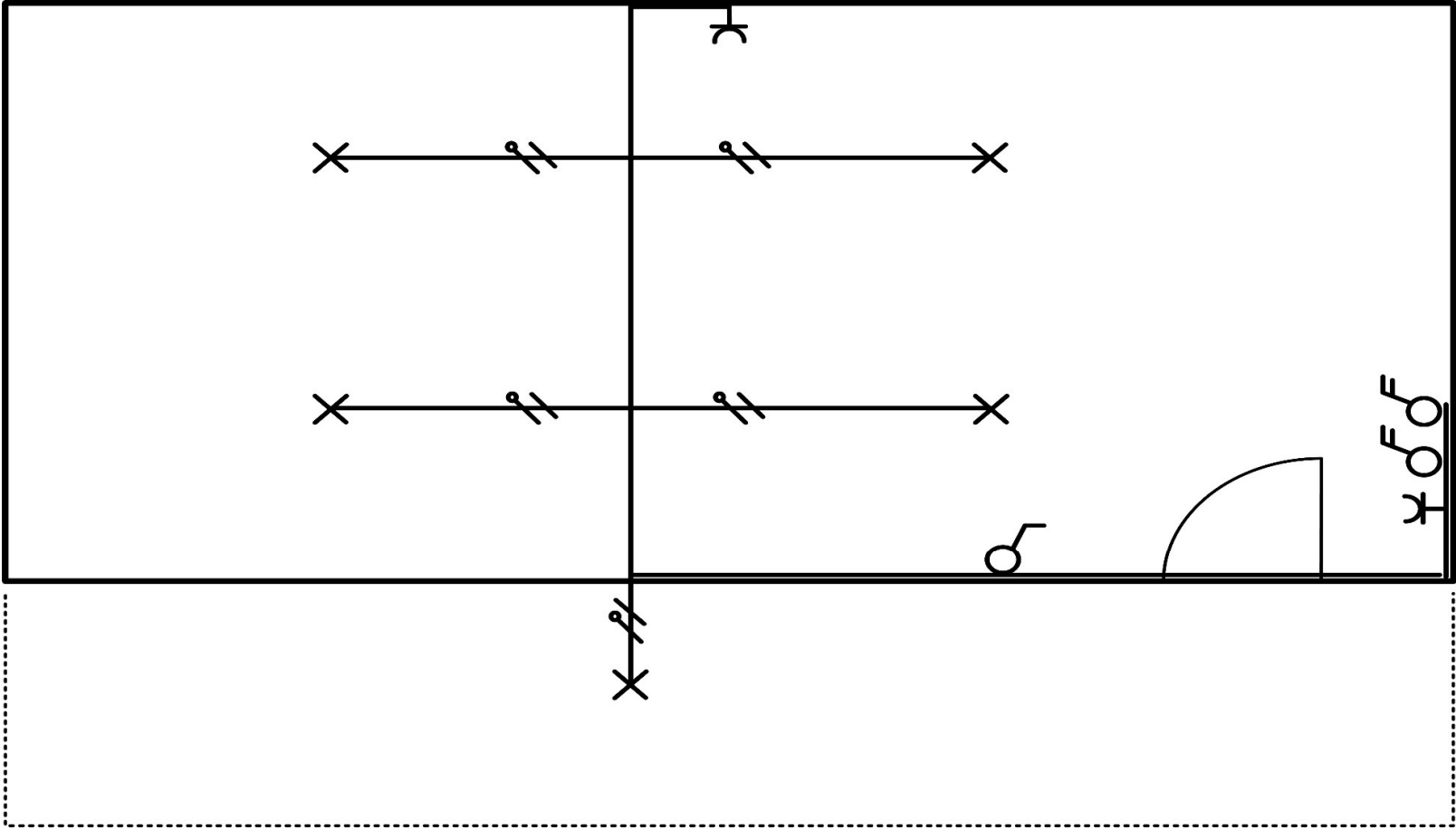
Lampiran 9 Denah Kampus PSDKU PNUP Kabupaten Kolaka



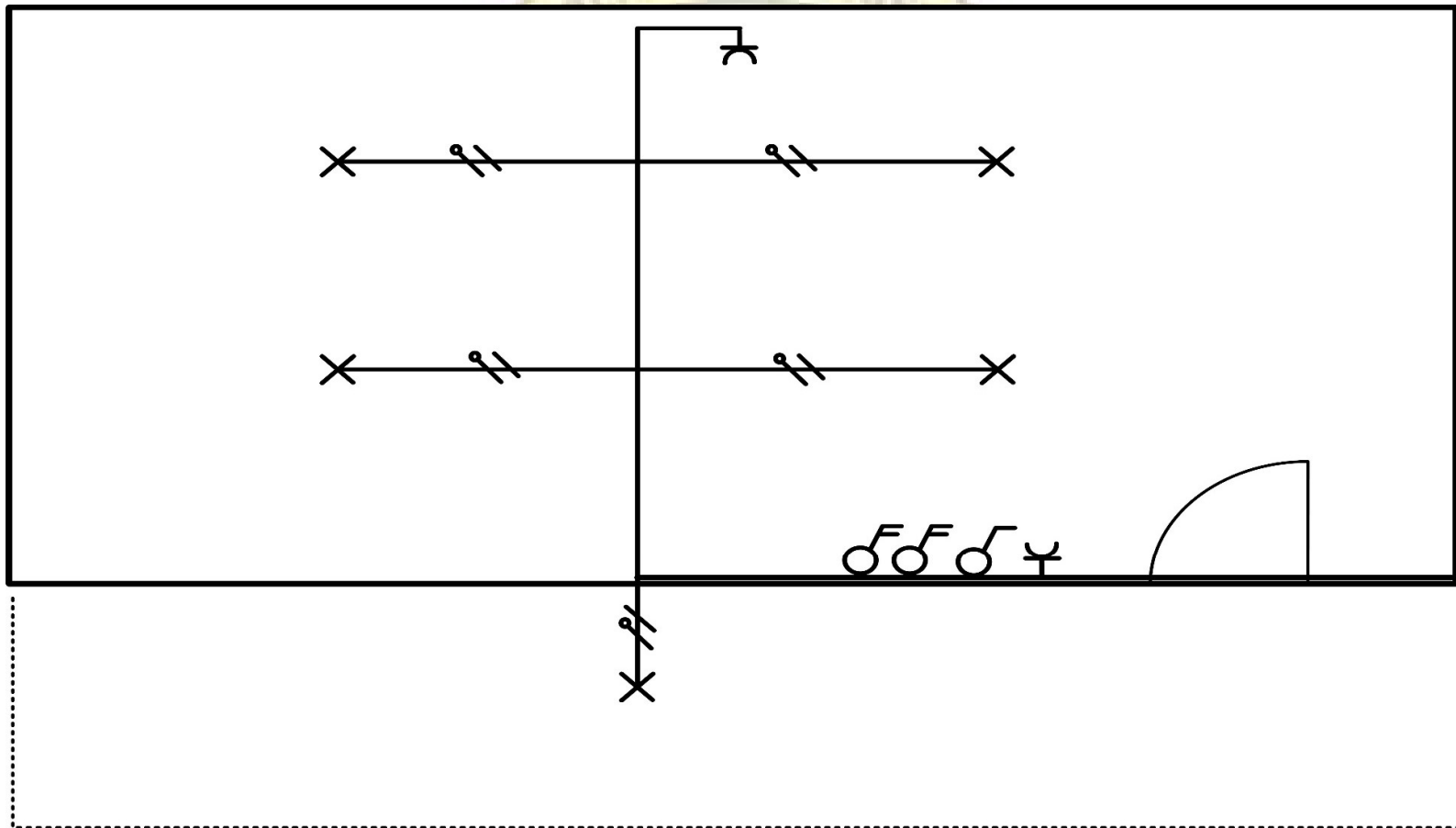
Lampiran 10 *Single Line Diagram* Ruang Kelas A



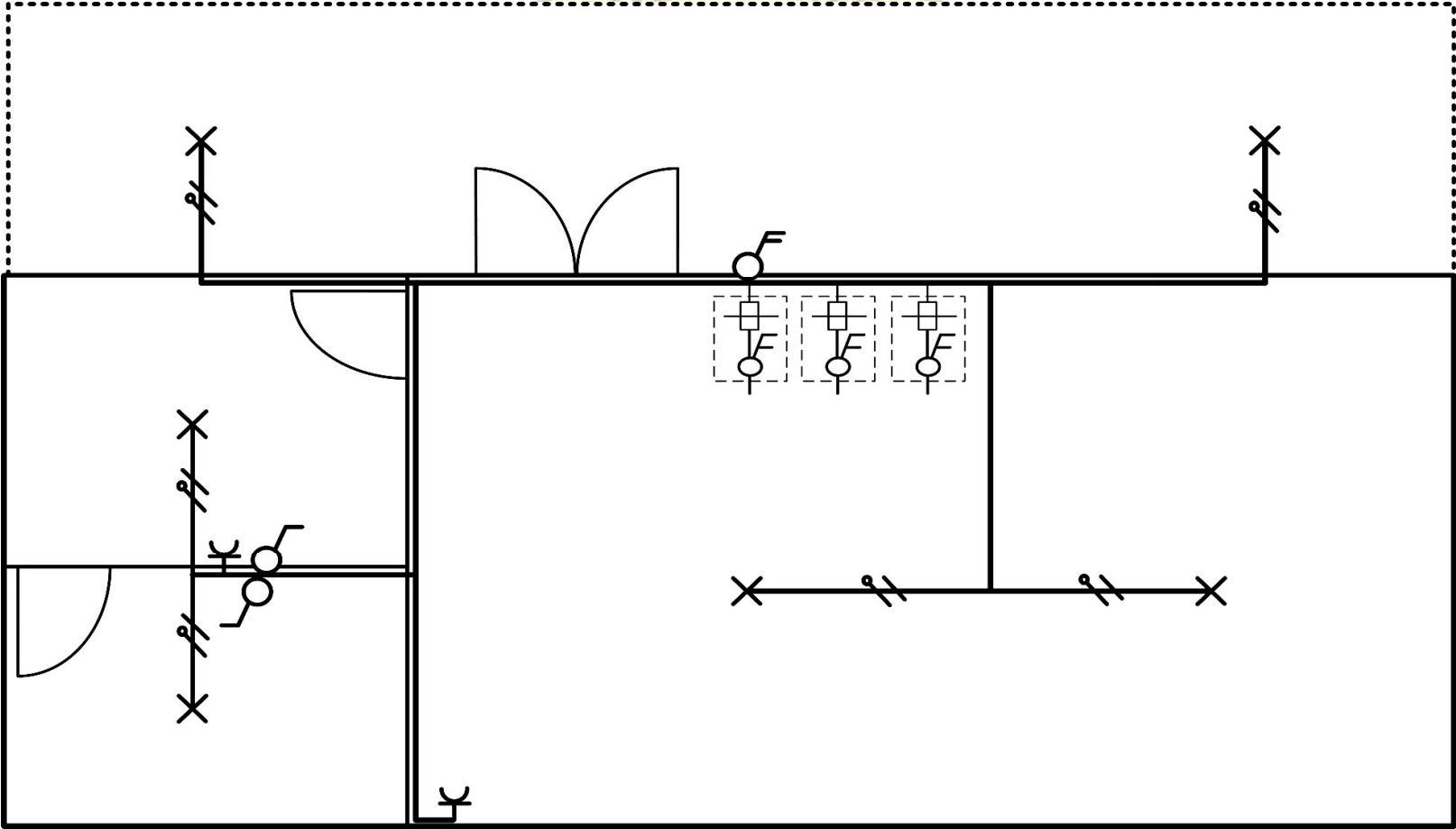
Lampiran 11 *Single Line Diagram* Ruang Kelas B



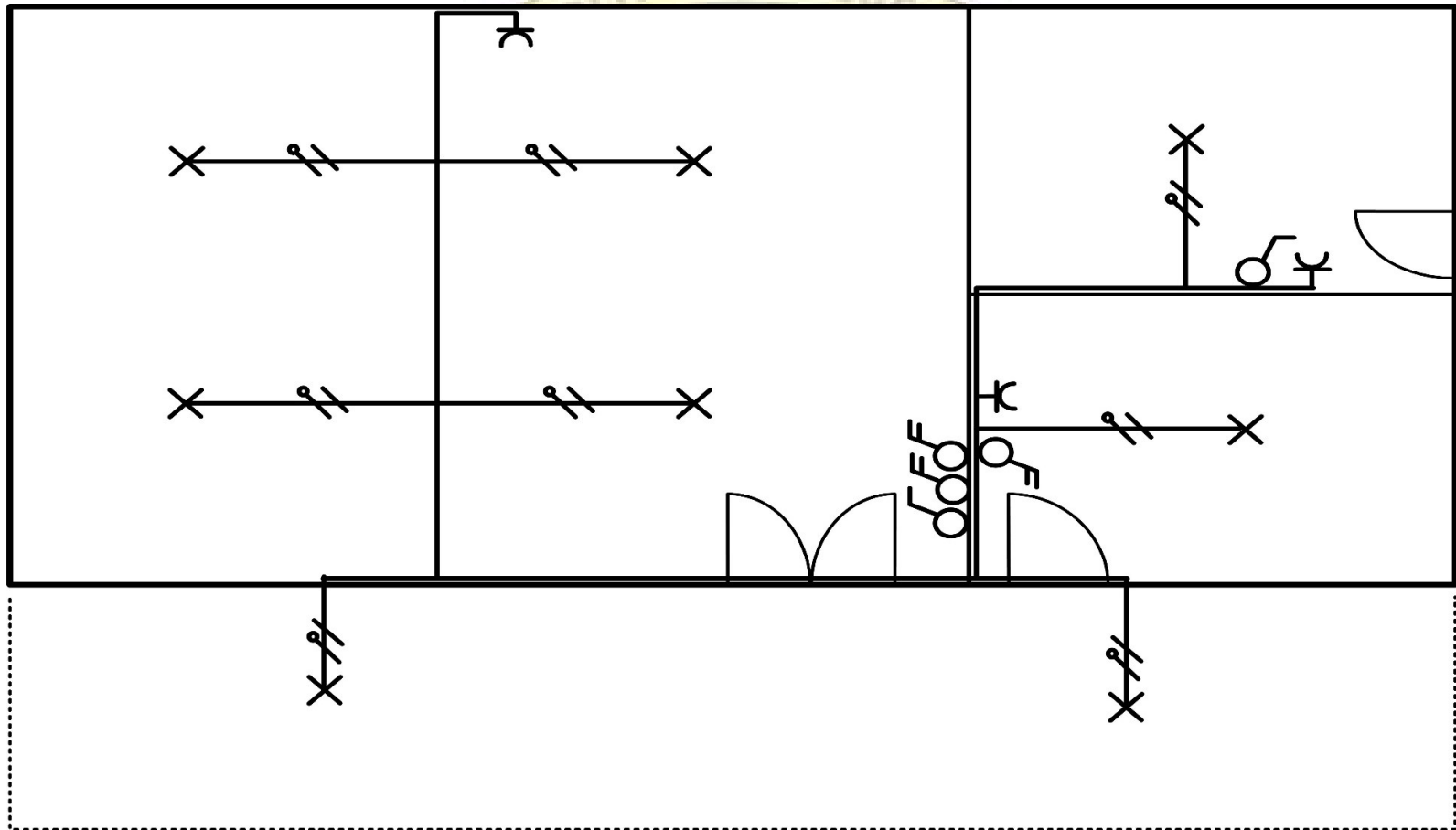
Lampiran 12 *Single Line Diagram* Ruang Kelas C



Lampiran 13 *Single Line Diagram* Ruang Kelas D



Lampiran 14 *Single Line Diagram* Perpustakaan

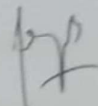
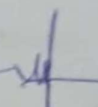
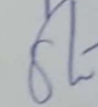


LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : La Ode Muh. Djalil Mustafa A.M./Robi Gunawan/Justang

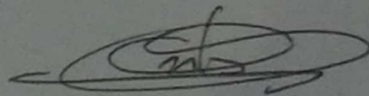
NIM : 34220091/34220095/34220100

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	P. Apollo	- Data pengisian dan pemakaian Berawal ST. - Kesimpulan	
2	P. Rahuman.	o Koneksi Pengisian depot o Simbol-Simbol + Stensil o Perhitungan	 26/09/23
3	Sonung	- Identifikasi bebara dan gambar fugal line diagram	

Makassar, 20 September 2023

Ketua Ujian Sidang.



Sukma Abadi, S.T., M.T.
NIP.197510242003121001