

RANCANG BANGUN MODUL PRAKTIKUM
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA



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

SELFIANA 342 18 026
MELSON MARIN 342 18 049

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021


HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)” oleh Selfiana NIM 34218026 dan Melson Marin NIM 34218049 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3) pada Program studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang .


Makassar, 10 September 2021

Mengesahkan,

Pembimbing I


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

Pembimbing II


Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.
NIP. 19631111 199003 1 002

Mengetahui,

a.n. Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang,
Jurusan Teknik Mesin,





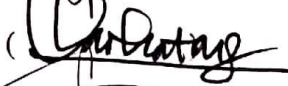
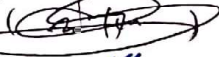


Solihudin, S.ST., M.T., Ph.D.
NIP. 19741106 200212 1 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jumat tanggal 10 September 2021, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa Selfiana NIM 34218026 dan Melson Marin NIM 34218049 dengan judul “Rancang Bangun Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)”.

Makassar, 10 September 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

- | | | |
|---|------------------------------------|---|
| 1. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng. Sc., Ph.D. | Ketua | () |
| 2. Sri Suwasti, S.ST., M.T. | Ketua
Sekretaris | () |
| 3. Marhatang, S.ST., M.T. | Sekretaris
Anggota I | () |
| 4. Sukma Abadi, S.T., M.T. | Anggota II | () |
| 5. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. | Pembimbing I | () |
| 6. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D. | Pembimbing II | () |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul **“Rancang Bangun Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya”** dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas dukungan, bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. Selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Rusdi Nur, S.S.T., M.T., Ph.D. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST.,M.T. Selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. sebagai Pembimbing I dan bapak Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D. sebagai Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Dosen pada Program Studi Teknik Konversi Energi.

7. Seluruh tenaga kependidikan dan instruktur pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Konversi Energi angkatan 2018 yang telah membantu dan memberi dukungannya dan seluruh pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberkati segala usaha dan kerja keras kita semua. Amin.

Makassar, 10 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR SIMBOL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
SURAT PERYATAAN.....	xviii
RINGKASAN.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Ruang Lingkup Penulisan.....	4
1.4 Tujuan Kegiatan.....	5
1.5 Manfaat Kegiatan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	6
2.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	7
2.3 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	9

2.3.1 Panel Surya	9
2.3.2 SCC (Solar Charge Controller).....	15
2.3.3 Inverter	17
2.3.4 Baterai/Accu	18
2.4 Rumus Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	19
2.4.1 Perhitungan Luas Penampang Panel Surya	19
2.4.2 Daya Input	19
2.4.3 Daya Output.....	20
2.4.4 Efisiensi	20
2.4.5 Kapasitas Inverter	20
2.4.6 Asumsi rugi – rugi (Losses).....	20
2.4.7 Sudut kemiringan panel surya	21
2.4.8 Tegangan dan arus panel surya rangkaian seri	21
2.4.9 Tegangan dan arus panel surya rangkaian paralel	21
2.5 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya.....	21
BAB III METODE KEGIATAN.....	23
3.1 Waktu dan Tempat.....	23
3.2 Alat dan Bahan.....	23
3.3 Prosedur Penelitian.....	25
3.4 Tahap Perancangan.....	26
3.4.1 Perancangan Konstruksi	26
3.4.2 Perancangan Kelistrikan Modul Praktikum.....	28
3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan.....	30
3.5.1 Rangka Panel Surya	30
3.5.2 Modul Instrumen Pengamatan.....	31

3.6	Prosedur Pengujian.....	32
BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN.....		35
4.1	Hasil Rancangan Modul Praktikum PLTS.....	35
4.1.1	Rancangan Rangka Panel Surya	35
4.1.2	Rancangan Modul Instrumen Pengamatan.....	38
4.2	Penentuan Sudut Kemiringan Panel Surya.....	45
4.3	Pengujian Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	46
4.4	Analisis Data.....	47
4.4.1	Daya Input	47
4.4.2	Daya Output Panel Surya 1	48
4.4.3	Daya Output Panel Surya 2	48
4.4.4	Daya Panel Surya Paralel	49
4.4.5	Daya Solar Charge Controller	50
4.4.6	Efisiensi.....	50
4.5	Tabel dan Grafik Hasil Analisis Data.....	52
4.5.1	Rangkaian Paralel Tanpa Beban	52
4.5.2	Rangkaian Paralel Berbeban.....	72
4.5.3	Rangkaian Seri Tanpa Beban.....	92
4.5.4	Rangkaian Paralel Pada Penyinaran Normal	97
BAB V PENUTUP		102
5.1	Kesimpulan.....	102
5.2	Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA		104
LAMPIRAN		106

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data sudut perubahan panel sel surya terhadap arus keluaran dari Panel surya.....	22
Tabel 4.1 Hasil Analisis Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	52
Tabel 4.2 Hasil Analisis Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 5° pada untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	57
Tabel 4.3 Hasil Analisis Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	62
Tabel 4.4 Hasil Analisis Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	67
Tabel 4.5 Hasil Analisis Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt untuk Rangkaian Paralel Berbeban.....	72
Tabel 4.6 Hasil Analisis Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt untuk Rangkaian Paralel Berbeban.....	77
Tabel 4.7 Hasil Analisis Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt untuk Rangkaian Paralel Berbeban.....	82
Tabel 4.8 Hasil Analisis Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt untuk Rangkaian Paralel Berbeban.....	87
Tabel 4.9 Hasil Analisis Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban.....	92
Tabel 4.10 Hasil Analisis Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Pada Penyinaran Normal.....	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya.....	7
Gambar 2.2	Panel Surya Jenis Monokristal.....	11
Gambar 2.3	Sel Surya Jenis Polikristal.....	11
Gambar 2.4	Sel Surya Jenis TFSC.....	12
Gambar 2.5	Rangkaian panel surya hubungan seri.....	13
Gambar 2.6	Grafik arus terhadap tegangan sebagai karakteristik Rangkaian seri sel surya	13
Gambar 2.7	Rangkaian paralel sel surya	14
Gambar 2.8	Grafik arus terhadap tegangan sebagai karakteristik rangkaian paralel sel surya	14
Gambar 2.9	Solar Charge Controller	16
Gambar 2.10	Inverter	17
Gambar 2.11	Baterai	18
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> prosedur kerja	25
Gambar 3.2	Rancangan Kontruksi Panel Surya	26
Gambar 3.3	Rancangan modul instrumen pengamatan.....	27
Gambar 3.4	Skema kelistrikan modul praktikum PLTS.....	28
Gambar 3.5	Rangkaian Seri.....	29
Gambar 3.6	Rangkaian Paralel.....	30
Gambar 4.1	Hasil Rancangan Rangka Panel Surya.....	35
Gambar 4.2	Name Plate Panel surya.....	36
Gambar 4.3	Kabel Output Panel Surya.....	37
Gambar 4.4	Inclinometer.....	37

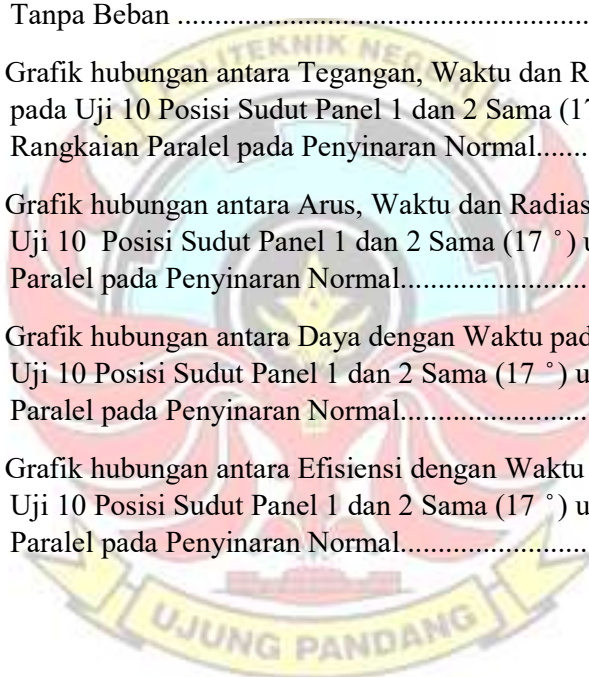
Gambar 4.5	Hasil Rancangan Modul Instrumen Pengamatan.....	38
Gambar 4.6	Terminal Input.....	39
Gambar 4.7	Dual volt/amperemeter DC digital.....	39
Gambar 4.8	Terminal Jumper.....	40
Gambar 4.9	Terminal Input-Output Solar Charge Controller.....	40
Gambar 4.10	Solar Charge Controller (SCC).....	41
Gambar 4.11	Wattmeter DC.....	41
Gambar 4.12	Beban DC.....	42
Gambar 4.13	Terminal Input Baterai.....	42
Gambar 4.14	Inverter.....	43
Gambar 4.15	Wattmeter AC.....	43
Gambar 4.16	Kabel Jumper.....	44
Gambar 4.17	Beban AC.....	44
Gambar 4.18	Baterai.....	45
Gambar 4.19	Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	47
Gambar 4.20	Grafik hubungan Antara Tegangan ,Waktu dan Radiasi matahari pada Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	53
Gambar 4.21	Grafik Hubungan antara Arus,Waktu,dan Radiasi Matahari pada Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	54
Gambar 4.22	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	55
Gambar 4.23	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	56

Gambar 4.24	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu, dan Radiasi Matahari pada Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° pada Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	58
Gambar 4.25	Grafik hubungan antara Arus Waktu, dan Radiasi Matahari pada Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° pada Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	59
Gambar 4.26	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° pada Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	60
Gambar 4.27	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° pada Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	61
Gambar 4.28	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	63
Gambar 4.29	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	64
Gambar 4.30	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	65
Gambar 4.31	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Daya pada Hasil Analisis Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	66
Gambar 4.32	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	68

Gambar 4.33	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	69
Gambar 4.34	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	70
Gambar 4.35	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban.....	71
Gambar 4.36	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt.....	73
Gambar 4.37	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt.....	74
Gambar 4.38	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt.....	75
Gambar 4.39	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt.....	76
Gambar 4.40	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	78
Gambar 4.41	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	79
Gambar 4.42	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	80

Gambar 4.43	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	81
Gambar 4.44	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	83
Gambar 4.45	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	84
Gambar 4.46	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	85
Gambar 4.47	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	86
Gambar 4.48	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	88
Gambar 4.49	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	89
Gambar 4.50	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	90
Gambar 4.51	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban.....	91

Gambar 4.52	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban.....	93
Gambar 4.53	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban.....	94
Gambar 4.54	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban.....	95
Gambar 4.55	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban	96
Gambar 4.56	Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Paralel pada Penyinaran Normal.....	98
Gambar 4.57	Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Paralel pada Penyinaran Normal.....	99
Gambar 4.58	Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Paralel pada Penyinaran Normal.....	100
Gambar 4.59	Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Paralel pada Penyinaran Normal.....	101



DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
AC	Ampere (A)	Alternating Current
DC	Ampere (A)	Direct Current
A	Meter Persegi(m ²)	Luas Penampang
P	Meter (m)	Panjang Sel Surya
L	Meter (m)	Lebar Sel Surya
P	Watt (W)	Daya Listrik
G	W/m ²	Intensitas Radiasai Matahari
V	Volt(V)	Tegangan Listrik
I	Ampere(A)	Kuat Arus Listrik
α	Rad/s ²	Sudut Kemiringan
δ	Derajat (°)	Sudut Deklanasi Matahari
η	Persen (%)	Efisiensi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (tanpa beban) untuk Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) rangkaian paralel.....	107
Lampiran 2	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (tanpa beban) untuk Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 5° rangkaian paralel.....	109
Lampiran 3	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (tanpa beban) untuk Uji 3 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 50° rangkaian paralel.....	111
Lampiran 4	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (tanpa beban) untuk Uji 4 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 90° rangkaian paralel.....	113
Lampiran 5	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (beban dc lampu 7 watt) untuk Uji 5 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) rangkaian paralel.....	115
Lampiran 6	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (beban ac 1 lampu 10 watt) untuk Uji 6 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) rangkaian paralel.....	117
Lampiran 7	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (beban ac 2 lampu 25 watt) untuk Uji 7 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) rangkaian paralel.....	119
Lampiran 8	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (beban ac 3 lampu 40 watt) untuk Uji 8 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) rangkaian paralel.....	121
Lampiran 9	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (tanpa beban) untuk Uji 9 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) rangkaian seri.....	123
Lampiran 10	Data hasil Pengujian modul praktikum plts (tanpa beban) untuk Uji 10 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) rangkaian paralel pada penyinaran normal.....	125
Lampiran 11	Foto Kegiatan.....	127
Lampiran 12	Desain Gambar Modul Praktikum PLTS	130
Lampiran 12	Anggaran Belanja.....	135

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Selfiana

NIM : 34218026

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan in tugas akhir ini, yang berjudul ” **Rancang Bangun Modul Praktikum Pembangkit it Listrik Tenaga Surya (PLTS)**”.merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri ri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun in pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan in dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari ri karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan in dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko co yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 10 SEPTEMBER 2021 1



Selfiana

34218026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Melson Marin

NIM : 34218049

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul ” **Rancang Bangun Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**”. merupakan gagasan, hasil karya saya 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 ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 16 SEPTEMBER 2021

METERAI
TEMPER
B2AJX484864383
Melson Marin
34218049

RANCANG BANGUN MODUL PRAKTIKUM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

RINGKASAN

Pemanfaatan energi panas surya untuk membangkitkan listrik pada saat ini masih terbilang kurang. Selain itu, pengetahuan tentang pemanfaatan energi panas surya menjadi energi listrik juga terbilang masih kurang dan tidak merata pada masyarakat khususnya pada mahasiswa. Hal ini terjadi karena kurangnya edukasi tentang pemanfaatan energi panas surya. Masalah ini dapat diatasi dengan modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya.

Kegiatan perancangan modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya dilakukan untuk melengkapi alat praktikum dan penunjang pembelajaran bagi mahasiswa di Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya mahasiswa teknik konversi energi. Modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang dapat mengukur kinerja panel surya ketika dirangkai seri atau paralel serta dapat mengukur pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap arah datangnya cahaya matahari. Selain itu, modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan pengetahuan mahasiswa tentang pemanfaatan energi panas surya menjadi energi listrik. Sehubungan dengan hal tersebut, maka kegiatan diawali dengan perancangan dan pembuatan alat. Modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya yang dirancang menggunakan panel surya 50 WP, solar charge controller yang digunakan dapat bekerja pada sistem 12/24 VDC dengan arus maksimum 20 Ampere, inverter bekerja pada sistem 12 VDC serta baterai yang digunakan memiliki spesifikasi 12 VDC 100 Ah. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik pengujian alat hasil rancangan, sedangkan analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan-perhitungan dan regresi sederhana.

Berdasarkan hasil penelitian, maka pada uji 1 sudut kemiringan 17° , panel surya 1 menghasilkan tegangan rata-rata 18,41 Volt dan arus rata-rata 2,21 A, panel surya 2 menghasilkan tegangan rata-rata 18 Volt dan arus rata-rata 1,60 A. Maka tegangan paralel rata-rata 18,36 Volt dan arus paralel rata-rata 4,17 A. Sedangkan pada uji 9 kemiringan 17° , panel surya 1 menghasilkan tegangan rata-rata 21,28 Volt dan arus rata-rata 1,43 A, panel surya 2 menghasilkan tegangan rata-rata 18,74 Volt dan arus rata-rata 1,46 A. Maka tegangan seri rata-rata 42,26 Volt dan arus seri rata-rata 1,39 A. Perbedaan tegangan dan arus panel surya ketika dirangkai paralel atau seri telah sesuai dengan hukum ohm. Berdasarkan hasil kegiatan, modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya hasil rancangan dapat membantu dalam proses pemahaman dan pembelajaran tentang perubahan energi panas surya menjadi energi list

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini. Kebutuhan listrik manusia dari waktu ke waktu semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan dan perkembangan dalam kehidupan manusia disegala bidang, baik itu dalam bidang teknologi, industri, kesehatan, sosial, pendidikan, ekonomi dan bidang-bidang lainnya. Oleh sebab itu, pasokan listrik yang memadai dan tercukupi harus selalu diperhatikan guna keberlanjutan dan berkesinambungnya roda kehidupan umat manusia. Akan tetapi, pasokan energi listrik ini banyak yang berasal dari pembangkit-pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi dan batu bara untuk membangkitkan energi listrik. Seperti yang kita tahu bahwa minyak bumi dan batu bara merupakan sumber daya alam yang sifatnya terbatas dan akan habis pada waktunya bila digunakan secara terus menerus.

Minyak bumi dan batu bara memiliki tingkat efisiensi yang sangat baik dalam membangkitkan energi listrik. Selain memiliki kelebihan, bahan bakar ini juga memiliki kekurangan, yaitu ketersediaannya semakin menipis dan menimbulkan polusi udara yang menyebabkan lapisan ozon semakin menipis serta munculnya efek rumah kaca. Melihat hal tersebut, maka para peneliti kemudian mengembangkan cara untuk menghasilkan energi listrik dari sumber daya alam yang bersifat alternatif. Energi alternatif ini bersifat terus

menerus dan tidak dapat habis karena akan selalu terbaru oleh proses alam secara alamiah. Angin, air dan panas matahari (surya) merupakan contoh energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik.

Energi panas matahari atau energi surya merupakan energi yang dapat kita peroleh secara gratis dan terus menerus. Indonesia memiliki potensi energi surya yang melimpah. Berdasarkan data yang dihimpun oleh BPPT dan BMKG bahwa intensitas radiasi matahari di Indonesia berkisar antara 2.5 hingga 5.7 kWh/m². Beberapa wilayah di Indonesia seperti Lampung, Jawa Tengah, Sulawesi Tengah, Papua, Bali, NTB, dan NTT mempunyai intensitas radiasi diatas 5 kWh/m², sedangkan di Sulawesi Selatan, khususnya di Kota Makassar mempunyai intensitas radiasi matahari sebesar 5,82 kWh/m² dengan temperatur udara 26 °C dan untuk wilayah Indonesia lainnya besarnya rata-rata intensitas radiasi adalah sekitar 4 kWh/m² (Ashabul dkk, 2019). Oleh sebab itu, dikembangkanlah suatu alat yang dapat menerima energi surya dan mengubahnya menjadi energi listrik. Alat tersebut kemudian kita kenal dengan istilah panel surya. Energi surya yang dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik memiliki tingkat efisiensi yang cukup rendah. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu keadaan cuaca yang kurang mendukung yang mengakibatkan intensitas cahaya matahari yang mengenai panel berkurang dan sudut kemiringan panel surya yang kurang tepat untuk menerima paparan cahaya matahari, sehingga intensitas cahaya yang diperoleh kurang maksimal. Oleh sebab itu, diperlukan suatu alat untuk

melakukan penelitian dan percobaan guna memaksimalkan pemanfaatan energi surya. Guna mewujudkan hal tersebut, maka sangat perlu dirancang dan dibuat alat yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan penelitian.

Perancangan dan pembuatan modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya ini tentu saja harus didukung oleh pemahaman secara teori untuk mencegah terjadinya kesalahan-kesalahan yang dapat menyebabkan kerusakan pada alat-alat utama pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya. Pemahaman serta pengetahuan mengenai pembangkit listrik tenaga surya dapat diperoleh melalui proses belajar dikelas, membaca buku, jurnal, artikel, forum diskusi ilmiah serta sumber-sumber lain yang berhubungan dengan pembangkit listrik tenaga surya. Untuk memaksimalkan pengetahuan dan pemahaman mengenai pembangkit listrik tenaga surya, maka pengetahuan secara teori harus diseimbangkan dengan penguasaan secara praktik di lapangan. Akan tetapi, untuk ketersediaan alat praktikum pembangkit listrik tenaga surya masih kurang memadai untuk menunjang kegiatan pembelajaran. Atas dasar inilah penulis akan merancang sebuah modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya sebagai media pembelajaran dan penelitian bagi mahasiswa.

Pembuatan media pembelajaran terhadap energi surya ini diharapkan dapat membantu mahasiswa khususnya di Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) dalam proses pengembangan pola pikir terhadap pemanfaatan energi surya melalui kegiatan praktikum yang akan dilaksanakan. Sehingga

diharapkan mahasiswa memiliki pengetahuan dan wawasan yang luas mengenai energi surya beserta pemanfaatannya, yang kemudian dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan pembangkit listrik tenaga surya dalam skala yang lebih besar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang suatu modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya?
- 2) Bagaimana mengukur kinerja Panel surya pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya jika dirangkai seri atau paralel?
- 3) Bagaimana mengukur pengaruh sudut kemiringan Panel surya terhadap arah datangnya cahaya matahari pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya?

1.3 Ruang Lingkup Penulisan

Agar lebih fokus untuk mencapai tujuan yang diinginkan, maka pada Rancang Bangun Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), ruang lingkup penulisan hanya dibatasi sebagai berikut:

1. Perancangan dan Pembuatan modul praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai media pembelajaran.
2. Analisis kinerja panel surya jika dirangkai seri atau paralel dan pengaruh sudut kemiringan panel surya.

1.4 Tujuan Kegiatan

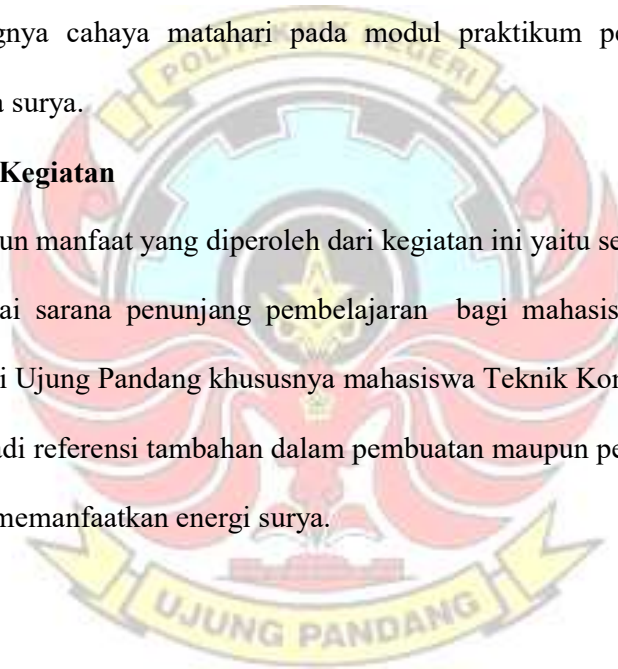
Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka yang menjadi tujuan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

- 1) Dapat merancang suatu modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya.
- 2) Dapat mengukur kinerja Panel surya pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya jika dirangkai seri atau paralel.
- 3) Dapat mengukur pengaruh sudut kemiringan Panel surya terhadap arah datangnya cahaya matahari pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya.

1.5 Manfaat Kegiatan

Adapun manfaat yang diperoleh dari kegiatan ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Sebagai sarana penunjang pembelajaran bagi mahasiswa di Politeknik Negeri Ujung Pandang khususnya mahasiswa Teknik Konversi Energi.
- 2) Menjadi referensi tambahan dalam pembuatan maupun pengembangan alat yang memanfaatkan energi surya.



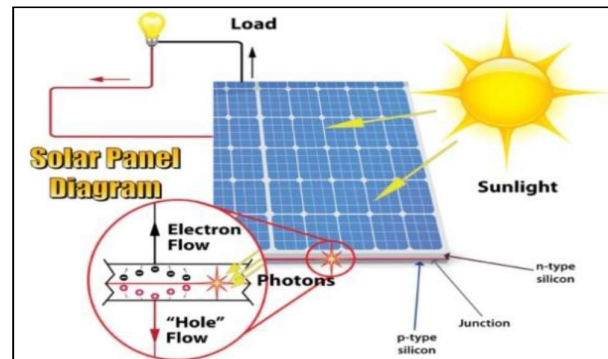
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah pembangkit listrik dengan memanfaatkan sinar matahari dengan menggunakan *Photovoltaic cell* atau solar sell energi tersebut kemudian diubah menjadi energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan berupa arus listrik searah (DC) yang kemudian diubah menjadi arus listrik bolak-balik (AC) sebelum dihubungkan dengan beban. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu pembangkit listrik yang sangat sederhana dan mudah dipasang di rumah, sehingga PLTS merupakan salah satu sarana untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik yang sangat ramah lingkungan karena memanfaatkan sinar matahari yang kemudian diubah menjadi listrik melalui bantuan media panel surya. Panel surya sering juga disebut Solar *Photovoltaic* atau Solar Energy.

Sinar matahari yang terpancar ke permukaan bumi mempunyai sifat sebagai gelombang dan partikel energi (foton) dan radiasi matahari yang merupakan sejumlah foton yang dipancarkan per satuan luas pada waktu tertentu, diubah menjadi panas, energi kimiawi dan energi listrik melalui konversi *fotovoltaik* oleh sel surya (Khaffi,2020).

2.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya



Gambar 2.1 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya
Sumber: Safrizal, 2017

Dari ilustrasi diatas menunjukkan cara kerja panel surya dengan prinsip p-n junction. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan *hole* tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon *didoping* oleh atom *boron*, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon *didoping* oleh atom fosfor.

Peran dari *p-n junction* ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan *hole* bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor

tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n *junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang (Julisman dkk., 2017).

Pada siang hari, saat matahari bersinar, radiasi yang dihasilkan dari cahaya matahari ditangkap oleh panel surya, maka electron – electron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel berbeda – beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan di dalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang dalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Akan tetapi, yang menjadi tujuan utama yaitu untuk menghasilkan listrik yang mampu digunakan sebagai penerangan dan sumber tegangan bagi alat-alat elektronik yang sebagian besar memerlukan arus bolak-balik (AC), maka energi listrik arus DC harus diubah menjadi arus AC dengan bantuan inverter.

Pada saat malam hari kondisi panel surya tidak disinari cahaya matahari, maka keluaran dari panel surya ini harus dihubungkan ke sebuah media penyimpanan (baterai/ACCU). Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke baterai, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian regulator/ BCR/SCC, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi baterai otomatis

(*Automatic Charger*) (Sutarno, 2013). Dengan adanya media penyimpanan tersebut, maka energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat disimpan untuk digunakan pada malam hari ketika matahari tidak bersinar. Saat energi listrik yang tersimpan pada baterai hampir habis, maka secara otomatis akan mengisi kembali pada siang harinya ketika sinar matahari mengenai panel surya. Hal ini akan berlangsung secara berkelanjutan, sehingga pasokan listrik tetap terpenuhi dan dapat digunakan secara terus-menerus.

2.3 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.3.1 Panel Surya

Panel surya adalah komponen utama pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi tenaga listrik. Pada umumnya satu keping sel surya mempunyai ketebalan 3 mm, tersusun atas kutub positif dan negatif yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor. Prinsip kerja suatu sel surya adalah dengan memanfaatkan efek fotovoltaiik yaitu suatu efek yang dapat mengubah secara langsung energi cahaya matahari menjadi suatu energi listrik (Sutarno, 2013)

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). Photo merujuk kepada cahaya dan *voltaic* merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari. Sel Surya dibuat dari material semikonduktor yang mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif yaitu lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Jika cahaya matahari mencapai

sel maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan (Rif'an dkk., 2012).

1) Jenis Panel Surya

Panel surya yang biasa digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya terdiri atas beberapa jenis. Pemilihan dan penggunaan panel surya tergantung pada kebutuhan dan efisiensinya ketika digunakan. Oleh sebab itu, pendeskripsian terhadap jenis-jenis panel surya sangat penting, untuk mengetahui efisiensi sistem yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya.

Panel sel surya memiliki beberapa jenis yang digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

a) Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15-20%. Panel jenis ini menghasilkan daya listrik persatuan luas yang akurat dan merupakan jenis panel surya yang tahan terhadap kondisi alam yang ekstrim. Pada umumnya sel surya ini dibuat menggunakan *crystall* silikon murni yang sudah melalui beberapa proses. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan. Jenis panel ini memiliki harga yang relatif mahal jika

dibandingkan dengan jenis panel polikristal.



Gambar 2.2 Panel Surya Jenis Monokristal
Sumber: suryautamaputra.co.id

b) Polikristal (*Poly-crystalline*)

Jenis panel ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan yang umumnya berbentuk persegi. Jenis Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama karena kemurnian kristal silikon polikristal tidak setinggi monokristal, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Efisiensinya jenis panel ini sekitar 13-16%. Panel surya jenis Polikristal adalah panel surya yang paling sering digunakan karena harganya yang relatif lebih terjangkau dengan tingkat efisiensi yang lumayan baik.



Gambar 2.3 Sel Surya Jenis Polikristal

Sumber: suryautamaputra.co.id

c) TFSC (*Thin Film Solar Cell*)

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambah satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis kedalam lapisan dasar dengan struktur lapisan tipis *mikrokristal*-silikon dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8,5%. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel.



Gambar 2.4 Sel Surya Jenis TFSC
Sumber: suryautamaputra.co.id

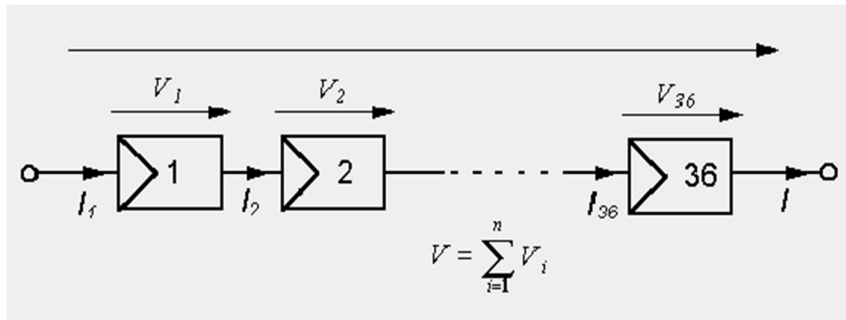
2) Sistem Instalasi Panel Surya

Sistem Instalasi untuk mendapatkan arus, tegangan, dan daya yang besar sesuai dengan yang dibutuhkan, maka beberapa sel surya harus dikombinasikan pemasangannya, untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang tinggi. Pemasangan sistem instalasi panel surya diantaranya dengan memasang secara seri maupun secara paralel. Penentuan jenis rangkaian sel surya disesuaikan dengan nilai tegangan dan arus keluaran yang diinginkan.

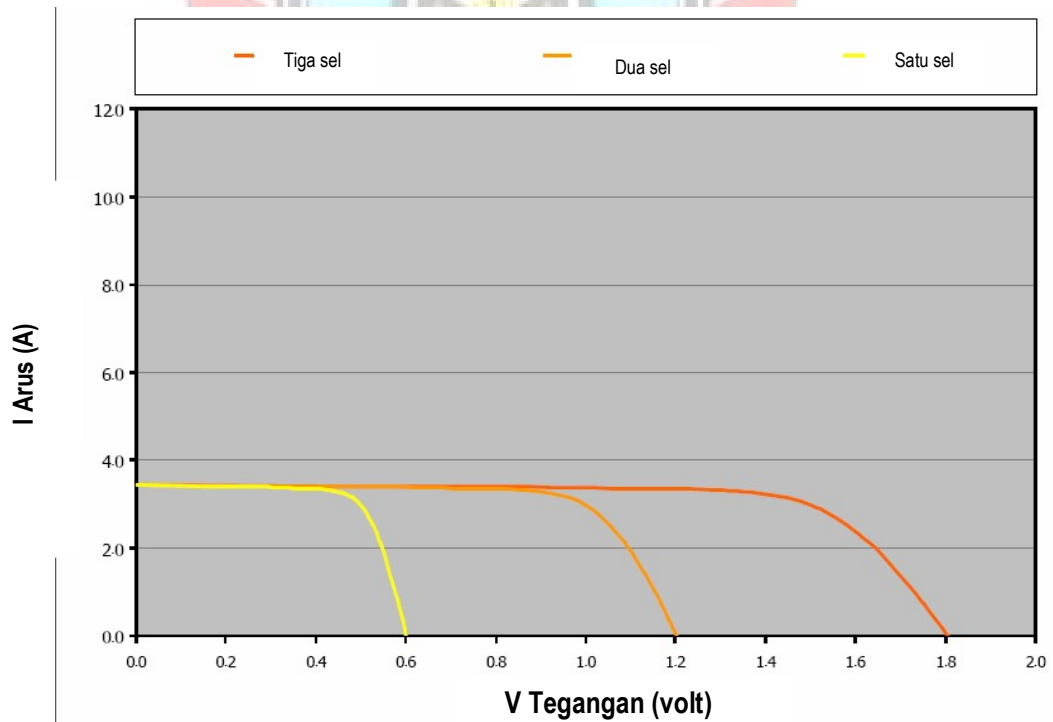
a) Rangkaian Seri Panel Surya

Rangkaian seri sel surya menghasilkan arus yang sama di seluruh rangkaian dan tegangan total yang dihasilkan sama dengan jumlah tegangan

yang dihasilkan oleh sebuah sel surya. Kekurangan dari rangkaian seri ialah, jika salah satu sel surya ada yang mengalami kerusakan ,maka sebagian ataupun sepenuhnya berbayang dari sinar matahari maka efeknya akan berakibat pada hilangnya beberapa output daya dan juga ada resiko jika sel berbayang dari sinar matahari dapat menyebabkan *overheat*.



Gambar 2.5 Rangkaian seri sel surya

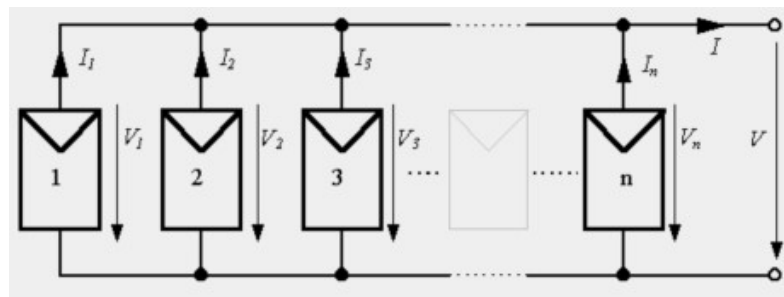


Gambar 2.6 Grafik arus terhadap tegangan sebagai karakteristik rangkaian

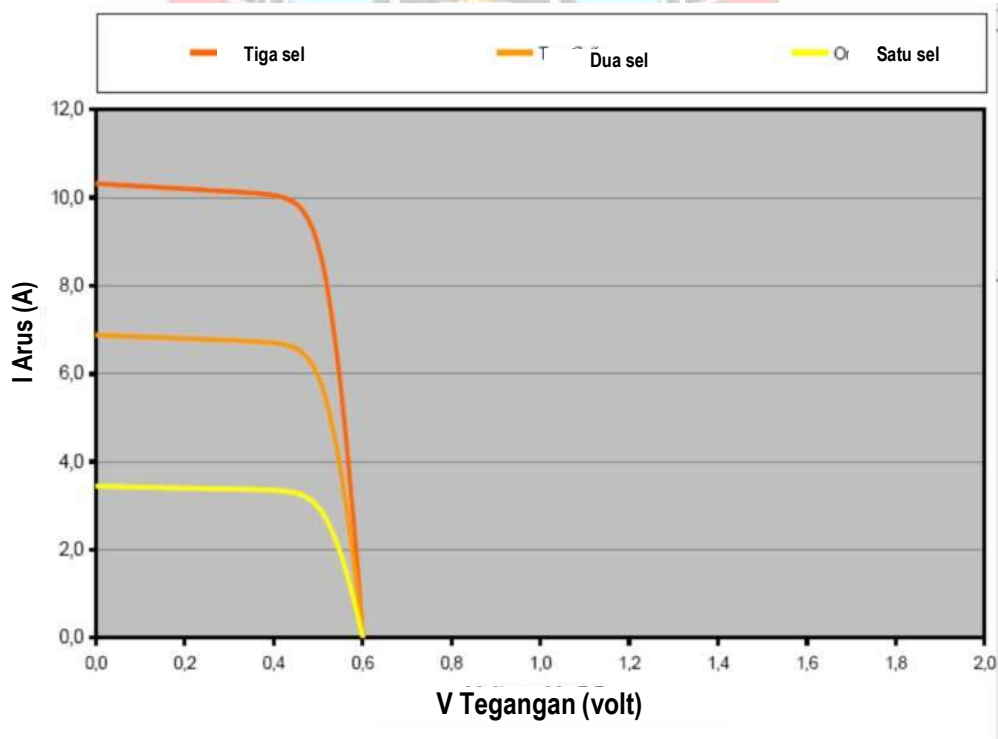
seri sel surya (Franz Kininger, 2003)

b) Rangkaian Paralel Panel Surya

Hubungan paralel dari rangkaian panel surya ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.7 Rangkaian paralel sel surya



Gambar 2.8 Grafik arus terhadap tegangan sebagaikarakteristik rangkaian paralel sel surya (Franz Kininger, 2003)

Rangkaian paralel sel surya menghasilkan tegangan total rangkaian sel surya yang sama dengan tegangan yang dihasilkan oleh sebuah sel surya dalam rangkaian paralel. Rangkaian jenis ini jarang ditetapkan karena menghasilkan arus total yang tinggi dan tegangan total kecil.

2.3.2 SCC (Solar Charge Controller)

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai.

Solar charge controller menerapkan teknologi *pulse width modulation (PWM)* untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt.

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging* dan *overvoltage*.
- Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak full *discharge* dan *overloading*.

- Monitoring temperatur baterai

Seperti yang telah disebutkan di atas solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. Solar charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, apabila level tegangan *drop*, maka baterai akan diisi kembali. Solar Charge Controller biasanya terdiri dari 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada *diode protection* yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / solar cell ke baterai, bukan sebaliknya. Solar charge controller dilengkapi dengan sensor temperatur baterai, tegangan pengisian disesuaikan dengan temperatur dari baterai, dengan sensor ini didapatkan optimum dari pengisian dan juga optimum dari usia baterai.



Gambar 2.9 Solar Charge Controller
Sumber: Amazon.Com

2.3.3 Inverter

Inverter ialah peralatan listrik yang dapat mengubah arus DC menjadi arus AC yang dapat dimanfaatkan sesuai spesifikasi peralatan elektrik rumah tangga (120 atau 240 Vac, 50 atau 60 Hz). Peralatan ini termasuk peralatan yang rumit terutama untuk pemakaian daya yang besar karena terdiri dari rangkaian-rangkaian *thyristor*. Inverter banyak terdapat di pasaran dengan ukuran bervariasi mulai dari 250 Watt hingga 8000 Watt. Inverter pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berfungsi mengubah arus searah (direct current – DC) yang dibangkitkan oleh sistem modul *fotovoltaik* dan baterai dikonversi ke-arus bolak balik (alternating current – AC) sehingga sistem PLTS dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebagaimana disediakan oleh pembangkit konvensional pada umumnya.



Gambar 2.10 Inverter
Sumber: Amazon. Com

2.3.4 Baterai/Accu



Gambar 2.11 Baterai
Sumber : tokopedia.com

Baterai merupakan alat menyimpan energi listrik melalui proses elektrokimia. Proses elektrokimia adalah di dalam baterai terjadi perubahan kimia menjadi listrik (proses pengosongan) dan listrik menjadi kimia dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda pada baterai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan pada sel.

Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum dimanfaatkan untuk menyuplai beban, selama waktu adanya matahari, panel surya akan menghasilkan daya listrik. Kapasitas baterai ditentukan dengan satuan Amper-jam (Ampere-hours atau disingkat dengan satuan Ah). Baterai yang sesuai pada penggunaan PV adalah jenis baterai *deep cycle lead acid* yang memiliki kapasitas 100 Ah, 12 V dan 24 Vdc dengan efisiensi 80%.

Depth of Discharge (DoD) adalah penentuan batas kedalaman pengeluaran daya (*discharge*) yang terdapat pada aki tersebut. Kedalaman pengeluaran DoD 100%, pabrik baterai selalu memberi rating DoD baterai 80%, yang berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia yang dikeluarkan dan 20% tetap di cadangan (Safrizal, 2017).

Adapun yang perlu diperhatikan dalam pemilihan baterai adalah sebagai berikut:

1. Tegangan dan arus yang disyaratkan
2. Jadwal waktu pengoperasian
3. Suhu pada saat pengoperasian
4. Kapasitas (Ampere jam = Ah)
5. Ukuran, bobot dan umur baterai

2.4 Rumus Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.4.1 Perhitungan Luas Penampang Panel Surya

Perhitungan luas penampang sell surya dilakukan dengan rumus panjang panel dikalikan dengan lebar panel, seperti pada persamaan rumus berikut ini.

$$A = P \times L \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

P = Panjang sell surya

L = Lebar sell surya

2.4.2 Daya Input

$$P_{in} = G \times A \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana

P_{in} = Daya input sel *fotovoltaik* (watt)

G = Intensitas radiasi matahari (watt/m²)

A = Luasan sel *fotovoltaik* (m²)

2.4.3 Daya Output

$$P_{out} = V \times I \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana P_{out} = Daya output sel *fotovoltaik* (watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.4.4 Efisiensi

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

2.4.5 Kapasitas Inverter

$$C_{inverter} = W_{total} + (25\% \times W_{total})$$

$\dots \dots \dots (2.5)$

Dimana

W_{total} = daya total sistem saat beroperasi

25% = daya cadangan untuk memenuhi kebutuhan *starting* alat listrik

2.4.6 Asumsi rugi – rugi (Losses)

Asumsi rugi – rugi pada sistem dianggap 15 % karena sistem yang dipakai masih baru (Abdul Hafid dkk, 2017).

$$ET = EA + \text{Rugi} - \text{rugi sistem}$$

$\dots \dots \dots (2.6)$

$$ET = EA + (15\% \times EA)$$

$\dots \dots \dots (2.7)$

Keterangan :

ET = Total pemakaian energi

EA = beban sistem

2.4.7 Sudut kemiringan panel surya

$$\alpha = \delta - \text{lat} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

δ adalah sudut dari *deklinasi* matahari ($23,45^\circ$)

lat adalah titik koordinat lokasi penelitian

2.4.8 Tegangan dan arus panel surya rangkaian seri

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \dots \dots \dots (2.9)$$

$$I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_n \dots \dots \dots (2.10)$$

2.4.9 Tegangan dan arus panel surya rangkaian paralel

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3 = V_n \dots \dots \dots (2.11)$$

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

2.5 Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya

Suatu modul surya umumnya dipasang dengan sudut kemiringan tertentu terhadap bidang datar. Data radiasi matahari yang terukur adalah besarnya radiasi matahari yang sampai pada permukaan datar bumi. Untuk itu diperlukan

adanya koreksi untuk kemiringan tertentu hingga diperoleh radiasi optimal untuk perencanaan sistem sel fotovoltaik. Prosedur sederhana untuk menentukan besarnya radiasi pada kemiringan tertentu adalah dengan mengalikan nilai rata-rata radiasi matahari tiap bulannya dengan faktor kemiringan dan dengan percobaan pengukuran derajat kemiringan. (Wibawa, 2008).

Berdasarkan hasil pengambilan data selama 8 jam, dengan variasi sudut panel sel surya dari dari 0° hingga sudut 65° yang dilakukan tiap satu jam didapatkan nilai arus keluaran yang bervariasi dapat dilihat pada tabel 2.1.

DATA ARUS (Ampere)														
Pukul	SUDUT (°)													
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
8:00	0.53	0.53	0.56	0.59	0.71	0.69	0.73	0.70	0.62	0.54	0.50	0.53	0.50	0.50
9:00	1.43	1.45	1.49	1.63	1.65	1.59	1.50	1.29	1.29	1.21	1.11	1.07	1.01	0.97
10:00	1.83	1.84	1.92	1.94	1.91	1.98	1.95	1.95	1.93	1.89	1.83	1.69	1.65	1.79
11:00	1.38	1.38	1.34	1.26	1.31	1.27	1.23	1.31	1.32	1.45	1.33	1.57	1.58	1.54
12:00	1.95	2.00	2.03	2.07	2.07	2.07	2.03	2.05	2.04	1.97	1.93	1.76	1.63	1.55
13:00	1.40	1.62	1.57	1.88	1.08	2.02	2.07	2.05	2.04	2.00	1.91	1.89	1.10	1.60
14:00	1.60	1.71	1.73	1.63	1.57	1.52	1.60	1.70	1.75	1.68	1.66	1.64	1.57	1.63
15:00	0.85	0.83	0.86	0.85	0.86	0.84	0.57	0.83	0.81	0.73	0.57	0.76	0.72	0.66
16:00	0.63	0.66	0.67	0.68	0.71	0.72	0.71	0.72	0.71	0.70	0.68	0.66	0.63	0.60

Tabel 2.1 Data sudut perubahan panel sel surya terhadap arus keluaran dari Panel surya (Samsurizal,dkk.2018).

Dari Tabel 2.1 dap at terlihat nila rata-rata arus keluaran panel sel surya selama 8 jam, nilai rata- rata dari sudut 0° sebesar 1.29 A, sudut 5° sebesar 1.34 A, sudut 10° sebesar 1.35 A, sudut 15° sebesar 1.39 A, sudut 20° sebesar 1.32 A, sudut 25° sebesar 1.41 A, sudut 30° sebesar 1.38 A, sudut 35° sebesar 1.40 A,

sudut 40° sebesar 1.39 A, sudut 45° sebesar 1.35 A, sudut 50° sebesar 1.28 A, sudut 55° sebesar 1.29 A, sudut 60° sebesar 1.15 A, sudut 65° sebesar 1.20 A.

BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Waktu dan Tempat

Waktu penelitian ini berlangsung selama 6 bulan yang dimulai pada bulan Maret sampai dengan bulan Agustus 2021. Perancangan, pembuatan dan perakitan modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya yang akan digunakan berlangsung pada bulan Maret sampai bulan Juni 2021. Pembuatan alat yang telah dirancang dan pengambilan data dilakukan dua bulan terakhir yaitu bulan Juli dan Agustus. Pengambilan data akan dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1) Gerinda | 7) Panel Surya 50 Wp |
| 2) Bor Listrik | 8) Inverter 500 Watt |
| 3) Mesin Las | 9) Solar Charge Controller |
| 4) Mistar Siku | 10) Dual Volt/Ampere meter |
| 5) Meteran | Digital DC |
| 6) Tang | 11) Wattmeter DC |

- 12) Wattmeter AC
- 13) Bateraimeter
- 14) Piranometer
- 15) Inclinometer Digital
- 16) Multimeter Digital AC
- 17) Tang Ampere
- 18) Kikir
- 19) Palu
- 20) Obeng
- 21) Kunci Pas
- 22) Amplas
- 23) Tang Rivet



2. Bahan

- 1) Baterai VRLA 12Vdc/100 Ah
- 2) Baterai Calcium (Merek GS)
12 Vdc/45 Ah
- 3) Kabel
- 4) Lem
- 5) Terminal deret
- 6) Bearing
- 7) Tripleks Melamin
- 8) Tripleks 9 mm
- 9) Besi Hollow
- 10) Besi Siku
- 11) Pipa besi
- 12) Les Siku Aluminium
- 13) Saklar
- 14) Kotak Kontak
- 15) Lampu
- 16) Sekrup dan Baut
- 17) Socket
- 18) Konektor
- 19) Cat Pewarna
- 20) Roda
- 21) Dempul



3.3 Prosedur Penelitian



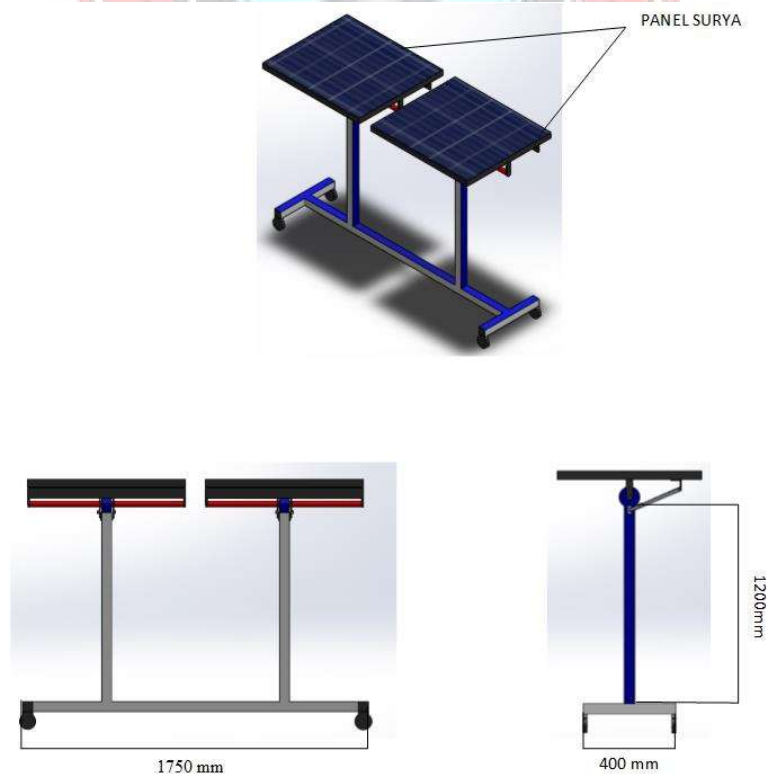
Gambar 3.1 *Flowchart* prosedur kerja

3.4 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan langkah awal sebelum modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya dibuat. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar modul praktikum ini dapat beroperasi dengan optimal. Tahap perancangan dibagi atas dua yaitu perancangan konstruksi dan perancangan kelistrikan.

3.4.1 Perancangan Konstruksi

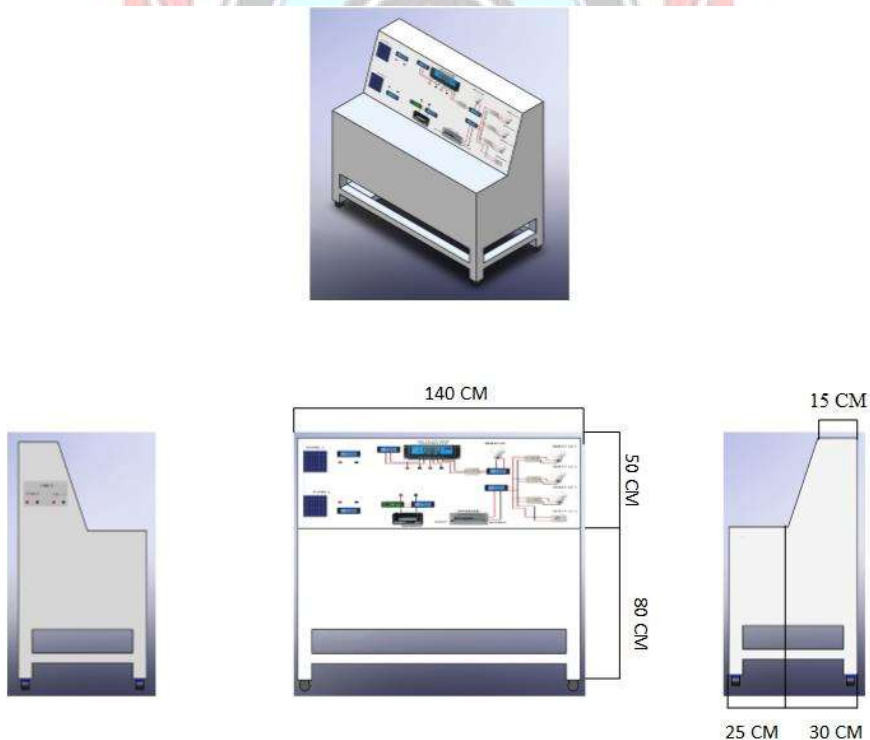
1) Kontruksi Rangka Panel Surya



Gambar 3.2 Rancangan Kontruksi Panel Surya

Pada proses perancangan konstruksi rangka panel surya diperlukan ketelitian agar panel surya dapat berputar 90° dengan baik dan memiliki keseimbangan pada setiap sisinya, sehingga ketika panel diputar akan memiliki sudut kemiringan yang sama besar. Disamping memperhatikan unsur ketelitian pada konstruksi rangka panel surya, unsur estetika dan keamanan juga sangat perlu diperhatikan. Hal ini dianggap perlu sehingga konstruksi rangka panel surya yang dirancang dapat digunakan dengan baik sebagaimana mestinya tanpa mengabaikan unsur estetika, kenyamanan dan keamanan praktikan dan panel surya tersebut.

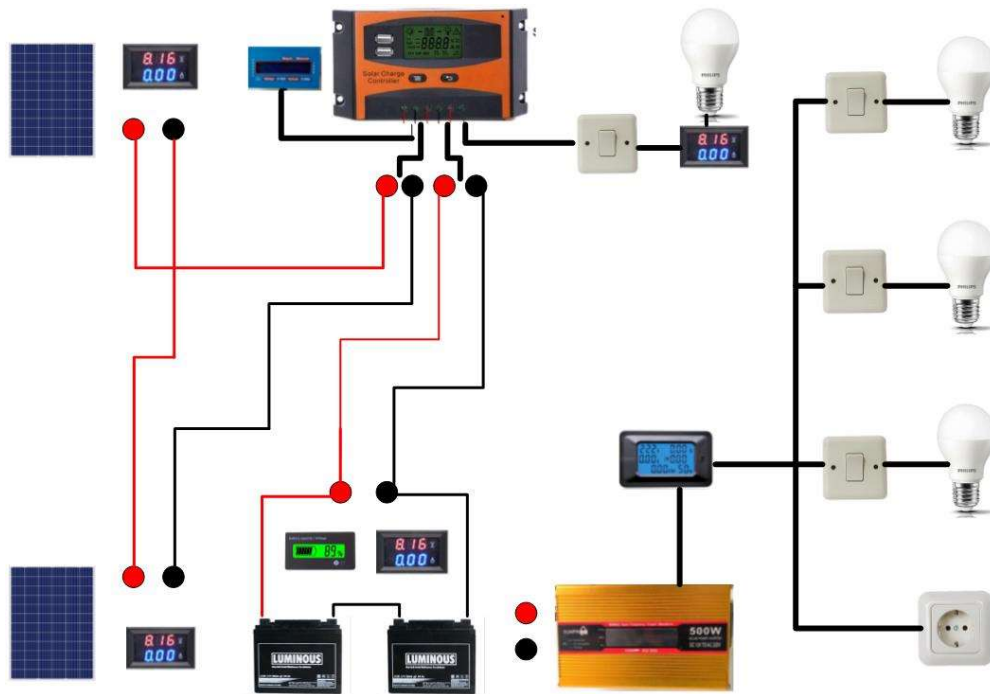
2) Konstruksi Modul Instrumen Pengamatan



Gambar 3.3 Rancangan modul instrumen pengamatan

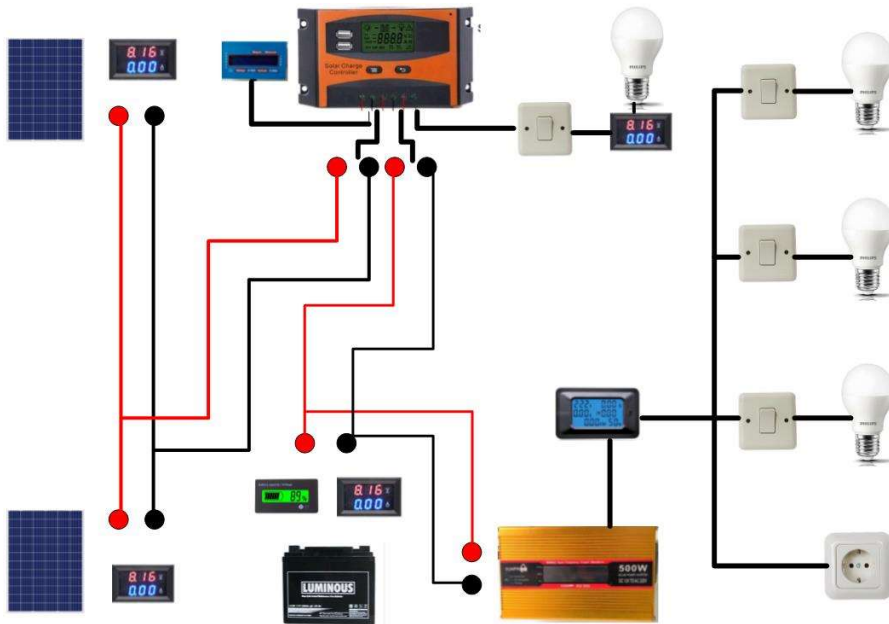
sistem kelistrikannya. Perancangan kelistrikan ini juga berguna untuk memperlihatkan skema kelistrikan dan juga sebagai panduan bagi praktikan ketika menggunakan modul praktikum PLTS ini agar dapat mengetahui dengan mudah bagaimana ketika panel surya dihubung secara seri maupun paralel.

1). Rangkaian Seri



Gambar 3.5 Rangkaian Seri

2). Rangkaian Paralel



Gambar 3.6 Rangkaian Paralel

3.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan

3.5.1 Rangka Panel Surya

- 1). Menyiapkan bahan dan alat yang diperlukan
- 2). Memotong besi hollow dan besi siku sesuai dengan ukuran dimensi rangka panel surya yang akan dibuat.
- 3). Menyusun potongan besi siku secara memanjang sebagai dudukan panel surya, kemudian melakukan penyambungan dengan cara mengelas setiap sudut pertemuan besi siku.
- 4). Menyusun dan menyambungkan potongan besi hollow sebagai kaki-kaki panel surya, sesuai dengan gambar konstruksi panel surya yang akan

dibuat. Penyambungan dilakukan dengan cara pengelasan.

- 5). Menyusun dudukan panel surya dengan kaki-kaki panel surya dengan menggunakan baut dan mur sesuai dengan gambar rancangan konstruksi panel surya.
- 6). Memasang komponen pengatur posisi kemiringan dudukan panel dengan menggunakan baut dan mur.
- 6). Melakukan *finishing* terhadap rangka panel surya berupa penghalusan untuk membersihkan permukaannya sebelum dilakukan pengecatan.
- 7). Meletakkan panel surya pada dudukannya, kemudian menambahkan komponen lain berupa roda pada kaki-kaki rangka panel surya.

3.5.2 Modul Instrumen Pengamatan

- 1). Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- 2). Memotong besi hollow pada posisi yang telah ditandai sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.
- 3). Menyusun dan menyambungkan besi siku sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dengan cara pengelasan, kemudian menghaluskan permukaannya lalu lakukan pengecatan.
- 4). Menandai tripleks melamin sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, sebelum dilakukan pemotongan.
- 5). Memotong tripleks melamin pada posisi yang telah ditandai.
- 6). Menyusun tripleks melamin pada rangka yang telah dibuat. Tripleks melamin ini sebagai *body* pada modul instrumen pengamatan dan tempat melekatnya alat ukur, solar charge controler, socet dan komponen-

komponen lain.

- 7). Memasang komponen-komponen pada modul yang terdiri dari socet, solar charge controler, inverter, baterai, saklar, voltmeter dan amperemeter digital, kotak kontak, dan lampu.
- 8). Setelah seluruh komponen terpasang pada posisinya, kemudian dirangkai sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

3.6 Prosedur Pengujian

Proses pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah modul praktikum PLTS berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Langkah-langkah pengujian modul praktikum PLTS adalah sebagai berikut:

A. Rangkaian Paralel Tanpa Beban

- 1) Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
- 2) Mengecek kondisi peralatan yang akan digunakan.
- 3) Merangkai rangkaian pada modul instrumen pengamatan secara paralel sesuai dengan gambar rangkaian yang telah disiapkan.
- 4) Menghubungkan baterai dengan modul instrumen pengamatan.
- 5) Meletakkan panel surya dibawah sinar matahari langsung.
- 6) Mengatur sudut kemiringan panel surya sesuai dengan jenis pengujian variasi sudut kemiringan panel surya yang akan dilakukan menggunakan inclinometer.
- 7) Menghubungkan kabel output panel surya dengan input modul instrumen pengamatan.
- 8) Mengukur intensitas radiasi matahari menggunakan piranometer kemudian

mencatatnya di tabel data pengamatan yang telah disiapkan.

- 9) Mencatat data yang ditunjukkan oleh alat ukur ditabel data pengamatan (Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit).
- 10) Pengujian selesai.

B. Rangkaian Paralel Berbeban

- 1) Pengujian rangkaian paralel berbeban dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian rangkaian paralel tanpa beban dari No.1 sampai dengan No.7.
- 2) Memasang beban lampu pada fitting di modul instrumen pengamatan sesuai dengan jenis bebannya.
- 3) Menyalakan saklar untuk beban lampu.
- 4) Mengikuti langkah No.8 dan No.9 pada pengujian rangkaian paralel berbeban.
- 5) Pengujian selesai.

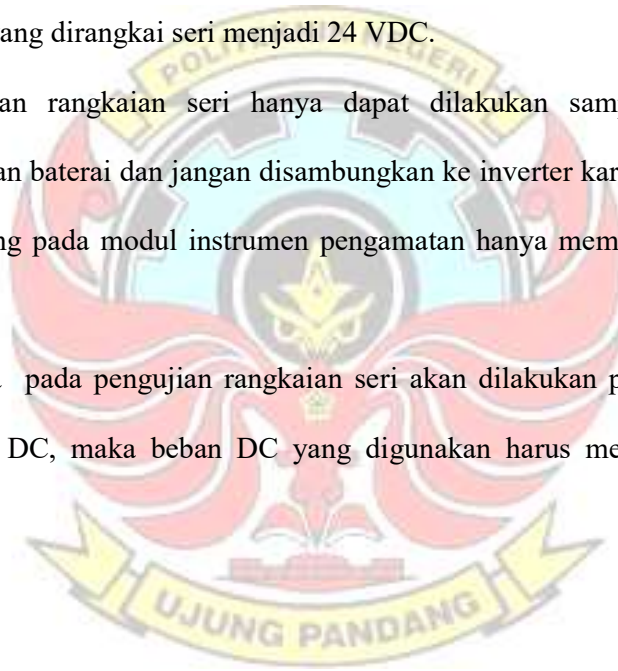
C. Rangkaian Seri Tanpa Beban

- 1) Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
- 2) Mengecek kondisi peralatan yang akan digunakan.
- 3) Merangkai rangkaian pada modul instrumen pengamatan secara seri sesuai dengan gambar rangkaian yang telah disiapkan.
- 4) Merangkai secara seri baterai yang digunakan.
- 5) Mengikuti langkah No.4 sampai No.9 pada pengujian rangkaian paralel tanpa beban.
- 6) Pengujian Selesai.

Setelah semua pengujian telah dilaksanakan kemudian praktikan melepaskan semua rangkaian dimulai dari melepaskan kabel output panel surya yang tersambung ke modul instrumen pengamatan, melepaskan baterai, dan melepaskan rangkaian pada modul instrumen pengamatan.

CATATAN

- ❖ Untuk pengujian rangkaian seri harus menggunakan dua buah baterai 12 VDC yang dirangkai seri menjadi 24 VDC.
- ❖ Pengujian rangkaian seri hanya dapat dilakukan sampai pada sistem pengisian baterai dan jangan disambungkan ke inverter karena inverter yang terpasang pada modul instrumen pengamatan hanya mempunyai sistem 12 VDC.
- ❖ Apabila pada pengujian rangkaian seri akan dilakukan pembebanan jenis beban DC, maka beban DC yang digunakan harus memiliki sistem 24 VDC.



BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Rancangan Modul Praktikum PLTS

4.1.1 Rancangan Rangka Panel Surya

Rangka panel surya hasil rancangan ini merupakan tempat dudukan panel surya yang diletakkan dibawah sinar matahari yang mendapat penyinaran terik matahari secara langsung tanpa terhalangi oleh benda, seperti pohon, bangunan, dan benda-benda lain yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya. Tiang penyangga panel surya terbuat dari besi hollow galvanis 5×5 cm dan rangka dudukan panel terbuat dari besi siku 3×3 cm. Daya yang dihasilkan pada panel surya yang melekat pada rangka dihubungkan dengan modul instrumen pengamatan menggunakan kabel yang telah terpasang.

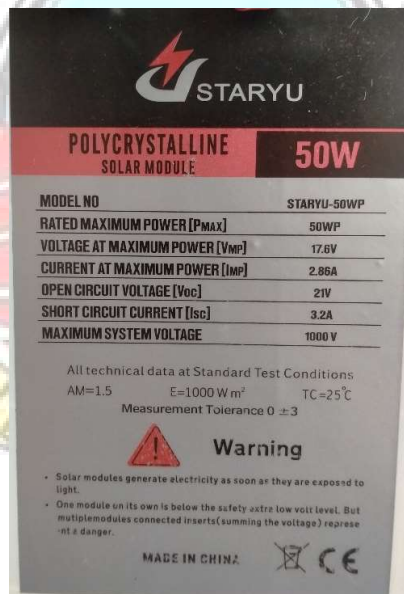


Gambar 4.1 Hasil Rancangan Rangka Panel Surya

Pada hasil rancangan rangka panel surya, terdapat beberapa komponen utama yaitu:

1). Panel surya

Panel surya yang digunakan pada rangka ini sebanyak 2 buah, dengan masing-masing kapasitas sebesar 50 WP, dengan panjang 77 cm dan lebar 54 cm. Penggunaan 2 buah panel surya dimaksudkan untuk memungkinkan panel surya dapat dihubungkan secara seri maupun paralel. Untuk spesifikasi panel surya yang digunakan dapat dilihat pada gambar.



Gambar 4.2 Name Plate Panel surya

2). Kabel Output Panel Surya

Kabel output atau kabel keluaran merupakan penghantar yang menghubungkan antara terminal keluaran panel surya dengan beban. Oleh karena alat yang dibuat terpisah antara panel surya dengan modul instrumen

pengamatan, maka pada modul praktikum PLTS ini menggunakan masing-masing kabel sepanjang 10 meter tiap terminalnya untuk menghubungkan antara output rangka panel surya dengan input modul instrumen pengamatan. Pada modul praktikum PLTS ini menggunakan kabel serabut 2,5 mm.



Gambar 4.3 Kabel Output Panel Surya

3). Inclinator

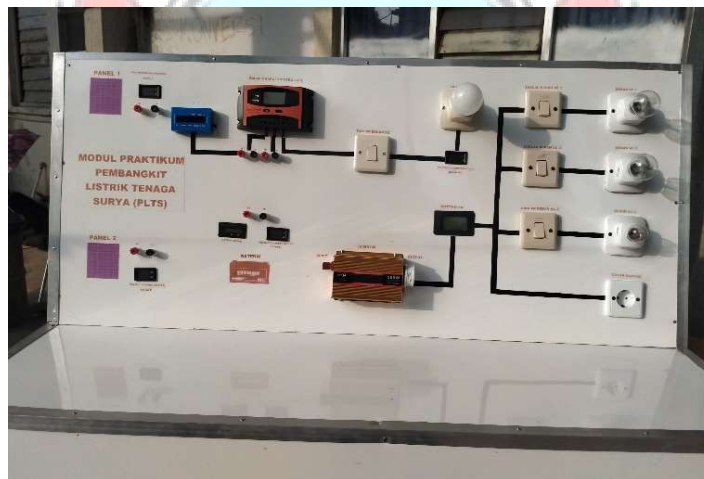
Inclinometer merupakan alat untuk mengukur sudut kemiringan suatu benda. Berdasarkan fungsi alat tersebut, maka alat ini digunakan untuk mengukur posisi sudut kemiringan panel surya apabila dilakukan pengujian dan pengambilan data pada variasi sudut kemiringan panel surya.



Gambar 4.4 Inclinator

4.1.2 Rancangan Modul Instrumen Pengamatan

Pada modul instrumen pengamatan merupakan tempat melekatnya alat-alat penunjang proses pengambilan data. Alat-alat tersebut terdiri dari beberapa jenis alat ukur, beban DC, beban AC, solar charge controller, dan beberapa alat yang lain. Alat ini dirancang sedemikian rupa dengan tujuan untuk mempermudah praktikan dalam memahami setiap komponen yang dibutuhkan dalam proses pembangkitan listrik yang bersumber dari tenaga surya. Untuk rangka modul instrumen pengamatan menggunakan besi hollow galvanis ukuran 4×4 cm dan permukaannya menggunakan tripleks melamin.



Gambar 4.5 Hasil Rancangan Modul Instrumen Pengamatan

Pada Modul instrumen pengamatan, ada beberapa komponen yang digunakan.

Komponen-komponen tersebut meliputi:

- 1). Terminal Input Panel 1 dan Panel 2

Terminal input ini merupakan terminal yang menghubungkan antara kabel output rangka panel surya dengan modul instrumen pengamatan. Terminal input ini berupa socet banana plug berwarna merah dan hitam.



Gambar 4.6 Terminal Input

2). Dual Volt/Amperemeter DC Digital Panel 1 dan 2

Dual volt/amperemeter DC digital merupakan alat ukur tegangan dan arus searah (DC) yang dihasilkan oleh masing-masing panel surya. Pemasangan alat ukur pada masing-masing keluaran panel surya dimaksudkan untuk mempermudah praktikan dalam proses pengambilan data.

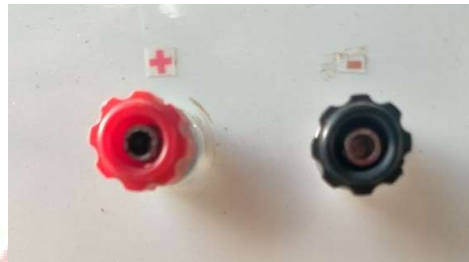


Gambar 4.7 Dual volt/amperemeter DC digital

3). Terminal Jumper Panel 1 dan 2

Terminal Jumper merupakan terminal yang digunakan untuk menghubungkan antara panel surya 1 dan panel surya 2, baik dihubungkan secara seri maupun

secara paralel sesuai dengan data yang dibutuhkan. Terminal jumper ini juga digunakan untuk menghubungkan hasil rangkaian panel surya 1 dan 2 ke terminal input solar charge controller. Untuk menghubungkan terminal jumper, maka dapat menggunakan kabel jumper yang telah dibuat/disediakan sebelum melaksanakan praktikum.



Gambar 4.8 Terminal Jumper

4). Terminal Input-Output Solar Charge Controller

Terminal Input-Output Solar Charge Controller merupakan terminal yang digunakan untuk menghubungkan antara panel surya 1 dan 2 ke Solar Charge Controller, Solar Charge Controller dengan baterai dan juga antara Solar Charge Controller dengan beban DC. Tiap terminal dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper.



Gambar 4.9 Terminal Input-Output Solar Charge Controller

5). Solar Charge Controller (SCC)

Solar Charge Controller atau biasa disingkat dengan SCC merupakan alat untuk mengontrol arus dan tegangan yang masuk ke baterai. Hal ini bertujuan untuk mencegah terjadinya overcharging ke baterai. Solar Charge Controller yang digunakan pada modul praktikum PLTS yaitu jenis PWM 12/24 Vdc.



Gambar 4.10 Solar Charge Controller (SCC)

6). Wattmeter Dc

Wattmeter DC Merupakan salah satu alat ukur yang digunakan pada modul praktikum PLTS. Alat ukur ini digunakan untuk membaca arus dan tegangan DC yang dihasilkan oleh kedua panel surya ketika dirangkai, baik secara seri maupun paralel.



Gambar 4.11 Wattmeter Dc

7). Beban DC

Beban Dc yang digunakan pada modul praktikum PLTS ini berupa lampu DC 12 Volt sebesar 7 Watt dan dilengkapi dengan saklar serta dual volt/amperemeter DC digital. Untuk beban DC, praktikan juga dapat menggunakan port USB yang disediakan pada Solar Charge Controller.



Gambar 4.12 Beban DC

8).Terminal Input Baterai

Terminal input baterai berfungsi sebagai tempat menyambungkan antara output Solar Charge Controller dengan baterai. Pada terminal input baterai juga dipasang bateraimeter dan dual volt/amperemeter Dc. Alat ukur ini digunakan untuk mengukur jumlah tegangan dan arus yang mengalir pada baterai jika dilakukan pengisian. Sedangkan bateraimeter berfungsi untuk mengetahui kapasitas baterai yang ditampilkan dalam bentuk persen (%).



Gambar 4.13 Terminal Input Baterai

9). Inverter

Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC. Pada modul Praktikum PLTS yang dibuat menggunakan Inverter dengan kapasitas 500 watt.



Gambar 4.14 Inverter

10). Wattmeter AC

Wattmeter AC merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur arus, tegangan, frekuensi, yang telah dikonversikan oleh inverter. Alat ukur ini juga berfungsi untuk mengetahui seberapa besar arus yang dihasilkan oleh beban AC yang terpasang pada sistem.



Gambar 4.15 Wattmeter AC

11). Kabel Jumper

Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan antar terminal yang ada sesuai dengan gambar yang telah disediakan. Kabel jumper menggunakan kabel serbut 1,5 mm, dan setiap ujungnya menggunakan banana plug.



Gambar 4.16 Kabel Jumper

12). Beban AC

Beban AC yang digunakan berupa lampu pijar dengan masing daya 10 watt, 25 watt, dan 40 watt. Serta juga telah disediakan kotak kontak sebagai beban tambahan apabila diperlukan.



Gambar 4.17 Beban AC

13). Baterai

Baterai merupakan alat yang digunakan sebagai media penyimpanan arus listrik yang dihasilkan panel surya ketika diletakkan dibawah sinar matahari. Pada Modul Praktikum PLTS, menggunakan baterai jenis VRLA 12VDC 100Ah dan Calcium baterai 12VDC 45 Ah.



Gambar 4.18 Baterai

4.2 Penentuan Sudut Kemiringan Panel Surya

Sudut kemiringan suatu panel surya dapat mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya tersebut. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, maka posisi kemiringan panel surya harus tepat terhadap arah datangnya cahaya matahari. Setiap daerah atau lokasi memiliki sudut kemiringan panel surya yang berbeda-beda untuk memperoleh ketepatan sinar matahari yang mengenai permukaan panel surya. Perbedaan tersebut diakibatkan oleh titik koordinat tiap daerah yang berbeda satu sama lain. Untuk mengetahui kemiringan panel surya yang tepat, maka perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui besaran nilai kemiringan sudut panel surya. Perhitungan terhadap posisi sudut kemiringan panel surya dapat menggunakan persamaan 2.8. Proses pengujian dan pengambilan data dilakukan di kota makassar, tepatnya di Politeknik Negeri Ujung Padanng, maka titik koordinat yang digunakan yaitu $5^{\circ} 8'S$ $119^{\circ} 25' E$.

Dengan menggunakan persamaan 2.8, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui : Sudut deklinasi matahari (δ) adalah $23,45^\circ$

Titik koordinat adalah $5^\circ 8' S$ $119^\circ 25' E$

Maka,

$$\begin{aligned}\alpha &= \delta - \text{lat} \\ &= 23,45^\circ - 5,8^\circ \\ &= 17,65^\circ\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka posisi sudut kemiringan standar panel surya untuk wilayah kota makassar yaitu $17,65^\circ$. Jadi untuk mempermudah dalam proses pengujian dan pengambilan data, maka sudut kemiringan panel surya yang digunakan yaitu antara $17^\circ - 18^\circ$.

4.3 Pengujian Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pengujian dilakukan dengan sembilan jenis pengujian, dimana masing-masing pengujian dilakukan selama satu hari. Pengujian tersebut meliputi pengujian rangkaian paralel tanpa beban dengan empat jenis variasi kemiringan sudut panel surya, pengujian rangkaian paralel berbeban DC, Pengujian rangkaian paralel berbeban AC dengan tiga variasi daya beban yang berbeda, serta pengujian rangkaian seri. Pada pengujian rangkaian seri hanya dilakukan selama satu hari dengan dengan pengujian tanpa beban. Pengujian seri berbeban tidak dilakukan karena beban DC yang tersedia memiliki sistem 12 volt sedangkan ketika dilakukan pengujian seri, maka sistem yang mengalir menjadi 24 volt. Hal

tersebut juga terjadi pada beban AC, hal ini disebabkan karena inverter yang tersedia hanya menggunakan tegangan 12 volt bukan 24 volt.

Sebelum melaksanakan pengujian, pastikan modul instrumen pengamatan telah dirangkai sesuai dengan petunjuk. Kemudian menghubungkan output dari panel surya ke input modul instrumen pengamatan agar parameter-parameter yang dibutuhkan dapat diperoleh.



Gambar 4.19 Modul Praktikum Pembangkit Listrik Tenaga Surya

4.4 Analisis Data

4.4.1 Daya Input

Untuk menghitung daya input (P_{in}) maka dapat menggunakan persamaan 2.2. Dengan menggunakan data pertama pengujian floating charging rangkaian panel surya paralel seperti pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut:

Diketahui : Intensitas radiasi matahari (G) = 782,2 watt/m²

$$\begin{aligned} \text{Luas Panel Surya} &= P \times L \\ &= 77 \text{ cm} \times 54 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$= 4158 \text{ cm}^2 \text{ atau } 0,4158 \text{ m}^2$$

Ditanyakan : Daya input panel surya (P_{In}).... ?

Penyelesaian : $P_{In} = G \times A$

$$= 782,2 \text{ watt/m}^2 \times 0,4158 \text{ m}^2$$

$$= 325,238 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.9.

4.4.2 Daya Output Panel Surya 1

Untuk menghitung daya output panel surya 1 (P_{Out1}) dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.3. Dengan menggunakan data pertama pengujian floating charging rangkaian panel surya paralel seperti pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Tegangan panel surya 1 (V_1) = 14,7 V

$$\text{Arus panel surya 1 } (I_1) = 2,58 \text{ A}$$

Ditanyakan : Daya output panel surya 1 (P_{Out1})..... ?

Penyelesaian : $P_{Out1} = V_1 \times I_1$

$$= 14,7 \text{ V} \times 2,58 \text{ A}$$

$$= 37,926 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.9.

4.4.3 Daya Output Panel Surya 2

Untuk menghitung daya output panel surya 2 (P_{Out2}) dapat menggunakan

rumus pada persamaan 2.3. Dengan menggunakan data pertama pengujian floating charging rangkaian panel surya paralel seperti pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Tegangan panel surya 2 (V_2) = 14,6 V

Arus panel surya 2 (I_2) = 2,11 A

Ditanyakan : Daya output panel surya 2 (P_{Out2})..... ?

Penyelesaian : $P_{Out2} = V_2 \times I_2$

$$= 14,6 \text{ V} \times 2,11 \text{ A}$$

$$= 30,806 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.9.

4.4.4 Daya Panel Surya Paralel

Untuk menghitung daya panel surya gabungan ($P_{Paralel}$) dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.3. Dengan menggunakan data pertama pengujian floating charging rangkaian panel surya paralel seperti pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Tegangan panel surya gabungan ($V_{Paralel}$) = 14,7 V

Arus panel surya Gabungan ($I_{Paralel}$) = 2,62 A

Ditanyakan : Daya panel surya gabungan ($P_{Paralel}$)..... ?

Penyelesaian : $P_{Paralel} = V_{Paralel} \times I_{Paralel}$

$$= 14,7 \text{ V} \times 2,62 \text{ A}$$

$$= 38,514 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai

dengan Tabel 4.9.

4.4.5 Daya Solar Charge Controller

Untuk Perhitungan daya Solar Charge Controller (P_{SCC}) dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.3. Daya pada solar charge controller diasumsikan sama dengan daya yang masuk kedalam baterai apabila sedang dalam kondisi mengisi. Dengan menggunakan data pertama pada lampiran 1, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Tegangan panel surya SCC (V_{SCC}) = 13,9 V

Arus panel surya SCC (I_{SCC}) = 1,74 A

Ditanyakan : Daya panel surya SCC (P_{SCC})..... ?

Penyelesaian : $P_{SCC} = V_{SCC} \times I_{SCC}$

$$= 13,9 \text{ V} \times 1,74 \text{ A}$$

$$= 24,186 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.9.

4.4.6 Efisiensi

Untuk menghitung efisiensi panel surya dapat menggunakan persamaan 2.4. Efisiensi yang akan dihitung yaitu efisiensi antara daya input panel surya dengan daya output panel surya 1 (η_1) dan efisiensi daya input panel surya dengan daya output panel surya 2 (η_2). Dengan menggunakan data pertama tabel 4.1 sebagai sampel perhitungan, maka dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui : Daya input panel surya (P_{In}) = 325,238 W

Daya Output Panel Surya 1 (P_{Out1}) = 37,926 W

Daya Output Panel Surya 2(P_{Out2}) = 30,806 W

Ditanyakan : Efisiensi.....?

Penyelesaian :

$$\eta_1 = (P_{Out1} / P_{In}) \times 100\%$$

$$= (37,926 \text{ W} / 325,238 \text{ W}) \times 100\%$$

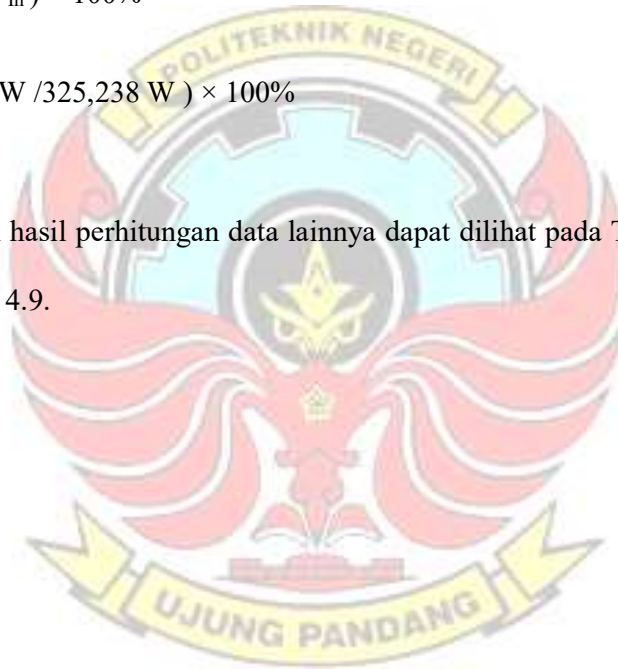
$$= 11,66\%$$

$$\eta_2 = (P_{Out2} / P_{In}) \times 100\%$$

$$= (30,806 \text{ W} / 325,238 \text{ W}) \times 100\%$$

$$= 9,47\%$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.9.



4.5 Tabel dan Grafik Hasil Analisis Data

4.5.1 Rangkaian Paralel Tanpa Beban

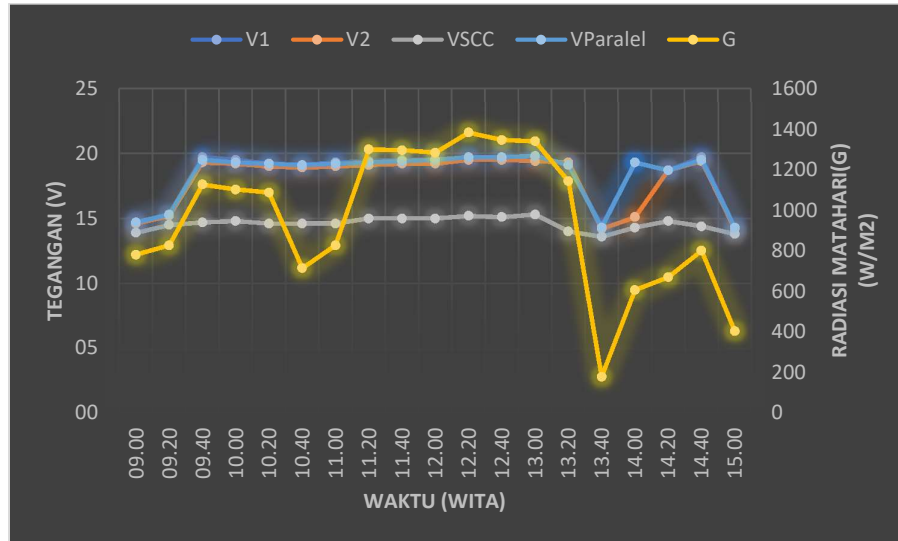
1). Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°)

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Analisis Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

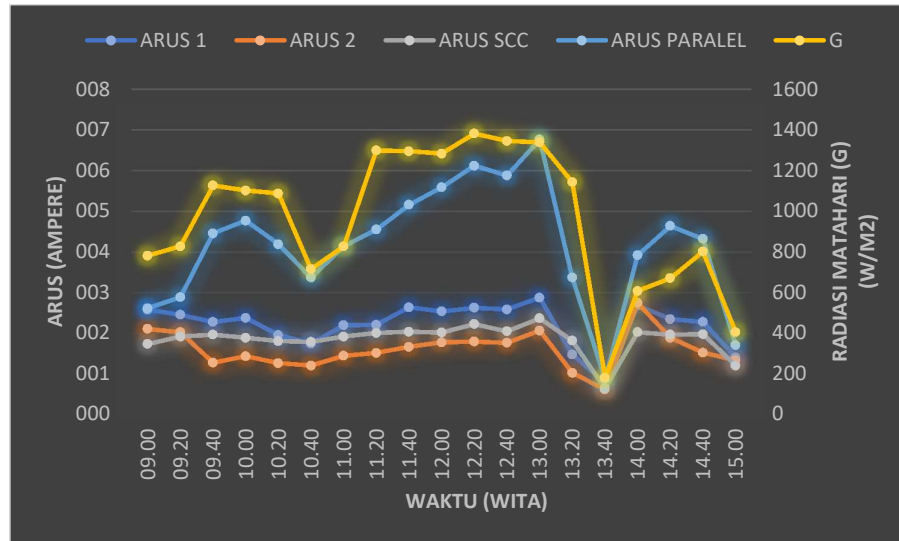
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{Out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η_1	η_2
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	782,2	325,239	37,926	30,806	38,514	24,186	11,66	9,47
2	09.20	827,5	344,075	37,638	30,856	44,217	27,840	10,94	8,97
3	09.40	1126,7	468,482	44,916	24,704	86,970	28,959	9,59	5,27
4	10.00	1102,6	458,461	46,410	27,648	92,061	27,972	10,12	6,03
5	10.20	1087,8	452,307	37,632	24,130	80,448	26,426	8,32	5,33
6	10.40	715,8	297,630	33,425	22,869	64,367	26,134	11,23	7,68
7	11.00	828,2	344,366	42,460	27,550	79,488	28,032	12,33	8,00
8	11.20	1299,2	540,207	42,874	29,032	87,815	30,150	7,94	5,37
9	11.40	1295,3	538,586	51,480	32,064	100,104	30,600	9,56	5,95
10	12.00	1283,3	533,596	49,530	34,176	109,005	30,300	9,28	6,40
11	12.20	1381,9	574,594	51,811	35,100	120,564	33,896	9,02	6,11
12	12.40	1345,4	559,417	51,023	34,515	115,836	30,955	9,12	6,17
13	13.00	1339,1	556,798	57,024	40,158	133,848	36,261	10,24	7,21
14	13.20	1143,4	475,426	28,268	19,879	64,367	25,480	5,95	4,18
15	13.40	182,3	75,800	11,376	8,804	12,441	8,840	15,01	11,61
16	14.00	608,5	253,014	51,917	41,525	75,656	29,029	20,52	16,41
17	14.20	671,4	279,168	43,945	35,343	86,768	29,156	15,74	12,66
18	14.40	801,7	333,347	44,916	29,682	84,240	28,512	13,47	8,90
19	15.00	406,80	169,147	20,163	19,028	24,453	16,698	11,92	11,25

Berdasarkan lampiran 1 maka dapat digambarkan grafik berikut.



Gambar 4.20 Grafik hubungan Antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 1 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

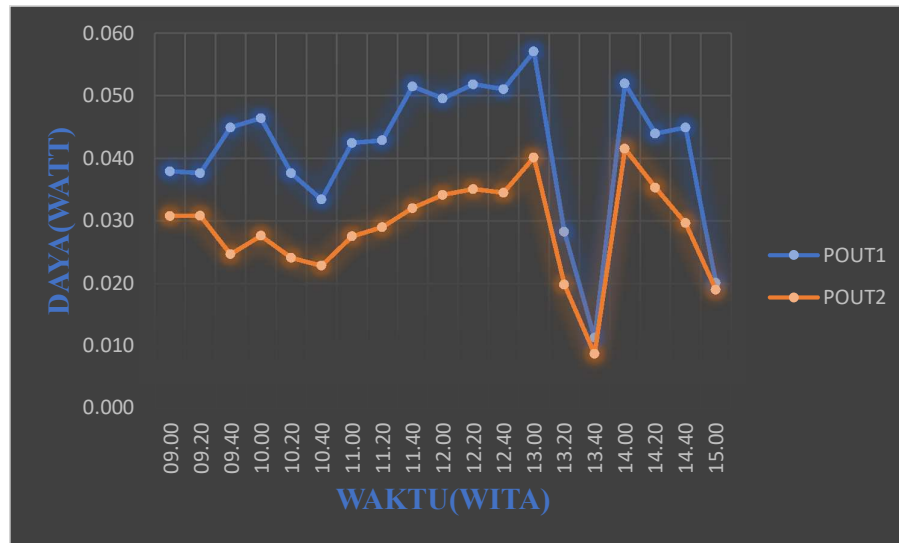
Berdasarkan Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa grafik hubungan antara tegangan, waktu dan radiasi matahari bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif dalam kurun waktu tertentu sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh perubahan intensitas radiasi matahari dapat terlihat jelas pada pukul 13.40 WITA dan 15.00 WITA, ketika intensitas radiasi matahari menurun, maka tegangan panel surya 1 (V_1), tegangan panel surya 2 (V_2), tegangan SCC (V_{SCC}) dan tegangan paralel ($V_{Paralel}$) juga ikut mengalami penurunan.



Gambar 4.21 Grafik Hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

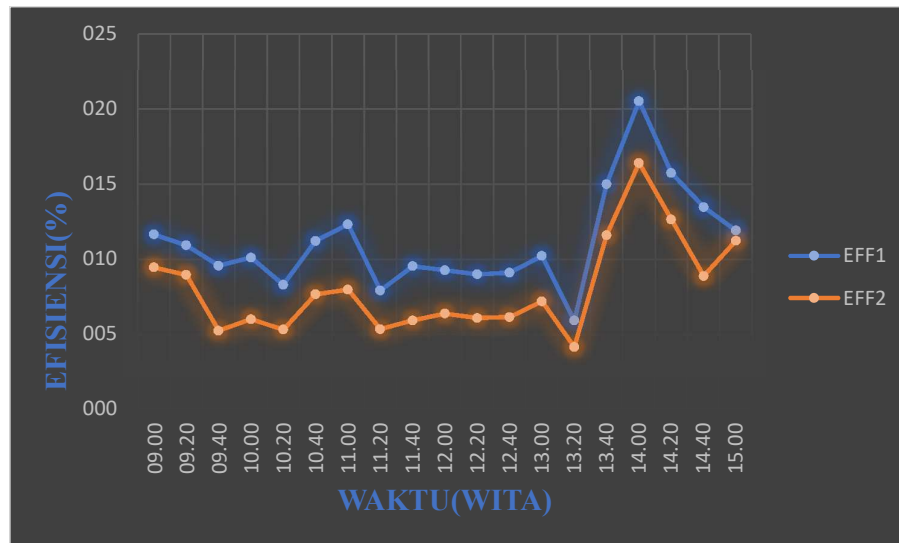
Berdasarkan Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa grafik hubungan antara arus, waktu, dan intensitas radiasi matahari bersifat fluktuatif. Arus yang bersifat fluktuatif ini juga dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap arus dapat terlihat pada pukul 10.40 WITA, 13.40, dan 15.00 WITA. Ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan maka arus yang dihasilkan juga mengalami penurunan. Arus panel 1 dan arus panel 2 memiliki nilai yang berbeda, hal ini disebabkan karena pola pada permukaan panel 1 dan pola pada permukaan panel 2 berbeda. Hal ini yang menyebabkan adanya perbedaan produksi arus pada panel 1 dan panel 2.

Berdasarkan tabel 4.1 dapat digambarkan grafik berikut.



Gambar 4.22 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 13.00 WITA yaitu 57,024 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 13.40 WITA yaitu 11,376 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 41,525 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 13.40 WITA yaitu 8,804 watt.



Gambar 4.23 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17°) untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 20,52 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.20 WITA yaitu 5,95 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 16,41 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.20 WITA yaitu 4,18 %.

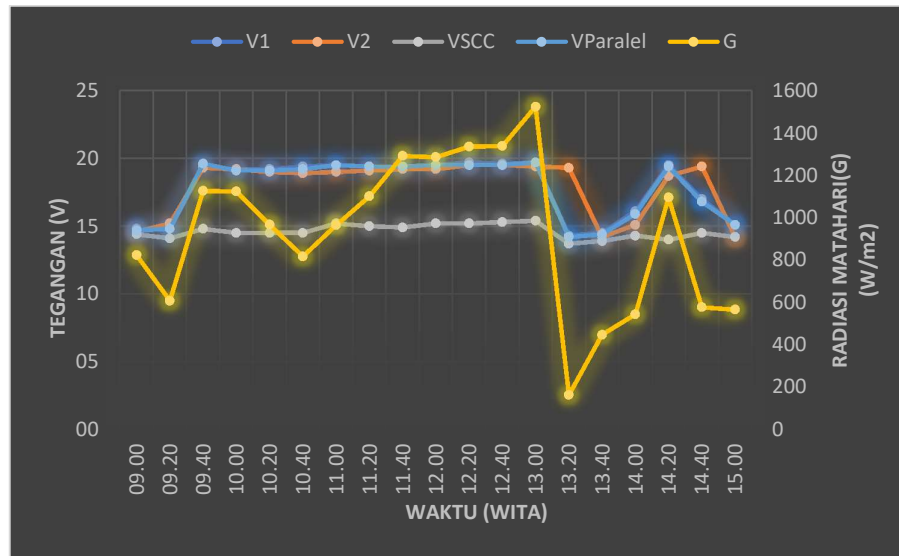
2). Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5°

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil Analisis Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° pada Rangkaian Paralel Tanpa Beban

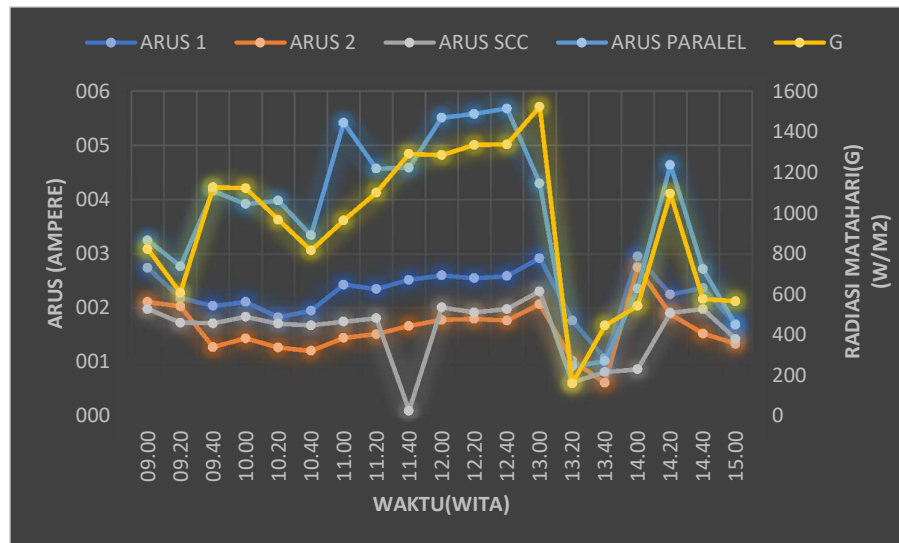
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{Out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	823,6	342,45	40,552	30,806	47,775	28,512	11,84	9,00
2	09.20	608,3	252,93	32,264	30,856	40,996	24,398	12,76	12,20
3	09.40	1126,5	468,4	39,576	24,704	81,536	25,456	8,45	5,27
4	10.00	1123,3	467,07	40,512	27,648	74,872	26,680	8,67	5,92
5	10.20	967,3	402,2	35,136	24,13	76,018	24,795	8,74	6,00
6	10.40	816,9	339,67	37,830	22,869	64,128	24,360	11,14	6,73
7	11.00	964,2	400,91	47,385	27,55	105,69	26,600	11,82	6,87
8	11.20	1101,1	457,84	45,590	29,032	88,658	27,150	9,96	6,34
9	11.40	1291,4	536,96	48,888	32,064	89,046	28,906	9,10	5,97
10	12.00	1285,7	534,59	50,700	34,176	107,45	30,552	9,48	6,39
11	12.20	1335,5	555,3	50,235	35,1	108,81	29,184	9,05	6,32
12	12.40	1338,2	556,42	50,764	34,515	110,76	30,294	9,12	6,20
13	13.00	1523,6	633,51	57,524	40,158	84,71	35,574	9,08	6,34
14	13.20	163,4	67,942	25,311	19,879	13,064	0,631	37,25	29,26
15	13.40	447,5	186,07	15,515	8,804	14,688	11,398	8,34	4,73
16	14.00	543,8	226,11	47,495	41,525	37,524	26,741	21,01	18,36
17	14.20	1095,4	455,47	43,875	35,343	90,016	26,740	9,63	7,76
18	14.40	577,5	240,12	40,290	29,682	45,696	28,710	16,78	12,36
19	15.00	566,4	235,51	25,670	19,028	25,519	20,306	10,90	8,08

Berdasarkan lampiran 2 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.24 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° pada Rangkaian Paralel Tanpa Beban

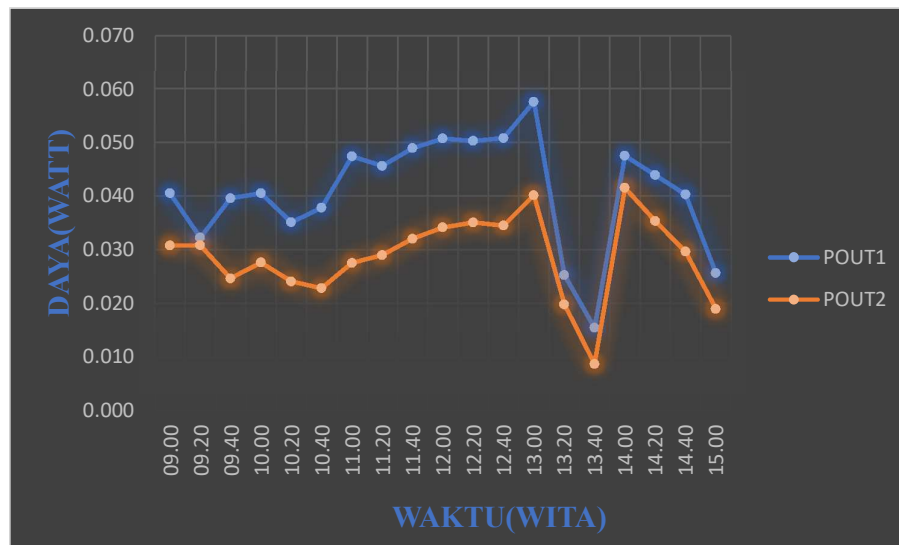
Berdasarkan Gambar 4.24 dapat dilihat bahwa grafik tegangan bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan dapat terlihat pada pukul 13.20 WITA. Ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan maka tegangan juga ikut mengalami penurunan. Sedangkan pada pukul 14.20 WITA ketika intensitas radiasi matahari kembali mengalami kenaikan maka tegangan ikut mengalami kenaikan.



Gambar 4.25 Grafik hubungan antara Arus ,Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

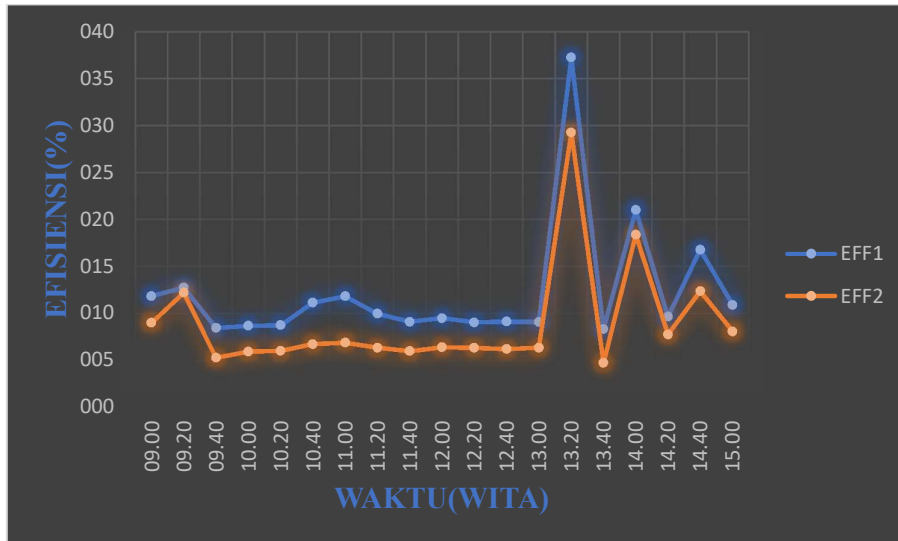
Berdasarkan Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa grafik arus bersifat fluktuatif. Arus yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Pada pukul 13.20 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka arus yang dihasilkan juga mengalami penurunan. Sedangkan pada pukul 14.00 WITA sampai dengan pukul 14.20 WITA ketika intensitas radiasi matahari kembali mengalami kenaikan, maka akan diikuti dengan kenaikan arus yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 4.2 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.26 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.26 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 13.00 WITA yaitu 57,524 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 13.40 WITA yaitu 15,515 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 41,525 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 13.40 WITA yaitu 8,804 watt.



Gambar 4.27 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 5° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.27 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 13.20 wita yaitu 37,25 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.40 wita yaitu 4,73 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 13.20 wita yaitu 29,26 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.40 wita yaitu 4,73 %.

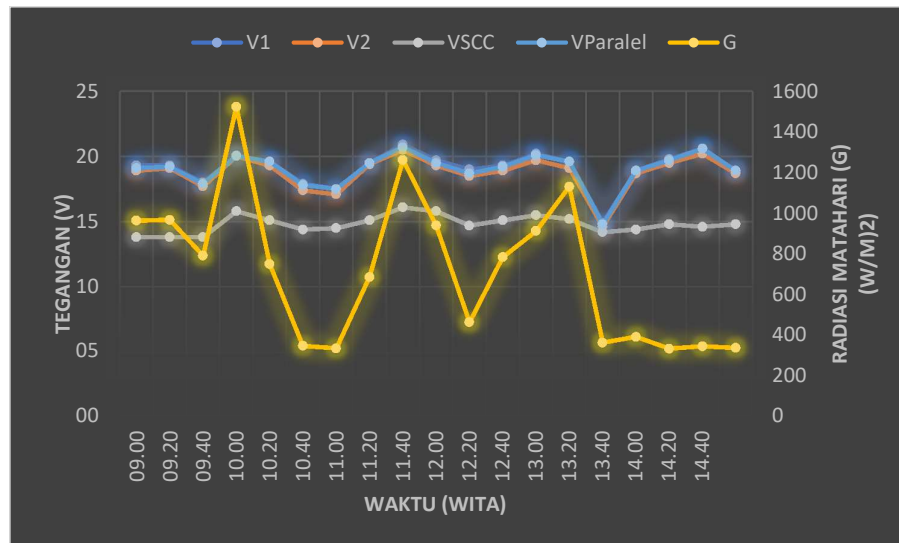
3). Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50°

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Analisis Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

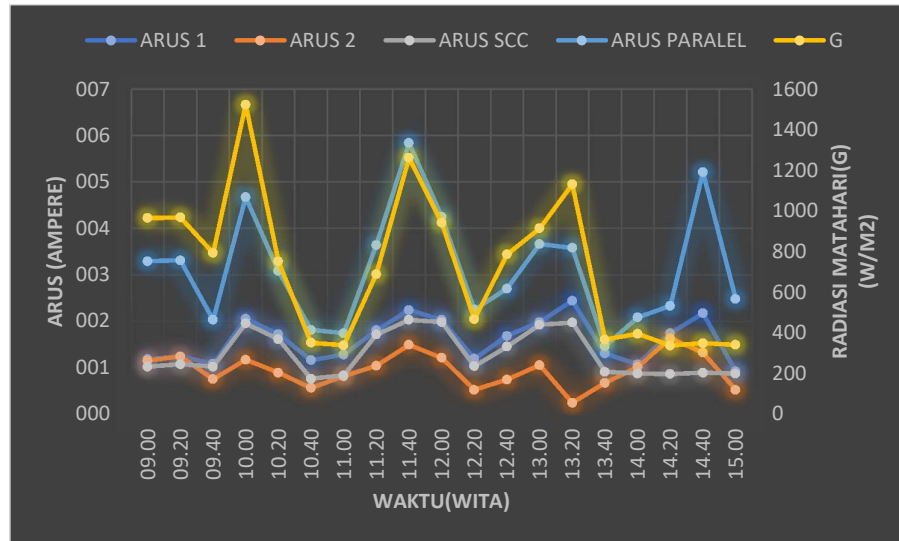
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{Out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	965,3	401,37	22,774	21,735	62,839	14,076	5,67	5,42
2	09.20	968,4	402,66	23,932	23,684	63,552	14,766	5,94	5,88
3	09.40	792,8	329,65	19,440	13,275	36,337	14,076	5,90	4,03
4	10.00	1523,7	633,55	41,123	23,423	93,587	30,810	6,49	3,70
5	10.20	751,2	312,35	33,712	17,177	60,368	24,311	10,79	5,50
6	10.40	350,8	145,86	20,764	9,744	32,218	10,944	14,24	6,68
7	11.00	338,5	140,75	22,400	13,851	30,45	12,035	15,91	9,84
8	11.20	688,7	286,36	35,100	20,176	70,98	25,821	12,26	7,05
9	11.40	1262,3	524,86	46,816	30,545	120,89	32,683	8,92	5,82
10	12.00	941,5	391,48	39,991	23,353	82,875	31,284	10,22	5,97
11	12.20	466,6	194,01	22,610	9,62	42,075	15,141	11,65	4,96
12	12.40	785,8	326,74	32,424	13,986	51,84	21,895	9,92	4,28
13	13.00	914,3	380,17	39,996	20,685	73,566	29,760	10,52	5,44
14	13.20	1131,6	470,52	47,824	4,584	70,168	29,944	10,16	0,97
15	13.40	366,7	152,47	19,370	9,782	21,608	12,922	12,70	6,42
16	14.00	394,5	164,03	20,223	18,887	39,312	12,528	12,33	11,51
17	14.20	336,7	140	34,452	31,785	45,901	12,728	24,61	22,70
18	14.40	348,5	144,91	44,702	26,664	107,33	12,994	30,85	18,40
19	15.00	340,6	141,62	17,388	9,724	46,872	12,876	12,28	6,87

Berdasarkan lampiran 3 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.28 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

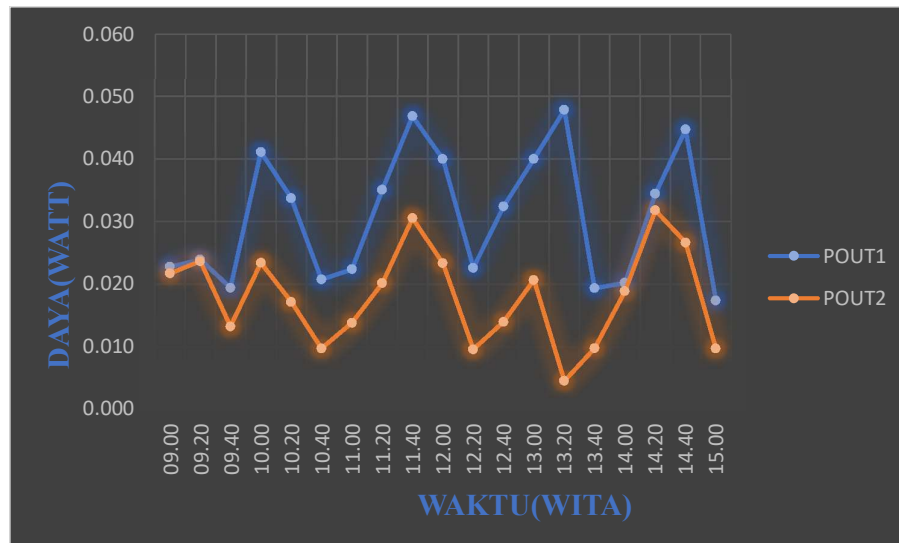
Berdasarkan Gambar 4.28 dapat dilihat bahwa grafik tegangan bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya dapat terlihat pada pukul 10.40 WITA hingga pukul 13.40 WITA. Intensitas radiasi matahari berbanding lurus dengan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 4.29 Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

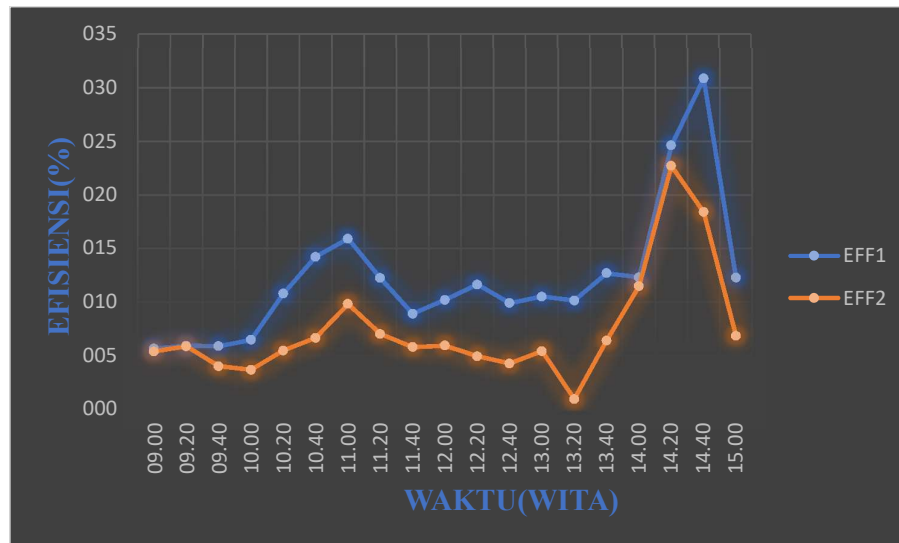
Berdasarkan Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa grafik arus bersifat fluktuatif. Arus yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Pada pukul 10.40 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka akan diikuti oleh penurunan jumlah arus yang dihasilkan. Sedangkan pada pukul 11.40 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan, maka arus yang dihasilkan juga mengalami kenaikan. Pengaruh sudut kemiringan panel surya pada posisi ini telah berpengaruh pada jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya. Terlihat pada grafik adanya selisih jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya 1 (Arus 1) dengan arus yang dihasilkan oleh panel surya 2 (Arus 2), dimana arus panel surya 2 (Arus 2) menghasilkan jumlah arus yang lebih rendah dari panel surya 1 (Arus 1).

Berdasarkan Tabel 4.3 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.30 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.30 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 13.20 WITA yaitu 47,824 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 15.00 WITA yaitu 17,388 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 14.20 WITA yaitu 31,785 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 11.20 WITA yaitu 4,584 watt.



Gambar 4.31 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Daya pada Hasil Analisis Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 50° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.31 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 14.40 WITA yaitu 30,85 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 09.00 WITA yaitu 5,67 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 14.20 WITA yaitu 22,70 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.20 WITA yaitu 0,97 %.

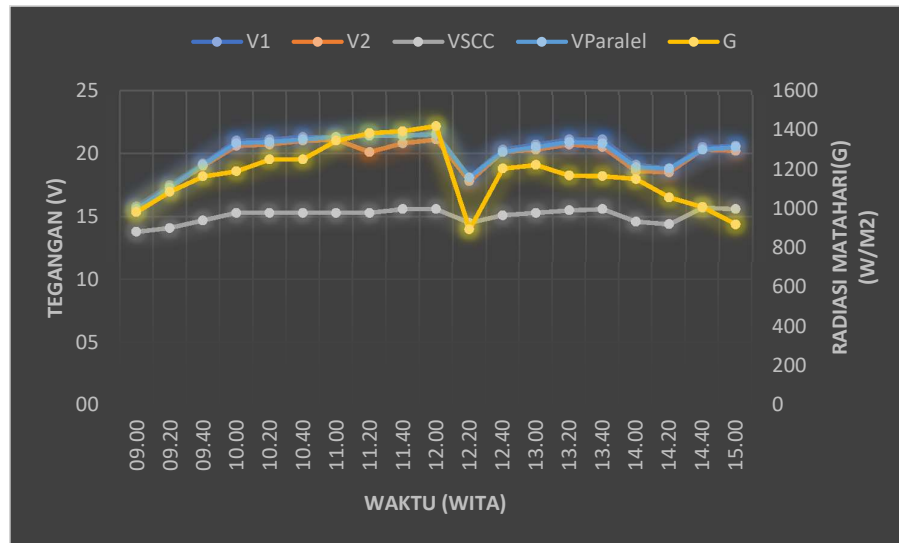
4). Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17 °) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90 °

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil Analisis Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17 °) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90 ° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

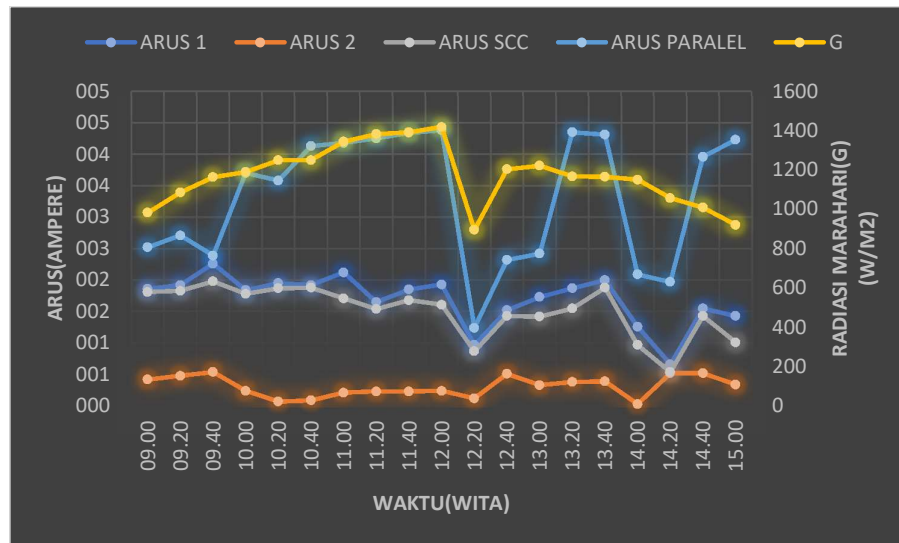
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	982,7	408,61	29,388	6,552	39,312	24,978	7,19	1,60
2	09.20	1085,2	451,23	33,600	8,304	46,883	25,803	7,45	1,84
3	09.40	1163,5	483,78	43,392	10,26	45,649	29,106	8,97	2,12
4	10.00	1189,2	494,47	38,640	4,944	76,96	27,234	7,81	1,00
5	10.20	1249,5	519,54	41,145	1,449	74,822	28,611	7,92	0,28
6	10.40	1249,8	519,67	40,896	1,89	87,143	28,764	7,87	0,36
7	11.00	1344,5	559,04	45,156	4,431	89,034	26,163	8,08	0,79
8	11.20	1382,7	574,93	35,310	4,623	90,95	23,562	6,14	0,80
9	11.40	1392,1	578,84	39,590	4,784	92,876	26,208	6,84	0,83
10	12.00	1418,5	589,81	41,688	5,064	94,17	25,116	7,07	0,86
11	12.20	895,4	372,31	17,557	2,136	22,444	12,615	4,72	0,57
12	12.40	1203,2	500,29	30,856	10,251	46,632	21,593	6,17	2,05
13	13.00	1221,4	507,86	35,811	6,699	49,61	21,726	7,05	1,32
14	13.20	1167,7	485,53	39,457	7,866	90,915	24,025	8,13	1,62
15	13.40	1165,1	484,45	42,200	7,995	89,648	29,328	8,71	1,65
16	14.00	1150,4	478,34	24,066	0,558	39,501	14,162	5,03	0,12
17	14.20	1056,7	439,38	12,408	9,62	37,036	7,776	2,82	2,19
18	14.40	1008,5	419,33	31,775	10,556	80,388	22,451	7,58	2,52
19	15.00	920,6	382,79	29,458	6,868	86,715	15,756	7,70	1,79

Berdasarkan lampiran 4 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.32 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17 °) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90 ° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

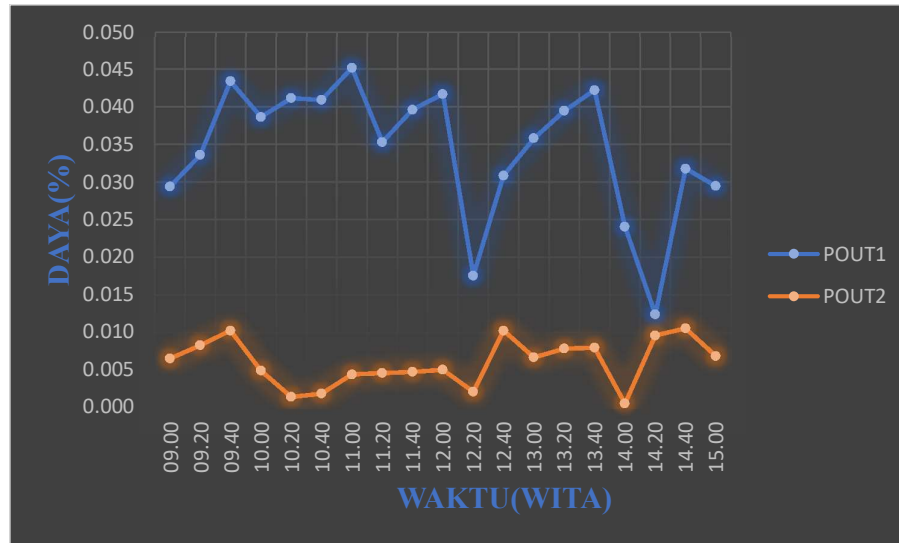
Berdasarkan Gambar 4.32 dapat dilihat bahwa grafik tegangan bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dapat terlihat pada pukul 12.20 WITA. Ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka tegangan yang dihasilkan juga mengalami penurunan.



Gambar 4.33 Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

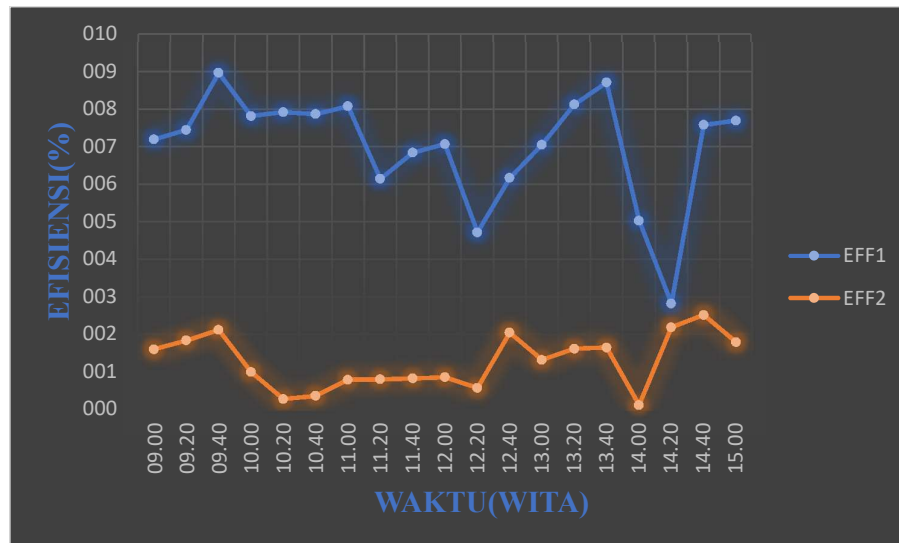
Berdasarkan Gambar 4.33 dapat dilihat bahwa grafik arus bersifat fluktuatif. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap arus yang dihasilkan oleh panel surya dapat terlihat pada pukul 12.20 WITA, ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan maka arus yang dihasilkan juga mengalami penurunan. Kemiringan sudut panel surya sebesar 90° juga mempengaruhi jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya. Pada grafik terlihat bahwa selisih antara arus panel surya 1 (Arus 1) dengan arus panel surya 2 (Arus 2) yaitu memiliki selisih rata-rata sebesar 1,38 Ampere. Arus yang dihasilkan oleh panel surya 2 (Arus 2) lebih kecil dibandingkan panel surya 1 (Arus 1).

Berdasarkan Tabel 4.4 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.34 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17°) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.34 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 11.00 WITA yaitu 45,156 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 14.20 WITA yaitu 12,408 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 14.40 WITA yaitu 10,556 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 0,558 watt.



Gambar 4.35 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17 °) dan posisi sudut panel 2 kemiringan 90° untuk Rangkaian Paralel Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.35 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 09.40 wita yaitu 8,97 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 14.20 wita yaitu 2,82 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 14.20 wita yaitu 2,19 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 14.00 wita yaitu 0,12 %.

4.5.2 Rangkaian Paralel Berbeban

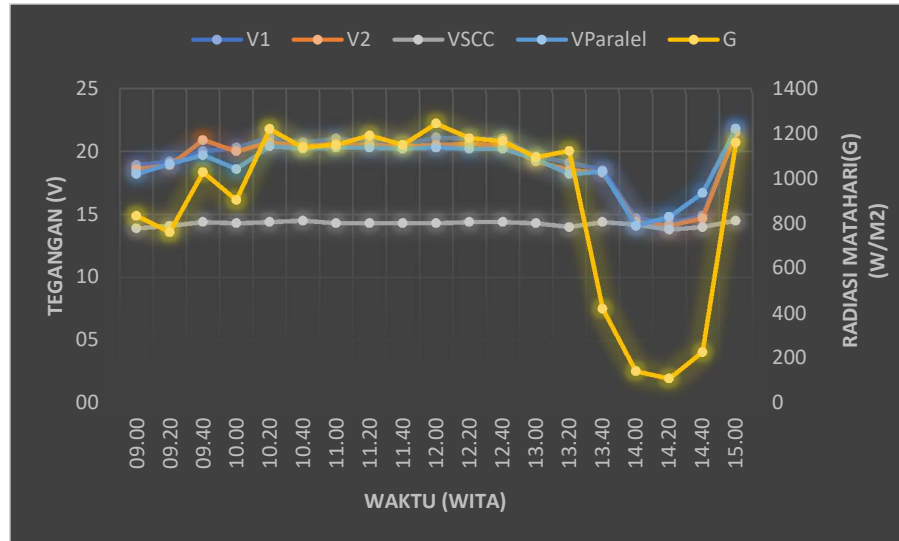
1). Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil Analisis Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

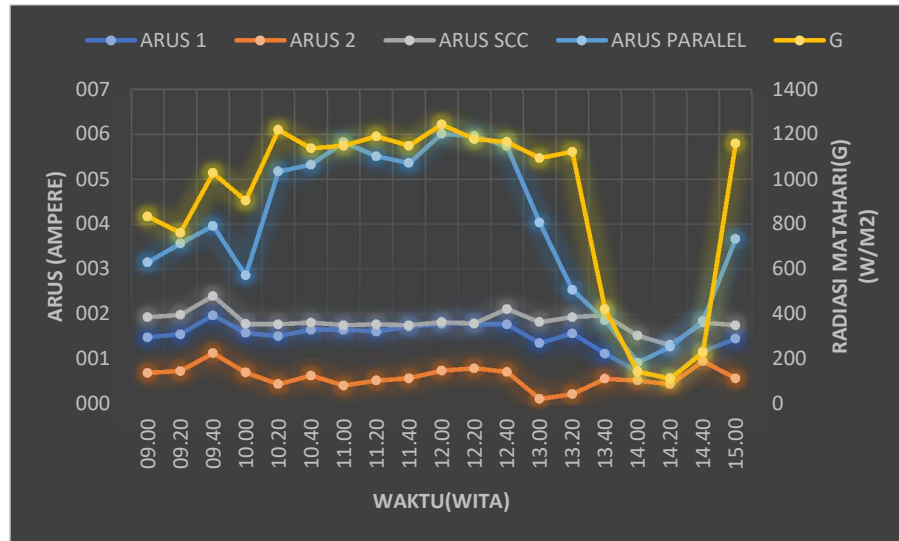
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	833,5	346,57	27,972	12,834	57,33	26,827	8,07	3,70
2	09.20	761,4	316,59	29,76	13,797	67,83	27,918	9,40	4,36
3	09.40	1027,7	427,32	39,40	23,617	78,012	34,56	9,2	5,53
4	10.00	904,2	375,97	32,074	14	53,196	25,454	8,53	3,72
5	10.20	1218,8	506,78	31,861	9,108	105,47	25,844	6,29	1,80
6	10.40	1137,3	472,89	34,155	12,852	107,46	26,245	7,22	2,72
7	11.00	1148,8	477,67	34,65	8,446	118,15	25,025	7,25	1,77
8	11.20	1190,2	494,89	33,488	10,66	111,85	25,311	6,77	2,15
9	11.40	1148,9	477,71	35,26	11,628	108,27	25,025	7,38	2,43
10	12.00	1243,5	517,05	37,558	15,17	122	26,026	7,26	2,93
11	12.20	1178,5	490,02	37,38	16,274	120,39	25,776	7,63	3,32
12	12.40	1165,8	484,74	37,17	14,555	115,83	30,384	7,67	3,00
13	13.00	1093,8	454,8	26,46	2,112	78,021	26,026	5,82	0,46
14	13.20	1122,2	466,61	29,987	4,07	46,228	27,02	6,43	0,87
15	13.40	421,4	175,22	20,72	10,248	34,224	28,368	11,83	5,85
16	14.00	144,1	59,917	10,437	7,488	12,972	21,584	17,42	12,50
17	14.20	112,1	46,611	8,294	6,204	18,796	18,078	17,79	13,31
18	14.40	229,3	95,343	17,433	13,965	30,895	25,34	18,28	14,65
19	15.00	1159,2	482	31,465	12,255	80,006	25,375	6,53	2,54

Berdasarkan lampiran 5 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.36 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt

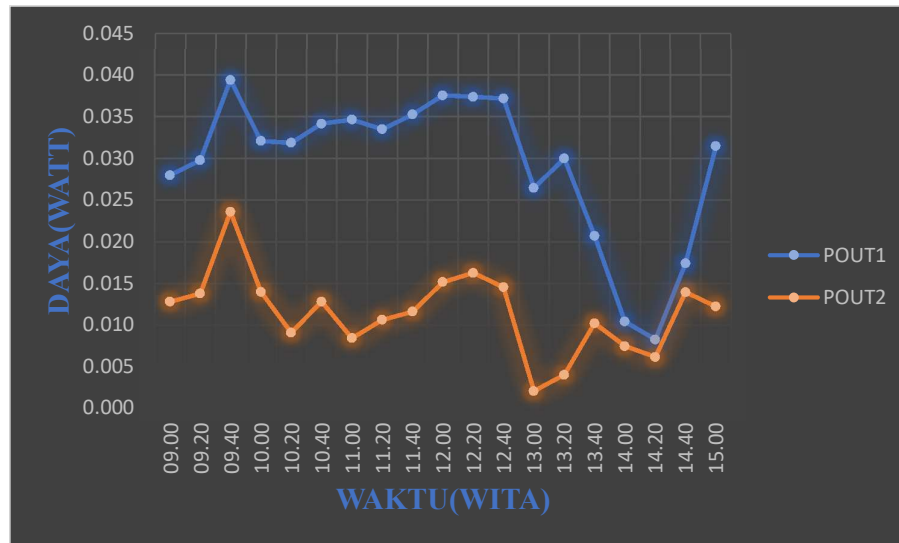
Berdasarkan Gambar 4.36 dapat dilihat bahwa grafik tegangan bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan output panel surya terlihat pada pukul 14.00 WITA sampai pada pukul 14.40 WITA. Ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan maka akan diikuti oleh penurunan jumlah tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 4.37 Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt

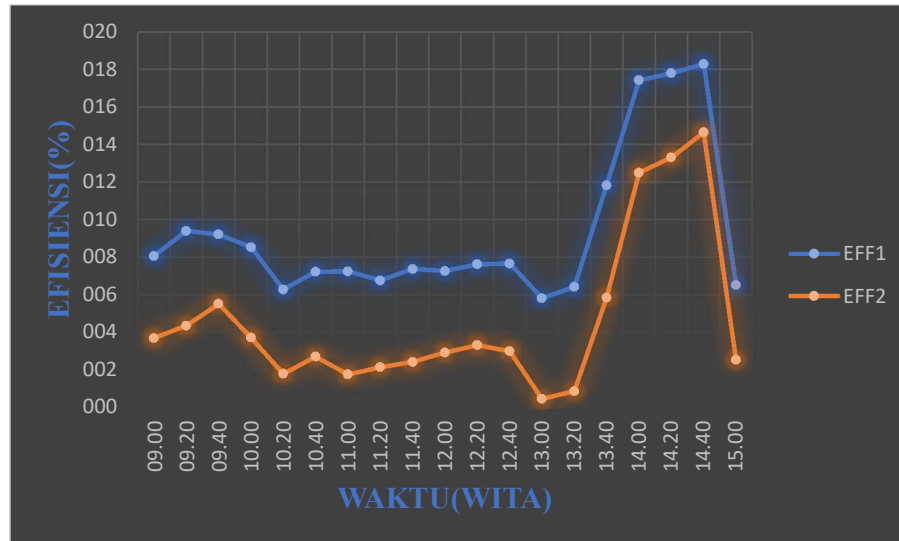
Berdasarkan Gambar 4.37 dapat dilihat bahwa grafik arus bersifat fluktuatif. Jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Pengaruh intensitas radiasi matahari dapat terlihat pada pukul 14.00 WITA sampai pada pukul 14.40 WITA. Ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka akan diikuti oleh penurunan jumlah arus yang dihasilkan. Selain intensitas radiasi matahari, kapasitas beban juga mempengaruhi jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya. Semakin besar kapasitas beban, maka semakin besar pula arus yang dihasilkan oleh panel surya.

Berdasarkan Tabel 4.5 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.38 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt

Berdasarkan Gambar 4.38 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 09.40 wita yaitu 39,400 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 14.20 wita yaitu 8,294 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 09.40 wita yaitu 23,617 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 13.00 wita yaitu 2,112 watt.



Gambar 4.39 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Uji 5 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban DC 7 Watt

Berdasarkan Gambar 4.39 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 14.40 wita yaitu 18,28 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.00 wita yaitu 5,82 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 14.40 wita yaitu 14,65 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.00 wita yaitu 0,46 %.

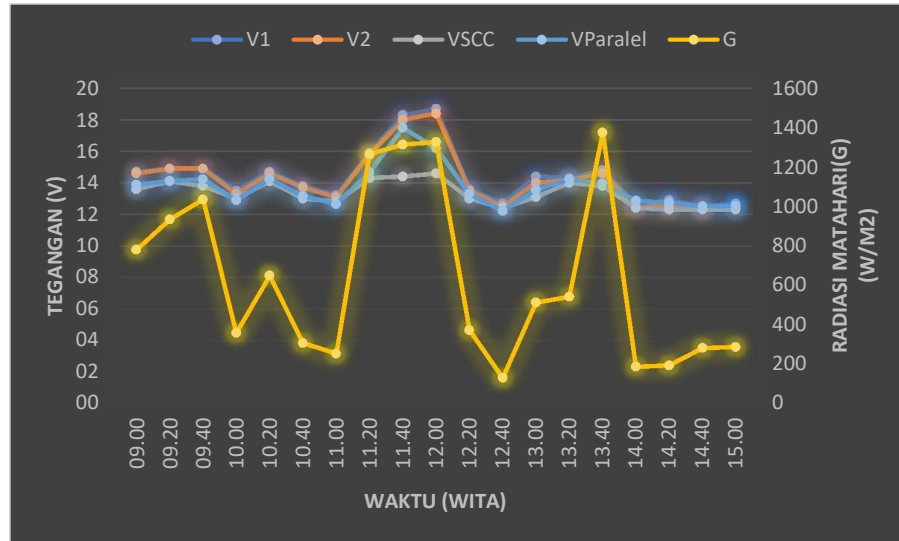
2). Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil Analisis Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

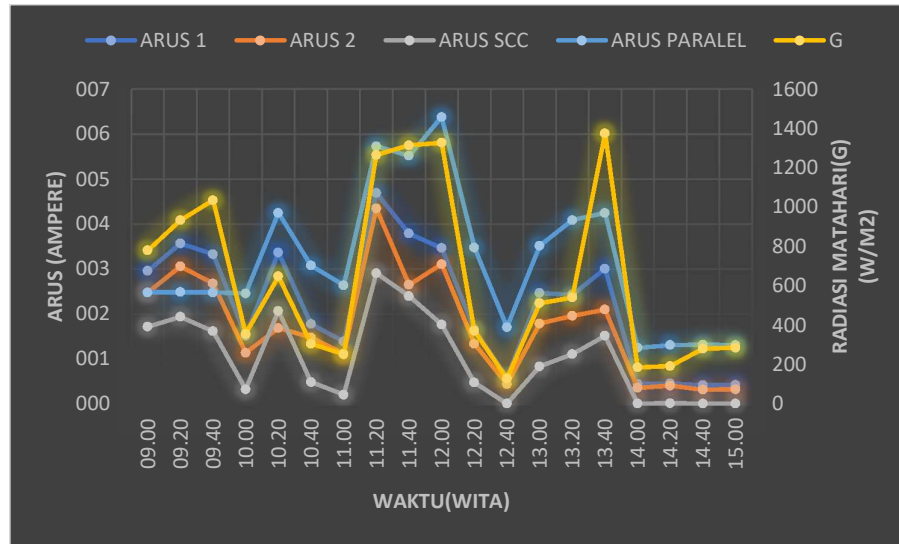
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{Out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	780,4	324,490	43,512	36,208	34,422	23,392	13,41	11,16
2	09.20	933,6	388,191	53,193	45,594	35,159	27,354	13,70	11,75
3	09.40	1035,3	430,478	49,617	39,932	35,290	22,356	11,53	9,28
4	10.00	357,4	148,607	20,520	15,162	31,734	4,290	13,81	10,20
5	10.20	648,8	269,771	49,539	24,674	60,563	29,187	18,36	9,15
6	10.40	306,2	127,318	24,564	20,276	40,533	6,370	19,29	15,93
7	11.00	253,0	105,197	18,348	14,672	33,422	2,688	17,44	13,95
8	11.20	1265,3	526,112	74,571	68,730	84,002	41,613	14,17	13,06
9	11.40	1314,2	546,444	69,357	47,700	96,545	34,560	12,69	8,73
10	12.00	1327,3	551,891	64,889	57,224	103,356	25,842	11,76	10,37
11	12.20	371,7	154,553	22,576	18,090	46,284	6,240	14,61	11,70
12	12.40	129,4	53,805	7,493	5,500	20,896	0,124	13,93	10,22
13	13.00	512,5	213,098	35,568	25,060	47,731	11,004	16,69	11,76
14	13.20	541,5	225,156	34,749	27,832	58,160	15,540	15,43	12,36
15	13.40	1375,3	571,850	44,548	30,660	59,330	20,976	7,79	5,36
16	14.00	186,5	77,547	5,670	4,464	16,075	0,124	7,31	5,76
17	14.20	192,8	80,166	5,934	5,166	16,689	0,246	7,40	6,44
18	14.40	281,2	116,923	5,250	3,936	16,513	0,123	4,49	3,37
19	15.00	286,7	119,210	5,461	4,092	16,414	0,123	4,58	3,43

Berdasarkan lampiran 6 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.40 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

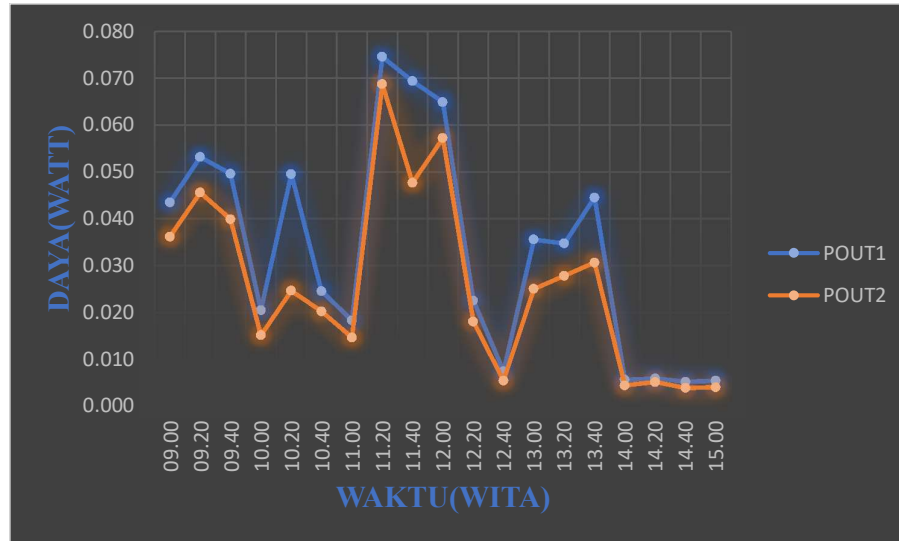
Berdasarkan Gambar 4.40 dapat dilihat bahwa grafik tegangan bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan dapat terlihat pada pukul 12.00 WITA ketika intensitas radiasi matahari tinggi maka tegangan yang dihasilkan akan tinggi. Sedangkan ketika intensitas radiasi matahari turun, maka tegangan yang dihasilkan juga akan mengalami penurunan seperti pada pukul 12.40 WITA.



Gambar 4.41 Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

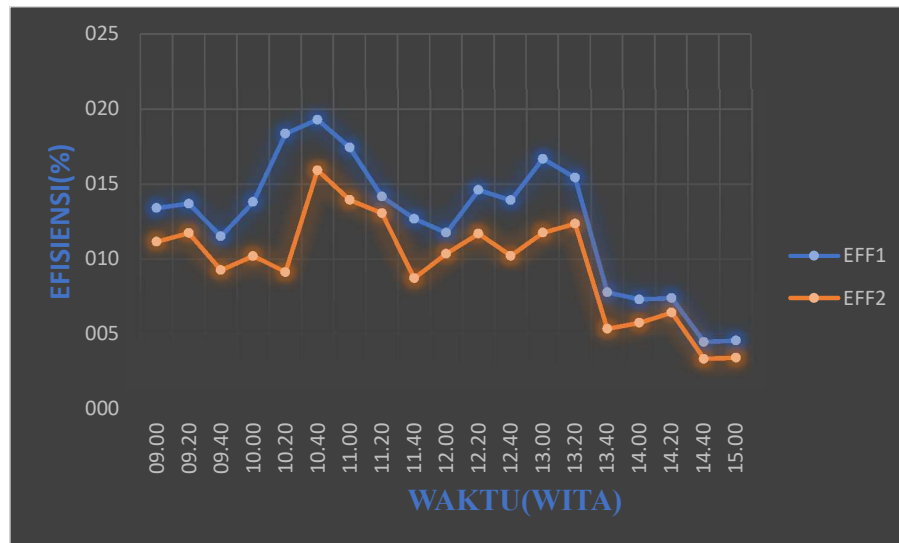
Berdasarkan Gambar 4.41 dapat dilihat bahwa grafik arus bersifat fluktuatif. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap arus yang dihasilkan dapat terlihat pada pukul 11.20 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan, maka arus yang dihasilkan juga akan mengalami kenaikan. Sedangkan ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka arus yang dihasilkan juga akan mengalami penurunan seperti pada pukul 12.40 WITA. Jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya juga dipengaruhi oleh kapasitas beban yang terpasang pada sistem. Semakin besar kapasitas beban, maka akan semakin besar pula jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya.

Berdasarkan Tabel 4.6 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.42 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

Berdasarkan Gambar 4.42 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 11.40 WITA yaitu 69,357 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 14.40 WITA yaitu 5,250 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 11.20 WITA yaitu 68,730 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 14.40 WITA yaitu 3,936 watt.



Gambar 4.43 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 6 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 10 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

Berdasarkan Gambar 4.43 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 10.40 WITA yaitu 19,29 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 15.00 WITA yaitu 4,58 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 10.40 WITA yaitu 15,93 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 14.40 WITA yaitu 3,37 %.

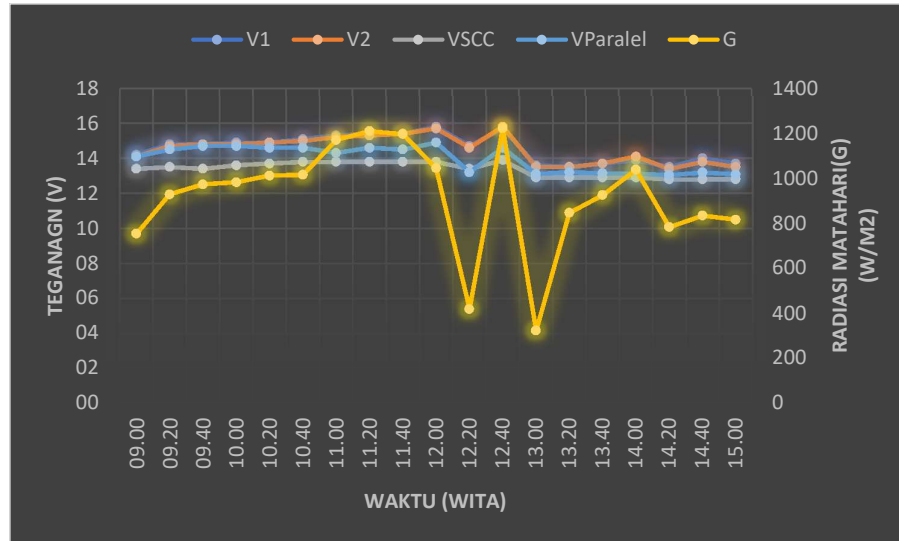
3). Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Analisis Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

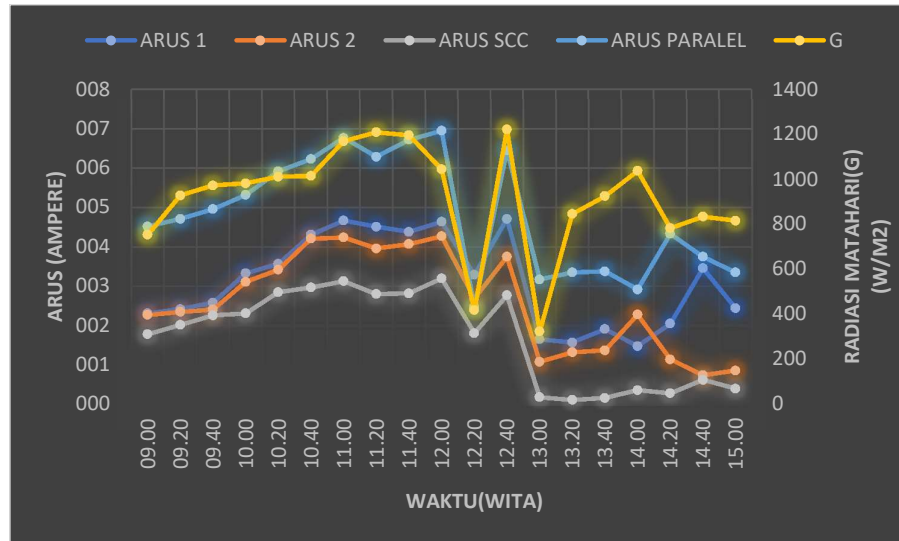
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{Out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	754,2	313,596	32,802	32,007	63,732	23,852	10,46	10,21
2	09.20	928,7	386,153	35,816	34,545	68,295	27,270	9,28	8,95
3	09.40	973,1	404,615	38,184	35,668	72,912	30,284	9,44	8,82
4	10.00	982,4	408,482	49,617	46,028	78,204	31,416	12,15	11,27
5	10.20	1011,8	420,706	53,193	50,958	86,432	39,045	12,64	12,11
6	10.40	1015,2	422,120	65,081	63,150	90,958	40,986	15,42	14,96
7	11.00	1170,5	486,694	71,451	64,448	96,811	43,194	14,68	13,24
8	11.20	1209,9	503,076	69,454	60,588	91,834	38,640	13,81	12,04
9	11.40	1196,3	497,422	67,452	62,678	97,440	38,916	13,56	12,60
10	12.00	1045	434,511	73,312	67,039	103,555	44,160	16,87	15,43
11	12.20	419,3	174,345	48,363	39,274	32,604	24,254	27,74	22,53
12	12.40	1222,1	508,149	73,947	59,250	94,170	38,503	14,55	11,66
13	13.00	323,8	134,636	22,440	14,580	41,527	2,322	16,67	10,83
14	13.20	846,5	351,975	21,195	17,820	44,220	1,419	6,02	5,06
15	13.40	925,8	384,948	26,167	18,769	44,413	2,040	6,80	4,88
16	14.00	1038,4	431,767	20,572	32,148	38,310	4,644	4,76	7,45
17	14.20	783,4	325,738	27,675	15,276	56,463	3,584	8,50	4,69
18	14.40	834,4	346,944	48,440	10,212	49,463	7,936	13,96	2,94
19	15.00	816,6	339,542	33,428	11,610	43,818	5,120	9,85	3,42

Berdasarkan lampiran 7 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.44 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

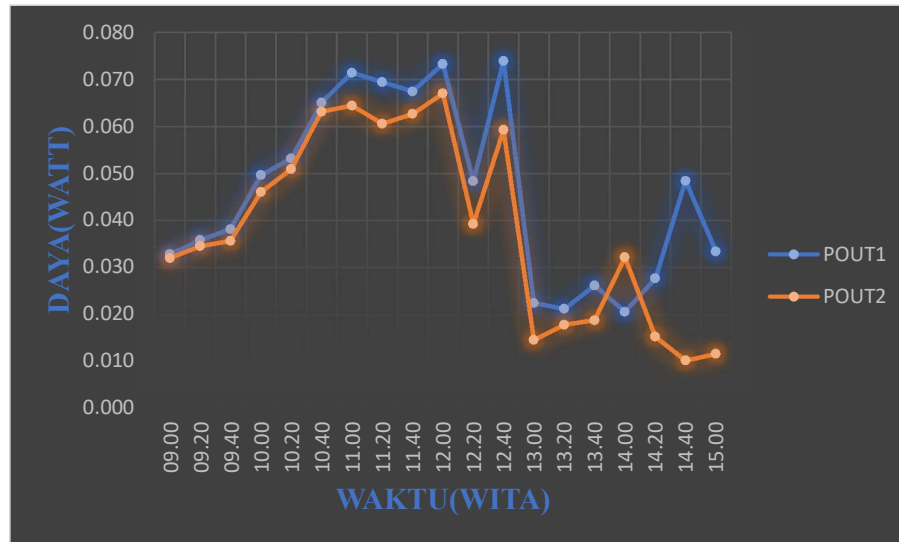
Berdasarkan Gambar 4.44 dapat dilihat bahwa grafik tegangan bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan dapat terlihat pada pukul 12.20 WITA sampai pada pukul 13.00 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka akan diikuti pula oleh penurunan jumlah tegangan. Sedangkan ketika intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan maka tegangan yang dihasilkan juga akan mengalami kenaikan.



Gambar 4.45 Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

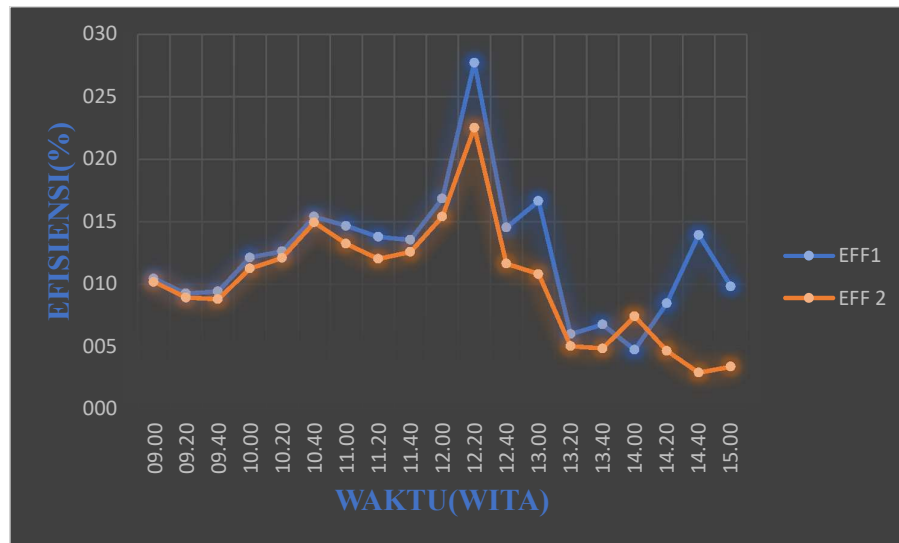
Berdasarkan Gambar 4.45 dapat dilihat bahwa grafik arus bersifat fluktuatif. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap arus yang dihasilkan dapat terlihat pada pukul 12.40 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan maka akan diikuti oleh kenaikan jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya. Sedangkan pada pukul 13.00 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka arus yang dihasilkan juga mengalami penurunan.

Berdasarkan Tabel 4.7 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.46 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

Berdasarkan Gambar 4.46 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 12.40 WITA yaitu 73,947 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 20,572 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 12.00 WITA yaitu 67,039 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 14.40 WITA yaitu 10,212 watt.



Gambar 4.47 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 7 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 25 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

Berdasarkan Gambar 4.47 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 12.20 WITA yaitu 27,74 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 4,76 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 12.20 WITA yaitu 21,08 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 14.40 WITA yaitu 3,10 %.

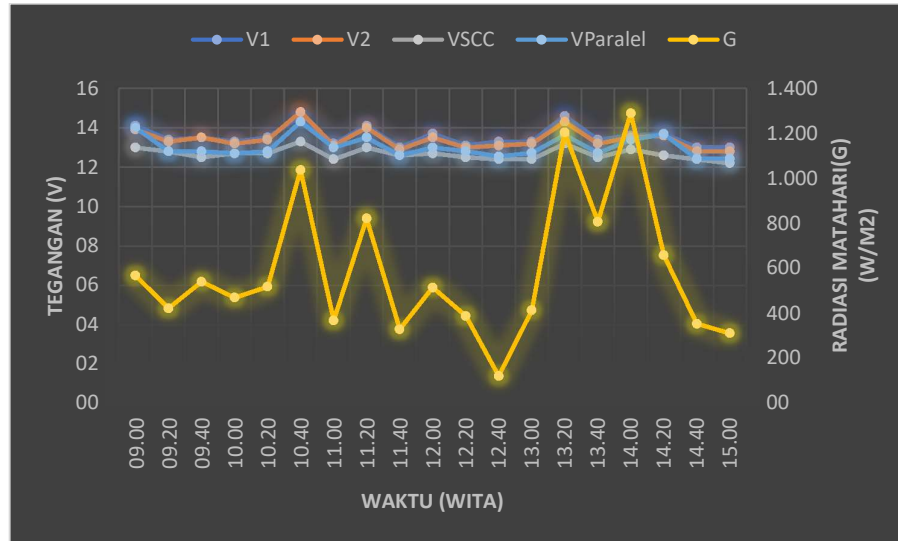
4). Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil Analisis Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

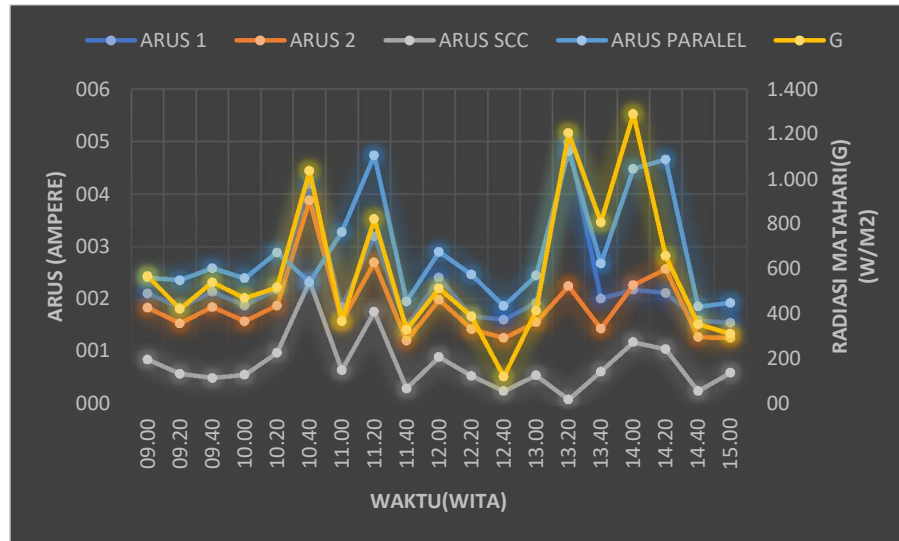
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{Out2}	P _{Paralel}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	569,3	236,715	29,751	25,576	33,740	11,050	12,57	10,80
2	09.20	423,7	176,174	24,656	20,482	30,208	7,424	14,00	11,63
3	09.40	541,3	225,073	28,890	24,975	33,152	6,250	12,84	11,10
4	10.00	471,5	196,050	25,004	20,856	30,480	7,112	12,75	10,64
5	10.20	519,4	215,967	29,565	25,192	36,992	12,446	13,69	11,66
6	10.40	1037,5	431,393	61,174	57,424	33,176	31,122	14,18	13,31
7	11.00	370,3	153,971	24,420	20,698	42,640	8,060	15,86	13,44
8	11.20	822,7	342,079	45,120	37,800	63,990	22,880	13,19	11,05
9	11.40	330,9	137,588	19,110	15,609	24,696	3,780	13,89	11,34
10	12.00	515,8	214,470	33,017	26,865	37,700	11,430	15,39	12,53
11	12.20	390,4	162,328	22,008	18,590	31,641	6,750	13,56	11,45
12	12.40	123,1	51,185	21,413	16,506	23,469	3,100	41,83	32,25
13	13.00	415,0	172,557	25,669	20,592	31,164	6,820	14,88	11,93
14	13.20	1204,2	500,706	72,708	32,175	65,745	27,588	14,52	6,43
15	13.40	808,3	336,091	26,934	19,008	34,090	7,750	8,01	5,66
16	14.00	1289,7	536,257	29,648	30,645	60,032	15,222	5,53	5,71
17	14.20	658,7	273,887	29,044	34,952	63,702	13,230	10,60	12,76
18	14.40	355,1	147,651	20,800	16,384	23,120	3,100	14,09	11,10
19	15.00	313,1	130,187	20,150	16,128	23,990	7,320	15,48	12,39

Berdasarkan lampiran 8 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.48 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

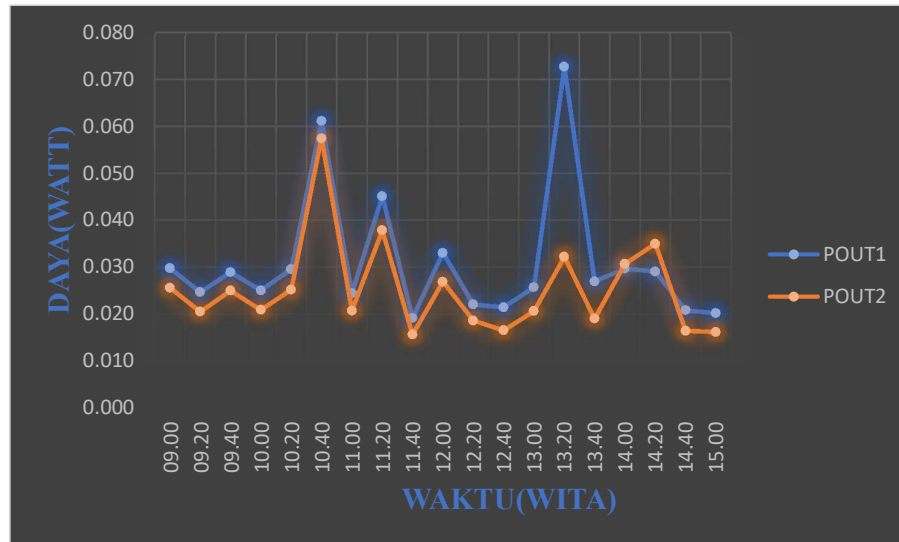
Berdasarkan Gambar 4.48 dapat dilihat bahwa grafik tegangan bersifat fluktuatif. Tegangan yang bersifat fluktuatif ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari yang juga bersifat fluktuatif, sehingga mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh panel surya. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap tegangan dapat dapat terlihat pada 13.20 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan, maka tegangan juga akan mengalami kenaikan. Sedangkan pada pukul 15.00 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka akan diikuti oleh penurunan jumlah tegangan.



Gambar 4.49 Grafik hubungan antara Arus,Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

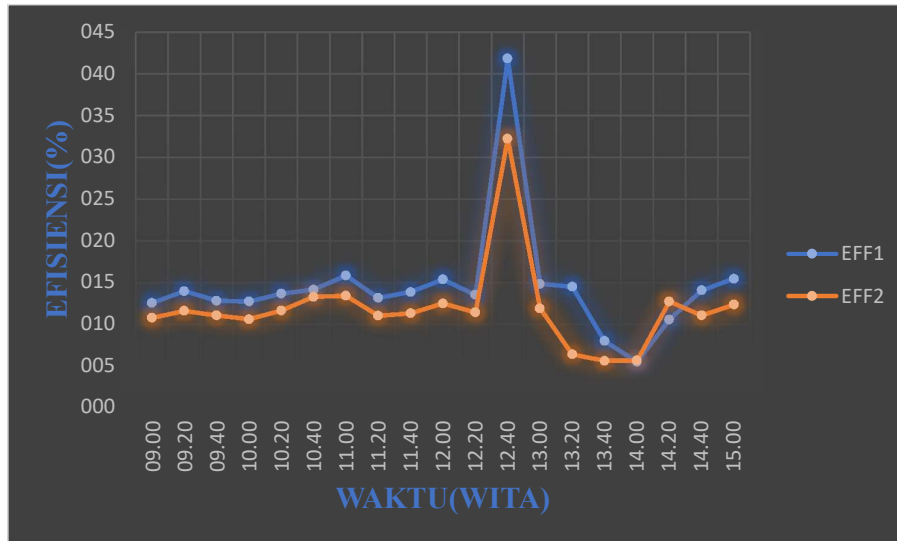
Berdasarkan Gambar 4.49 dapat dilihat bahwa grafik arus bersifat fluktuatif. Pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap arus yang dihasilkan dapat terlihat pada pukul 11.20 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami kenaikan maka akan diikuti oleh kenaikan jumlah arus yang dihasilkan oleh panel surya. Sedangkan pada pukul 14.00 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka arus yang dihasilkan juga mengalami penurunan.

Berdasarkan Tabel 4.8 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut



Gambar 4.50 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

Berdasarkan Gambar 4.50 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 13.20 WITA yaitu 72,708 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 11.40 WITA yaitu 19,11 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 10.40 WITA yaitu 57,424 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 11.40 WITA yaitu 15,609 watt.



Gambar 4.51 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 8 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Beban AC 40 Watt pada Rangkaian Paralel Berbeban

Berdasarkan Gambar 4.51 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 12.40 WITA yaitu 41,83 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 14.00 WITA yaitu 5,53 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 12.40 WITA yaitu 32,25 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 13.40 WITA yaitu 5,66 %.

4.5.3 Rangkaian Seri Tanpa Beban

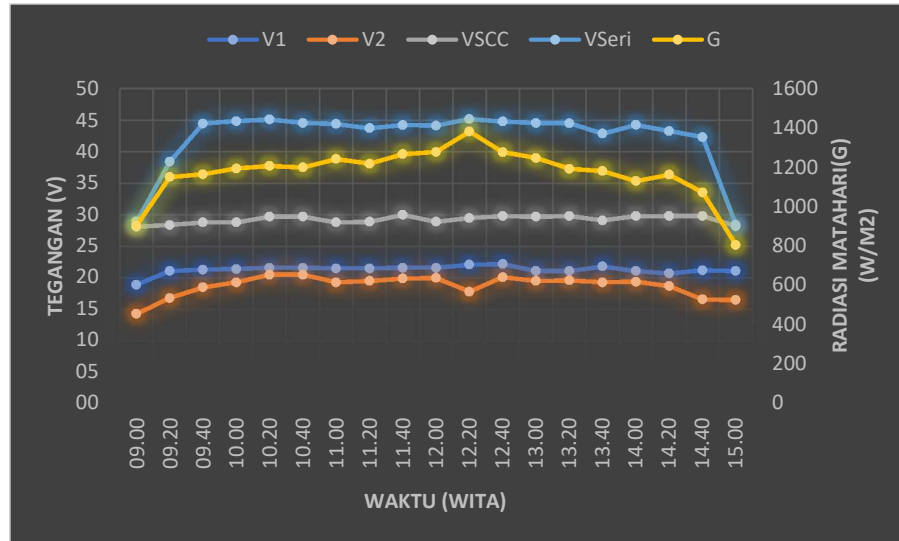
1). Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17 °)

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.9 Hasil Analisis Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17 °) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

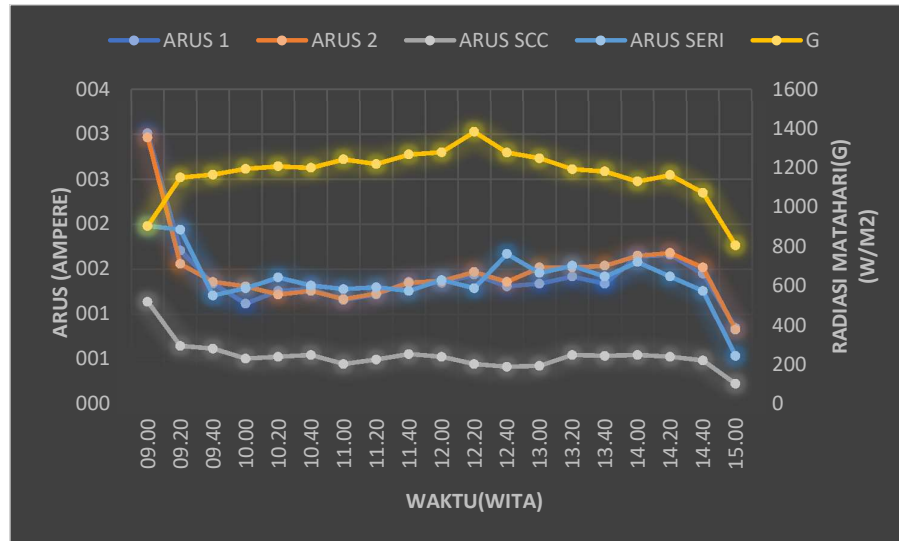
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{Out2}	P _{Seri}	P _{SCC}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	905,4	376,465	56,889	42,328	57,281	32,034	15,11	11,24
2	09.20	1151,1	478,627	36,081	26,208	74,535	18,460	7,54	5,48
3	09.40	1166,1	484,864	28,542	25,160	53,821	17,856	5,89	5,19
4	10.00	1195,2	496,964	23,968	25,283	57,869	14,688	4,82	5,09
5	10.20	1207,9	502,245	27,216	25,010	63,619	15,741	5,42	4,98
6	10.40	1200,5	499,168	27,648	25,830	58,819	16,335	5,54	5,17
7	11.00	1243,4	517,006	24,940	22,581	56,832	12,960	4,82	4,37
8	11.20	1219,4	507,027	26,230	23,985	56,862	14,450	5,17	4,73
9	11.40	1267,3	526,943	29,376	26,865	55,730	16,800	5,57	5,10
10	12.00	1279,3	531,933	29,160	27,400	60,913	15,317	5,48	5,15
11	12.20	1382,4	574,802	31,824	26,166	58,295	13,275	5,54	4,55
12	12.40	1277,4	531,143	29,082	27,336	74,783	12,516	5,48	5,15
13	13.00	1248,3	519,043	28,274	29,640	65,058	12,771	5,45	5,71
14	13.20	1193,5	496,257	29,962	29,792	68,561	16,390	6,04	6,00
15	13.40	1181,9	491,434	29,212	29,722	60,875	15,740	5,94	6,05
16	14.00	1131,5	470,478	34,604	32,010	69,931	16,390	7,36	6,80
17	14.20	1163,6	483,825	34,362	31,416	61,458	15,794	7,10	6,49
18	14.40	1073,8	446,486	30,740	25,232	53,323	14,602	6,88	5,65
19	15.00	807,7	335,842	17,935	13,695	15,341	6,486	5,34	4,08

Berdasarkan lampiran 9 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.52 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

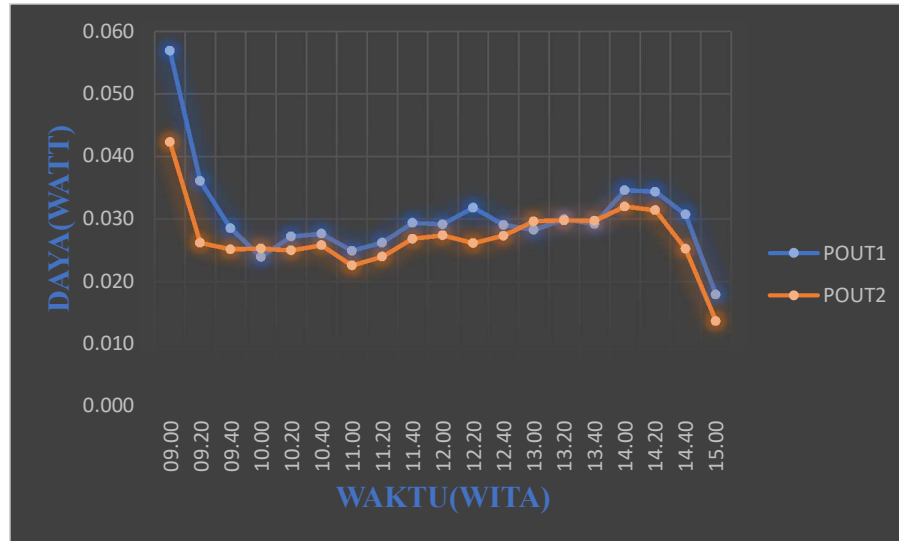
Berdasarkan Gambar 4.52 tegangan seri (V_{Seri}) dan intensitas radiasi matahari menunjukkan tren grafik yang membentuk garis parabola. Sedangkan pada panel surya 1 (V_1), panel surya 2 (V_2) dan tegangan SCC (V_{SCC}) menunjukkan tren yang lebih landai dan stabil. Pada grafik tersebut juga terlihat bahwa tegangan seri (V_{Seri}) mengalami kenaikan dari pukul 09.00 WITA sampai pukul 09.40 WITA dan pada pukul 09.40 WITA sampai pukul 14.40 WITA tren grafiknya terlihat lebih landai dan stabil. Pada pukul 15.00 WITA ketika intensitas radiasi matahari mengalami penurunan, maka tegangan yang dihasilkan oleh panel surya juga mengalami penurunan.



Gambar 4.53 Grafik hubungan antara Arus , Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

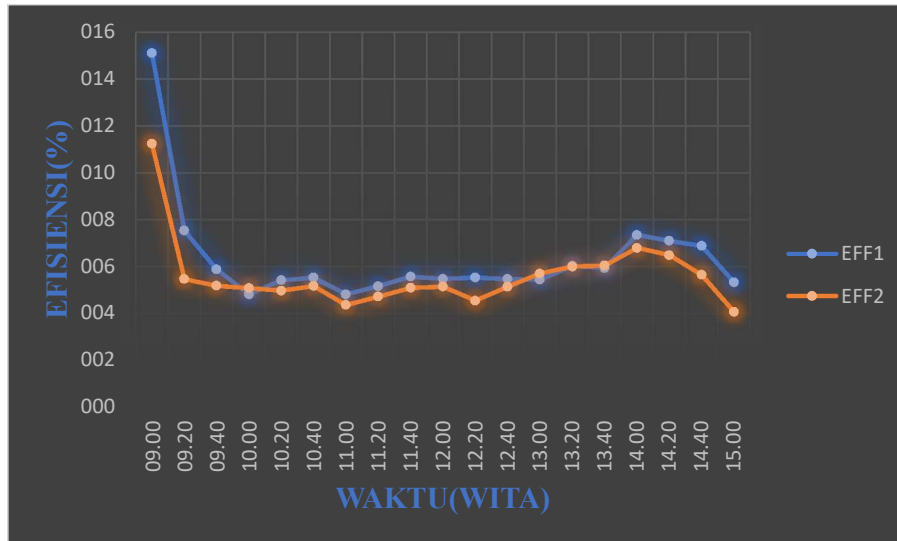
Berdasarkan Gambar 4.53 dapat dilihat bahwa pada pukul 09.00 WITA, arus yang dihasilkan oleh panel surya tinggi. Akan tetapi pada pukul 09.20 WITA mengalami penurunan. Pada pukul 09.40 WITA arus yang dihasilkan oleh panel surya cenderung lebih stabil hingga pukul 14.40 WITA. Pada pukul 15.00 WITA arus yang dihasilkan mengalami penurunan disertai dengan penurunan intensitas radiasi matahari.

Berdasarkan Tabel 4.9 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.54 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.54 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik daya panel 1 (P_{out1}) daya tertinggi terjadi pukul 09.00 WITA yaitu 56,889 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 15.00 WITA yaitu 17,935 watt. Garis grafik daya panel 2 (P_{out2}) daya tertinggi terjadi pukul 09.00 WITA yaitu 42,328 watt, sedangkan daya terendah terjadi pukul 15.00 WITA yaitu 13,695 watt.



Gambar 4.55 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 9 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.55 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan panel bersifat fluktuatif. Pada garis grafik efisiensi 1 (Eff1) efisiensi tertinggi terjadi pukul 09.00 WITA yaitu 15,11 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 10.00 dan 11.00 WITA yaitu 4,82 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) efisiensi tertinggi terjadi pukul 09.00 WITA yaitu 11,24 %, sedangkan efisiensi terendah terjadi pukul 15.00 WITA yaitu 4.08 %.

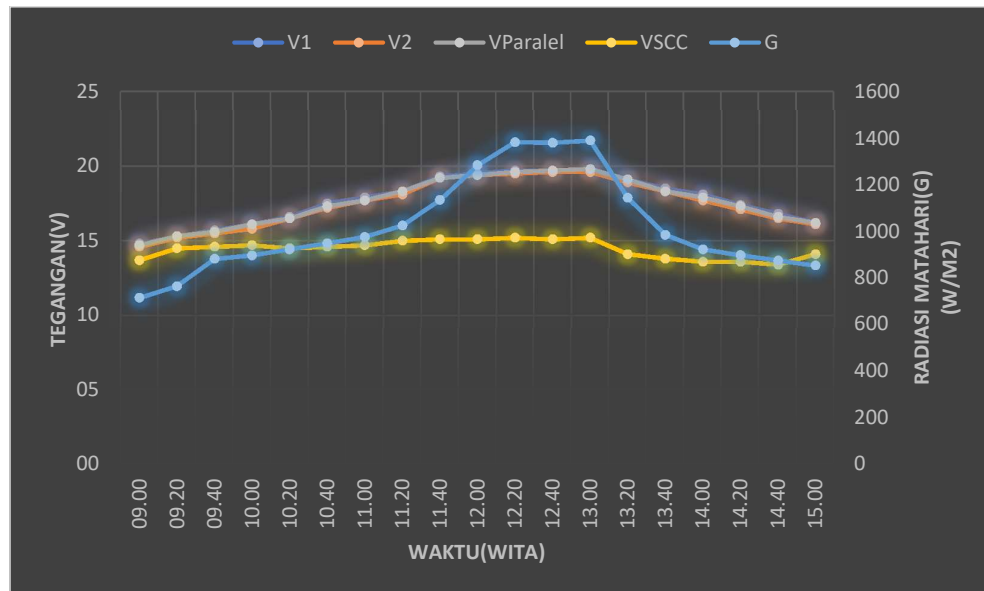
4.5.4 Rangkaian Paralel Pada Penyinaran Normal

Berdasarkan hasil analisis data, maka diperoleh tabel hasil analisis data sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil Analisis Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17 °) untuk Rangkaian Paralel Pada Penyinaran Normal

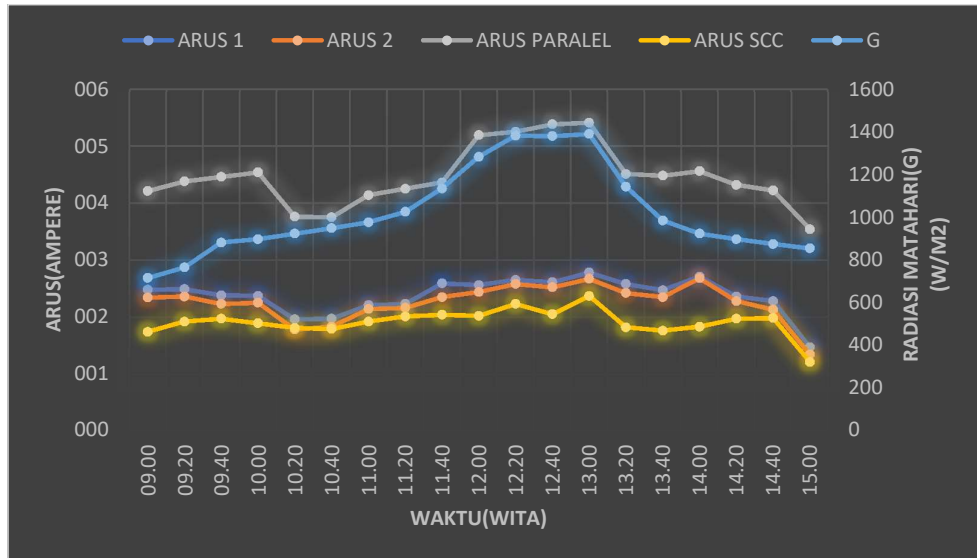
No.	Waktu	G	P _{In}	P _{Out1}	P _{out2}	PParalel	P _{scc}	η ₁	η ₂
	WITA	(W/m ²)	W	W	W	W	W	%	%
1	09.00	715,9	297,671	36,704	34,164	61,887	23,838	12,33	11,48
2	09.20	765,7	318,378	38,097	35,872	67,014	27,840	11,97	11,27
3	09.40	882,3	366,860	37,366	34,565	69,576	28,762	10,19	9,42
4	10.00	897,4	373,139	38,157	35,550	73,094	27,783	10,23	9,53
5	10.20	923,5	383,991	32,536	29,370	62,040	26,245	8,47	7,65
6	10.40	948,9	394,553	34,475	31,476	64,875	26,134	8,74	7,98
7	11.00	976,3	405,946	39,559	37,878	73,278	28,224	9,74	9,33
8	11.20	1025,2	426,278	40,809	39,096	77,775	30,150	9,57	9,17
9	11.40	1134,7	471,808	49,987	45,120	83,712	30,804	10,59	9,56
10	12.00	1283,3	533,596	49,920	47,336	100,686	30,502	9,36	8,87
11	12.20	1381,9	574,594	52,205	50,310	102,900	33,896	9,09	8,76
12	12.40	1379,5	573,596	51,417	49,392	105,986	30,955	8,96	8,61
13	13.00	1389,6	577,796	55,044	52,332	107,118	36,024	9,53	9,06
14	13.20	1143,4	475,426	49,278	45,738	86,141	25,662	10,37	9,62
15	13.40	985,4	409,729	45,695	43,005	81,984	24,288	11,15	10,50
16	14.00	923,5	383,991	49,051	47,436	81,624	24,888	12,77	12,35
17	14.20	897,8	373,305	41,064	38,988	74,736	26,792	11,00	10,44
18	14.40	875,2	363,908	38,304	35,145	70,052	26,532	10,53	9,66
19	15.00	854,20	355,176	23,814	21,574	57,348	17,061	6,70	6,07

Berdasarkan lampiran 10 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



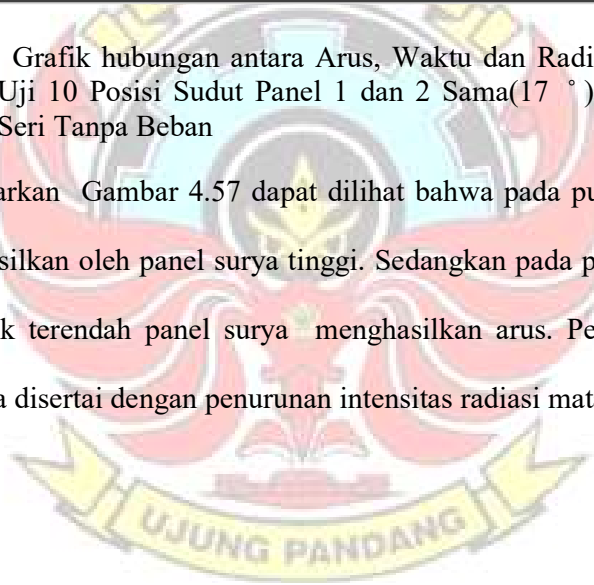
Gambar 4.56 Grafik hubungan antara Tegangan, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama(17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.56 tegangan panel surya 1(V1), panel surya 2 (V2), tegangan SCC (Vsc) dan intensitas radiasi matahari menunjukkan tren yang bersifat linear. Pada grafik terlihat bahwa tegangan yang dihasilkan oleh panel surya berbanding lurus dengan intensitas radiasi matahari.

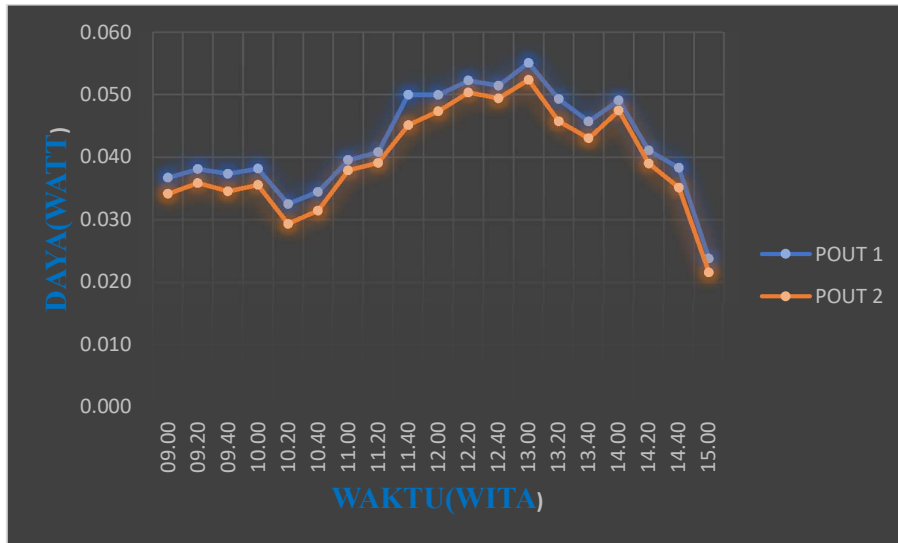


Gambar 4.57 Grafik hubungan antara Arus, Waktu dan Radiasi Matahari pada Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama(17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.57 dapat dilihat bahwa pada pukul 13.00 WITA, arus yang dihasilkan oleh panel surya tinggi. Sedangkan pada pukul 15.00 WITA merupakan titik terendah panel surya menghasilkan arus. Penurunan produksi arus listrik juga disertai dengan penurunan intensitas radiasi matahari.

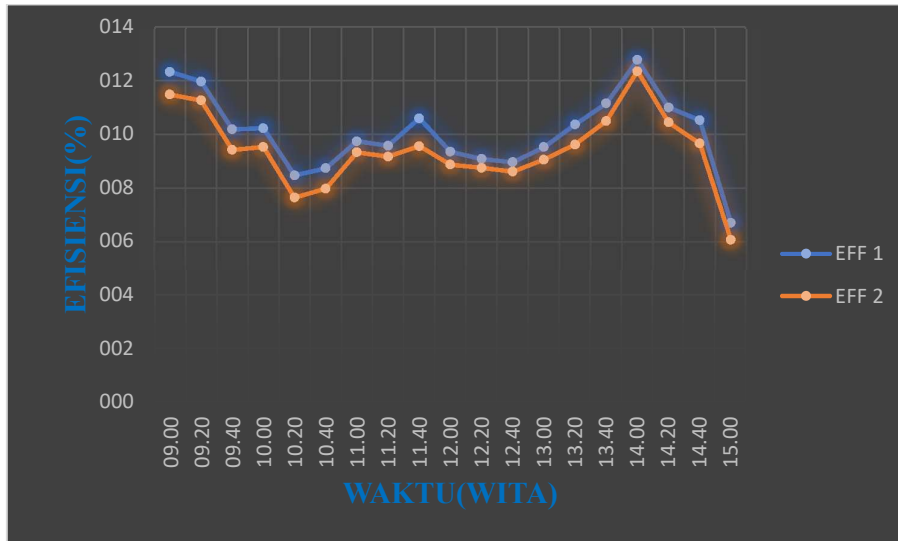


Berdasarkan Tabel 4.10 maka dapat digambarkan dalam grafik berikut.



Gambar 4.58 Grafik hubungan antara Daya dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama (17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.58 dapat dilihat bahwa daya yang dihasilkan panel surya memiliki tren yang bersifat linear. Pada pukul 13.00 WITA terlihat bahwa daya yang dihasilkan merupakan daya tertinggi yang dihasilkan oleh panel surya. Sedangkan pada pukul 15.00 WITA merupakan waktu dimana daya yang dihasilkan oleh panel surya kecil. Hal ini disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang juga mengalami penurunan.



Gambar 4.59 Grafik hubungan antara Efisiensi dengan Waktu pada Hasil Analisis Uji 10 Posisi Sudut Panel 1 dan 2 Sama(17°) untuk Rangkaian Seri Tanpa Beban

Berdasarkan Gambar 4.59 dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan bersifat fluktuatif. Pada grafik terlihat bahwa efisiensi 1 (Eff1) tertinggi pada pukul 14.00 WITA yaitu 12,77 % ,sedangkan efisiensi terendah terjadi pada pukul 15.00 WITA yaitu 6,70 %. Garis grafik efisiensi 2 (Eff2) memiliki efisiensi tertinggi pada pukul 14.00 WITA yaitu 12,35 %, sedangkan efisiensi terendah pada pukul 15.00 WITA yaitu 6,07 %.

BAB V PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

1. Modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya menggunakan panel surya 50 wp sebanyak 2 buah yang diletakkan pada rangka dan dikoneksikan dengan menggunakan kabel menuju ke modul instrumen pengamatan yang terdiri atas alat ukur, solar charge controller, inverter, beban, dan baterai. Modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya hasil rancangan dapat di hubungkan secara seri maupun secara paralel serta dapat dilakukan pengaturan variasi sudut kemiringan panel surya.
2. Pada uji 1 sudut kemiringan 17° , panel surya 1 menghasilkan tegangan rata-rata 18,41 Volt dan arus rata-rata 2,21 A, panel surya 2 menghasilkan tegangan rata-rata 18 Volt dan arus rata-rata 1,60 A. Maka tegangan paralel rata-rata 18,36 Volt dan arus paralel rata-rata 4,17 A. Sedangkan pada uji 9 kemiringan 17° , panel surya 1 menghasilkan tegangan rata-rata 21,28 Volt dan arus rata-rata 1,43 A, panel surya 2 menghasilkan tegangan rata-rata 18,74 Volt dan arus rata-rata 1,46 A. Maka tegangan seri rata-rata 42,26 Volt dan arus seri rata-rata 1,39 A. Perbedaan tegangan dan arus panel surya ketika dirangkai paralel atau seri telah sesuai dengan hukum ohm.
3. Sudut kemiringan panel surya pada posisi 17° merupakan posisi terbaik, karena menghasilkan arus listrik yang cukup besar untuk melakukan *charging* ke baterai. Sedangkan posisi sudut 90° merupakan posisi yang kurang baik, dimana arus listrik yang dihasilkan sangat kecil.

5.2 SARAN

1. Pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya menggunakan solar charge controller tipe PWM. Oleh sebab itu, untuk penelitian berikutnya diharapkan juga untuk memasang solar charge controller tipe MPPT, untuk mengetahui perbandingan antara solar charge controller tipe PWM dengan solar charge controller tipe MPPT.
2. Inverter pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sistem 12 VDC. Oleh sebab itu, untuk penelitian selanjutnya diharapkan menambahkan inverter sistem 24 VDC pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfanz, R., K.F.M., & Haryanto,H (2015).” Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal”. *SETRUM*,1-6.
- Amartha,R.(2014).”Rancang Bangun Prototype Sistem Pembangkit Energi Terbarukan Pembangkit Listrik Tenaga Surya(PLTS) Yang Terintegrasi Dengan Jaringan PLN. Bandar Lampung.
- Ariani,Tri dan Wahyuni Arini.2020.Pengembangan Protipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Energi Alternatif di Kota Lubuklinggau.*Jurnal Inovasi Pendidikan*,(Online),Vol.10,No.1,Hal.26-32 ([http:// www.academia.edu](http://www.academia.edu)) (diakses 10 Desember 2020).
- Dewi, Ardiani Eko. 2007. Optimalisasi rangkaian panel sel surya dengan menggunakan *battery pb-acid* sebagai sistem penyimpanan energi surya. Surakarta:UNS.
- Dwi Putra, R.G.2012. Perancangan Triner Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Mata Kuliah Pembangkit Energi Listrik. Jakarta.
- Franz Kininger, 2003: *Photovoltaic Systems Technology*, Universitas kassel, Germany.
- Haryanto, A., Dahlan,. & Kodir, A.2015. Pemanfaatan Inverter Sistem Off Grid Pada Pembangkit Listrik Tenaga Matahari. *Elektronika Vol.4,No. 1*.
- Hidayat,Rahmat. dkk. 2017. Modul Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Aplikasi Beban Rendah(600 W). *Jurnal INTEKNA*,(Online),Vol.17,No.1,Hal. 1-78 ([http:// ejurnal.poliban.ac.id](http://ejurnal.poliban.ac.id)) (diakses 10 Desember 2020).
- Julisman, Andi, dkk. 2017. Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola. Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Khaffi,Ashabul.dkk.2020.”Rancang Bangun Modul Trainer Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)”. *Jurnal Teknik Elektro*,(Online), Vol.02, No.3 ([http:// Jurnal. Poliupg.ac.id](http://Jurnal.Poliupg.ac.id)) (diakses 10 Desember 2020).

- Mukmiati dan Asyar Paharuddin.2020.Rancang Bangun Pembangkit Hybrid PLTS-PLTB pada Bangunan Budidaya Burung Walet. Laporan Tugas Akhir.Politeknik Negeri Ujung Pandang
- Ramadhan, Anwar Iimar.dkk.2016. Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Ejurnal.Undip* ,(Online), (<http://ejurnal.Undip.ac.id/indeks.Php/teknik> (diakses 10 Desember 2020).
- Rif'an, M, dkk. 2012. Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. *Jurnal EECCIS vol.6 (1): 45.*
- Safrizal. 2017. Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik pada Gedung Fakultas Sains dan Teknologi Unismu Jepara. Fakultas Sains dan Teknologi UNISMU Jepara.
- Samsurizal.dkk.2018.Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran pada Photovoltaik Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method. *Jurnal energi dan kelistrikan,(Online).Vol.10,No.2.* ([http:// stt-pln.e-journal.id](http://stt-pln.e-journal.id) (diakses 11 Februari 2021).
- Sutarno. Ir, M. Sc : 2013. “Sumber Daya Energi”. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Unggul Wibawa dkk : 2008.” Penerapan Sistem Photovoltaik Sebagai Suplai Daya Listrik Beban Pertamanan”. *Jurnal EECCIS Vol. II, No. 1, Juni 2008.*
- Yuliananda,Subekti.dkk.2015.Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. *Jurnal Pengabdian LPPM, (Online),Vol.01, No.02,Hal.193-202* ([http:// Jurnal. Untag-sby.ac.id](http://Jurnal.Untag-sby.ac.id) (diakses 10 Desember 2020).

L

A

M

P

I

R

A

N



Lampiran 1

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17 °)

Tanggal : Jumat,9 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Alat Ukur Pyranometer	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(W/m ²)	
1	09.00	14,7	2,58	14,6	2,11	14,7	2,62	13,5	1,74	100	13,9	1,74	24,186	782,2	Cerah
2	09.20	15,3	2,46	15,2	2,03	15,3	2,89	14,0	1,92	100	14,5	1,92	27,840	827,5	Cerah
3	09.40	19,7	2,28	19,3	1,28	19,5	4,46	13,8	1,97	100	14,7	1,97	28,959	1126,7	Cerah
4	10.00	19,5	2,38	19,2	1,44	19,3	4,77	13,9	1,89	100	14,8	1,89	27,972	1102,6	Cerah
5	10.20	19,2	1,96	19,0	1,27	19,2	4,19	13,8	1,81	100	14,6	1,81	26,426	1087,8	Cerah
6	10.40	19,1	1,75	18,9	1,21	19,1	3,37	13,8	1,79	100	14,6	1,79	26,134	715,8	Cerah
7	11.00	19,3	2,20	19,0	1,45	19,2	4,14	13,9	1,92	100	14,6	1,92	28,032	828,2	Cerah
8	11.20	19,4	2,21	19,1	1,52	19,3	4,55	14,0	2,01	100	15,0	2,01	30,150	1299,2	Cerah
9	11.40	19,5	2,64	19,2	1,67	19,4	5,16	14,1	2,04	100	15,0	2,04	30,600	1295,3	Cerah
10	12.00	19,5	2,54	19,2	1,78	19,5	5,59	14,1	2,02	100	15,0	2,02	30,300	1283,3	Cerah
11	12.20	19,7	2,63	19,5	1,80	19,7	6,12	14,2	2,23	100	15,2	2,23	33,896	1381,9	Cerah
12	12.40	19,7	2,59	19,5	1,77	19,7	5,88	14,2	2,05	100	15,1	2,05	30,955	1345,4	Cerah

13	13.00	19,8	2,88	19,4	2,07	19,8	6,76	14,3	2,37	100	15,3	2,37	36,261	1339,1	Cerah
14	13.20	19,1	1,48	19,3	1,03	19,1	3,37	13,9	1,82	100	14,0	1,82	25,480	1143,4	Cerah
15	13.40	14,4	0,79	14,2	0,62	14,3	0,87	13,6	0,65	100	13,6	0,65	8,840	182,3	Berawan
16	14.00	19,3	2,69	15,1	2,75	19,3	3,92	13,9	2,03	100	14,3	2,03	29,029	608,5	Cerah
17	14.20	18,7	2,35	18,7	1,89	18,7	4,64	13,7	1,97	100	14,8	1,97	29,156	671,4	Cerah
18	14.40	19,7	2,28	19,4	1,53	19,5	4,32	13,6	1,98	100	14,4	1,98	28,512	801,7	Cerah
19	15.00	14,3	1,41	14,2	1,34	14,3	1,71	13,5	1,21	100	13,8	1,21	16,698	406,80	Berawan

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,40
Akhir	15.10	12,88



Lampiran 2

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 2 Posisi sudut panel 1 (sesuai standar 17 °) dan posisi sudut panel 2 5 °

Tanggal : Sabtu,10 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Alat Ukur Pyranometer	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(W/m ²)	
1	09.00	14,8	2,74	14,6	2,11	14,7	3,25	13,6	1,98	100	14,4	1,98	28,512	823,6	Cerah
2	09.20	14,8	2,18	15,2	2,03	14,8	2,77	13,8	1,73	100	14,1	1,73	24,398	608,3	Cerah
3	09.40	19,4	2,04	19,3	1,28	19,6	4,16	13,8	1,72	100	14,8	1,72	25,456	1126,5	Cerah
4	10.00	19,2	2,11	19,2	1,44	19,1	3,92	13,8	1,84	100	14,5	1,84	26,680	1123,3	Cerah
5	10.20	19,2	1,83	19,0	1,27	19,1	3,98	13,8	1,71	100	14,5	1,71	24,795	967,3	Cerah
6	10.40	19,4	1,95	18,9	1,21	19,2	3,34	13,8	1,68	100	14,5	1,68	24,360	816,9	Cerah
7	11.00	19,5	2,43	19,0	1,45	19,5	5,42	14,1	1,75	100	15,2	1,75	26,600	964,2	Cerah
8	11.20	19,4	2,35	19,1	1,52	19,4	4,57	14,0	1,81	100	15,0	1,81	27,150	1101,1	Cerah
9	11.40	19,4	2,52	19,2	1,67	19,4	4,59	14,1	0,11	100	14,9	0,11	28,906	1291,4	Cerah
10	12.00	19,5	2,60	19,2	1,78	19,5	5,51	14,1	2,01	100	15,2	2,01	30,552	1285,7	Cerah
11	12.20	19,7	2,55	19,5	1,80	19,5	5,58	14,2	1,92	100	15,2	1,92	29,184	1335,5	Cerah
12	12.40	19,6	2,59	19,5	1,77	19,5	5,68	14,2	1,98	100	15,3	1,98	30,294	1338,2	Cerah

13	13.00	19,7	2,92	19,4	2,07	19,7	4,30	14,4	2,31	100	15,4	2,31	35,574	1523,6	Cerah
14	13.20	14,3	1,77	19,3	1,03	14,2	0,92	13,7	0,63	100	13,7	0,63	0,631	163,4	Berawan
15	13.40	14,5	1,07	14,2	0,62	14,4	1,02	13,7	0,82	100	13,9	0,82	11,398	447,5	Berawan
16	14.00	16,1	2,95	15,1	2,75	15,9	2,36	14,1	0,87	100	14,3	0,87	26,741	543,8	Cerah
17	14.20	19,5	2,25	18,7	1,89	19,4	4,64	14,1	1,91	100	14,0	1,91	26,740	1095,4	Cerah
18	14.40	17,0	2,37	19,4	1,53	16,8	2,72	14,1	1,98	100	14,5	1,98	28,710	577,5	Cerah
19	15.00	15,1	1,70	14,2	1,34	15,1	1,69	14,1	1,43	100	14,2	1,43	20,306	566,4	Cerah

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,75
Akhir	15.10	13,16



Lampiran 3

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 3 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17 °) dan posisi sudut panel 2 50 °

Tanggal : Senin,12 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Alat Ukur Pyranometer	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(W/m ²)	
1	09.00	19,3	1,18	18,9	1,15	19,1	3,29	13,8	1,02	100	13,8	1,02	14,076	965,3	Cerah
2	09.20	19,3	1,24	19,1	1,24	19,2	3,31	13,9	1,07	100	13,8	1,07	14,766	968,4	Cerah
3	09.40	18,0	1,08	17,7	0,75	17,9	2,03	14,0	1,02	100	13,8	1,02	14,076	792,8	Cerah
4	10.00	20,1	2,05	20,0	1,17	20,0	4,67	14,7	1,95	100	15,8	1,95	30,810	1523,7	Cerah
5	10.20	19,6	1,72	19,3	0,89	19,6	3,08	14,4	1,61	100	15,1	1,61	24,311	751,2	Cerah
6	10.40	17,9	1,16	17,4	0,56	17,8	1,81	14,0	0,76	100	14,4	0,76	10,944	350,8	Berawan
7	11.00	17,5	1,28	17,1	0,81	17,5	1,74	14,1	0,83	100	14,5	0,83	12,035	338,5	Berawan
8	11.20	19,5	1,80	19,4	1,04	19,5	3,64	14,3	1,71	100	15,1	1,71	25,821	688,7	Cerah
9	11.40	20,9	2,24	20,5	1,49	20,7	5,84	14,7	2,03	100	16,1	2,03	32,683	1262,3	Cerah
10	12.00	19,7	2,03	19,3	1,21	19,5	4,25	14,5	1,98	100	15,8	1,98	31,284	941,5	Cerah
11	12.20	19,0	1,19	18,5	0,52	18,7	2,25	14,1	1,03	100	14,7	1,03	15,141	466,6	Cerah
12	12.40	19,3	1,68	18,9	0,74	19,2	2,70	14,3	1,45	100	15,1	1,45	21,895	785,8	Cerah

13	13.00	20,2	1,98	19,7	1,05	20,1	3,66	14,5	1,92	100	15,5	1,92	29,760	914,3	Cerah
14	13.20	19,6	2,44	19,1	0,24	19,6	3,58	14,3	1,97	100	15,2	1,97	29,944	1131,6	Cerah
15	13.40	14,9	1,30	14,6	0,67	14,8	1,46	13,9	0,91	100	14,2	0,91	12,922	366,7	Berawan
16	14.00	18,9	1,07	18,7	1,01	18,9	2,08	14,0	0,87	100	14,4	0,87	12,528	394,5	Berawan
17	14.20	19,8	1,74	19,5	1,63	19,7	2,33	14,4	0,86	100	14,8	0,86	12,728	336,7	Berawan
18	14.40	20,6	2,17	20,2	1,32	20,6	5,21	14,7	0,89	100	14,6	0,89	12,994	348,5	Berawan
19	15.00	18,9	0,92	18,7	0,52	18,9	2,48	14,1	0,87	100	14,8	0,87	12,876	340,6	Berawan

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,90
Akhir	15.10	13,63



Lampiran 4

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 4 Posisi sudut panel 1 (Sesuai standar 17 °) dan posisi sudut panel 2 90 °

Tanggal : Selasa,13 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Alat Ukur Pyranomter	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(W/m ²)	
1	09.00	15,8	1,86	15,6	0,42	15,6	2,52	13,2	1,81	100	13,8	1,81	24,978	982,7	Cerah
2	09.20	17,5	1,92	17,3	0,48	17,3	2,71	13,4	1,83	100	14,1	1,83	25,803	1085,2	Cerah
3	09.40	19,2	2,26	19,0	0,54	19,1	2,39	13,9	1,98	100	14,7	1,98	29,106	1163,5	Cerah
4	10.00	21,0	1,84	20,6	0,24	20,8	3,70	14,5	1,78	100	15,3	1,78	27,234	1189,2	Cerah
5	10.20	21,1	1,95	20,7	0,07	20,9	3,58	14,5	1,87	100	15,3	1,87	28,611	1249,5	Cerah
6	10.40	21,3	1,92	21,0	0,09	21,1	4,13	14,5	1,88	100	15,3	1,88	28,764	1249,8	Cerah
7	11.00	21,3	2,12	21,1	0,21	21,3	4,18	14,5	1,71	100	15,3	1,71	26,163	1344,5	Cerah
8	11.20	21,4	1,65	20,1	0,23	21,4	4,25	14,5	1,54	100	15,3	1,54	23,562	1382,7	Cerah
9	11.40	21,4	1,85	20,8	0,23	21,4	4,34	14,5	1,68	100	15,6	1,68	26,208	1392,1	Cerah
10	12.00	21,6	1,93	21,1	0,24	21,5	4,38	14,5	1,61	100	15,6	1,61	25,116	1418,5	Cerah
11	12.20	18,1	0,97	17,8	0,12	18,1	1,24	14,2	0,87	100	14,5	0,87	12,615	895,4	Cerah
12	12.40	20,3	1,52	20,1	0,51	20,1	2,32	14,5	1,43	100	15,1	1,43	21,593	1203,2	Cerah

13	13.00	20,7	1,73	20,3	0,33	20,5	2,42	14,6	1,42	100	15,3	1,42	21,726	1221,4	Cerah
14	13.20	21,1	1,87	20,7	0,38	20,9	4,35	14,6	1,55	100	15,5	1,55	24,025	1167,7	Cerah
15	13.40	21,1	2,00	20,5	0,39	20,8	4,31	14,6	1,88	100	15,6	1,88	29,328	1165,1	Cerah
16	14.00	19,1	1,26	18,6	0,03	18,9	2,09	14,2	0,97	100	14,6	0,97	14,162	1150,4	Cerah
17	14.20	18,8	0,66	18,5	0,52	18,8	1,97	14,1	0,54	100	14,4	0,54	7,776	1056,7	Cerah
18	14.40	20,5	1,55	20,3	0,52	20,3	3,96	14,6	1,43	100	15,7	1,43	22,451	1008,5	Cerah
19	15.00	20,6	1,43	20,2	0,34	20,5	4,23	14,6	1,01	100	15,6	1,01	15,756	920,6	Cerah

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	13,00
Akhir	15.10	13,63



Lampiran 5

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (BEBAN DC LAMPU 7 WATT)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 5 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17 °)

Tanggal : Rabu,14 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Beban DC		Alat Ukur Pyranometer	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	V	I	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power			Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(volt)	(A)	(W/m ²)	
1	09.00	18,9	1,48	18,6	0,69	18,2	3,15	14,1	1,93	100	13,9	1,93	26,827	14,2	0,36	833,5	Cerah
2	09.20	19,2	1,55	18,9	0,73	19,0	3,57	14,2	1,98	100	14,1	1,98	27,918	14,4	0,35	761,4	Cerah
3	09.40	20,0	1,70	20,9	1,13	19,7	3,96	14,8	2,40	100	14,4	2,40	34,56	15,0	0,33	1027,7	Cerah
4	10.00	20,3	1,58	20,0	0,70	18,6	2,86	14,6	1,78	100	14,3	1,78	25,454	14,6	0,34	904,2	Cerah
5	10.20	21,1	1,51	20,7	0,44	20,4	5,17	14,6	1,77	100	14,4	1,77	25,844	14,6	0,34	1218,8	Cerah
6	10.40	20,7	1,65	20,4	0,63	20,2	5,32	14,6	1,81	100	14,5	1,81	26,245	14,6	0,33	1137,3	Cerah
7	11.00	21,0	1,65	20,6	0,41	20,3	5,82	14,6	1,75	100	14,3	1,75	25,025	14,5	0,33	1148,8	Cerah
8	11.20	20,8	1,61	20,5	0,52	20,3	5,51	14,6	1,77	100	14,3	1,77	25,311	14,6	0,33	1190,2	Cerah
9	11.40	20,5	1,72	20,4	0,57	20,2	5,36	14,6	1,75	100	14,3	1,75	25,025	14,4	0,33	1148,9	Cerah
10	12.00	21,1	1,78	20,5	0,74	20,3	6,01	14,6	1,82	100	14,3	1,82	26,026	14,7	0,33	1243,5	Cerah
11	12.20	21,0	1,78	20,6	0,79	20,2	5,96	14,6	1,79	100	14,4	1,79	25,776	14,7	0,34	1178,5	Cerah
12	12.40	21,0	1,77	20,5	0,71	20,2	5,73	14,7	2,11	100	14,4	2,11	30,384	14,7	0,33	1165,8	Cerah

13	13.00	19,6	1,35	19,2	0,11	19,4	4,03	14,7	1,82	100	14,3	1,82	26,026	14,6	0,33	1093,8	Cerah
14	13.20	19,1	1,57	18,5	0,22	18,2	2,54	14,1	1,93	100	14,0	1,93	27,02	14,1	0,35	1122,2	Cerah
15	13.40	18,5	1,12	18,3	0,56	18,4	1,86	14,1	1,97	100	14,4	1,97	28,368	14,0	0,35	421,4	Berawan
16	14.00	14,7	0,71	14,4	0,52	14,1	0,92	14,0	1,52	100	14,2	1,52	21,584	13,8	0,36	144,1	Berawan
17	14.20	14,3	0,58	14,1	0,44	14,8	1,27	13,8	1,31	100	13,8	1,31	18,078	13,7	0,37	112,1	Berawan
18	14.40	14,9	1,17	14,7	0,95	16,7	1,85	14,1	1,81	100	14,0	1,81	25,34	14,0	0,35	229,3	Berawan
19	15.00	21,7	1,45	21,5	0,57	21,8	3,67	14,6	1,75	100	14,5	1,75	25,375	14,5	0,33	1159,2	Cerah

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,80
Akhir	15.50	13,86



Lampiran 6

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (BEBAN AC 1 LAMPU 10 WATT)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 6 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17 °)

Tanggal : Kamis,15 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Beban AC 1		Alat Ukur Pyranomter	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	V	I	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power			Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(volt)	(A)	(W/m ²)	
1	09.00	14,7	2,96	14,6	2,48	13,88	2,48	13,4	1,72	100	13,6	1,72	23,392	222	0,04	780,4	Cerah
2	09.20	14,9	3,57	14,9	3,06	14,12	2,49	13,6	1,94	100	14,1	1,94	27,354	220	0,04	933,6	Cerah
3	09.40	14,9	3,33	14,9	2,68	14,23	2,48	13,6	1,62	100	13,8	1,62	22,356	221	0,04	1035,3	Cerah
4	10.00	13,5	1,52	13,3	1,14	12,90	2,46	12,7	0,33	100	13,0	0,33	4,290	220	0,04	357,4	Berawan
5	10.20	14,7	3,37	14,6	1,69	14,25	4,25	13,7	2,07	100	14,1	2,07	29,187	220	0,04	648,8	Cerah
6	10.40	13,8	1,78	13,7	1,48	13,16	3,08	12,9	0,49	100	13,0	0,49	6,370	220	0,04	306,2	Berawan
7	11.00	13,2	1,39	13,1	1,12	12,66	2,64	12,5	0,21	100	12,8	0,21	2,688	220	0,04	253,0	Berawan
8	11.20	15,9	4,69	15,8	4,35	14,66	5,73	13,9	2,91	100	14,3	2,91	41,613	220	0,04	1265,3	Cerah
9	11.40	18,3	3,79	18,0	2,65	17,49	5,52	13,7	2,40	100	14,4	2,40	34,560	223	0,04	1314,2	Cerah
10	12.00	18,7	3,47	18,4	3,11	16,20	6,38	13,7	1,77	100	14,6	1,77	25,842	222	0,04	1327,3	Cerah
11	12.20	13,6	1,66	13,5	1,34	13,30	3,48	12,9	0,48	100	13,0	0,48	6,240	220	0,04	371,7	Berawan
12	12.40	12,7	0,59	12,5	0,44	12,22	1,71	12,3	0,01	99	12,4	0,01	0,124	219	0,04	129,4	Berawan

13	13.00	14,4	2,47	14,0	1,79	13,56	3,52	13,0	0,84	100	13,1	0,84	11,004	220	0,04	512,5	Cerah
14	13.20	14,3	2,43	14,2	1,96	14,22	4,09	13,6	1,11	100	14,0	1,11	15,540	220	0,04	541,5	Cerah
15	13.40	14,8	3,01	14,6	2,10	13,96	4,25	13,5	1,52	98	13,8	1,52	20,976	221	0,04	1375,3	Cerah
16	14.00	12,6	0,45	12,4	0,36	12,86	1,25	12,3	0,01	98	12,4	0,01	0,124	220	0,04	186,5	Berawan
17	14.20	12,9	0,46	12,6	0,41	12,74	1,31	12,4	0,02	100	12,3	0,02	0,246	222	0,04	192,8	Berawan
18	14.40	12,5	0,42	12,3	0,32	12,51	1,32	12,4	0,01	100	12,3	0,01	0,123	220	0,04	281,2	Berawan
19	15.00	12,7	0,43	12,4	0,33	12,53	1,31	12,4	0,01	100	12,3	0,01	0,123	220	0,04	286,7	Berawan

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,62
Akhir	15,10	12,71



Lampiran 7

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (BEBAN AC 2 LAMPU 25 WATT)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 7 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17 °)

Tanggal : Jumat, 16 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Beban AC 2		Alat Ukur Pyranometer	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	V	I	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power	V	I	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(volt)	(A)	(W/m ²)	
1	09.00	14,2	2,31	14,1	2,27	14,10	4,52	12,8	1,78	100	13,4	1,78	23,852	220	0,06	754,2	Cerah
2	09.20	14,8	2,42	14,7	2,35	14,50	4,71	12,8	2,02	100	13,5	2,02	27,270	219	0,06	928,7	Cerah
3	09.40	14,8	2,58	14,8	2,41	14,70	4,96	13,1	2,26	100	13,4	2,26	30,284	220	0,06	973,1	Cerah
4	10.00	14,9	3,33	14,8	3,11	14,70	5,32	13,2	2,31	100	13,6	2,31	31,416	222	0,06	982,4	Cerah
5	10.20	14,9	3,57	14,9	3,42	14,60	5,92	13,3	2,85	100	13,7	2,85	39,045	220	0,06	1011,8	Cerah
6	10.40	15,1	4,31	15,0	4,21	14,60	6,23	13,3	2,97	100	13,8	2,97	40,986	220	0,06	1015,2	Cerah
7	11.00	15,3	4,67	15,2	4,24	14,30	6,77	13,4	3,13	100	13,8	3,13	43,194	218	0,07	1170,5	Cerah
8	11.20	15,4	4,51	15,3	3,96	14,60	6,29	13,5	2,80	100	13,8	2,80	38,640	220	0,07	1209,9	Cerah
9	11.40	15,4	4,38	15,4	4,07	14,50	6,72	13,4	2,82	100	13,8	2,82	38,916	220	0,07	1196,3	Cerah
10	12.00	15,8	4,64	15,7	4,27	14,90	6,95	13,8	3,20	100	13,8	3,20	44,160	220	0,07	1045	Cerah
11	12.20	14,7	3,29	14,6	2,69	13,20	2,47	13,3	1,81	100	13,4	1,81	24,254	221	0,07	419,3	Berawan
12	12.40	15,7	4,71	15,8	3,75	14,60	6,45	13,8	2,77	100	13,9	2,77	38,503	220	0,07	1222,1	Cerah

13	13.00	13,6	1,65	13,5	1,08	13,10	3,17	12,6	0,18	100	12,9	0,18	2,322	220	0,06	323,8	Cerah
14	13.20	13,5	1,57	13,5	1,32	13,20	3,35	12,6	0,11	100	12,9	0,11	1,419	222	0,06	846,5	Cerah
15	13.40	13,7	1,91	13,7	1,37	13,14	3,38	12,6	0,16	100	12,9	0,16	2,040	220	0,06	925,8	Cerah
16	14.00	13,9	1,48	14,1	2,28	13,12	2,92	12,7	0,36	100	12,9	0,36	4,644	221	0,06	1038,4	Cerah
17	14.20	13,5	2,05	13,4	1,14	13,04	4,33	12,6	0,28	100	12,8	0,28	3,584	220	0,06	783,4	Cerah
18	14.40	14,0	3,46	13,8	0,74	13,19	3,75	12,7	0,62	100	12,8	0,62	7,936	220	0,06	834,4	Cerah
19	15.00	13,7	2,44	13,5	0,86	13,08	3,35	12,7	0,40	100	12,8	0,40	5,120	220	0,06	816,6	Cerah

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,61
Akhir	15.10	12,66



Lampiran 8

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (BEBAN AC 3 LAMPU 40 WATT)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 8 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17 °)

Tanggal : Senin, 19 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Beban		Alat Ukur Pyranometer	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	V	I	Intensitas Cahaya Matahari	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Paralel	I Paralel	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power				
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(volt)	(A)	(W/m ²)	
1	09.00	14,1	2,11	13,9	1,84	14,00	2,41	13,0	0,85	100	13,0	0,85	11,050	220	0,10	569,3	Cerah
2	09.20	13,4	1,84	13,3	1,54	12,80	2,36	12,6	0,58	100	12,8	0,58	7,424	220	0,09	423,7	Berawan
3	09.40	13,5	2,14	13,5	1,85	12,80	2,59	12,5	0,50	100	12,5	0,50	6,250	220	0,09	541,3	Cerah
4	10.00	13,3	1,88	13,2	1,58	12,70	2,40	12,5	0,56	100	12,7	0,56	7,112	222	0,09	471,5	Cerah
5	10.20	13,5	2,19	13,4	1,88	12,80	2,89	12,5	0,98	100	12,7	0,98	12,446	221	0,09	519,4	Cerah
6	10.40	14,6	4,19	14,8	3,88	14,30	2,32	13,2	2,34	100	13,3	2,34	31,122	220	0,10	1037,5	Cerah
7	11.00	13,2	1,85	13,1	1,58	13,00	3,28	12,4	0,65	100	12,4	0,65	8,060	220	0,09	370,3	Berawan
8	11.20	14,1	3,20	14,0	2,70	13,50	4,74	12,7	1,76	100	13,0	1,76	22,880	220	0,09	822,7	Cerah
9	11.40	13,0	1,47	12,9	1,21	12,60	1,96	12,3	0,30	100	12,6	0,30	3,780	221	0,09	330,9	Berawan
10	12.00	13,7	2,41	13,5	1,99	13,00	2,90	12,6	0,90	100	12,7	0,90	11,430	220	0,09	515,8	Cerah
11	12.20	13,1	1,68	13,0	1,43	12,81	2,47	12,3	0,54	98	12,5	0,54	6,750	220	0,09	390,4	Berawan
12	12.40	13,3	1,61	13,1	1,26	12,55	1,87	12,2	0,25	98	12,4	0,25	3,100	221	0,10	123,1	Berawan

13	13.00	13,3	1,93	13,2	1,56	12,72	2,45	12,3	0,55	99	12,4	0,55	6,820	220	0,09	415,0	Berawan
14	13.20	14,6	4,98	14,3	2,25	13,64	4,82	12,8	0,09	100	13,2	0,09	27,588	220	0,10	1204,2	Cerah
15	13.40	13,4	2,01	13,2	1,44	12,72	2,68	12,3	0,62	99	12,5	0,62	7,750	221	0,09	808,3	Cerah
16	14.00	13,6	2,18	13,5	2,27	13,40	4,48	12,4	1,18	100	12,9	1,18	15,222	220	0,09	1289,7	Cerah
17	14.20	13,7	2,12	13,6	2,57	13,67	4,66	12,5	1,05	100	12,6	1,05	13,230	221	0,09	658,7	Cerah
18	14.40	13,0	1,60	12,8	1,28	12,43	1,86	12,2	0,25	96	12,4	0,25	3,100	220	0,09	355,1	Berawan
19	15.00	13,0	1,55	12,8	1,26	12,43	1,93	12,2	0,60	96	12,2	0,60	7,320	220	0,09	313,1	Berawan

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,75
Akhir	15.10	12,59



Lampiran 9

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 24 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah dan Calcium Battery (Merek GS) 12Vdc/45Ah

Rangkaian Panel Surya : SERI

Ket : Uji 9 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17 °)

Tanggal : Rabu, 28 Juli 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Alat Ukur Pyranomter	
		Panel 1		Panel 2		Seri		Baterai			Charge		Total	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Seri	I Seri	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Power	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	Wh	(W/m ²)	
1	09.00	18,9	3,01	14,3	2,96	28,93	1,98	28,3	1,14	100	28,1	1,14	32,034	905,4	Cerah
2	09.20	21,1	1,71	16,8	1,56	38,42	1,94	28,3	0,65	100	28,4	0,65	18,460	1151,1	Cerah
3	09.40	21,3	1,34	18,5	1,36	44,48	1,21	28,8	0,62	100	28,8	0,62	17,856	1166,1	Cerah
4	10.00	21,4	1,12	19,3	1,31	44,86	1,29	28,9	0,51	100	28,8	0,51	14,688	1195,2	Cerah
5	10.20	21,6	1,26	20,5	1,22	45,12	1,41	28,9	0,53	100	29,7	0,53	15,741	1207,9	Cerah
6	10.40	21,6	1,28	20,5	1,26	44,56	1,32	28,9	0,55	100	29,7	0,55	16,335	1200,5	Cerah
7	11.00	21,5	1,16	19,3	1,17	44,40	1,28	28,9	0,45	100	28,8	0,45	12,960	1243,4	Cerah
8	11.20	21,5	1,22	19,5	1,23	43,74	1,30	28,9	0,50	100	28,9	0,50	14,450	1219,4	Cerah
9	11.40	21,6	1,36	19,9	1,35	44,23	1,26	28,9	0,56	100	30,0	0,56	16,800	1267,3	Cerah
10	12.00	21,6	1,35	20,0	1,37	44,14	1,38	28,9	0,53	100	28,9	0,53	15,317	1279,3	Cerah
11	12.20	22,1	1,44	17,8	1,47	45,19	1,29	28,9	0,45	100	29,5	0,45	13,275	1382,4	Cerah
12	12.40	22,2	1,31	20,1	1,36	44,78	1,67	28,9	0,42	100	29,8	0,42	12,516	1277,4	Cerah
13	13.00	21,1	1,34	19,5	1,52	44,56	1,46	28,9	0,43	100	29,7	0,43	12,771	1248,3	Cerah

14	13.20	21,1	1,42	19,6	1,52	44,52	1,54	28,9	0,55	100	29,8	0,55	16,390	1193,5	Cerah
15	13.40	21,8	1,34	19,3	1,54	42,87	1,42	28,5	0,54	100	29,1	0,54	15,740	1181,9	Cerah
16	14.00	21,1	1,64	19,4	1,65	44,26	1,58	28,9	0,55	100	29,8	0,55	16,390	1131,5	Cerah
17	14.20	20,7	1,66	18,7	1,68	43,28	1,42	28,9	0,53	100	29,8	0,53	15,794	1163,6	Cerah
18	14.40	21,2	1,45	16,6	1,52	42,32	1,26	28,9	0,49	100	29,8	0,49	14,602	1073,8	Cerah
19	15.00	21,1	0,85	16,5	0,83	28,41	0,54	28,1	0,23	100	28,2	0,23	6,486	807,7	Cerah

Keterangan	Waktu	Vbaterai 1	V baterai 2
	(wita)	(V)	(V)
Awal	08.50	12,77	12,69
Akhir	15.10	13,46	13,19



Lampiran 10

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Ket : Uji 1 Posisi sudut panel 1 dan 2 sama (17 °)

Tanggal : Minggu,19 September 2021

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)			Alat Ukur Pyranometer	
		Panel 1		Panel 2		Paralel		Baterai			Charge		Total	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1 (volt)	I1 (A)	V2 (volt)	I2 (A)	V Paralel (volt)	I Paralel (A)	Vdc (volt)	Idc (A)	Kapasitas (%)	V (volt)	I (A)	Power Wh	Cahaya Matahari (W/m ²)	
	09.00	14,8	2,48	14,6	2,34	14,7	4,21	13,5	1,74	100	13,7	1,74	23,83	715,9	Cerah
2	09.20	15,3	2,49	15,2	2,36	15,3	4,38	14,0	1,92	100	14,5	1,92	27,84	765,7	Cerah
3	09.40	15,7	2,38	15,5	2,23	15,6	4,46	13,8	1,97	100	14,6	1,97	28,76	882,3	Cerah
4	10.00	16,1	2,37	15,8	2,25	16,1	4,54	13,9	1,89	100	14,7	1,89	27,78	897,4	Cerah
5	10.20	16,6	1,96	16,5	1,78	16,5	3,76	13,8	1,81	100	14,5	1,81	26,24	923,5	Cerah
6	10.40	17,5	1,97	17,2	1,83	17,3	3,75	13,8	1,79	100	14,6	1,79	26,13	948,9	Cerah
7	11.00	17,9	2,21	17,7	2,14	17,7	4,14	13,9	1,92	100	14,7	1,92	28,22	976,3	Cerah
8	11.20	18,3	2,23	18,1	2,16	18,3	4,25	14,0	2,01	100	15,0	2,01	30,15	1025,2	Cerah
9	11.40	19,3	2,59	19,2	2,35	19,2	4,36	14,1	2,04	100	15,1	2,04	30,80	1134,7	Cerah
10	12.00	19,5	2,56	19,4	2,44	19,4	5,19	14,1	2,02	100	15,1	2,02	30,50	1283,3	Cerah

11	12.20	19,7	2,65	19,5	2,58	19,6	5,25	14,2	2,23	100	15,2	2,23	33,89	1381,9	Cerah
12	12.40	19,7	2,61	19,6	2,52	19,7	5,38	14,2	2,05	100	15,1	2,05	30,95	1379,5	Cerah
13	13.00	19,8	2,78	19,6	2,67	19,8	5,41	14,3	2,37	100	15,2	2,37	36,02	1389,6	Cerah
14	13.20	19,1	2,58	18,9	2,42	19,1	4,51	13,9	1,82	100	14,1	1,82	25,66	1143,4	Cerah
15	13.40	18,5	2,47	18,3	2,35	18,3	4,48	13,6	1,45	100	13,8	1,76	20,01	985,4	Cerah
16	14.00	18,1	2,71	17,7	2,68	17,9	4,56	13,9	1,56	100	13,6	1,83	22,46	923,5	Cerah
17	14.20	17,4	2,36	17,1	2,28	17,3	4,32	13,7	1,97	100	13,6	1,97	28,95	897,8	Cerah
18	14.40	16,8	2,28	16,5	2,13	16,6	4,22	13,6	1,98	100	13,4	1,98	28,71	875,2	Cerah
19	15.00	16,2	1,47	16,1	1,34	16,2	3,54	13,5	1,21	100	14,1	1,21	17,06	854,20	Cerah

Keterangan	Waktu	Vbaterai
	(wita)	(V)
Awal	08.50	12,37
Akhir	15.10	13,65



Lampiran 11
Foto Kegiatan



Proses Pembuatan Rangka Modul Praktikum PLTS

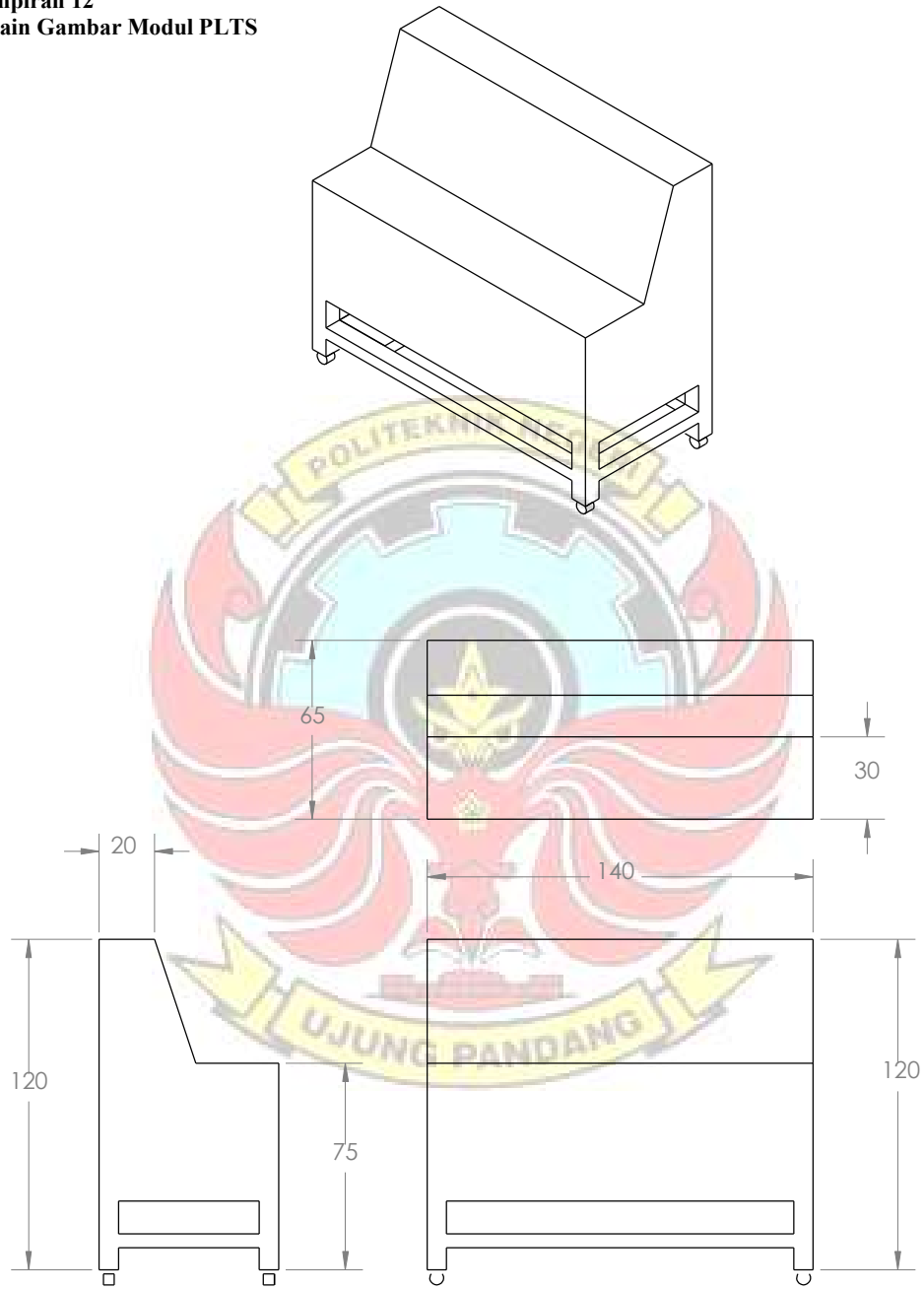


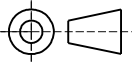
Proses Pemasangan Instalasi Rangkaian Listrik Modul Praktikum PLTS

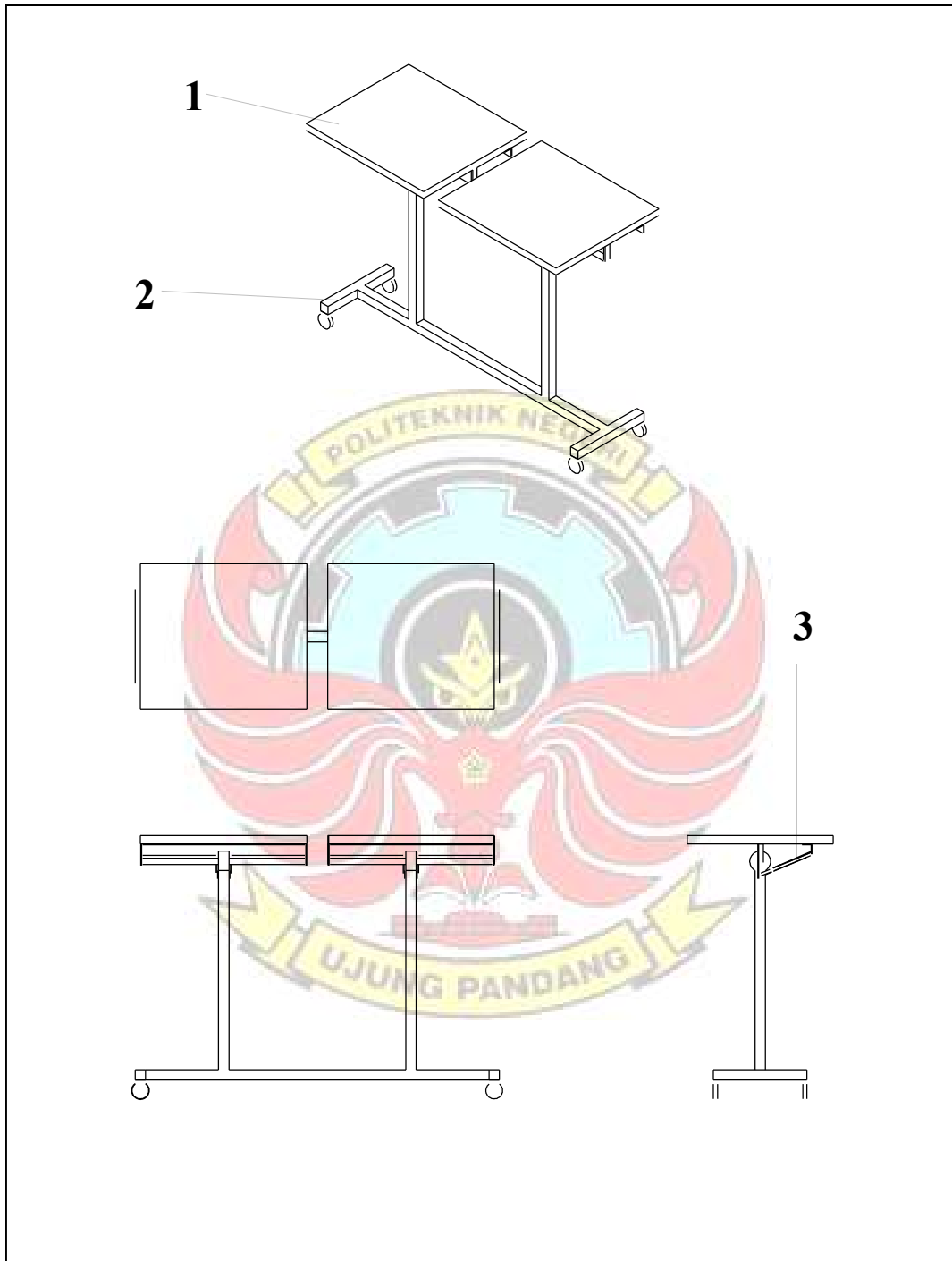


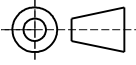
Proses Pengambilan Data

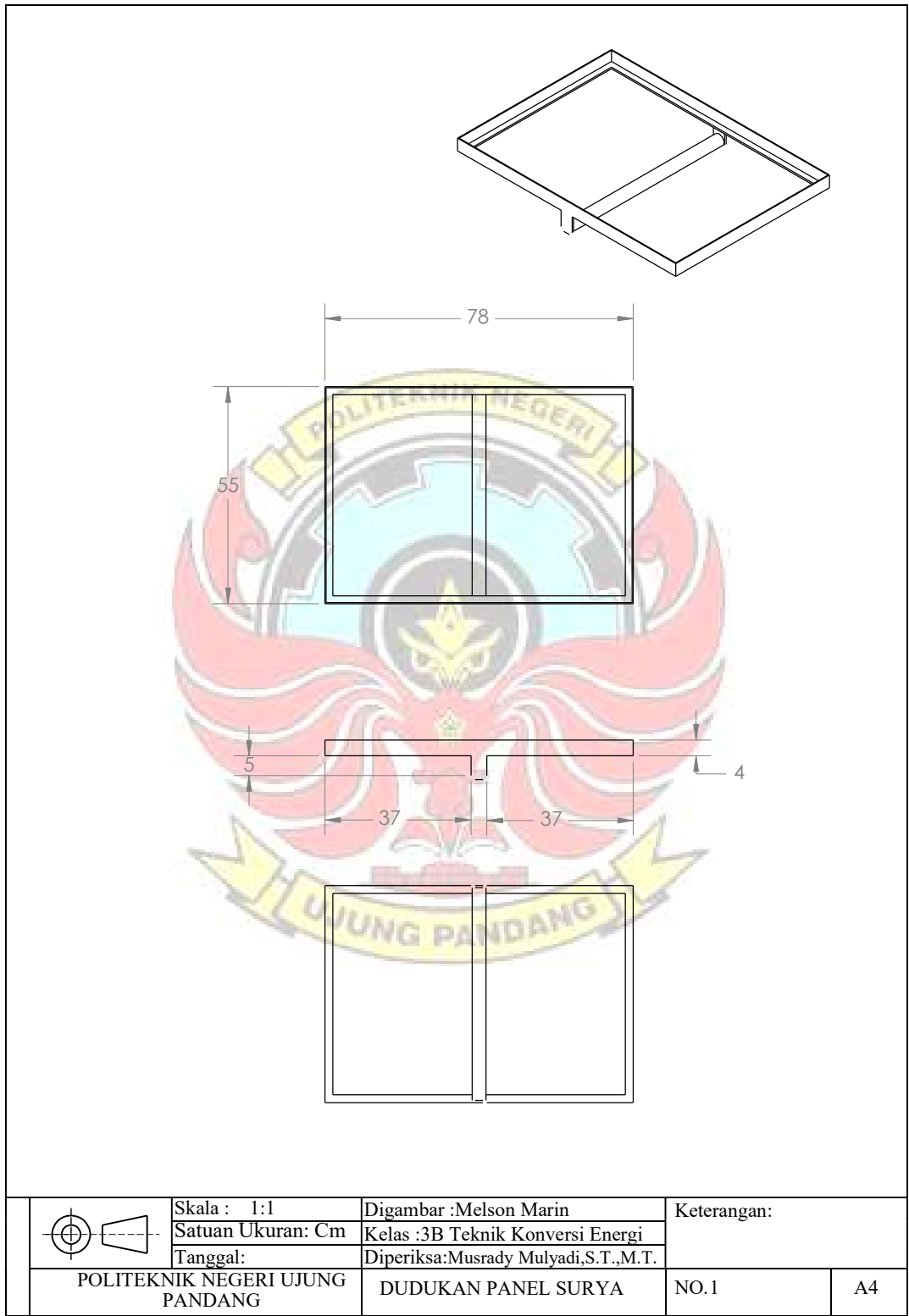
Lampiran 12
Desain Gambar Modul PLTS



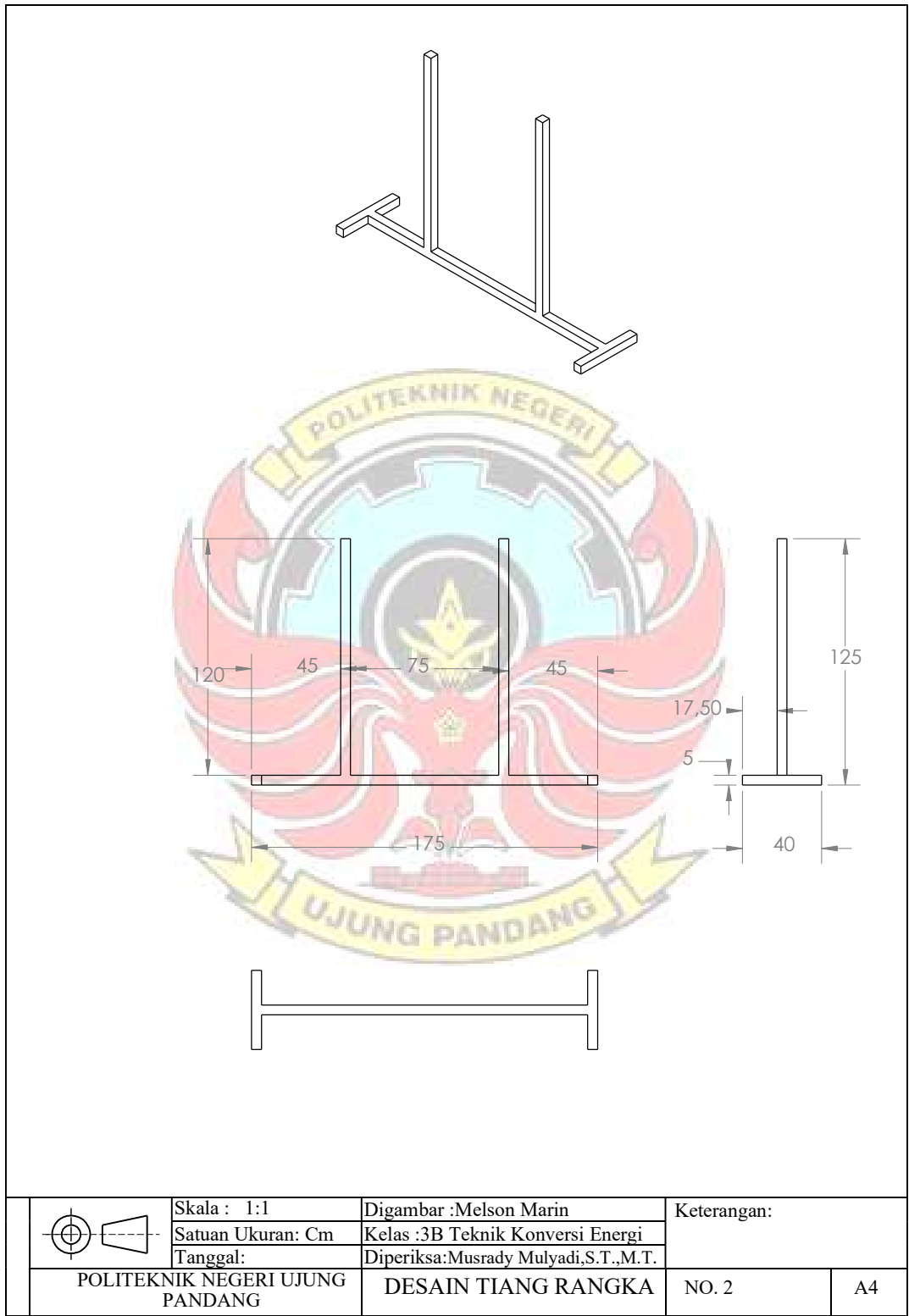
	Skala : 1:1	Digambar :Melson Marin	Keterangan:	
	Satuan Ukuran: Cm	Kelas :3B Teknik Konversi Energi		
	Tanggal:	Diperiksa:Musrady Mulyadi,S.T.,M.T.		
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG	Modul Instrumen Pengamatan	NO.	A4	



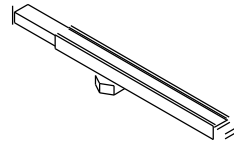
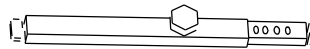
	Skala : 1:1	Digambar :Melson Marin	Keterangan:	
	Satuan Ukuran: Cm	Kelas :3B Teknik Konversi Energi		
	Tanggal:	Diperiksa:Musrady Mulyadi,S.T.,M.T.		
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG	RANGKA PANEL SURYA	NO.	A4	



	Skala : 1:1	Digambar :Melson Marin	Keterangan:	
	Satuan Ukuran: Cm	Kelas :3B Teknik Konversi Energi		
	Tanggal:	Diperiksa:Musrady Mulyadi,S.T.,M.T.	NO.1	A4
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG	DUDUKAN PANEL SURYA			



	Skala : 1:1	Digambar :Melson Marin	Keterangan:	
	Satuan Ukuran: Cm	Kelas :3B Teknik Konversi Energi		
	Tanggal:	Diperiksa:Musrady Mulyadi,S.T.,M.T.	NO. 2	A4
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG	DESAIN TIANG RANGKA			



	Skala : 1:1	Digambar :Melson Marin	Keterangan:	
	Satuan Ukuran: Cm	Kelas :3B Teknik Konversi Energi		
	Tanggal:	Diperiksa:Musrady Mulyadi,S.T.,M.T.		
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG		PENGATUR SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA	NO 3	A4

Lampiran 13
Anggaran Belanja

No	Nama Alat dan Bahan	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
1	Panel Surya 50 WP	2	Rp.450.000	Rp. 900.000
2	Inverter 500 Watt	1	Rp.230.000	Rp. 230.000
3	Solar Charge Controller (SCC) 20 A	1	Rp.175.000	Rp. 175.000
4	Besi Hollow 3×3	1	Rp.100.000	Rp.100.000
5	Besi Hollow 4×4	3	Rp.115.000	Rp.345.000
6	Besi siku 5×5 mm	4	Rp.155.000	Rp.155.000
7	Besi Siku 3×3	1	Rp.55.000	Rp.55.000
8	Les Siku Aluminium	2	Rp. 60.000	Rp.120.000
9	Triplek Melamin	2	Rp.135.000	Rp.270.000
10	Tripleks 9 mm	3	Rp.100.000	Rp.300.000
11	Roda	8	Rp.30.000	Rp.240.000
12	Bearing	2	Rp.35.000	Rp.70.000
13	Wattmeter AC	1	Rp.172.000	Rp.172.000
14	Wattmeter DC	1	Rp.130.000	Rp.130.000
15	Dual Voltmeter dan Amperemeter DC	4	Rp. 37.000	Rp.148.000
16	Bateraimeter	1	Rp. 64.000	Rp. 64.000
17	Inclinometer	1	Rp.200.000	Rp.200.000
18	Banana Socet	14	Rp. 6.000	Rp. 84.000
19	Conector Banana Plug	25	Rp. 3.000	Rp. 75.000
20	Terminal Deret	2	Rp. 10.000	Rp. 20.000
21	Saklar Lampu	4	Rp. 15.000	Rp. 60.000
22	Kabel 2,5 mm	58	Rp. 8.500	Rp.493.000
23	Kabel 1,5 mm	4	Rp. 4.500	Rp. 18.000
24	Lampu AC	3	Rp. 15.000	Rp. 60.000
25	Lampu DC 7 Watt	1	Rp. 55.000	Rp. 55.000
26	Kotak Kontak	1	Rp. 11.000	Rp.11.000
27	Fitting Lampu	4	Rp. 7.000	Rp. 28.000
28	Engsel	3	Rp. 6.000	Rp. 18.000
29	Overval Kunci	1	Rp.38.000	Rp. 38.000
30	Kunci Pengatur	4	Rp.55.000	Rp.220.000
31	Lem Fox	4	Rp. 20.000	Rp. 80.000
32	Lem Avian	1	Rp. 55.000	Rp.55.000
33	Dempul Isamu	3	Rp. 23.000	Rp.69.000
34	Skrup	5	Rp. 4.000	Rp.20.000
35	Rivet	2	Rp.15.000	Rp.30.000

36	Mata Gurinda Potong	5	Rp. 7.000	Rp.35.000
37	Mata Gurinda Kayu	1	Rp.25.000	Rp.25.000
38	Mata Gurinda penghalus	3	Rp.12.000	Rp.36.000
39	Amplas	2	Rp.10.000	Rp.20.000
40	Baut Besar	1	Rp.12.000	Rp.12.000
41	Baut Kecil	2	Rp. 8.000	Rp.16.000
42	Mur	8	Rp.1.000	Rp.8.000
43	Ring	-	Rp.10.000	Rp.10.000
44	Cat	3	Rp. 21.000	Rp. 63.000
45	Minyak Thinner	2	Rp.10.000	Rp.20.000
46	Kuas	2	Rp. 10.000	Rp.20.000
47	Isolasi	1	Rp. 5.000	Rp.5.000
48	Mata Bor	2	Rp.20.000	Rp.40.000
	Jumlah			Rp. 5.418.000



JOB SHEET

SOLAR CELL



Penyusun

Melson Marin
342 18 049

PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	ii
1.1 TUJUAN PERCOBAAN	1
1.2 TEORI DASAR	1
1.2.1 Intensitas Radiasi Matahari	1
1.2.2 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya	3
1.3 ALAT DAN BAHAN	7
1.4 GAMBAR RANGKAIAN	7
1.5 PROSEDUR PERCOBAAN	9
1.6 FORMAT TABEL DATA HASIL PERCOBAAN	12



PERCOBAAN

SOLAR CELL

1.1 TUJUAN PERCOBAAN

Setelah melaksanakan praktikum, maka mahasiswa diharapkan dapat:

1. Mengenal dan memahami modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya.
2. Memahami fungsi setiap komponen pada modul praktikum pembangkit listrik tenaga surya.
3. Memahami pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap arah datangnya cahaya matahari.
4. Memahami pengaruh panel surya apabila dirangkai paralel atau dirangkai seri.
5. Menghitung daya yang dihasilkan oleh panel surya.
6. Menghitung efisiensi sistem panel surya.
7. Menentukan karakteristik tegangan dan arus sistem panel surya terhadap waktu.

1.2 TEORI DASAR

1.2.1 Intensitas Radiasi Matahari

Matahari merupakan sebuah bintang di galaksi yang sangat panas dengan diameter $1,39 \times 10^9$ meter atau 1,39 juta kilometer. Energi yang dipancarkan oleh

matahari mempunyai temperatur efektif sebesar 5763 Kelvin. Radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari mempunyai panjang gelombang antara 0,1 m sampai dengan 100 m panjang gelombang radio. Radiasi matahari tersebut tidak seluruhnya masuk ke bumi, hal ini disebabkan karena adanya lapisan atmosfer yang melindungi bumi dari radiasi matahari tersebut.

Energi panas matahari merupakan energi yang dapat kita peroleh secara gratis dan terus menerus. Radiasi matahari inilah yang kemudian diterima dan dikonversikan menjadi energi listrik menggunakan sel fotovoltaik. Sel fotovoltaik (panel surya) merupakan suatu alat yang dapat mengkonversikan energi surya menjadi energi listrik arus searah (DC).

Radiasi matahari yang mengenai permukaan bumi memiliki sudut arah kedatangan yang berbeda-beda tergantung lokasinya. Oleh sebab itu, untuk memaksimalkan radiasi matahari mengenai permukaan panel surya maka perlu dilakukan perhitungan terhadap posisi kemiringan terbaik untuk panel surya. Untuk menentukan sudut kemiringan panel surya disuatu lokasi, maka dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\alpha = \delta - \text{lat}$$

Keterangan:

δ adalah sudut dari *deklinasi* matahari (23,45°)

lat adalah titik koordinat lokasi penelitian

1.2.2 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Surya

1). Panel Surya (solar cell)

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip *p-n junction*, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan *hole* (muatan positif) dalam struktur atomnya. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan *hole* ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan *p-n junction* ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya *hole* bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang.



Gambar 1.1 Panel Surya

Untuk menghitung daya input yang diterima oleh panel surya, maka dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{in} = G \times A$$

Dimana

P_{in} = Daya input sel *fotovoltaik* (watt)

G = Intensitas radiasi matahari (watt/m^2)

A = Luasan sel *fotovoltaik* (m^2)

Sedangkan untuk menghitung daya output yang dihasilkan oleh panel surya, maka dapat menggunakan persamaan berikut :

$$P_{Out} = V \times I$$

Dimana

P_{Out} = Daya output sel *fotovoltaik* (watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Untuk mengetahui besarnya nilai efisiensi pada panel surya, maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = (P_{\text{out}} / P_{\text{in}}) \times 100\%$$

Dimana

$$\eta = \text{Efisiensi (\%)}$$

2). Solar Charge Controller

Solar charge controller (SCC) merupakan suatu alat yang berfungsi untuk melakukan pengaturan terhadap arus dan tegangan pengisian ke baterai untuk menghindari *overcharging* dan *overvoltage* pada baterai.



Gambar 1.2 Solar Charge Controller

3). Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya akan melakukan pengisian ke baterai ketika terkena sinar matahari. Daya dari baterai inilah yang akan digunakan sebagai sumber untuk menyuplai beban misalnya lampu.



Gambar 1.3 Baterai

4). Inverter

Inverter merupakan alat yang digunakan untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Inverter dibutuhkan karena sebagian besar peralatan rumah tangga membutuhkan arus AC, sedangkan arus dari panel surya dan baterai bersifat DC. Oleh sebab itu inverter digunakan untuk mengubah arus tersebut.



Gambar 1.4 Inverter

Selain beberapa komponen pada poin 1.2.2 diatas, ada juga beberapa komponen lain yang telah di rangkai dan digabung pada modul instrumen pengamatan sebagai berikut.



Gambar 1.5 Modul Instrumen Pengamatan

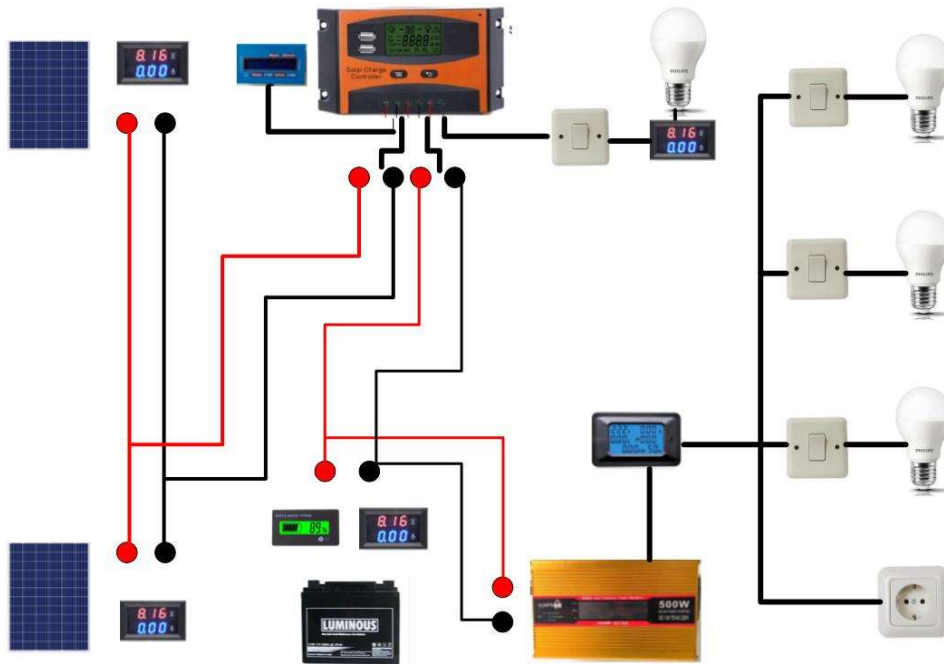
Pada gambar modul instrumen pengamatan diatas, terdapat beberapa komponen seperti alat ukur DC, alat ukur AC, bateraimeter, SCC, inverter, baterai, saklar, dan beberapa lampu sebagai beban.

1.3 ALAT DAN BAHAN

- ❖ Panel surya
- ❖ Modul Instrumen Pengamatan
- ❖ Inclinometer
- ❖ Piranometer
- ❖ Stopwatch
- ❖ Kabel Jumper secukupnya

1.4 GAMBAR RANGKAIAN

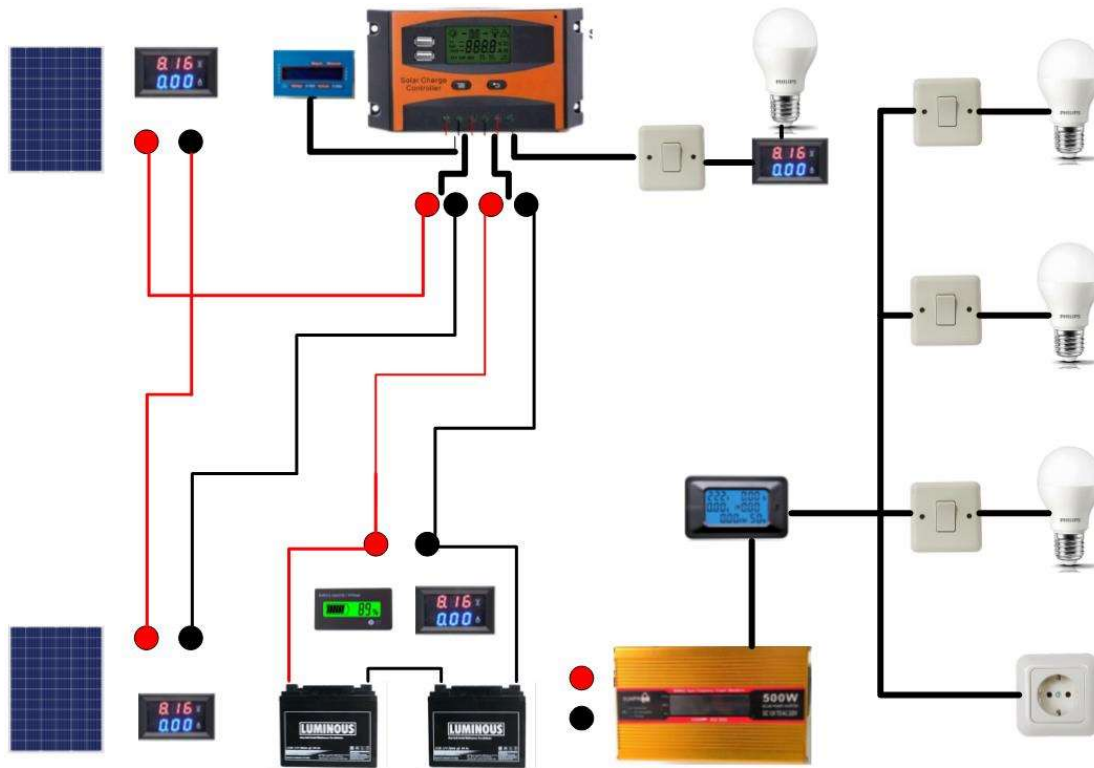
- 1). Rangkaian Paralel



Gambar 1.6 Rangkaian Paralel

2). Rangkaian seri





Gambar 1.7 Rangkaian Seri

1.5 PROSEDUR PERCOBAAN

A. Rangkaian Paralel Tanpa Beban

- 11) Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
- 12) Mengecek kondisi peralatan yang akan digunakan.
- 13) Merangkai rangkaian pada modul instrumen pengamatan secara paralel sesuai dengan gambar rangkaian yang telah disiapkan.
- 14) Menghubungkan baterai dengan modul instrumen pengamatan.
- 15) Meletakkan panel surya dibawah sinar matahari langsung.

- 16) Mengatur sudut kemiringan panel surya sesuai dengan jenis pengujian variasi sudut kemiringan panel surya yang akan dilakukan menggunakan inclinometer.
- 17) Menghubungkan kabel output panel surya dengan input modul instrumen pengamatan.
- 18) Mengukur intensitas radiasi matahari menggunakan piranometer kemudian mencatatnya di tabel data pengamatan yang telah disiapkan.
- 19) Mencatat data yang ditunjukkan oleh alat ukur ditabel data pengamatan (Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit).
- 20) Pengujian selesai.

B. Rangkaian Paralel Berbeban

- 6) Pengujian rangkaian paralel berbeban dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian rangkaian paralel tanpa beban dari No.1 sampai dengan No.7.
- 7) Memasang beban lampu pada fitting di modul instrumen pengamatan sesuai dengan jenis bebannya.
- 8) Menyalakan saklar untuk beban lampu.
- 9) Mengikuti langkah No.8 dan No.9 pada pengujian rangkaian paralel berbeban.
- 10) Pengujian selesai.

C. Rangkaian Seri Tanpa Beban

- 7) Menyiapkan peralatan yang akan digunakan.
- 8) Mengecek kondisi peralatan yang akan digunakan.
- 9) Merangkai rangkaian pada modul instrumen pengamatan secara seri sesuai dengan gambar rangkaian yang telah disiapkan.

- 10) Merangkai secara seri baterai yang digunakan.
- 11) Mengikuti langkah No.4 sampai No.9 pada pengujian rangkaian paralel tanpa beban.
- 12) Pengujian Selesai.
- 13) kemudian melepaskan semua rangkaian dimulai dari melepaskan kabel output panel surya yang tersambung ke modul instrumen pengamatan, melepaskan baterai, dan melepaskan rangkaian pada modul instrumen pengamatan.

CATATAN

- ❖ Untuk pengujian rangkaian seri harus menggunakan dua buah baterai 12 VDC yang dirangkai seri menjadi 24 VDC.
- ❖ Pengujian rangkaian seri hanya dapat dilakukan sampai pada sistem pengisian baterai dan jangan disambungkan ke inverter karena inverter yang terpasang pada modul instrumen pengamatan hanya mempunyai sistem 12 VDC.
- ❖ Apabila pada pengujian rangkaian seri akan dilakukan pembebanan jenis beban DC, maka beban DC yang digunakan harus memiliki sistem 24 VDC.

1.6 FORMAT TABEL DATA HASIL PERCOBAAN

1. Format Tabel Data Hasil Percobaan Rangkaian Paralel Tanpa Beban

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Posisi Sudut Panel Surya :

Tanggal :

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)		Alat Ukur Pyranomter	
		Panel 1		Panel 2		Gabungan		Baterai			Charge		Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Gab.	I Gab.	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	(W/m ²)	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														

2. Format Tabel Data Hasil Percobaan Rangkaian Paralel Berbeban

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (BEBAN LAMPUWATT)

Metode : Floating Charging (Sistem 12 Vdc)

Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah

Rangkaian Panel Surya : PARALEL

Posisi Sudut Panel Surya :

Tanggal :

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)		Beban		Alat Ukur Pyranomter	
		Panel 1		Panel 2		Gabungan		Baterai			Charge		V	I	Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Gab.	I Gab.	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I			Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(W/m ²)	
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																

3. Format Tabel Data Hasil Percobaan Rangkaian Seri Tanpa Beban

PENGUJIAN MODUL PRAKTIKUM PLTS (TANPA BEBAN)

Metode : Floating Charging (Sistem 24 Vdc)
Tipe Baterai : VRLA 12Vdc/100Ah dan.....
Rangkaian Panel Surya : SERI
Posisi Sudut Panel Surya :
Tanggal :


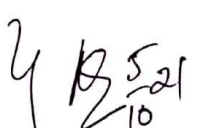

No.	Waktu (Wita)	Data Panel Surya						Data Baterai (Alat Ukur Dual Volt/AmpMeter Digital)			Data Solar Charge Controller (SCC)		Alat Ukur Pyranomter	
		Panel 1		Panel 2		Gabungan		Baterai			Charge		Intensitas	Kondisi Cuaca
		V1	I1	V2	I2	V Gab.	I Gab.	Vdc	Idc	Kapasitas	V	I	Cahaya Matahari	
		(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(volt)	(A)	(%)	(volt)	(A)	(W/m ²)	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Melson Marin/ Selfiana

NIM : 34218049/ 34218026

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Sulkaun Abnadi, S.T., M.T.	Ada kesamaan data tabel hal 102 dan 104.	$\frac{27}{09}$ 
2	Marhataug, S.S.T. M.T.	- Perbedaan arus pada Panel yg sama? - Data ventikasi sebaiknya di ambil pada yg normal (penyinaran normal) - Ringkasan harus menunjukkan Batasan (penyinaran) dan hasil berupa angka	$\frac{17}{10}$ 
3	Sri Suwasti, S.S.T, M.T.	- Data diambil kondisi ideal (penyinaran linear) - Alat TA diteliti	 $\frac{30}{21}$

Makassar, 10 September 2021
Ketua Ujian Sidang,



Sri Suwasti, S.ST., M.T.
NIP 197411232001122001