

RANCANG BANGUN FLOATING PHOTOVOLTAIC MENGGUNAKAN AIR
SEBAGAI MEDIA PENDINGIN DAN PEMBERSIH BERBASIS ARDUINO



SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan
pada Program Studi D4 Teknik Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

Nabila Ramadhani	44219034
Rikky Ricardus Bubun	44219040

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Rancang Bangun *Floating Photovoltaic* menggunakan Air sebagai Media Pendingin dan Pembersih Berbasis Arduino” oleh Nabila Ramadhani NIM 442 19 034 dan Rikky Ricardus Bubun NIM 4421 19 040 dinyatakan layak untuk diterima.


Makassar, Agustus

2023

Menyetujui,

Pembimbing I,


Pembimbing II,


Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D.
NIP. 19610623-198903-1-002


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

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
Teknik Pembangkit Energi


Ir. Chandra Bhuana, M.T.
NIP. 19650319-199103-1-001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa 19 September 2023, Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa: Nabila Ramadhani NIM 442 19 034 dan Rikky Ricardus Bubun NIM 442 19 040 dengan judul “Rancang Bangun *Floating Photovoltaic* menggunakan Air sebagai Media Pendingin dan Pembersih Berbasis Arduino”.

Makassar, September 2023

Tim Penguji Ujian Skripsi:

- | | | | | |
|----|-------------------------------------|---------------|---|---|
| 1. | Ir. Laode Musa, M.T. | Ketua | () |) |
| 2. | Dr. Ir. Firman, M.T. | Sekretaris | () |) |
| 3. | Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. | Anggota | () |) |
| 4. | Apollo, S.T., M.Eng. | Anggota | () |) |
| 5. | Prof. Ir. Makmur Sacni, M.T., Ph.D. | Pembimbing I | () |) |
| 6. | Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. | Pembimbing II | () |) |

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:


Nama : Nabila Ramadhani

NIM : 442 19 034

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun *Floating Photovoltaic* menggunakan Air sebagai Media Pendingin dan Pembersih Berbasis Arduino” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

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

Makassar, September 2023

10000
METERAI TEMPEL
99665AKX637617776

Nabila Ramadhani

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rikky Ricardus Bubun

NIM : 442 19 040

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun *Floating Photovoltaic* menggunakan Air sebagai Media Pendingin dan Pembersih Berbasis Arduino” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

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

Makassar, September 2023



Rikky Ricardus Bubun

NIM 442 19 040

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, atas berkat rahmat dan pertolongan-Nya, penulisan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun *Floating Photovoltaic* menggunakan Air sebagai Media Pendingin dan Pembersih Berbasis Arduino” dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Kedua orang tua dan saudara-saudara penulis yang tak henti-hentinya mendoakan dan memberikan dukungan kepada kami;
2. Kepada Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T., selaku Direktur Politenik Negeri Ujung Pandang;
3. Kepada Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin;
4. Kepada Bapak Ir. Chandra Buana, M.T., selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Pembangkit Energi;
5. Bapak Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D. sebagai pembimbing I yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proposal ini;
6. Bapak Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan proposal ini;
7. Bapak Ir. Herman Nawir, M.T. selaku Wali Kelas 4B D4 Teknik Pembangkit Energi;
8. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Dosen pada Program Studi D4 Teknik Pembangkit Energi;
9. Seluruh tenaga kependidikan dan instruktur pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang;
10. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang Angkatan 2019, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Angkatan 2019 yang telah membantu dan memberikan dukungannya;
11. Untuk semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Makassar, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PENERIMAAN	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
RINGKASAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	5
2.1.1 Jenis-jenis Sistem PLTS.....	5
2.1.2 Komponen Sistem PLTS.....	6
2.2 Karakteristik Sel Surya.....	9
2.2.1 Kurva karakteristik pada saat daya maksimum.....	10
2.2.2 Karakteristik kurva I-V terhadap perubahan <i>irradiance</i> dan temperatur	12
2.3 Faktor Pengaruh Daya dari Keluaran Sel Surya.....	13
2.3.1 Temperatur Panel Surya.....	13
2.3.2 Debu dan Kotoran pada Permukaan Panel Surya	13
2.3.3 Radiasi Matahari	14
2.3.4 Kecepatan Angin bertiup dan Keadaan Atmosfer Bumi.....	14
2.3.5 Sudut Panel Surya dan Arah Matahari.....	14
2.4 Kinerja Sistem Panel Surya.....	15

2.4.1	Faktor Pengisi (Fill Factor)	15
2.4.2	Daya Input	16
2.4.3	Daya keluaran	16
2.4.4	Efisiensi Panel Surya	16
2.5	PLTS Terapung	17
2.5.1	Potensi PLTS Terapung di Indonesia	17
2.5.2	Penelitian PLTS-Terapung	20
2.5.3	Proses pendinginan PLTS Terapung	22
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2	Alat dan Bahan	28
3.2.1	Alat	28
3.2.2	Bahan	28
3.3	Prosedur Penelitian	29
3.4	Tahap perancangan	30
3.4.1	Perancangan Rangka Panel	30
3.4.2	Perancangan dan Kapasitas Pendingin Spray Bertekanan	31
3.4.3	Perancangan Sistem Kontrol Spray Bertekanan Otomatis	31
3.4.4	Skema Pengujian	34
3.4.5	Tahap Pembuatan dan Perakitan	36
3.5	Prosedur Pengujian	36
3.6	Pengumpulan Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil Rancangan Pendingin Spray Bertekanan	38
4.2	Hasil Penelitian	40
4.3	Analisis Data	41
4.3.1	Perhitungan Data Panel Surya	41
4.3.2	Perhitungan Efisiensi	42
4.3.3	Perhitungan Energi Output (Wh)	44
4.4	Grafik dan Pembahasan	45
4.4.1	Pengujian Tanpa Beban (Jumat, 23 Juni 2023)	45
4.4.2	Pengujian Berbeban Lampu DC 20 Watt (Kamis, 22 Juni 2023)	53

4.4.3 Pengujian Berbeban Lampu DC 20 Watt (Jumat, 23 Juni 2023).....	59
BAB V PENUTUP.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	72

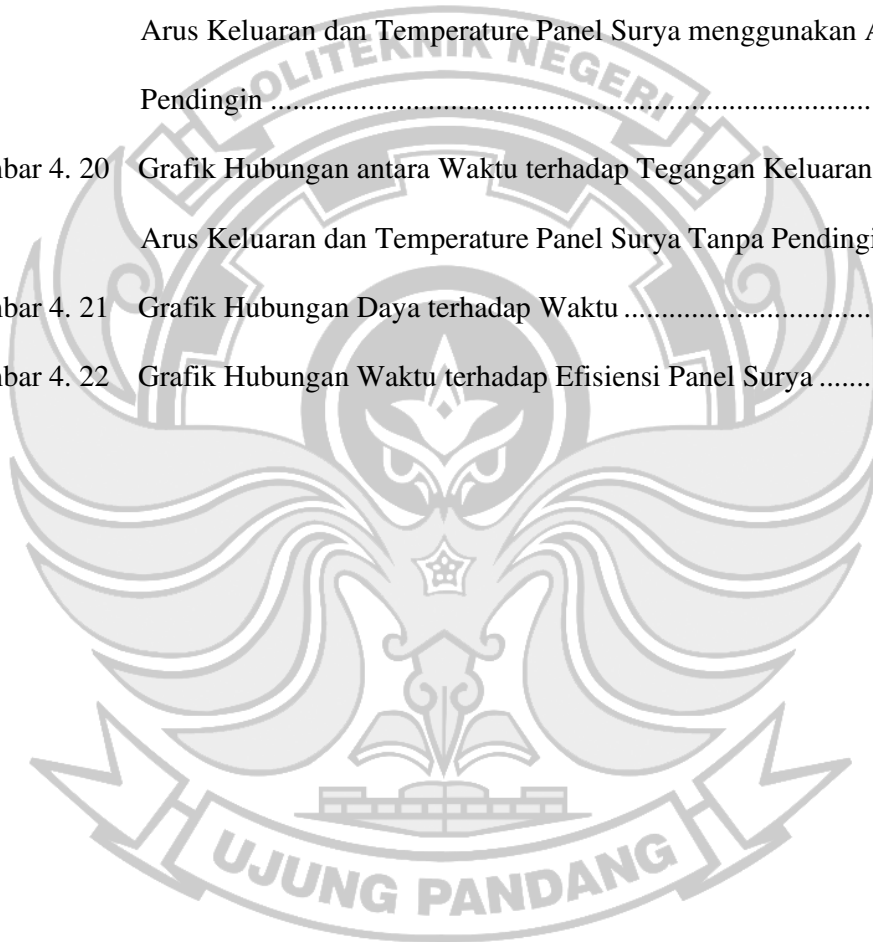


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Kurva Maximum Power Point (MPP).....	10
Gambar 2. 2	Karakteristik hubungan arus dan tegangan terhadap variasi radiasi dan temperatur.....	12
Gambar 2. 3	PLTS Terapung Cirata.....	18
Gambar 2. 4	Arduino UNO R3	26
Gambar 3. 1	Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3. 2	Rancangan rangka panel surya	30
Gambar 3. 3	Perancangan Sistem Spray Bertekanan	31
Gambar 3. 4	Flowchart Kontrol Suhu	32
Gambar 3. 5	Rangkaian Kontrol pada Pompa.....	33
Gambar 3. 6	Skema pengujian <i>photovoltaic</i> tanpa Air sebagai Pendingin	34
Gambar 3. 7	Skema Pengujian <i>Floating Photovoltaic</i> dengan Sistem Spray Bertekanan Otomatis.....	35
Gambar 3. 8	Skema Pengujian <i>Floating Photovoltaic</i> dengan Sistem Spray Bertekanan Otomatis.....	35
Gambar 4. 1	Konstruksi Penelitian	38
Gambar 4. 2	Letak Pompa dan Spray pada konstruksi panel yang menggunakan pendingin air	38
Gambar 4. 3	Grafik Hubungan Waktu terhadap Temperatur Permukaan Panel Surya	45
Gambar 4. 4	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Output Panel Surya menggunakan Air sebagai Pendingin	46

Gambar 4. 5	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Output Panel Surya tanpa Pendingin.....	47
Gambar 4. 6	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Keluaran Panel Surya.....	48
Gambar 4. 7	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya menggunakan Air Pendingin	49
Gambar 4. 8	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya Tanpa Pendingin..	50
Gambar 4. 9	Grafik Hubungan Waktu terhadap Daya	51
Gambar 4. 10	Grafik Hubungan Waktu terhadap Efisiensi Panel Surya	52
Gambar 4. 11	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Temperatur Permukaan Panel Surya	53
Gambar 4. 12	Grafik Hubungan antara Tegangan dan Arus Keluaran Panel Surya terhadap Waktu.....	54
Gambar 4. 13	Grafik Hubungan antara Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya menggunakan Pendingin terhadap Waktu.....	55
Gambar 4. 14	Grafik Hubungan antara Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya Tanpa Pendingin terhadap Waktu	56
Gambar 4. 15	Grafik Hubungan Daya terhadap Waktu	57
Gambar 4. 16	Grafik Hubungan Efisiensi Panel Surya terhadap Waktu	58

Gambar 4. 17	Grafik Hubungan Waktu terhadap Temperatur Permukaan Panel Surya	59
Gambar 4. 18	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Keluaran Panel Surya	60
Gambar 4. 19	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya menggunakan Air Pendingin	61
Gambar 4. 20	Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya Tanpa Pendingin..	62
Gambar 4. 21	Grafik Hubungan Daya terhadap Waktu	63
Gambar 4. 22	Grafik Hubungan Waktu terhadap Efisiensi Panel Surya	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Spesifikasi Panel Surya 50 Wp	24
Tabel 2. 2	Spesifikasi pompa air spray bertekanan	25
Tabel 2. 3	Tabel Spesifikasi Arduino UNO R3	27
Tabel 3.1	Parameter yang diukur.....	37



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan	Keterangan
G	Watt/m ²	Intensitas Radiasi Matahari
A	m ²	Luas Permukaan Panel
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
P _{in}	Watt	Daya Input
P _{out}	Watt	Daya Output
P _m	Watt	Daya Maksimum Panel
V _m	Volt	Tegangan Maksimum Panel
I _m	Ampere	Arus Maksimum Panel
V _{oc}	Volt	Tegangan Rangkaian Terbuka
I _{sc}	Ampere	Arus Rangkaian Terbuka
FF		Faktor Pengisi
η	%	Efisiensi

Rancang Bangun *Floating Photovoltaic* menggunakan Air sebagai Media Pendingin dan Pembersih berbasis Arduino

RINGKASAN

Efisiensi panel surya menurun apabila terjadi kenaikan temperatur sel surya yang merupakan karakteristik dari cell PV yang dapat merugikan produksi energi listrik. Tingkat penurunan berkisar dari 0,25%-0,5% per derajat celcius. Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan temperatur pada panel surya pada saat radiasi matahari yang tinggi yang menyebabkan temperatur sel surya meningkat, sehingga efisiensi panel surya berada pada kondisi yang optimal.

Metode teknik pendingin panel surya yaitu merancang sebuah *Floating Photovoltaic* menggunakan air sebagai media pendingin dan pembersih. Dimana metode pendingin dari dasar air sebagai pendingin pasif yang dikombinasikan dengan spray bertekanan sebagai pendingin aktif. Spray bertekanan tersebut diletakkan pada bagian atas panel menggunakan daya pompa. Digunakan sensor suhu DS18B20 untuk membaca suhu dari panel surya dan sebuah mikrokontroler untuk mengontrol pompa berdasarkan *setting* sensor temperatur. Monitoring parameter temperatur, tegangan, dan arus menggunakan sistem digital.

Pengujian dilakukan dengan membandingkan 2 panel surya polycrystalline 50Wp. Sebuah panel surya dengan menggunakan air sebagai pendingin dan pembersih dan sebuah panel surya tanpa air sebagai pendingin dan pembersih. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa dengan penambahan sistem pendingin berupa air dengan menggunakan spray bertekanan diperoleh penurunan temperatur rata-rata panel surya antara 2,35°C-7,19°C (6,06%-14,59%) dan peningkatan efisiensi rata-rata antara 1,58%-8,01%. Sedangkan untuk daya output diperoleh peningkatan rata-rata antara 4,43 W-7,23 W.

Kata kunci: Efisiensi, panel surya, air, pendingin, arduino uno.

Design of Floating Photovoltaic using Water as Cooling and Cleaning Media based on Arduino

SUMMARY

The efficiency of solar panels decreases if there is an increase in the temperature of the solar cells, which is a characteristic of PV cells which can be detrimental to electrical energy production. The rate of decline ranges from 0.25% -0.5% per degree Celsius. The aim of this research is to reduce the temperature on solar panels when solar radiation is high which causes the temperature of the solar cells to increase, so that the efficiency of the solar panels is at optimal conditions.

The solar panel cooling technique method is to design a Floating Photovoltaic using water as a cooling and cleaning medium. Where the cooling method is based on water as a passive coolant combined with pressurized spray as an active coolant. The pressurized spray is placed on the top of the panel using pump power. A DS18B20 temperature sensor is used to read the temperature from the solar panel and a microcontroller to control the pump based on the temperature sensor settings. Monitoring temperature, voltage and current parameters using a digital system.

The test was carried out by comparing 2 50Wp polycrystalline solar panels. A solar panel using water as a coolant and cleaner and a solar panel without water as a coolant and cleaner. The test results show that by adding a cooling system in the form of water using pressurized spray, the average temperature of the solar panels is reduced between 2.35°C-7.19°C (6.06%-14.59%) and the average efficiency increases. average between 1.58% -8.01%. Meanwhile, for output power, an average increase of between 4.43 W-7.23 W was obtained.

Keywords: Efficiency, solar panels, water, cooling, Arduino Uno.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masa kini sumber energi utama untuk pembangkitan listrik sebagian besar berasal dari bahan bakar fosil seperti Batu Bara atau Gas Alam, sumber energi fosil tidak dapat diperbaharui dan tidak ramah lingkungan, oleh karena itu dibutuhkan inovasi serta perubahan dari penggunaan energi fosil menuju energi baru serta terbarukan. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah energi terbarukan yang banyak di kembangkan karena perawatan yang mudah dan juga permintaan untuk pembangkitan energi terbarukan terus meningkat. Namun semenjak pembangunan fasilitas ini dan kebanyakan dibangun di daratan, timbul berbagai masalah yang antara lain pembangkitan daya yang besar memerlukan lahan yang luas, dana pembangunan fasilitas di darat yang semakin tinggi, dan gangguan lingkungan sistem ekologi yang terganggu, timbul pemikiran untuk mencari solusi dari masalah tersebut. (Farhan Fernanda dkk. 2021)

Salah satu solusi dan bentuk inovasi pemanfaatan tenaga surya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terapung. PLTS terapung memiliki efisiensi pendinginan dan perpindahan panas yang baik karena berada di media air, hal tersebut sangat baik untuk penggunaan *photovoltaic* pada area-area yang memiliki iradiasi matahari yang tinggi. Selain itu, pembangunan PLTS terapung juga dapat memanfaatkan area perairan sehingga akan memaksimalkan pemanfaatan lahan (Nur Wahid, Ibadurrahman 2021). Untuk merealisasikan penerapan PLTS terapung membutuhkan area perairan yang cukup mendukung,

danau Universitas Hasanuddin merupakan salah satu area yang memiliki potensi pemanfaatan surya dan lahan untuk pengaplikasian PLTS terapung yang cukup baik. Kenaikan Suhu mengakibatkan tegangan rangkaian terbuka (Voc) mengalami penurunan dan daya yang dihasilkan oleh panel surya menurun. Kenaikan suhu pada panel surya juga berpengaruh pada efisiensi listrik panel surya (Kusumaning Tiyas dan Widyartono t.t.)

Upaya pengoptimalan daya keluaran dari PLTS terapung yaitu dengan menambahkan system pendingin agar tetap stabil dibawah temperature puncak yaitu 45°C (Ahlun dan Stepanus, 2022). Metode pendingin yang akan dirancang yaitu dengan menggunakan spray bertekanan pada PLTS terapung agar pendinginan yang terjadi pada PLTS terapung lebih maksimal sehingga daya keluaran juga lebih efisien. Selain sebagai pendingin, spray bertekanan yang diletakkan dibagian atas panel diharapkan mampu membersihkan panel. Salah satu upaya pengoptimalan daya keluaran dari panel surya juga membersihkan permukaan panel surya terhadap debu dan kotoran yang berada pada permukaan panel surya.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis akan merancang tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun *Floating Photovoltaic* Menggunakan Air sebagai Media Pendingin dan Pembersih Berbasis Arduino”. Selain untuk menerapkan bentuk inovasi energi terbarukan, juga sekaligus sebagai media pembelajaran tambahan mengenai PLTS bagi mahasiswa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana rancangan PLTS Apung dengan menggunakan air sebagai pendingin?
2. Bagaimana pengaruh air pendingin terhadap temperatur *floating photovoltaic*?
3. Bagaimana peningkatan efisiensi *floating photovoltaic* menggunakan air pendingin?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dibahas pada skripsi ini adalah:

1. Sistem pendingin yang digunakan yaitu dari dasar air dan menggunakan air sebagai pendingin dengan fluida air.
2. Panel surya yang digunakan adalah tipe *polycrystalline 50WP*.
3. Parameter pengujian yang diukur adalah intensitas radiasi matahari (W/m^2), arus (A), tegangan (V), daya (W), dan temperature panel surya ($^{\circ}C$).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan rancangan/desain *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin.
2. Menentukan penurunan temperatur *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin.

3. Menentukan peningkatan efisiensi *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menjadi referensi bagi peneliti PLTS apung selanjutnya.
2. Sebagai upaya pemanfaatan lahan perairan sebagai pendingin panel surya.
3. Sebagai salah satu upaya dalam meningkatkan efisiensi panel surya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atau disebut juga dengan Solar *Photovoltaic* dan Solar Cell mengubah energi elektromagnetik dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Solar Cell terbuat dari bahan semikonduktor jenis Silicon (Si) yang memiliki permukaan tipis dan luas yang terdiri dari rangkaian diode tipe “p” dan tipe “n” yang dapat merubah energi matahari menjadi energi listrik. menggunakan perbedaan tegangan akibat Fotoelektrik. Efek Fotoelektrik dimana sinar matahari menyebabkan elektron di lapisan panel terluar “p” terlepas dan menyebabkan proton mengalir ke lapisan bagian bawah panel “n”. Perpindahan arus proton ini merupakan arus listrik. Energi matahari yang diserap oleh solar panel akan menghasilkan arus DC (*direct current*) (Farhan Fernanda dkk. 2021).

2.1.1 Jenis-jenis Sistem PLTS

Ada dua jenis Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, diantaranya:

1. Sistem PLTS Off-Grid

Sistem PLTS Off-Grid atau stand alone adalah sistem PLTS yang tidak terhubung dengan sistem pembangkit listrik lainnya, sistem hanya mengandalkan satu-satunya sumber pembangkit listrik yaitu Irradiasi matahari dari sinar matahari dengan bantuan panel surya untuk dapat menghasilkan energi listrik dan menggunakan baterai untuk penyimpanan energi. (Meliala dan Putri. 2020)

2. Sistem PLTS On-Grid

Sistem PLTS On-Grid merupakan system PLTS yang terhubung dengan jaringan daya utilitas (PLN) tersedia. Sistem ini harus terhubung ke Grid agar berfungsi, sehingga dapat mengirim kembali kelebihan daya yang dihasilkan ke jaringan ketika sel surya memproduksi daya berlebih sehingga ada keuntungan untuk digunakan nanti. Sistem On-Grid merupakan sistem paling sederhana dan paling hemat biaya untuk menginstal energi panel surya dibanding dengan sistem Off-Grid, namun sistem ini tidak memberikan daya cadangan selama pemadaman jaringan. (Bakti, Alkhair. 2021)

2.1.2 Komponen Sistem PLTS

Berikut ini adalah komponen-komponen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS):

1. Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang tidak segera digunakan oleh beban. Daya yang disimpan dapat digunakan saat radiasi matahari rendah atau pada malam hari. Baterai menyimpan listrik dalam bentuk daya kimia. Baterai memiliki dua tujuan penting dalam sistem PLTS, yaitu untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan panel surya serta untuk menyimpan kelebihan daya yang dihasilkan oleh panel surya (Matematika, J. I., Terapan. Masarrang : 2016).

2. Panel Surya

Panel Surya merupakan komponen yang berfungsi untuk mengubah radiasi sinar matahari menjadi energi listrik melalui proses fotoelektrik, energi yang dihasilkan adalah arus searah (DC). Panel surya memiliki bentuk, jenis dan kemampuan yang berbeda, berikut beberapa jenis panel surya:

a. *Monocrystalline* (Kristal Tunggal)

Jenis modul surya *monocrystalline* (Kristal Tunggal) merupakan jenis modul yang memiliki efisiensi yang cukup tinggi yaitu sekitar 16% hingga 17%. *Monocrystalline* terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis sebagai bahan utama penyusun sel surya. Secara fisik, jenis ini memiliki warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada tiap sudutnya. Kelemahan dari jenis modul ini adalah tidak berfungsi dengan baik ketika cahaya matahari kurang (teduh) dan efisiensinya akan turun drastis. (Pattiasina, Andante. 2022)

b. *Polycrystalline* (Multi Kristal)

Bahan *polycrystalline* (Multi Kristal) diciptakan karena harga untuk jenis ini cenderung lebih murah dibandingkan jenis *monocrystalline* (Kristal Tunggal). *Polycrystalline* terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur/dicairkan kemudian dituangkan ke dalam cetakan berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya *monocrystalline*. Efisiensi jenis modul ini lebih kecil dibandingkan jenis *monocrystalline* yaitu mencapai 12% hingga 14%. *Polycrystalline* dapat menghasilkan listrik walaupun keadaan cahaya matahari yang kurang (mendung). (Ant. Ardath Kristi1, dkk. 2020)

c. *Thin Film Photovoltaic*

Berbeda dengan *Monocrystalline* dan *Polycrystalline*, *Thin film Photovoltaic* merupakan panel surya dengan struktur lapisan yang tipis. Berdasarkan materialnya jenis modul ini digolongkan menjadi:

- Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cells.

Sel surya dengan bahan Amorphous Silicon ini, awalnya banyak diterapkan pada kalkulator dan jam tangan. Dengan teknik produksi yang disebut "*stacking*" (susun lapis), dimana beberapa lapis Amorphous Silicon ditumpuk membentuk sel surya, akan memberikan efisiensi yang lebih baik antara 6% - 8%.

- Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells.

Sel surya jenis ini mengandung bahan Cadmium Telluride yang memiliki efisiensi lebih tinggi dari sel surya Amorphous Silicon, yaitu sekitar: 9% - 11%.

- Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cells.

Dibandingkan kedua jenis sel surya thin film di atas, CIGS sel surya memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis ini tidak mengandung bahan berbahaya Cadmium seperti pada sel surya CdTe (Sari, Indah Permata. 2022).

3. Solar Charge Controller

Solar charge controller (SCC) atau juga dikenal sebagai *battery charge regulator* (BCR) adalah komponen elektronik daya di PLTS yang beroperasi dengan cara mengatur tegangan dan arus pengisian berdasarkan daya yang tersedia dari larik modul *photovoltaic* dan status pengisian baterai (SoC, state of charge) agar lebih optimal. Memilih tipe dan desain SCC yang tepat merupakan hal penting untuk menjaga efisiensi PLTS dan umur pakai dari baterai. (Rudin H. 2018)

Ada dua tipe Solar Charge Controller yang banyak digunakan, diantaranya:

a. Pulse Width Modulation (PWM)

Sistem kerja dari jenis ini menggunakan lebar pulse dari on dan off listrik, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*. Tegangan kerja PWM hanya bisa menyesuaikan tegangan kerja baterai., apabila lebih rendah maka tidak bisa melakukan pengisian.

(K.M. Abdurrokhman. dkk 2019)

b. *Maximum Power Point Tracker* (MPPT)

Sistem kerja jenis ini dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban kedalam baterai dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh panel maka daya dapat diambil dari baterai (Suryawinata, dkk. 2017).

4. Inverter

Energi matahari yang diterima oleh Panel Surya merupakan arus listrik searah (DC). Inverter adalah perangkat elektronik yang bertugas mengkonversi arus listrik searah (DC) dari Solar Panel menjadi arus listrik bolak-balik (AC), jika beban membutuhkan arus bolak-balik. Penggunaan inverter di Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah untuk menyuplai perangkat yang menggunakan arus listrik bolak-balik (AC). (Suryawinata dkk. 2017)

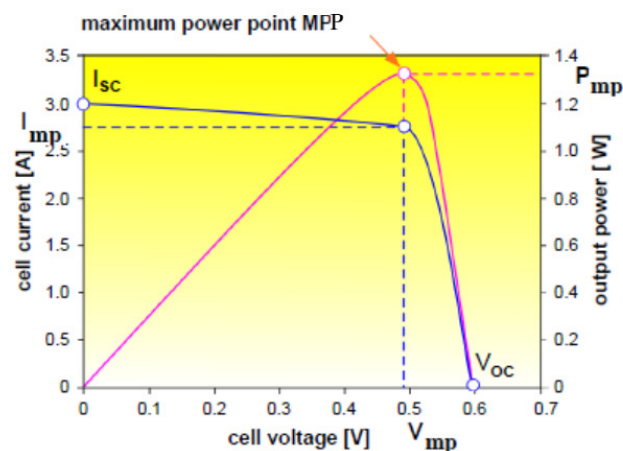
2.2 Karakteristik Sel Surya

Sifat elektrik dari sel surya dalam menghasilkan listrik dapat diamati dari karakteristik sel tersebut, yaitu berdasarkan arus dan tegangan yang dihasilkan sel surya pada kondisi cahaya dan beban yang berbeda-beda. Karakteristik panel surya terdiri dari kurva arus-tegangan dan kurva daya-tegangan (Rahman dkk. t.t.)

2.2.1 Kurva karakteristik pada saat daya maksimum

Karakteristik sel surya sangat dipengaruhi oleh radiasi matahari dan temperatur menyebabkan nilai tegangan dan arus titik MPP (*Maximum Power Point*) berbeda untuk setiap kondisi dan menyebabkan daya maksimalnya juga berbeda untuk setiap kondisi matahari dan temperatur yang berbeda. Hal ini disebabkan karena pada daerah tropis rentang temperatur pada siang hari tidak terlalu besar hanya berkisar 20° - 30° C. Idealnya rentang radiasi matahari berkisar antara 600 - 1200 W/m^2 dari pukul 09.00 - 16.00 WIB untuk kondisi matahari cerah. Radiasi matahari yang diterima PV juga dipengaruhi oleh awan dan kondisi cuaca pada saat itu. (Shi dkk. 2016)

Tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan ketika sel surya memperoleh penyinaran merupakan karakteristik yang disajikan pada kurva I-V pada gambar 2.1.



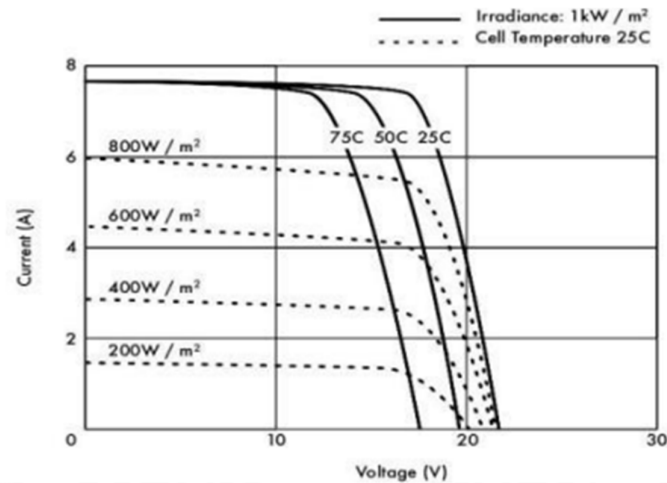
Gambar 2. 1 Kurva Maximum Power Point (MPP)
(sumber: Jurnal MPPT)

Kurva ini menunjukkan bahwa pada saat arus dan tegangan berada pada titik kerja maksimal atau MPP (*Maximum Power Point*) maka akan menghasilkan daya keluaran maksimum. Tegangan di *Maximum Power Point* (VMPP) lebih kecil dari tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus di *Maximum Power Point* (IMPP) lebih rendah dari arus *short circuit* (I_{sc}). Pada saat keluaran sel surya tidak terhubung dengan beban (*open circuit*) maka tidak ada arus yang mengalir dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, disebut tegangan *open circuit* (V_{oc}). Pada keadaan lain, saat keluaran sel surya dihubungkan singkatkan (*short circuit*) maka arus bernilai maksimum yang disebut arus *short circuit* (I_{sc}). Selain itu terdapat nilai daya maksimum (P_{mp}) dan dapat dihasilkan pada saat tegangan maksimum (V_{mp}) dan arus maksimum (I_{mp}). Titik dimana nilai arus dan tegangan pada titik yang menghasilkan daya terbesar disebut *Maximum Power Point* (MPP). (Shi dkk. 2016)

Tegangan *open circuit* (V_{oc}) adalah tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir atau bisa disebut juga arus sama dengan nol. Cara untuk mencapai Tegangan *open circuit* (V_{oc}) yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negatif modul surya dengan voltmeter. (Shi dkk. 2016)

Arus *short circuit* (I_{sc}) adalah arus maksimal yang dihasilkan oleh modul sel surya dengan cara meng-*short*-kan kutub positif dan kutub negatif pada modul surya dan nilai I_{sc} akan terbaca pada amperemeter. (Shi dkk. 2016)

2.2.2 Karakteristik kurva I-V terhadap perubahan *irradiance* dan temperatur



Gambar 2. 2 Karakteristik hubungan arus dan tegangan terhadap variasi radiasi dan temperatur
(sumber: Ouaschnig: 2005)

Kurva pada gambar 2.2 menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan terhadap pengujian modul *photovoltaic* biasanya dilakukan pada *Standard Test Condition* (STC) yaitu *Air Mass* (AM) 1,5 dan *irradiance* 1000 W/m² serta temperatur 25°C. Dalam kondisi nyata, nilai *irradiance* tidak mencapai nilai tersebut, hal tersebut biasa dipengaruhi oleh posisi lintang, posisi matahari dan kondisi cuaca. Nilai *irradiance* berpengaruh pada temperatur sel surya. Makin tinggi nilai *irradiance* maka makin tinggi temperatur dari sel surya. (Ouaschnig: 2005)

Berdasarkan kurva tersebut, pengaruh *irradiance* terhadap daya keluaran berbanding lurus. Pada saat *irradiance* tinggi (pada saat jumlah foton banyak), arus yang dihasilkan juga besar. Demikian pula sebaliknya, sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus terhadap jumlah foton. Sedangkan pengaruh

temperatur terhadap sel surya pada setiap kenaikan temperatur, tegangan yang dihasilkan menurun pada saat arus tetap. Jadi dapat disimpulkan bahwa daya keluaran PV sangat berpengaruh pada *irradiance* dan temperatur. (Ouaschnig, 2005)

2.3 Faktor Pengaruh Daya dari Keluaran Sel Surya

Kerja maksimum dan daya keluaran sel surya tidak hanya dipengaruhi oleh temperatur sel surya. Terdapat beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi daya keluaran sel surya. Faktor-faktor tersebut ada berpengaruh cukup besar dan ada juga yang kecil pengaruhnya (Widodo dkk., 2015). Faktor yang mempengaruhi kerja maksimum sel surya adalah sebagai berikut:

2.3.1 Temperatur Panel Surya

Sel surya dapat beroperasi secara maksimal apabila temperaturnya tetap normal (25°C). Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan (V). Apabila temperatur sel surya meningkat setiap 10°C dari (25°C) akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dapat dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10°C . (Fauzi, Rokhmat : 2019)

2.3.2 Debu dan Kotoran pada Permukaan Panel Surya

Kotoran dan kotoran juga mempengaruhi efisiensi panel surya. Ini bervariasi dari panel ke panel, namun yang terbaik adalah faktor hilangnya kinerja. Dalam semua perhitungan kami, kami menyamakan hilangnya efisiensi karena kotoran dan debu menjadi 5%. Adanya debu pada permukaan photovoltaic akan sedikit mempengaruhi nilai tegangan dari panel photovoltaic. Semakin banyak

akumulasi debu pada permukaan panel photovoltaic maka tegangan keluaran dari panel photovoltaic menyebabkan nilai tegangan semakin kecil. Penurunan nilai tegangan pada panel photovoltaic dengan polutan debu pada permukaanya tidak terlalu signifikan. (Novenanto J, 2018)

2.3.3 Radiasi Matahari

Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima panel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah maka besar tegangan (V) dan arus listrik (I) yang dihasilkan juga akan menurun. (Sony : 2014)

2.3.4 Kecepatan Angin bertiup dan Keadaan Atmosfer Bumi

Kecepatan tiup angin disekitar lokasi panel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca panel surya. Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari panel surya. (Fisika, J : 2012)

2.3.5 Sudut Panel Surya dan Arah Matahari

Arah dari panel surya ke arah matahari secara optimum sangat penting agar panel surya dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut kemiringan (*tilt angle*) dari panel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Untuk lokasi yang terletak di belaha utara *latitude*, maka panel surya sebaiknya diorientasikan ke selatan, orientasi ke timur-barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi panel surya, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum. (Widodo Dan Bangunan : 2000)

2.4 Kinerja Sistem Panel Surya

Panel surya memiliki kemampuan untuk menghasilkan suatu produk/output dari bahan masukan/input (cahaya matahari) melalui proses yang terjadi didalamnya (efek fotovoltaiik). Dikarenakan banyak faktor, tidak semua cahaya yang diserap oleh panel surya dapat dikonversi menjadi energi listrik. Keluaran dari panel surya menghasilkan tegangan DC. (Uhsq, Lubis, dan Burhanuddin Sitorus 2016)

2.4.1 Faktor Pengisi (Fill Factor)

Faktor pengisi adalah ukuran kualitas dari sel surya yang dapat diketahui dengan membandingkan daya maksimum teoritis dan daya output pada tegangan rangkaian terbuka dan hubung singkat. Fill Factor atau FF memiliki nilai yang berada pada kisaran 0,7-0,85. Perlu diketahui bahwa semakin besar nilai FF suatu panel surya maka kinerja panel surya tersebut semakin baik dan akan memiliki efisiensi yang semakin tinggi. (Pido R, dkk : 2019)

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots (2. 1)$$

Dengan:

FF = Faktor Pengisi

V_m = Tegangan maksimum panel (V)

I_m = Arus maksimum panel (A)

V_{oc} = Tegangan rangkain terbuka (V)

I_{sc} = Arus hubung singkat (A)

2.4.2 Daya Input

Daya input dari panel surya adalah intensitas cahaya matahari (W/m^2) dan luas penampang panel surya (m^2). Untuk menentukan daya input panel surya dapat digunakan persamaan berikut:

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots (2. 2)$$

Dengan:

P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)

G = Intensitas cahaya matahari (W/m^2)

A = Luas penampang panel surya (m^2)

2.4.3 Daya keluaran

Daya keluaran atau output dari panel surya adalah perkalian tegangan dan arus. Untuk menentukan daya output dari panel surya digunakan rumus dari persamaan berikut:

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots (2. 3)$$

Dengan:

P_{out} = Daya keluaran pada panel surya (W)

V = Tegangan panel surya (V)

I = Arus panel surya (A)

2.4.4 Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya merupakan ukuran output daya listrik panel surya (W) dibandingkan dengan luas permukaannya (A). Umumnya semakin tinggi efisiensi

sebuah panel surya makin besar daya yang dikeluarkan dari panel surya tersebut. Akan tetapi efisiensi panel surya akan menurun apabila suhu panel surya berada diatas 25°. (Ridwan : 2021). Efisiensi panel surya dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2. 4)$$

Dengan:

- η = Efisiensi panel surya
- P_{out} = Daya output pada panel surya (W)
- P_{in} = Daya input akibat radiasi matahari (W)

2.5 PLTS Terapung

2.5.1 Potensi PLTS Terapung di Indonesia

Penggunaan *photovoltaic* (PV) meningkat sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2015, pasar PV telah mencapai ekspansi besar-besaran dalam skala dunia dengan kapasitas terpasang 230GW, dimana perkembangannya mulai bergerak dari Eropa ke Asia dan Amerika Serikat (Ceng Y., *et al*: 2023). Hal ini tentu bukan tanpa alasan. Dengan gerakan masif dalam penggunaan yang bersih dan berwawasan lingkungan ramah energi, tenaga surya memiliki daya tarik tertinggi dari masyarakat karena energi yang melimpah dan tidak ada habisnya sumber. Instalasi mudah, teknologi semikonduktor sebagai dasar pengembangan teknologi PV, dan intensif kebijakan menjadi alasan utama mengapa PV semakin disukai oleh masyarakat (Ceng Y., *et al*: 2023).



Gambar 2.3 PLTS Terapung Cirata
Sumber: Indonesianabudhabi

Saat ini ada tiga proyek PLTS apung yang sedang digarap di Indonesia. Satu diantaranya berada di waduk atau bendungan Cirata, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat yang mempunyai kapasitas sebesar 145 MW. Menyusul PLTS tersebut, ada dua fasilitas serupa yang juga baru memasuki tahap awal pengembangan. Dua fasilitas yang dimaksud akan berlokasi di Sumbawa dan Lombok yang masing-masing mempunyai kapasitas sebesar 12 MW dan 15 MW (Hermanu C, dkk. 2020).

PV mengubah radiasi matahari menjadi listrik energi tanpa mencemari lingkungan. Performa PV sendiri bergantung pada kondisi iklim, kelistrikan parameter operasi, dan parameter desain seperti suhu, penyinaran matahari, dll. Secara umum, PV dapat mengkonversi 4-17% radiasi matahari menjadi energi listrik, tergantung faktor-faktor di atas. Semakin tinggi intensitas matahari radiasi akan meningkatkan temperatur modul dan akan menurunkan efisiensi sel PV

(Dajuma, *et al*: 2016). Setiap kenaikan 1°C pada PV modul akan mengurangi efisiensi sebesar 0,5%. Dengan kenaikan suhu, tidak semua energi matahari diserap oleh PV diubah menjadi energi listrik. Menurut hukum kekekalan energi, sisa energi matahari akan menjadi diubah menjadi panas. Konsekuensi dari panas sisa yang tinggi ini akan berdampak pada pengurangan konversi secara keseluruhan efisiensi (Siecker., *et al*: 2017).

Indonesia sebagai negara agraris dan kepulauan memiliki banyak perairan yang tersebar hampir di seluruh wilayah. Kapan terkait dengan PV, badan air ini dapat menjadi solusi untuk mengurangi biaya penghematan lahan dan biaya pengoperasian pembangkit listrik, dan di sisi lain juga dapat mengurangi dampak akibat kenaikan temperatur pada PV yang akan berpengaruh pada meningkatkan efisiensi PV. Jadi, ini adalah solusi yang baik untuk memanfaatkan badan air dan membantu meningkatkan kelayakan ekonomi proyek surya. Energi dari PV melalui sumber energi terbarukan menghasilkan efisiensi yang rendah dan kurang dari 15% dalam masa manfaatnya. Dengan *floating solar photovoltaic (FSPV)*, listrik akan dihasilkan lebih banyak daripada tata surya yang dipasang di tanah dan atap karena efek pendinginan badan air. FSPV juga mengurangi reservoir penguapan dan pertumbuhan alga dengan menaungi badan air. Platform terapung 100% dapat didaur ulang, menggunakan kepadatan tinggi polietilen yang dapat mereduksi sinar UV dan korosi (Manoj Kumar, *et al*: 2016).

Seperti yang telah dibahas pada bagian sebelumnya, FSPV merupakan konsep pemanfaatan badan air sebagai area instalasi PV, tentu tidak terlepas dari teknologi mengambang. Singkatnya, FSPV merupakan gabungan dari teknologi PV

dan *floating* teknologi yang menghasilkan pembangkit listrik. Parameter terpenting dalam mengevaluasi kinerja FSPV adalah efisiensi konversi yang efektif dikondisi operasi, yang berdampak pada pembangkit listrik sebagai tujuan utama dari komponen FSPV. (Manoj Kumar, *et al*: 2016).

2.5.2 Penelitian PLTS-Terapung

Menurut Hermanu Santoso, *et al.* (7:2019) dalam penelitiannya yang berjudul “*Design of 1 MWp Floating Solar Photovoltaic (FSPV) Power Plant in Indonesia*” bahwa hasil yang diperoleh adalah FSPV desain dengan potensi badan air di Indonesia yang mampu menyediakan output energi lebih dari 1MWp. 1MWp dibagi menjadi 4 inverter yang masing-masing memiliki ukuran 250kWp. Hal ini menunjukkan potensi air yang melimpah badan di Indonesia menjadi salah satu kunci penyediaan energi bersih dan ramah lingkungan dengan kapasitas besar. Dengan menerapkan harga jual listrik Rp 2609/kWh, FSPV justru dapat memberikan hasil yang positif. Kedepannya, desain dan optimalisasi komponen FSPV berupa *floater* dapat diinvestigasi sehingga hal tersebut dapat dilakukan dapat mendukung operasional FSPV dan meningkatkan kelayakan FSPV secara ekonomi dan investasi. Hal lain yang juga perlu diperiksa adalah komponen pendukung lainnya seperti desain dan optimalisasi untuk biaya pemasangan kabel yang lebih rendah.

Fernanda dkk. (2021:171) melakukan penelitian berjudul “Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada *Floating Photovoltaic* sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta” dalam penelitian ini menyebutkan bahwa komponen *Floating Photovoltaic* dengan beban

20 W yang digunakan selama 10 jam dibutuhkan baterai dengan kapasitas 20 Ah yang dapat diisi oleh panel dengan spesifikasi 50 Wp berjumlah 2 buah yang disusun paralel mempunyai efisiensi panel sebesar 18.53%.

Menurut Choi et al. (2020) dalam penelitiannya yang berjudul “*Power performance of high density photovoltaic module using energy balance model under high humidity environment*” menuliskan bahwa Perubahan suhu modul PV sehubungan dengan perubahan kelembaban dipelajari, dan prediksi suhu dilakukan dengan menggunakan model keseimbangan energi dari HDM. Angka *Prandtl*, karena kelembaban dapat mempengaruhi kinerja modul PV, adalah angka tak berdimensi yang dinyatakan oleh rasio viskositas kinetik dan konduktivitas termal; rasio ini menunjukkan momentum dalam aliran lapisan. Dengan meningkatnya kelembaban relatif, angka ini meningkat dan menyebabkan laju pertukaran panas menurun karena berbanding terbalik dengan koefisien pertukaran panas. Artinya, ketika kelembaban relatif meningkat, pertukaran panas dikurangi oleh elemen ini. Selain itu, faktor ini mempengaruhi konduktivitas termal, viskositas, dan suhu modul PV, sebagaimana dikonfirmasi melalui eksperimen.

Bagaskara dkk. (2022:652) melakukan penelitian berupa “Simulasi PLTS Terapung untuk Perencanaan Kebutuhan Daya di Pantai Tiga Warna Kabupaten Malang”. Selama pengujian, PLTS terapung bekerja sesuai perencanaan dan jika tidak terjadi shading pada PLTS terapung dapat mencapai beban maksimal dan pengaruh dasar air terhadap temperatur panel surya meningkatkan efisiensi dari panel surya.

2.5.3 Proses pendinginan PLTS Terapung

Teknik pendinginan menjadi hal penting guna meningkatkan efisiensi panel surya dan memperpanjang umur dari panel surya tersebut. Sistem pendinginan untuk panel surya dibedakan menjadi 2 jenis teknik pendinginan yaitu aktif dan pasif. Prinsip yang membedakan dari kedua jenis tersebut adalah pada sistem aktif dibutuhkan sumber tenaga dari luar untuk menjalankan sistem pendinginan. (Marausna, 2021).

Salah satu cara meningkatkan efisiensi sel surya adalah dengan menurunkan atau mempertahankan temperatur kerja sel surya pada kondisi mendekati 25°C (Syatau, NS. 2023), yang dibagi menjadi beberapa cara yaitu:

- a. Pendinginan berdasarkan permukaan yang didinginkan, terbagi atas posisi depan (front) atau posisi belakang (back). Untuk posisi depan, dapat dilakukan dengan cara menyemprotkan air setiap waktu tertentu atau air mengalir di bagian permukaan secara terus menerus. Sementara untuk posisi belakang dapat dilakukan dengan cara menyemprotkan kipas bantu atau air dan udara.
- b. Berdasarkan media pendingin dapat dibagi atas media air atau udara.
- c. Berdasarkan sistem pengontrolannya terbagi atas pendinginan aktif dan pasif. Pendinginan pasif dapat terjadi dengan memanfaatkan kondisi alami suatu bahan seperti udara, air atau aluminium tanpa ada pengaturan otomatis dan tidak membutuhkan energi tambahan. Sementara untuk pendinginan aktif dilakukan dengan menambahkan energi lain untuk memaksa terjadinya

pendinginan yang lebih cepat seperti menggunakan pompa, kipas angin dan pengontrol lainnya.

Beberapa teknik pendinginan pasif panel surya adalah sebagai berikut:

1. Mendinginkan bagian bawah panel menggunakan plat, sirip atau heatsink aluminium, seperti yang dilakukan pada penelitian Tarigan dkk (2021).
2. Mendinginkan bagian bawah panel dengan mencelupkan bagian bawah panel ke dalam air, seperti yang dilakukan pada penelitian Ramadani (2020).
3. Mendinginkan bagian bawah panel dengan dasar air dengan PLTS Terapung seperti pada penelitian yang dilakukan Fernando dkk (2021).

Beberapa cara pendinginan aktif pada sel surya adalah sebagai berikut:

1. Mengalirkan air tipis ke permukaan panel. Penyemprotan dilakukan dengan tambahan pompa dan sistem kontrol, seperti yang dilakukan pada penelitian Rahajoeningroem (2022).
2. Mendinginkan bagian bawah panel dengan penambahan inlet dan outlet air. Air yang bersumber dari sebuah tangki akan terus mengalir dengan penambahan pompa dan kontrol. Cara ini membutuhkan air yang banyak atau tangki yang besar.

Untuk lebih mendapatkan daya keluaran yang maksimal, peneliti akan menggunakan air sebagai pendingin dengan spray bertekanan yang merupakan

metode pendinginan aktif pada PLTS Terapung sehingga mendapatkan pendinginan yang maksimal.

2.5.3.1 Panel Surya

Dalam perencanaan pembangunan *Floating Solar Photovoltaic* menggunakan solar panel seperti *Polycrystalline 50 WP* dengan beban lampu DC 20 Watt, hal ini dikarenakan panel surya mampu menanggung beban yang digunakan. Berikut adalah spesifikasi umum panel surya yang direncanakan.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Panel Surya 50 Wp

Spesifikasi	Keterangan
Rated Maximum Power	50 W
Voltage at Pmax (Vmp)	17,6 V
Current at Pmax (Imp)	2,86 A
Open-Circuit Voltage (Voc)	21 V
Short-Circuit Current (Isc)	3,2 A
Weight	4,65 kg
Dimensions	770 mm x 540 mm x 3 mm
Standart Test Condition	25°C

2.5.3.2 Spray Bertekanan

Proses pendinginan panel surya dapat dilakukan dalam berbagai cara. Salah satunya dengan menggunakan metode pendinginan aktif, yaitu dengan cara mengalirkan air pada permukaan panel surya. Penyemprotan dilakukan menggunakan pompa dan mikrokontroler. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk memprogram dan mengolah data masukan dari beberapa sensor dan juga untuk mengontrol menyala

relay yang tersambung pada pompa air. Pompa dalam sistem hardware adalah komponen keluaran terakhir dari kontroler. Ketika temperatur PV melebihi nilai seting yang ditentukan, kontroler akan secara otomatis menghidupkan pompa untuk menyemprotkan air ke permukaan panel PV. Pompa yang digunakan adalah jenis pompa diafragma dengan daya 25 W, debit 4 liter per menit yang dilengkapi dengan nozzel berdiameter 0.2 mm. Adapun spesifikasi pompa spray bertekanan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Spesifikasi pompa air spray bertekanan

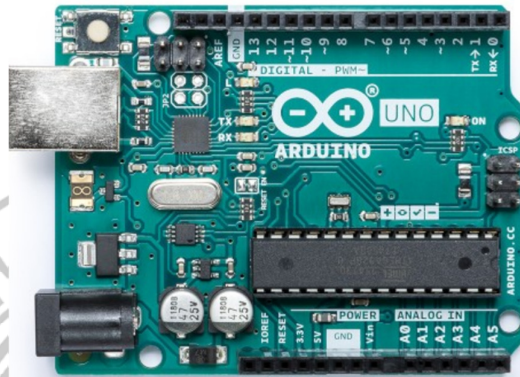
Spesifikasi	Keterangan
Pressure	100 Psi
Debit	4 LPM
Power	25 W
Current	4 A
Voltage	12 V

2.5.3.3 Mikrokontroller

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori I/O dan unit pendukung seperti analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. (Haris, MY : 2017)

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Disebut sebagai papan pengembangan karena board ini memang berfungsi sebagai arena prototyping sirkuit mikrokontroller. Dengan menggunakan papan pengembangan, akan

lebih mudah merangkai rangkaian elektronika mikrokontroler dibanding jika memulai merakit ATmega328 dari awal di breadboard (Haris, MY : 2017). Board arduino uno tampak depan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Arduino UNO R3
(sumber: arduino indonesia)

Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer dengan kabel USB atau diberi power dengan adaptor AC-DC atau baterai, sudah dapat bermain-main dengan Arduino UNO tanpa khawatir akan melakukan sesuatu yang salah. Kemungkinan paling buruk hanyalah kerusakan pada chip ATmega328, yang dapat diganti sendiri dengan mudah dan dengan harga yang relatif murah. (Amiruddin, A : 2020)

Kata "Uno" berasal dari bahasa Italia yang berarti "satu", dan dipilih untuk menandai peluncuran Software Arduino (IDE) versi 1.0. Arduino.

Sejak awal peluncuran hingga sekarang, Uno telah berkembang menjadi versi Revisi 3 atau biasa ditulis REV 3 atau R3. Software Arduino IDE, yang bisa diinstall di Windows maupun Mac dan Linux, berfungsi sebagai software yang membantu anda memasukkan (upload) program ke chip ATmega328 dengan mudah (Affianto, dkk : 2016). Spesifikasi arduino dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Tabel Spesifikasi Arduino UNO R3

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan operasi	5 V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7 V - 12 V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6 V - 20 V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM
Analog input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 Ma
Arus DC pin 3.3 V	50 Ma
Memori flash	32 Kb, 0.5 Kb telah digunakan untuk bootloader
SRAM	2 Kb
EEPROM	1 Kb
Clock Speed	16 Mhz
Dimensi	68.6 mm x 53.4 mm
Berat	25 g

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang dan Danau Universitas Hasanuddin. Adapun waktu pelaksanaan dari penelitian ini yaitu dimulai pada bulan Maret-Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

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

3.2.1 Alat

1. Solar Power Meter
2. Digital DC Wattmeter
3. 2 buah panel surya *Polycrystalline* 50 Wp
4. 2 buah Solar Control Charge (SCC)
5. Pompa DC 12 V

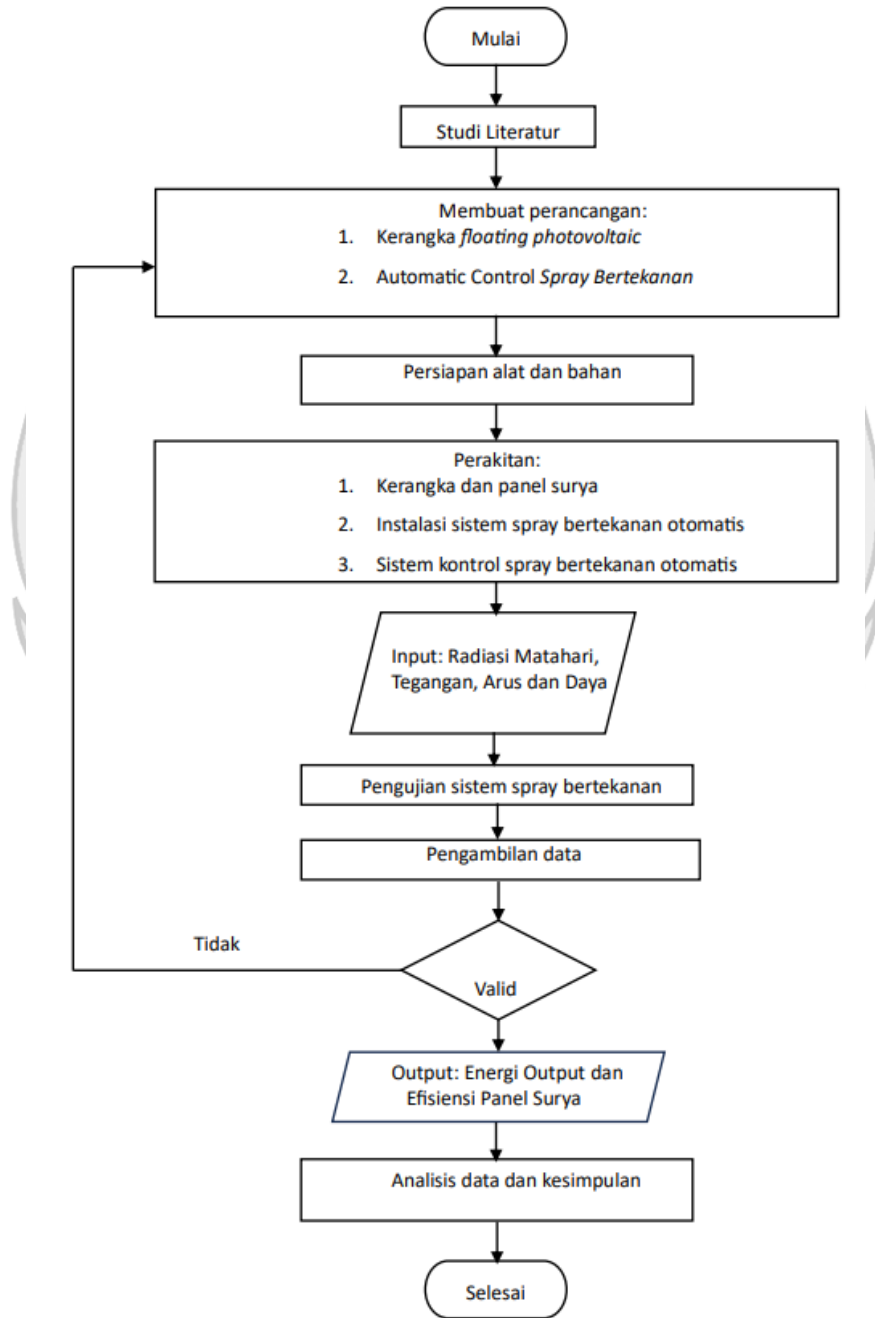
3.2.2 Bahan

1. Sensor temperatur DS18B20
2. 2 buah baterai VRLA 12 V/7 AH
3. Arduino UNO
4. Kabel-kabel
5. Pelampung aerator dan rangka penyangga panel
6. Spray bertekanan
7. Adaptor dan selang

8. 2 buah Lampu DC 20 Watt

3.3 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1.

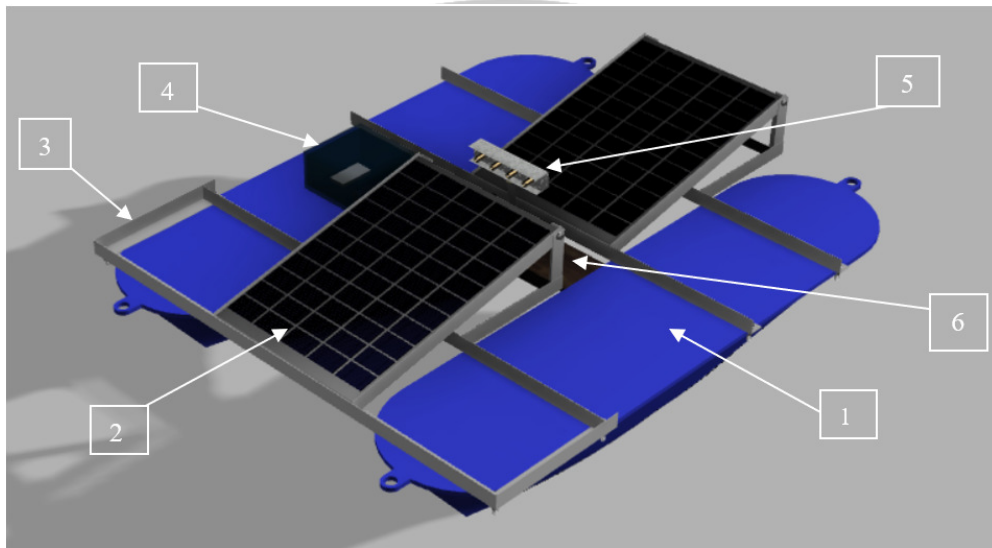


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Tahap perancangan

3.4.1 Perancangan Rangka Panel

Floating photovoltaic akan dirancang menggunakan pelampung aerator. Pada bagian atas pelampung aerator akan dipasang rangka yang bertujuan untuk menopang *photovoltaic* dari badan pelampung aerator.



Gambar 3. 2 Rancangan rangka panel surya

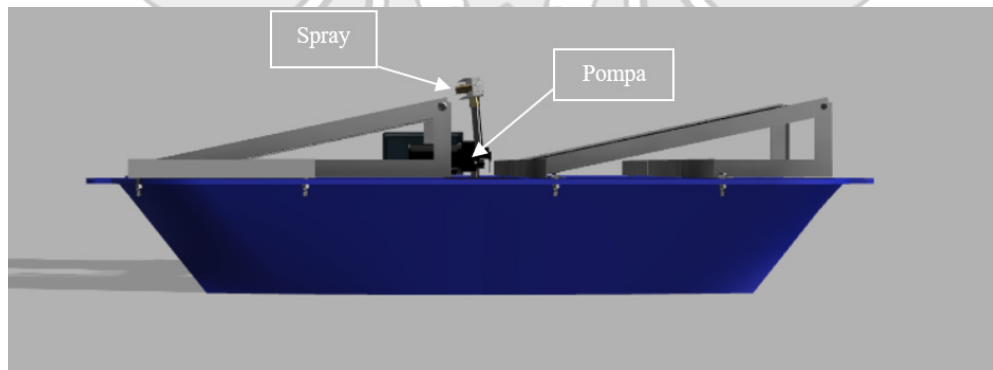
Adapun komponen sistem pengujian *Floating Photovoltaic* sebagai berikut:

1. Pelampung
2. Panel Surya Polycrystalline 50 wp
3. Rangka penyangga panel
4. Mikrokontroller
5. Spray Bertekanan
6. Pompa

Jarak antara badan air dan badan *photovoltaic* dirancang sedemikian rupa sehingga proses pendinginan dari badan air juga maksimal dan pompa yang bekerja tidak membutuhkan banyak daya untuk mengalirkan air ke jarak yang lebih tinggi. Pelampung aerator yang digunakan terdiri dari dua buah yaitu sisi kiri dan kanan dari *photovoltaic*.

3.4.2 Perancangan dan Kapasitas Pendingin Spray Bertekanan

Alat yang akan dirancang dalam penelitian ini merupakan sistem pendingin *floating photovoltaic* yang dikombinasikan dengan spray bertekanan yang akan menyembrotkan air ke bagian atas panel surya sekaligus akan membersihkan sisi atas panel surya. Spray bertekanan yang digunakan terdiri dari 1 buah dengan daya 25 W dan debit 4 liter per menit yang dilengkapi dengan nozzle berdiameter nozzle 0.2 mm. Pemasangan spray bertekanan pada *floating photovoltaic* diharapkan mampu menurunkan panas dari panel surya secara maksimal dan juga dapat digunakan sebagai media pembersih bagian atas dari panel surya.

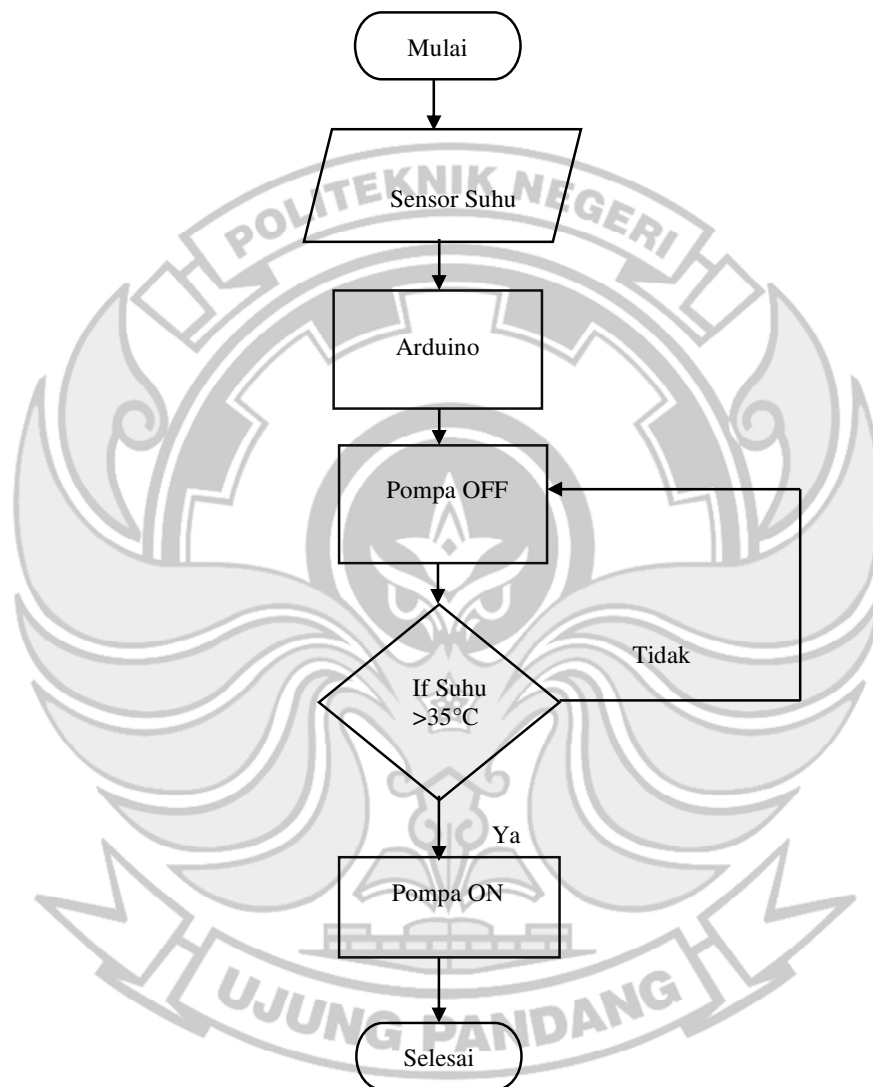


Gambar 3.3 Perancangan Sistem Spray Bertekanan

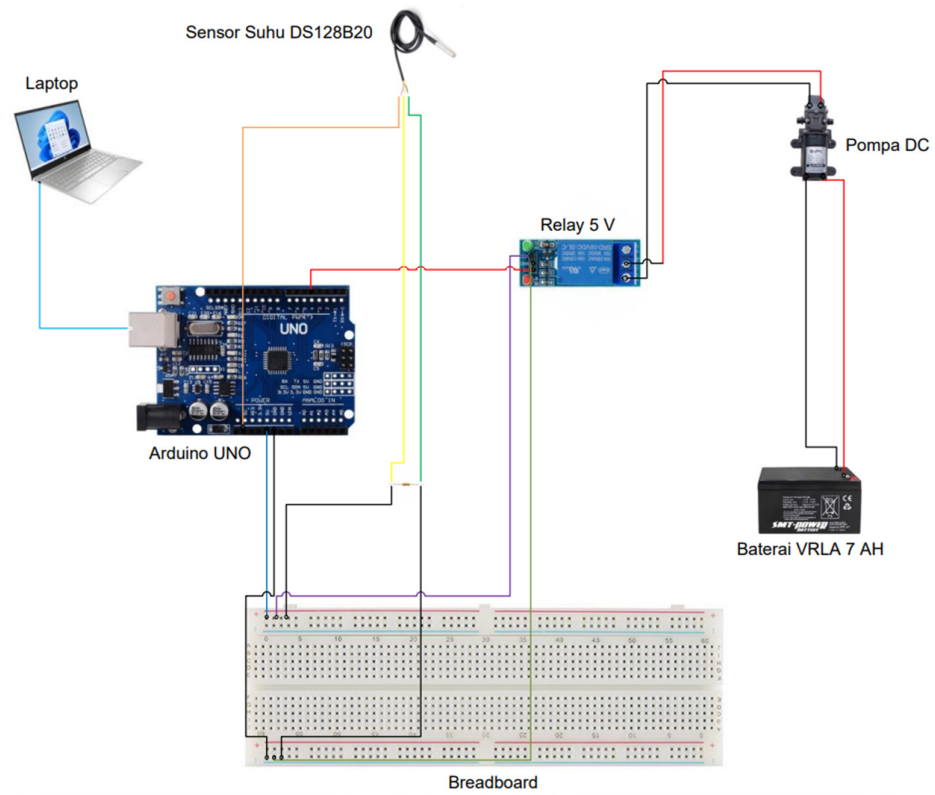
3.4.3 Perancangan Sistem Kontrol Spray Bertekanan Otomatis

Pada perancangan sistem kontrol spray bertekanan otomatis menggunakan mikrokontroler berupa arduino uno dan untuk program kontrol otomatisnya

menggunakan software arduino, yang bekerja sesuai program yang telah dibuat berupa kontrol ON/OFF dari pompa pada saat panel surya mencapai temperature tertentu berdasarkan dari sensor temperaturnya.



Gambar 3. 4 Flowchart Kontrol Suhu

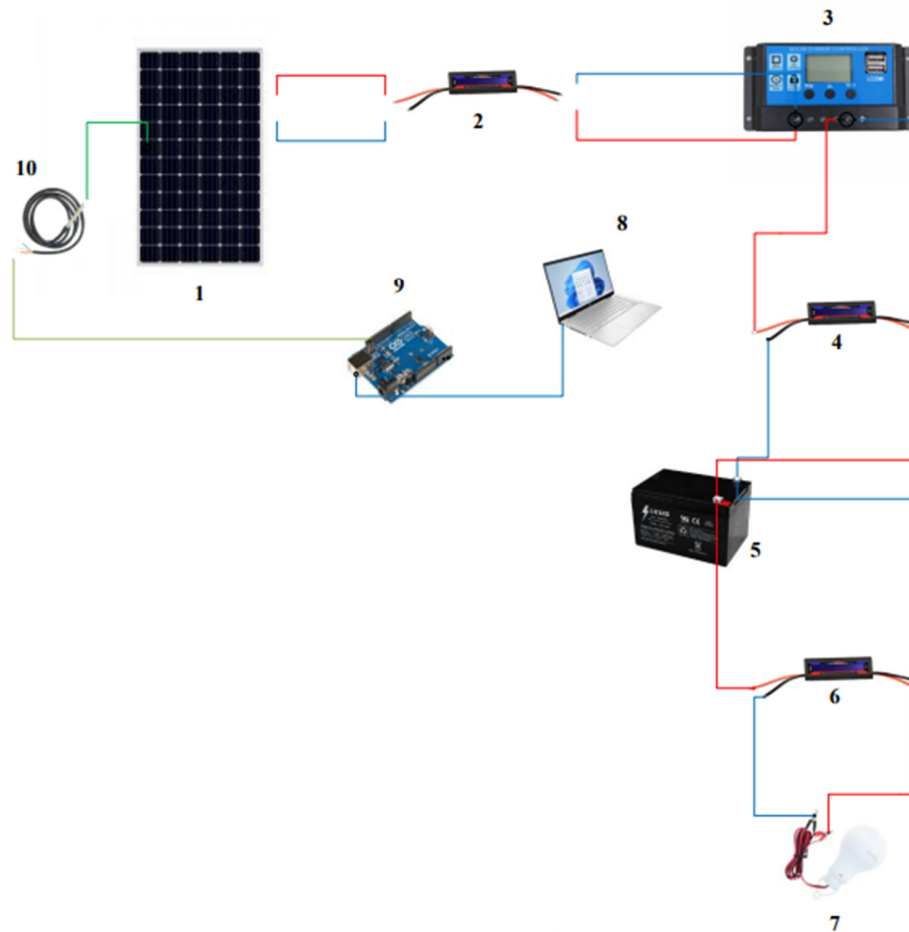


Gambar 3.5 Rangkaian Kontrol pada Pompa



3.4.4 Skema Pengujian

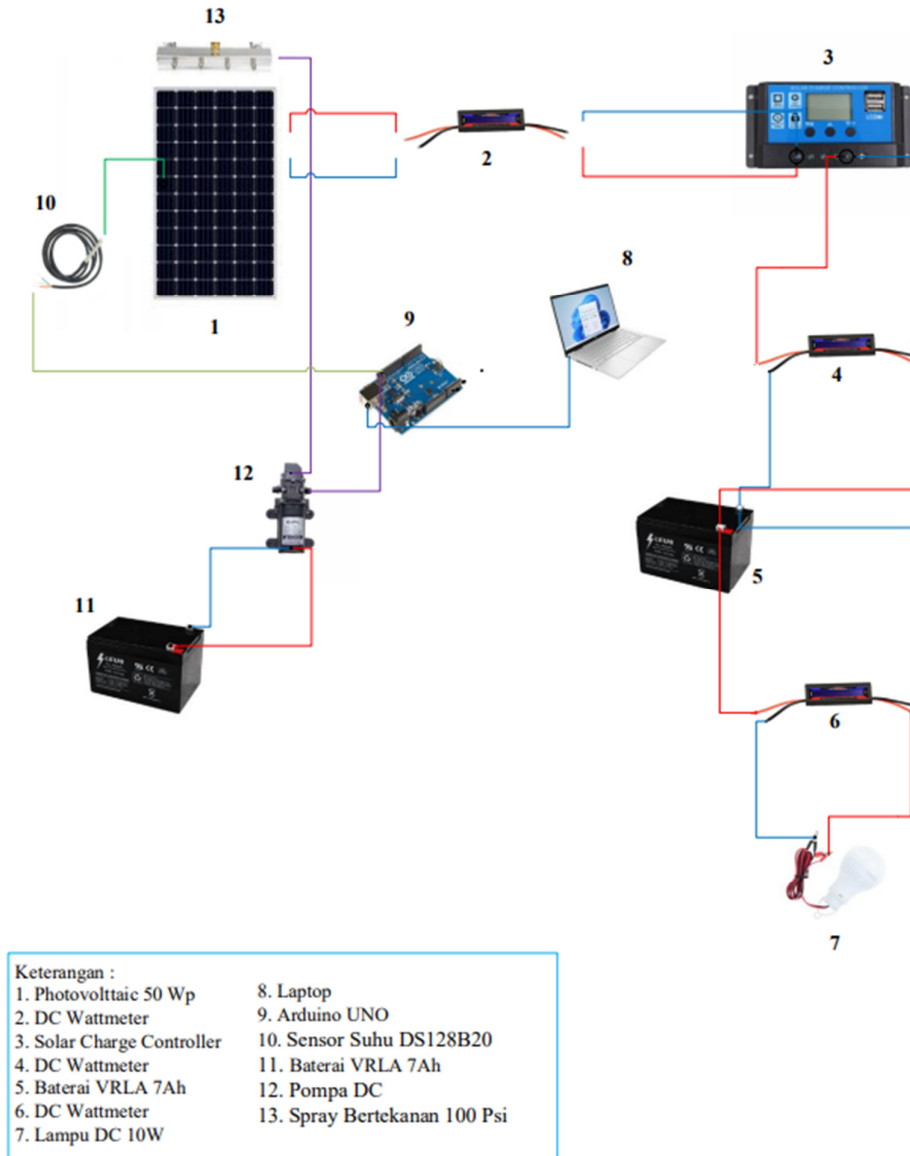
3.4.4.1 Skema Pengujian *Photovoltaic* tanpa Air sebagai Pendingin



Keterangan :	
1. Photovoltaic 50 Wp	8. Laptop
2. DC Wattmeter	9. Arduino UNO
3. Solar Charge Controller	10. Sensor Suhu DS128B20
4. DC Wattmeter	
5. Baterai VRLA 7Ah	
6. DC Wattmeter	
7. Lampu DC 10W	

Gambar 3. 6 Skema pengujian *photovoltaic* tanpa Air sebagai Pendingin

3.4.4.2 Skema Pengujian *Floating Photovoltaic* dengan Air Pendingin sebagai Pendingin



Gambar 3. 7 Skema Pengujian *Floating Photovoltaic* dengan Sistem Spray Bertekanan Otomatis.

3.4.5 Tahap Pembuatan dan Perakitan

Setelah proses perancangan selesai, proses selanjutnya adalah proses pembuatan dan perakitan setiap komponen beserta alat kontrolnya. Langkah-langkah yang harus dikerjakan pada masing-masing rangkaian rancang bangun adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Pembuatan rangka panel surya.
3. Pemasangan pendingin sistem spray bertekanan otomatis 100 psi.
4. Pemasangan *floating photovoltaic* dengan air sebagai pendingin dengan spray bertekanan dan tanpa spray bertekanan pada rangka panel.
5. Pembuatan rangkaian mikrokontroler arduino.

3.5 Prosedur Pengujian

Setelah menggabungkan semua komponen, selanjutnya akan dilakukan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian alat dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui parameter-parameter yang dicari seperti temperatur panel surya, tegangan, arus yang dihasilkan panel surya serta radiasi matahari. Dalam tahap pengujian ini langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memasang panel surya dilokasi pengujian.
2. Merangkai panel surya yang berupa *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin dengan spray bertekanan dan *floating photovoltaic* tanpa menggunakan spray bertekanan.
3. Mencatat hasil pengukuran kedalam tabel pengamatan yang telah disiapkan, pencatatan hasil pengukuran dilakukan setiap 10 menit.

4. Membuat pembahasan dan kesimpulan mengenai hasil penelitian.
5. Pengujian selesai.

3.6 Pengumpulan Data

Setelah melakukan pengambilan data pada proses pengujian panel surya baik yang merupakan *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin dengan spray bertekanan dan *floating photovoltaic* tanpa air pendingin maka terdapat beberapa parameter yang dicatat. Pencatatan dilakukan setiap 10 menit.

Tabel 3. 1 Parameter yang diukur

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Alat Ukur
1.	Temperatur Panel	T	°C	Clamp meter dan sensor temperatur
2.	Radiasi Matahari	G	W/m ²	Solar Power Meter
3.	Daya	P	Watt	Digital DC Wattmeter
4.	Tegangan	V	V	Digital DC Wattmeter
5.	Arus	I	A	Digital DC Wattmeter

BAB IV

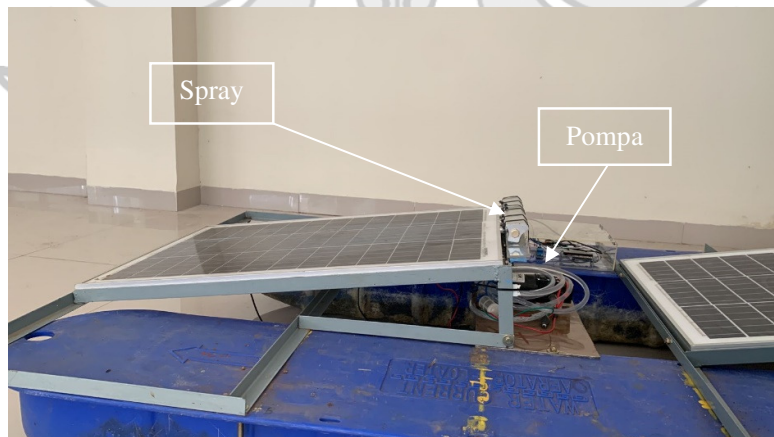
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan Pendingin Spray Bertekanan

Gambar dibawah ini menunjukkan konstruksi dari perancangan *floating photovoltaic*.



Gambar 4. 1 Konstruksi Penelitian



Gambar 4. 2 Letak Pompa dan Spray pada konstruksi panel yang menggunakan pendingin air

Perhitungan Daya Apung:

$$F_a = V_t \times \rho \times g$$

Dik:

F_a = Daya Apung (N)

V_t = Volume benda yang tercelup kedalam air (m^3)

ρ = Massa Jenis Air (kg/m^3) = $1000 kg/m^3$

g = gaya gravitasi bumi (m/s^2) = $9,8 m/s^2$

m = massa pelampung = 12 kg

Berat rangka = 3,82 kg

Berat arduino = 0,05 kg

Berat panel = 4,65 kg

Berat pompa = 0,35 kg

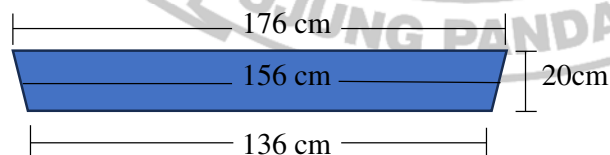
Berat spray = 0,47 kg

Total berat benda yang diapungkan, $m = 9,34 kg$

Volume pelampung (menggunakan rumus Volume Trapesium)

Volume Trapesium = Luas Trapesium \times tinggi

$$\text{Luas Trapesium} = \frac{1}{2} \times (a + b) \times t$$



Diketahui: Panjang Sisi Atas Pelampung = 176 cm

: Panjang Sisi Bawah Pelampung = 136 cm

: Lebar Pelampung = 33 cm

: Tinggi Pelampung = 20 cm

- Luas Pelampung keseluruhan = $\frac{1}{2} \times (1,76 + 1,36) \times 0,2$
= 0,312 m²

Volume Pelampung Keseluruhan = 0,312 m² x 0,33 m
= 0,10296 m³

≈ 103 L x 2 buah pelampung = 206 L

- Massa Sistem = (2 x berat pelampung) + (total beban)
= (2 x 12 kg) + (9,34 kg)
= 33,34 kg

$$\rho_{\text{sys}} = \frac{m}{V} = \frac{33,34 \text{ kg}}{206 \text{ L}} = 0,162 \text{ kg/L}$$

Diperoleh : Massa Jenis Air > Massa Jenis Sistem

: 1 kg/L > 0,162 kg/L

Sekitar 20% pelampung tercelup, sehingga 0,162 x 20% = 3,24 cm

Jadi pelampung tercelup kurang lebih 3-4 cm.

Jadi, pelampung dapat mengapung karena massa jenis zat cair lebih besar dari massa jenis sistem.

4.2 Hasil Penelitian

Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dengan waktu mulai pengambilan data dan durasi pengambilan data yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan oleh beberapa hal seperti cuaca yang tidak menentu dan kendala-kendala teknis yang terjadi. Dalam proses pengambilan data, ada dua jenis pengujian yang digunakan. Untuk hari pertama, kedua dan ketiga merupakan pengujian tanpa beban. Namun, pada hari pertama dan kedua data yang diperoleh dari hasil penelitian kurang valid

karena mikrokontroler tidak berfungsi dengan baik. Dan untuk hari keempat dan kelima merupakan pengujian berbeban menggunakan lampu DC 20 Watt. Dalam proses pengambilan data pencatatan dilakukan setiap 10 menit dan parameter yang dicatat meliputi temperatur panel surya, daya *output* panel, tegangan keluaran, arus, daya keluaran dan intensitas cahaya matahari. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur suhu panel adalah sensor suhu DS18B20 sedangkan untuk daya, arus dan tegangan menggunakan DC wattmeter digital dan untuk pengukuran radiasi matahari menggunakan Solar Power Meter.

Dari hasil penelitian membuktikan bahwa temperatur panel surya berpengaruh pada efisiensi panel surya. Semakin tinggi temperatur dari panel surya efisiensi yang dihasilkan panel surya menurun. Dan sebaliknya, apabila temperatur panel surya rendah, efisiensi panel surya akan meningkat.

Tabel hasil pengukuran pada tanggal 20-24 Juni 2023 dapat dilihat pada lampiran Tabel 4.1-Tabel 4.3.

4.3 Analisis Data

4.3.1 Perhitungan Data Panel Surya

1. Perhitungan Luas Panel Surya

Berdasarkan spesifikasi panel, maka didapatkan luas panel:

$$A_{pv} = 0,77m \times 0,54m = 0,42 \text{ m}^2$$

2. Perhitungan Fill Factor (FF)

Berdasarkan spesifikasi data panel surya dan menggunakan persamaan

(2.1) untuk menghitung fill factor (FF) maka didapatkan:

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

$$= \frac{17,6 \times 2,86}{21 \times 3,2}$$

$$= 0,75$$

4.3.2 Perhitungan Efisiensi

Berdasarkan hasil pengukuran yang didapatkan dalam penelitian ini maka untuk menghitung efisiensi dari panel surya maka hasil perhitungan pada pukul 13.10 pengujian tanpa beban pada tabel 4.1 yaitu:

1. Panel surya tanpa pendingin

Diketahui:

$$G = 780,86 \text{ W/m}^2$$

$$V = 20,36 \text{ V}$$

$$I = 0,6 \text{ A}$$

Berdasarkan persamaan (2.2) untuk menghitung daya masukan (P_{in}) maka diperoleh:

$$\begin{aligned} P_{in} &= G \times A \\ &= 780,86 \times 0,42 \\ &= 327,96 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2.3) untuk menghitung daya keluaran (P_{out}) maka didapatkan:

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \\ &= 20,36 \times 0,6 \\ &= 12,22 \text{ W} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2.4) untuk menghitung efisiensi panel surya (η_{pv}) maka diperoleh:

$$\begin{aligned}\eta_{pv} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% = \\ &= \frac{12,22}{327,96} \times 100 \% \\ &= 3,72 \%\end{aligned}$$

2. Panel surya menggunakan air sebagai pendingin

Diketahui:

$$V = 23,04 \text{ V}$$

$$I = 0,75 \text{ A}$$

Berdasarkan persamaan (2.3) untuk menghitung daya keluaran (P_{out}) maka diperoleh:

$$\begin{aligned}P_{out} &= V \times I \\ &= 23,04 \times 0,75 \\ &= 17,28 \text{ W}\end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2.4) untuk menghitung efisiensi panel surya (η_{pv}) maka didapatkan:

$$\begin{aligned}\eta_{pv} &= \frac{17,28}{327,96} \times 100\% \\ &= 5,27 \%\end{aligned}$$

4.3.3 Perhitungan Energi Output (Wh)

Untuk mengetahui jumlah energi output yang dihasilkan dalam satuan waktu (jam) maka dilakukan perhitungan sebagai berikut, berdasarkan tabel 4.1 pada pukul 13.00-14.00 WITA:

1. Energi panel surya menggunakan pendingin

$$\begin{aligned} \text{Energi (Wh)} &= \text{Daya output rata-rata dalam satu jam} \times \text{Waktu} \\ &= 14,99 \times 1 \text{ h} = 14,99 \text{ Wh} \end{aligned}$$

2. Energi panel surya tanpa pendingin

$$\begin{aligned} \text{Energi (Wh)} &= \text{Daya output rata-rata dalam satu jam} \times \text{Waktu} \\ &= 11,65 \times 1 \text{ h} = 11,65 \text{ Wh} \end{aligned}$$

3. Energi Pompa

Perhitungan energi pompa diambil berdasarkan spesifikasi pompa dan berdasarkan lampiran 1 pada tabel 4.1 pukul 13.00 WITA-17.00 WITA

Diketahui: $P_{\text{pompa}} = 25 \text{ W}$

Waktu = 4 jam

$$\text{Energi Pompa (Wh)} = \text{Daya pompa} \times \text{Waktu} = 25 \times 4 \text{ h} = 100 \text{ Wh}$$

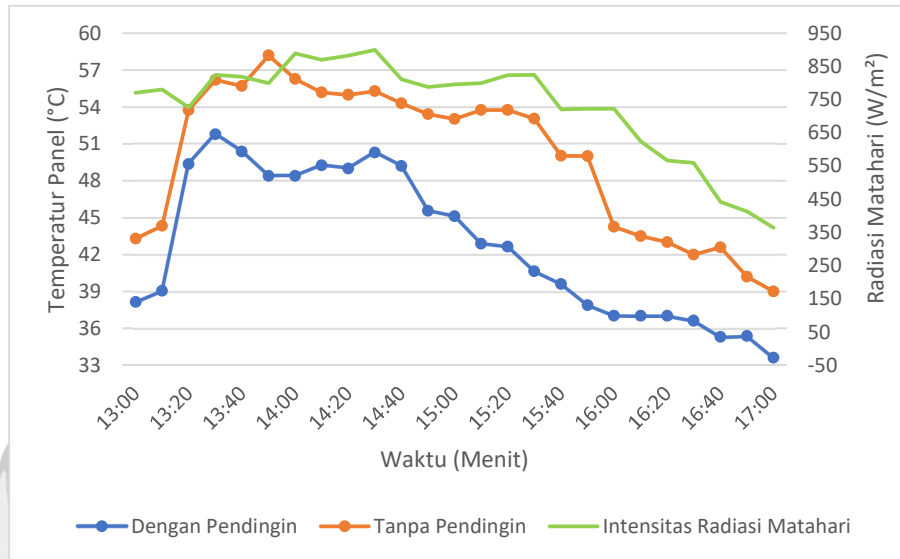
Sehingga peningkatan energi yang dihasilkan oleh panel surya pada pukul 13.00-14.00 WITA adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Peningkatan Energi (Wh)} &= \text{Energi Panel DP} - \text{Energi Panel TP} \\ &= 14,99 - 11,65 = 3,34 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran Tabel 4.1

4.4 Grafik dan Pembahasan

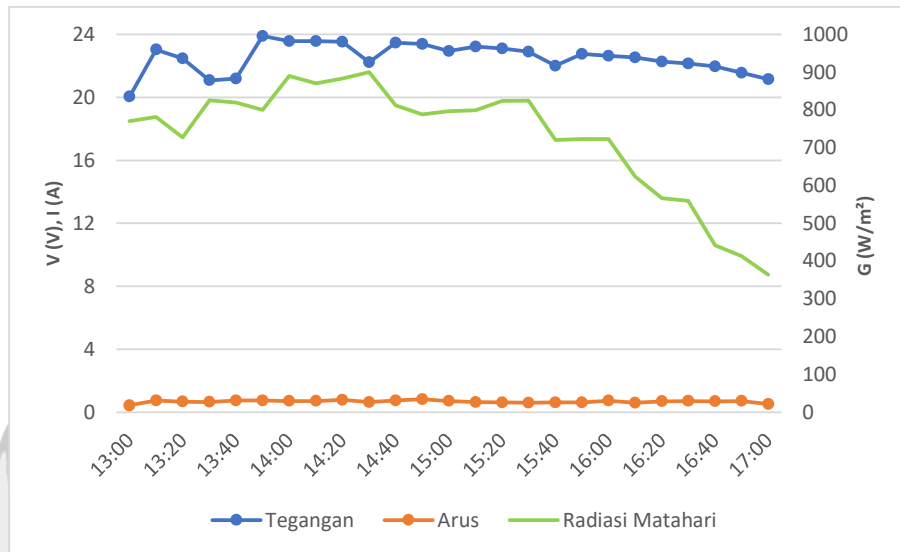
4.4.1 Pengujian Tanpa Beban (Jumat, 23 Juni 2023)



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Waktu terhadap Temperatur Permukaan Panel Surya

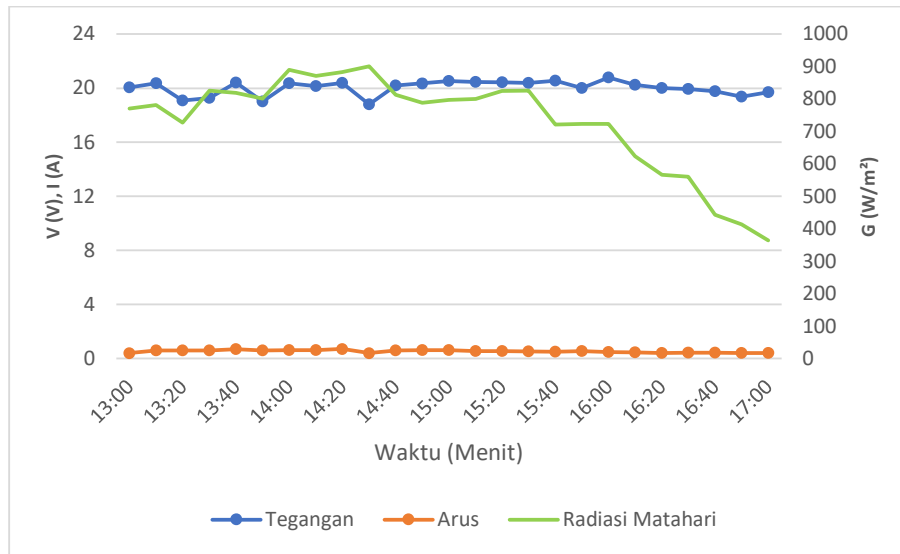
Gambar 4.3 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan temperatur permukaan panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Temperatur rata-rata dari panel surya yang menggunakan pendingin sebesar $42,77\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan yang tidak menggunakan pendingin sebesar $49,96\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jadi penurunan temperatur rata-rata jika dipresentasikan adalah sebesar $9,93\%$ untuk panel surya tanpa pendingin dan $11,88\%$ untuk panel surya menggunakan pendingin. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai temperatur pada permukaan panel surya yang menggunakan pendingin lebih kecil dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Adapun nilai dari temperatur yang diperoleh fluktuatif disebabkan

karena pendingin berupa air tidak menjangkau seluruh bagian panel dan intensitas radiasi matahari yang berbeda-beda.



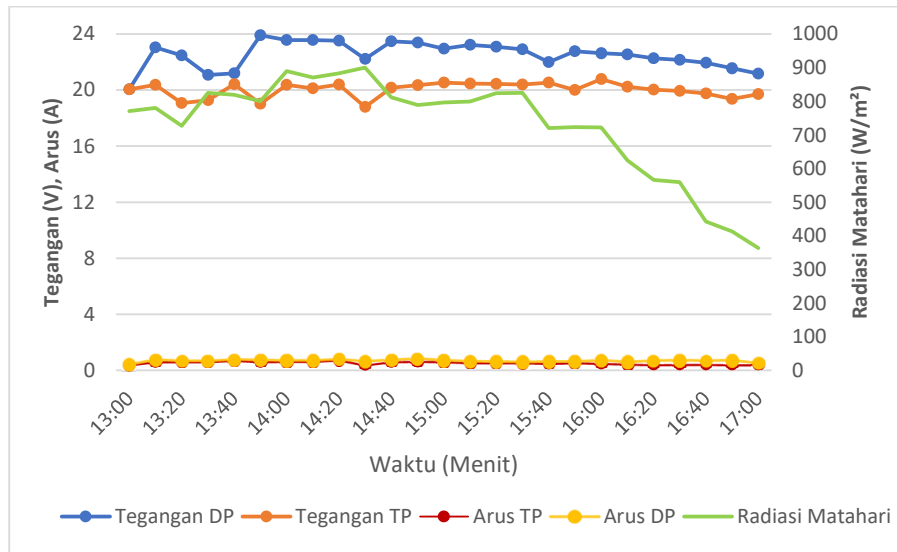
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Output Panel Surya menggunakan Air sebagai Pendingin

Gambar 4.4 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan dan arus keluaran dari panel surya menggunakan pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran rata-rata dari panel surya menggunakan pendingin sebesar 22,5 V dan Arus keluaran rata-rata sebesar 0,67 A. Nilai tegangan keluaran tertinggi sebesar 23,9 V dan terendah sebesar 20,04 V yang dihasilkan oleh panel surya menggunakan pendingin. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya menggunakan pendingin mengalami peningkatan tegangan sebesar 5,29%.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Output Panel Surya tanpa Pendingin

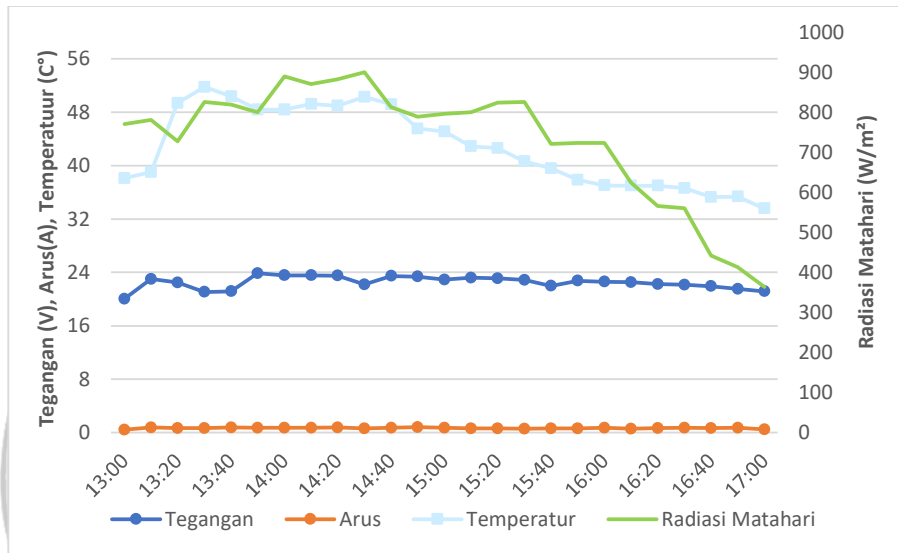
Gambar 4.5 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan dan arus keluaran dari panel surya tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran rata-rata dari panel surya tanpa pendingin sebesar 20,02 V dan arus keluaran rata-rata sebesar 0,54 A. Nilai tegangan keluaran tertinggi sebesar 20,78 V dan terendah sebesar 18,79 V yang dihasilkan oleh panel surya tanpa pendingin. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya menggunakan pendingin mengalami peningkatan tegangan sebesar 1,75%.



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Keluaran Panel Surya

Gambar 4.6 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan antara tegangan dan arus keluaran panel surya menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran dari panel surya menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Nilai tegangan keluaran tertinggi sebesar 23,9 V dan terendah sebesar 20,04 V yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin. Sedangkan nilai tegangan keluaran tertinggi 20,78 V dan terendah sebesar 18,79 V yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin. Adapun tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 22,5 V dan tanpa pendingin sebesar 20,02 V. Sedangkan untuk arus keluaran mempunyai nilai yang tidak jauh berbeda antara panel surya menggunakan pendingin dan tanpa pendingin. Hal ini dikarenakan pengujian ini merupakan pengujian tanpa beban. Besarnya arus keluaran panel surya sangat dipengaruhi oleh

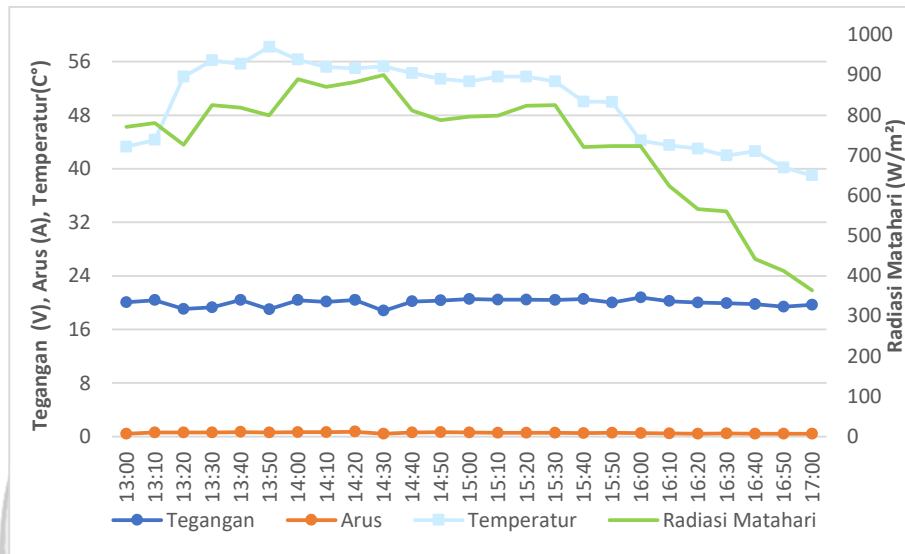
intensitas cahaya matahari semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka arus yang dihasilkan semakin besar. Adapun rata-rata arus yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin sebesar 0,67 A dan tanpa pendingin sebesar 0,54 A.



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya menggunakan Air Pendingin

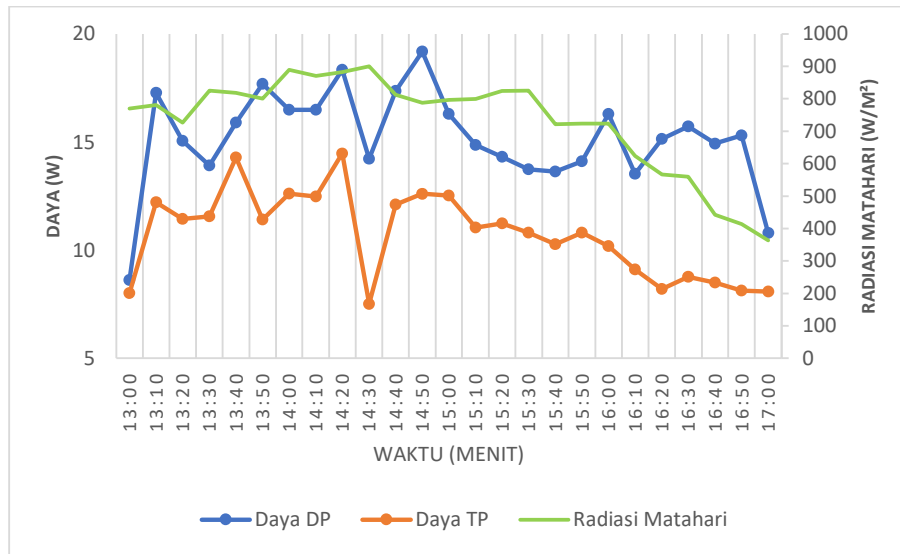
Gambar 4.7 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan keluaran, arus keluaran, temperatur yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin dan intensitas radiasi matahari terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran mempunyai rata-rata sebesar 22,5 V, arus keluaran mempunyai rata-rata sebesar 0,67 A, temperatur rata-rata sebesar 42,77 °C. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa kenaikan temperatur mempengaruhi tegangan keluaran dari panel surya. Semakin tinggi temperatur panel surya maka tegangan keluaran dari panel surya menurun. Intensitas radiasi

matahari juga mempengaruhi kenaikan temperatur, semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari maka temperatur dari panel surya juga meningkat.



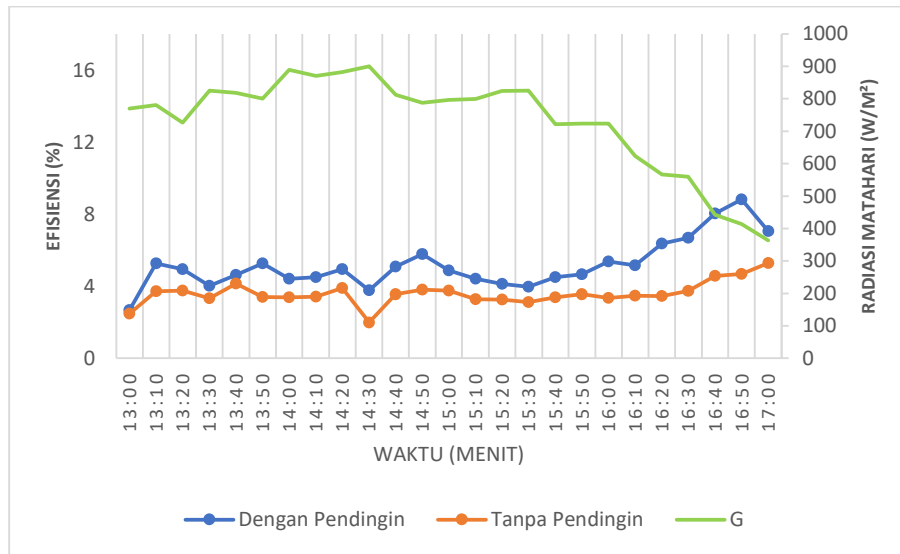
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya Tanpa Pendingin

Gambar 4.8 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan keluaran, arus keluaran, temperatur yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin dan intensitas radiasi matahari terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran mempunyai rata-rata sebesar 20,02 V, arus keluaran mempunyai rata-rata sebesar 0,54 A, temperatur rata-rata sebesar 49,96 °C. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa kenaikan temperatur mempengaruhi tegangan keluaran dari panel surya. Semakin tinggi temperatur panel surya maka tegangan keluaran dari panel surya menurun. Intensitas radiasi matahari juga mempengaruhi kenaikan temperatur, semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari maka temperatur dari panel surya juga meningkat.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Waktu terhadap Daya

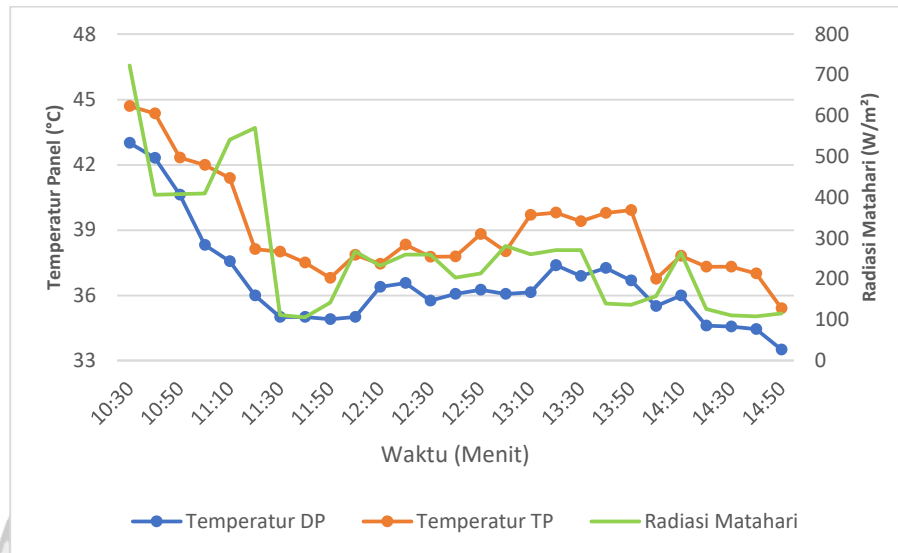
Gambar 4.9 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Rata-rata daya output yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 15,02 W dan tanpa pendingin sebesar 11,24 W. Adapun nilai daya yang dihasilkan bersifat fluktuatif disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang berubah-ubah.



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Waktu terhadap Efisiensi Panel Surya

Gambar 4.10 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Adapun efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya baik yang menggunakan pendingin maupun tanpa pendingin cenderung fluktuatif. Hal ini disebabkan oleh radiasi matahari yang berubah-ubah. Rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 5,17 % dan tanpa pendingin sebesar 3,59 %.

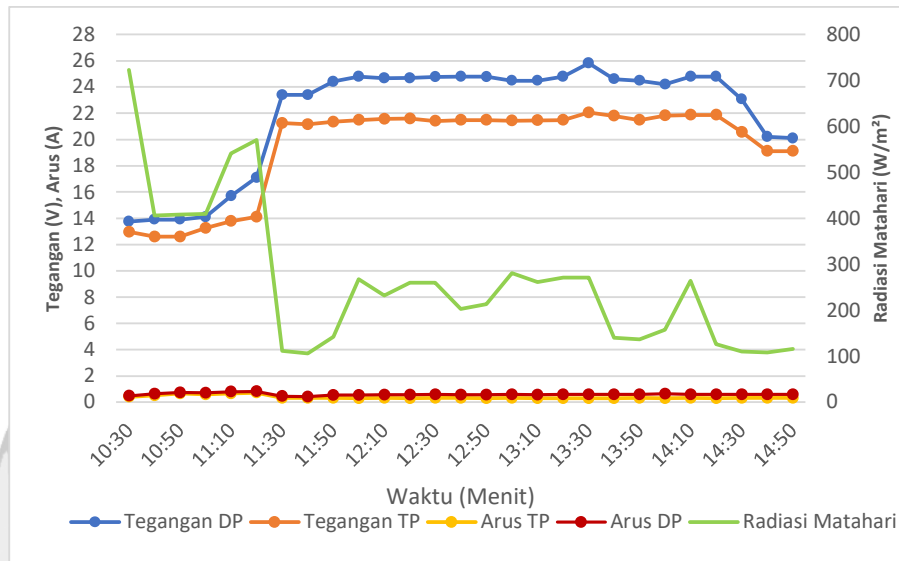
4.4.2 Pengujian Berbeban Lampu DC 20 Watt (Kamis, 22 Juni 2023)



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Temperatur Permukaan Panel Surya

Gambar 4.11 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan temperatur permukaan panel surya yang menggunakan nilai perbandingan temperatur permukaan panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Temperatur rata-rata dari panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 36,58 °C sedangkan temperatur rata-rata panel surya tanpa pendingin sebesar 38,93 °C. Jadi penurunan temperatur rata-rata jika dipresentasikan adalah sebesar 22,09% untuk panel surya menggunakan air sebagai pendingin dan sebesar 20,78 % untuk panel surya tanpa pendingin. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai temperatur pada permukaan panel surya yang menggunakan pendingin lebih kecil dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Adapun nilai dari temperatur yang diperoleh fluktuatif disebabkan

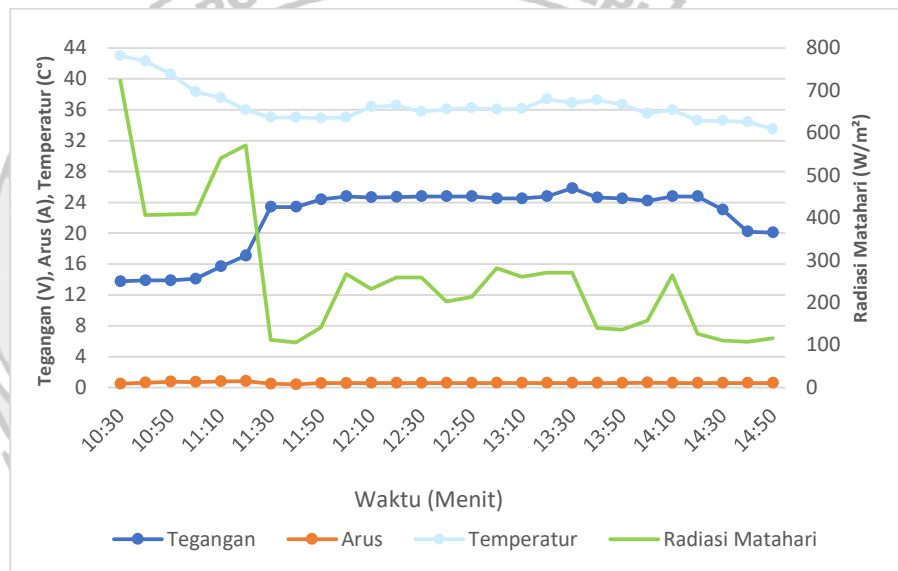
karena pendingin berupa air tidak menjangkau seluruh bagian panel dan intensitas radiasi matahari yang berbeda-beda.



Gambar 4. 12 Grafik Hubungan antara Tegangan dan Arus Keluaran Panel Surya terhadap Waktu

Gambar 4.12 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan antara tegangan dan arus keluaran panel surya menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran dari panel surya menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Nilai tegangan keluaran tertinggi sebesar 25,82 V dan terendah sebesar 13,9 V yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin. Sedangkan nilai tegangan keluaran tertinggi sebesar 21,87 V dan terendah sebesar 12,6 V yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin. Adapun tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 21,99 V dan tanpa pendingin sebesar 19,49 V. Sedangkan untuk arus keluaran mempunyai nilai yang tidak jauh berbeda antara panel surya

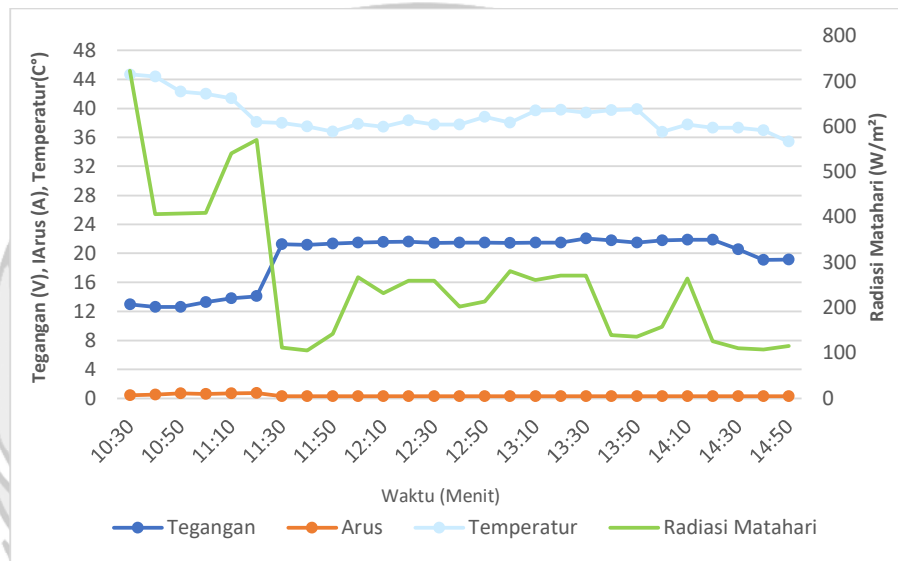
menggunakan pendingin dan tanpa pendingin. Hal ini dikarenakan panel surya menggunakan beban yang sama berupa lampu DC 20 Watt. Besarnya arus keluaran panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka arus yang dihasilkan semakin besar. Adapun rata-rata arus yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin sebesar 0,60 A dan tanpa pendingin sebesar 0,37 A.



Gambar 4.13 Grafik Hubungan antara Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya menggunakan Pendingin terhadap Waktu

Gambar 4.13 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan keluaran, arus keluaran, temperatur yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin dan intensitas radiasi matahari terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran mempunyai rata-rata sebesar 21,99 V, arus keluaran mempunyai rata-rata sebesar 0,60 A, temperatur rata-rata sebesar 36,58 °C. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa kenaikan temperatur

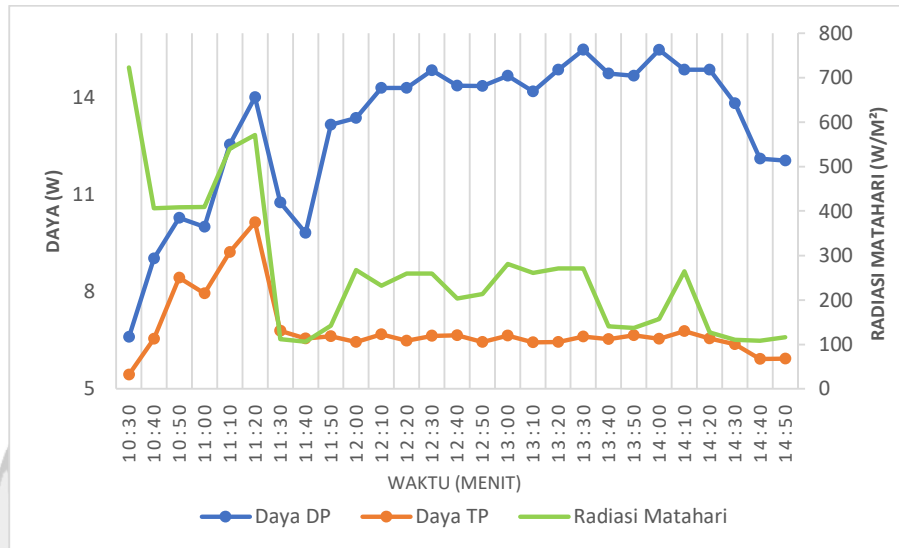
mempengaruhi tegangan keluaran dari panel surya. Semakin tinggi temperatur panel surya maka tegangan keluaran dari panel surya menurun, begitupun sebaliknya. Intensitas radiasi matahari juga mempengaruhi kenaikan temperatur, semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari maka temperatur dari panel surya juga meningkat.



Gambar 4.14 Grafik Hubungan antara Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya Tanpa Pendingin terhadap Waktu

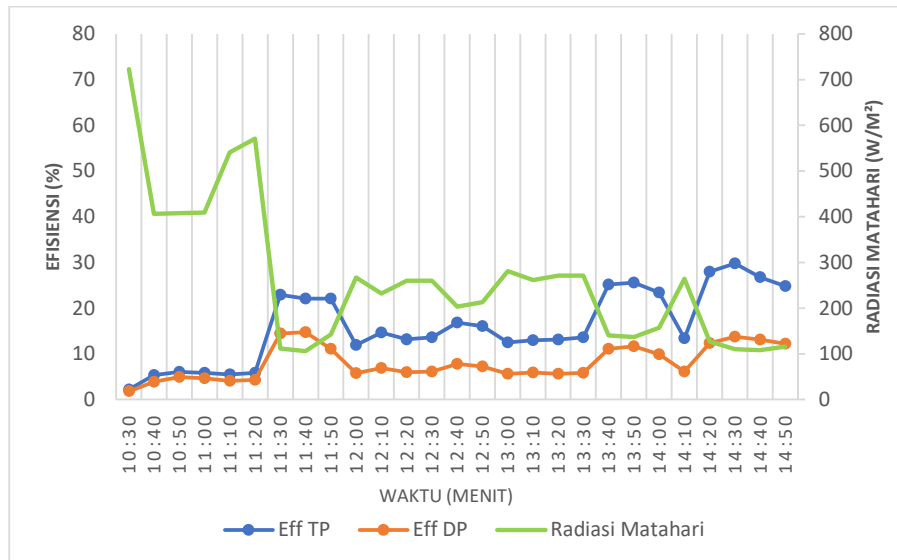
Gambar 4.14 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan keluaran, arus keluaran, temperatur yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin dan intensitas radiasi matahari terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran mempunyai rata-rata sebesar 19,49 V, arus keluaran mempunyai rata-rata sebesar 0,37 temperatur rata-rata sebesar 38,93 °C. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa kenaikan temperatur mempengaruhi tegangan keluaran dari panel surya. Semakin tinggi temperatur panel surya maka tegangan keluaran dari panel surya menurun. Intensitas radiasi

matahari juga mempengaruhi kenaikan temperatur, semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari maka temperatur dari panel surya juga meningkat.



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Daya terhadap Waktu

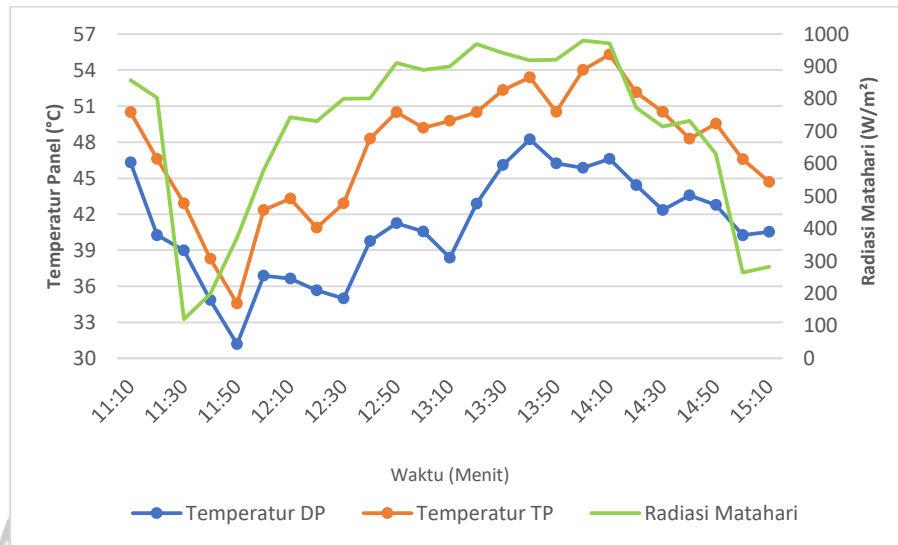
Gambar 4.15 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Rata-rata daya output yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 13,23 W dan tanpa pendingin sebesar 7,01 W. Adapun nilai daya yang dihasilkan bersifat fluktuatif disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang berubah-ubah.



Gambar 4.16 Grafik Hubungan Efisiensi Panel Surya terhadap Waktu

Gambar 4.16 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Adapun efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya baik yang menggunakan pendingin maupun tanpa pendingin cenderung fluktuatif. Hal ini disebabkan oleh radiasi matahari yang berubah-ubah. Rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 16,03 % dan tanpa pendingin sebesar 8,01 %.

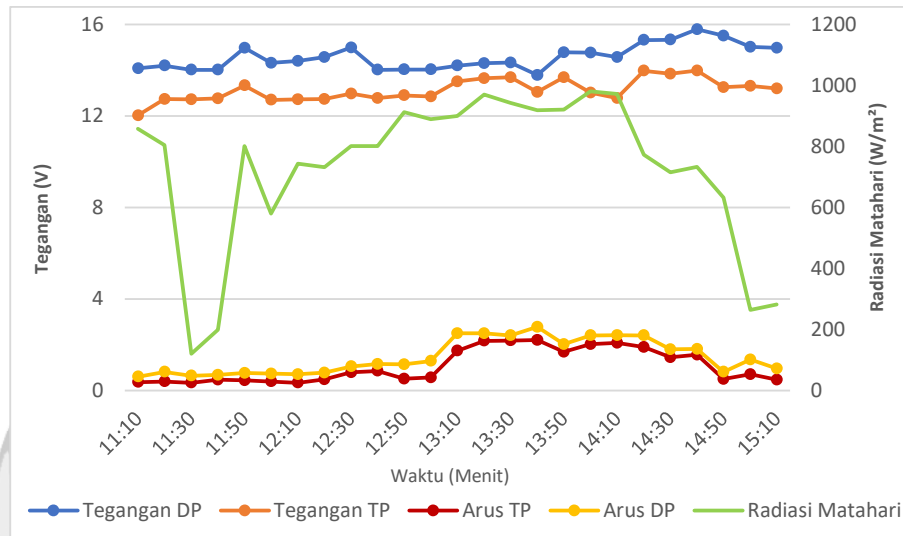
4.4.3 Pengujian Berbeban Lampu DC 20 Watt (Jumat, 23 Juni 2023)



Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Waktu terhadap Temperatur Permukaan Panel Surya

Gambar 4.17 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan temperatur permukaan panel surya yang menggunakan nilai perbandingan temperatur permukaan panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Temperatur rata-rata dari panel surya yang menggunakan pendingin sebesar $41,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperatur rata-rata panel surya tanpa pendingin sebesar $47,52\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jadi penurunan temperatur rata-rata jika dipresentasikan adalah sebesar $12,45\%$ untuk panel surya menggunakan pendingin dan $11,5\%$ untuk panel surya tanpa pendingin. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai temperatur pada permukaan panel surya yang menggunakan pendingin lebih kecil dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Adapun nilai dari temperatur yang diperoleh fluktuatif disebabkan karena pendingin berupa

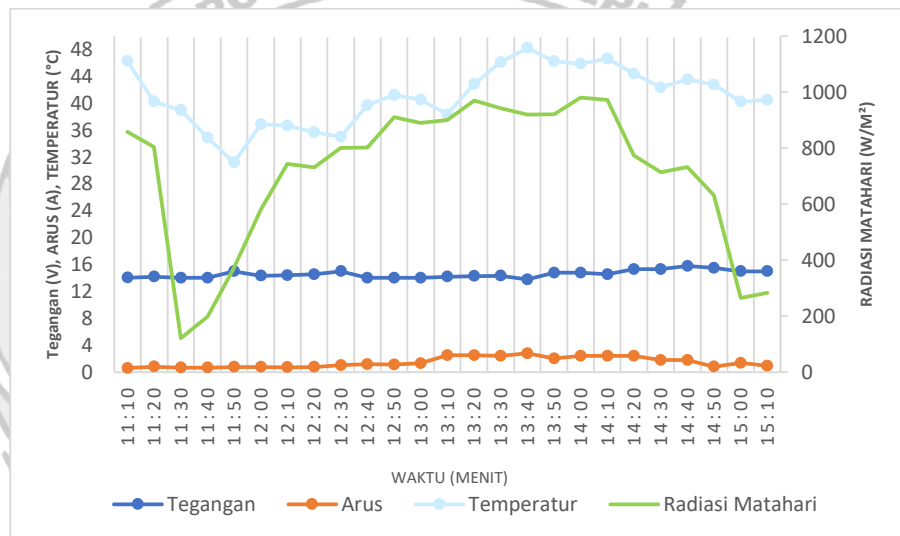
air tidak menjangkau seluruh bagian panel dan intensitas radiasi matahari yang berbeda-beda.



Gambar 4. 18 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan dan Arus Keluaran Panel Surya

Gambar 4.18 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan antara tegangan dan arus keluaran panel surya menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran dari panel surya menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Nilai tegangan keluaran tertinggi sebesar 15,78 V dan terendah sebesar 14,01 V yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin. Sedangkan nilai tegangan keluaran tertinggi sebesar 13,98 V dan terendah yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin sebesar 12,02 V. Adapun tegangan rata-rata yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 14,57 V dan tanpa pendingin sebesar 13,12 V. Sedangkan untuk arus keluaran mempunyai nilai yang tidak jauh berbeda antara panel surya

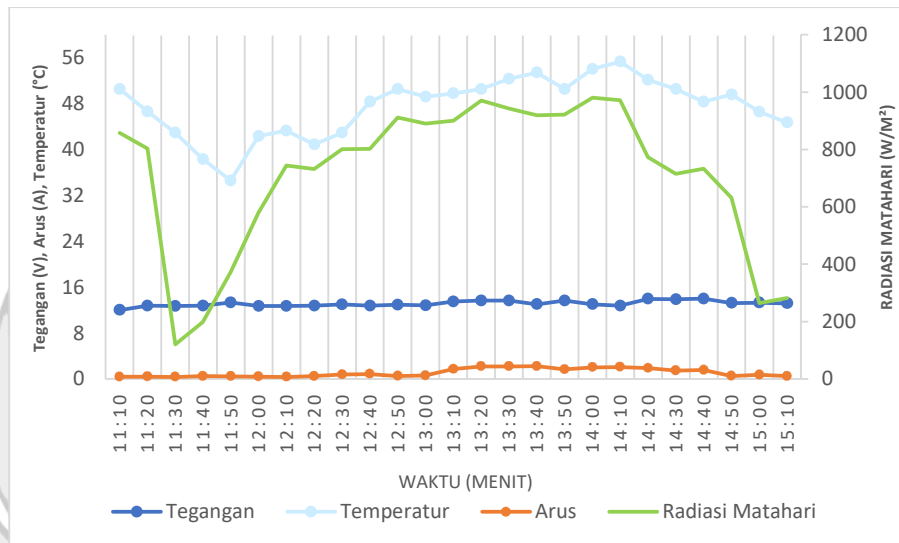
menggunakan pendingin dan tanpa pendingin. Hal ini dikarenakan panel surya menggunakan beban yang sama berupa lampu DC 20 Watt. Besarnya arus keluaran panel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka arus yang dihasilkan semakin besar. Adapun rata-rata arus yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin sebesar 1,46 A dan tanpa pendingin sebesar 1,07 A.



Gambar 4.19 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya menggunakan Air Pendingin

Gambar 4.19 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan keluaran, arus keluaran, temperatur yang dihasilkan panel surya menggunakan pendingin dan intensitas radiasi matahari terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran mempunyai rata-rata sebesar 14,57 V, arus keluaran mempunyai rata-rata sebesar 1,46 A, temperatur rata-rata sebesar 41,03 °C. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa kenaikan temperatur mempengaruhi tegangan keluaran dari panel surya. Semakin tinggi temperatur

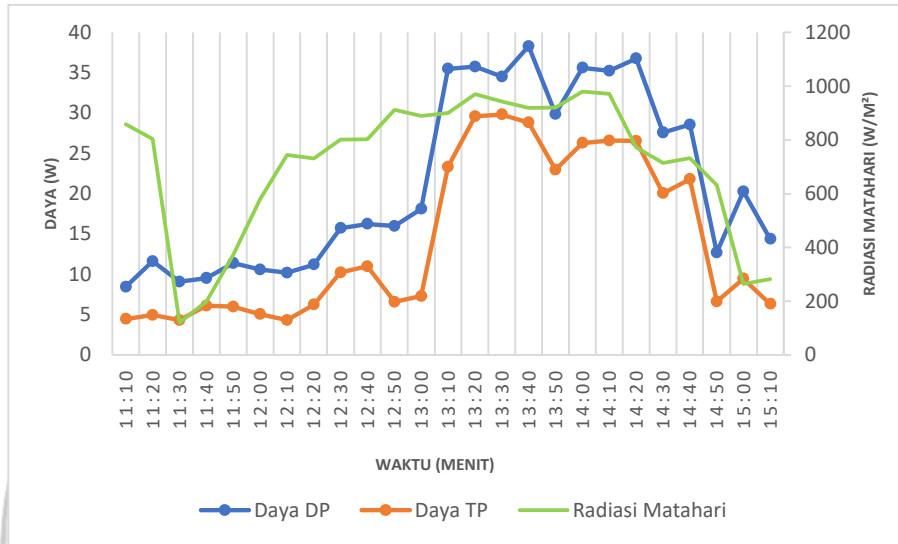
panel surya maka tegangan keluaran dari panel surya menurun, begitupun sebaliknya. Intensitas radiasi matahari juga mempengaruhi kenaikan temperatur, semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari maka temperatur dari panel surya juga meningkat.



Gambar 4.20 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Tegangan Keluaran, Arus Keluaran dan Temperature Panel Surya Tanpa Pendingin

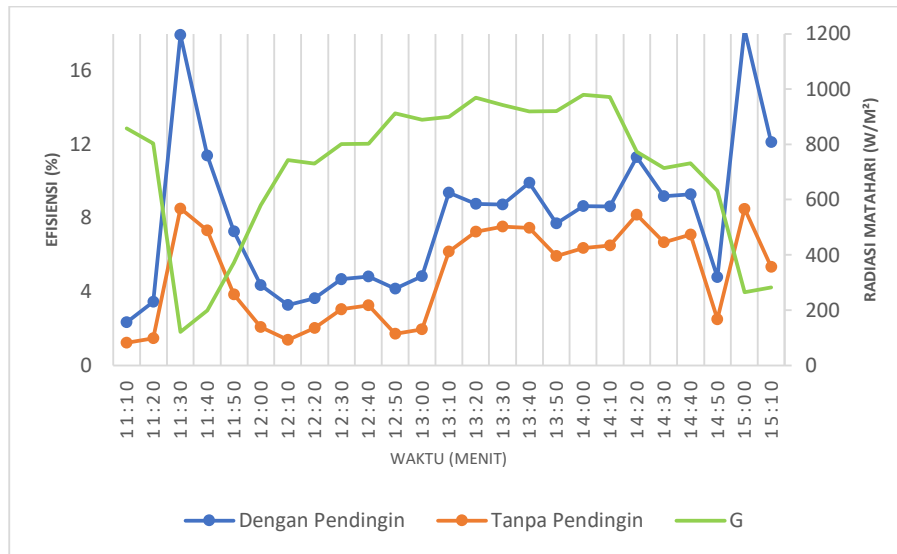
Gambar 4.20 merupakan grafik yang menunjukkan nilai tegangan keluaran, arus keluaran, temperatur yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin dan intensitas radiasi matahari terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa tegangan keluaran mempunyai rata-rata sebesar 13,12 V, arus keluaran mempunyai rata-rata sebesar 1,07 A, temperatur rata-rata sebesar 47,52 °C. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa kenaikan temperatur mempengaruhi tegangan keluaran dari panel surya. Semakin tinggi temperatur panel surya maka tegangan keluaran dari panel surya menurun. Intensitas radiasi

matahari juga mempengaruhi kenaikan temperatur, semakin tinggi nilai intensitas radiasi matahari maka temperatur dari panel surya juga meningkat.



Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Daya terhadap Waktu

Gambar 4.21 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Rata-rata daya output yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 20,95 W dan tanpa pendingin sebesar 14,76 W. Adapun nilai daya yang dihasilkan bersifat fluktuatif disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang berubah-ubah.



Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Waktu terhadap Efisiensi Panel Surya

Gambar 4.22 merupakan grafik yang menunjukkan nilai perbandingan efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan dengan panel surya tanpa pendingin. Adapun efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya baik yang menggunakan pendingin maupun tanpa pendingin cenderung fluktuatif. Hal ini disebabkan oleh radiasi matahari yang berubah-ubah. Rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan pendingin sebesar 8,34 % dan tanpa pendingin sebesar 4,93 %.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan hasil analisis data, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan sistem pendingin berupa air bertekanan pada PLTS terapung menunjukkan bahwa sistem pendingin mampu menjaga kinerja panel surya. Temperatur rata-rata *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin berkisar antara $36,5^{\circ}\text{C} - 42,78^{\circ}\text{C}$ dan untuk *floating photovoltaic* tanpa pendingin menghasilkan temperatur rata-rata sekitar $38,93^{\circ}\text{C} - 49,97^{\circ}\text{C}$. Dengan penambahan sistem pendingin berupa air bertekanan pada permukaan panel surya, rata-rata temperatur permukaan panel surya yang dapat diturunkan adalah sekitar $2,35^{\circ}\text{C}$ sampai $7,19^{\circ}\text{C}$ atau sekitar 6,04 % sampai 14,38 %
2. Daya output yang dihasilkan *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin berkisar antara 13,1 W – 21,33 W. Sedangkan *floating photovoltaic* tanpa air sebagai pendingin menghasilkan daya output berkisar antara 6,8 W – 14,1 W. Sedangkan untuk efisiensi rata-rata yang dihasilkan *floating photovoltaic* menggunakan air sebagai pendingin berkisar antara 5,17% - 16,03% dan untuk *floating photovoltaic* tanpa menggunakan air sebagai pendingin berkisar antara 3,59% - 8,02%. Dengan penambahan sistem air pendingin pada PLTS terapung dapat meningkatkan rata-rata daya output sebesar 4,43 W sampai 7,23 W atau

berkisar antara 33,89 % sampai 29,2 % dan peningkatan efisiensi rata-rata sebesar yang diperoleh adalah sebesar 1,58 % sampai 8,01 %.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan sistem data logger agar mempermudah proses pengambilan data.
2. Diperlukan analisis ekonomi pada sistem implementasi dengan penambahan sistem pendingin seperti ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahlun, Stepanus. (2022). *Sistem Pendingin Temperatur menggunakan Heatsink Fan sebagai Peningkatan Kinerja Panel Surya*. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Ant. Ardath Kristi1*) , Abdullah Alhaddad2) , Muhammad Abdurrahman hafidhuddien3), Noviadi Arief Rachman4), Agus Risdiyanto 5), Bambang Susanto6), Agus Junaedi7 (2020). *Perancangan Sistem Pendingin Photovoltaic Dengan Memanfaatkan Kontroler Water Spray*, 12, 47–53.
- BAKTI, ALKHAIR (2021) *UNJUK KERJA KOMPONEN TERHADAP EFISIENSI PADA PLTS OFF GRID 450 VA DI POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA*. Other thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Bagaskara AA, Krismanto AU, Sulistiawati IB. Simulasi PLTS Terapung untuk Perencanaan Kebutuhan Daya di Pantai Tiga Warna Kabupaten Malang. Prosiding SENIATI. 2022 Jul 25;6(3):644-52.
- Choi, J. ho, Hyun, J. H., Lee, W., Bhang, B. G., Min, Y. K., & Ahn, H. K. (2021). Power performance of high density photovoltaic module using energy balance model under high humidity environment. *Solar Energy*, 219, 50–57.
- Cheng, Y. S., Chung, M. K., & Tsang, K. P. (2023). Electricity Market Reforms for Energy Transition: Lessons from China. In *Energies* (Vol. 16, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en16020905> diakses pada 15 Agustus 2023 pukul 11.15 WITA
- Dan Tantangan Pendidikan Tinggi, P., Advent Bagaskara, A., & Uji Krismanto, A. (n.d.). Irrine Budi Sulistiawati 3) 1),2),3) Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Malang JL. *Raya Karanglo KM, 2*, 65153.
- Dajuma, A., Yahaya, S., Touré, S., Diedhiou, A., Adamou, R., Konaré, A., Sido, M., & Golba, M. (2016). Sensitivity of Solar Photovoltaic Panel Efficiency to Weather and Dust over West Africa: Comparative Experimental Study between Niamey (Niger) and Abidjan (Cote d'Ivoire). *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering*, 05(04), 123–147. <https://doi.org/10.4236/cweee.2016.54012> diakses pada 8 Agustus 2023 Pukul 12.15 WITA
- Farhan Fernanda, M., Nainggolan, B., Indra Silanegara, dan, Studi Teknik Konversi Energi, P., Teknik Mesin, J., Negri Jakarta, P., & A Siwabessy,

J. G. (2021). Penentuan Komponen Sistem PLTS 100 Wp pada Floating Photovoltaic sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan 20 W Pada Kolam Politeknik Negeri Jakarta. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*

Fauzi Wibowo, F., & Rokhmat, M. (n.d.). *EFEK PENEMPATAN PANEL SURYA TERHADAP PRODUKSI ENERGI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA CIRATA 1 MW EFFECT OF SOLAR PANEL PLACE ON ENERGY PRODUCTION OF SOLAR PHOTOVOLTAIC POWER PLANT CIRATA 1 MW.*

Fisika, J. (2012). *Satwiko S / Uji Karakteristik Sel Surya Pada Sistem 24 Volt Dc Sebagai Catudaya Pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng Uji Karakteristik Sel Surya pada Sistem 24 Volt DC sebagai Catudaya pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid Satwiko S.*

Fernando Y. *Studi Kinerja Panel Surya Tipe 180 WP Berdasarkan Air Cooling System Dan Perpindahan Panas Pada Permukaan Panel* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).

Hermanu C, Santoso B, Wicaksono FX. Design of 1 MWp floating solar photovoltaic (FSPV) power plant in Indonesia Design of 1 MWp Floating Solar Photovoltaic (FSPV) Power Plant in Indonesia.

Haris MY, Putra AA. Perancangan Sistem Kontrol Lampu Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Dengan Sensor Suara. *J. Chem. Inf. Model.* 2017;53(9):1689-99.

Kusumaning Tiyas, P., & Widyartono, M. (n.d.). *Pengaruh Efek Suhu Terhadap Kinerja Panel Surya.*

K., M. Abdurrokhman and Widyo Utomo, Yuanda (2019) *Design Of Hybrid Piezoelektric And Solar Cell Power Plant For Lighting Garden Lights.* Undergraduate thesis, Untag 1945 Surabaya.

Matematika, J. I., Terapan, D., & Masarrang, M. (2016). STUDI KELAYAKAN DAN DED PLTS KOMUNAL DI KABUPATEN SIGI. In *JIMT* (Vol. 13, Issue 1).

Manoj Kumar, N., Chakraborty, S., Kumar Yadav, S., Singh, J., & Chopra, S. S. (2022). Advancing simulation tools specific to floating solar photovoltaic systems – Comparative analysis of field-measured and simulated energy performance. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102168. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102168> diakses pada 8 Agustus 2023 pukul 13.45 WITA

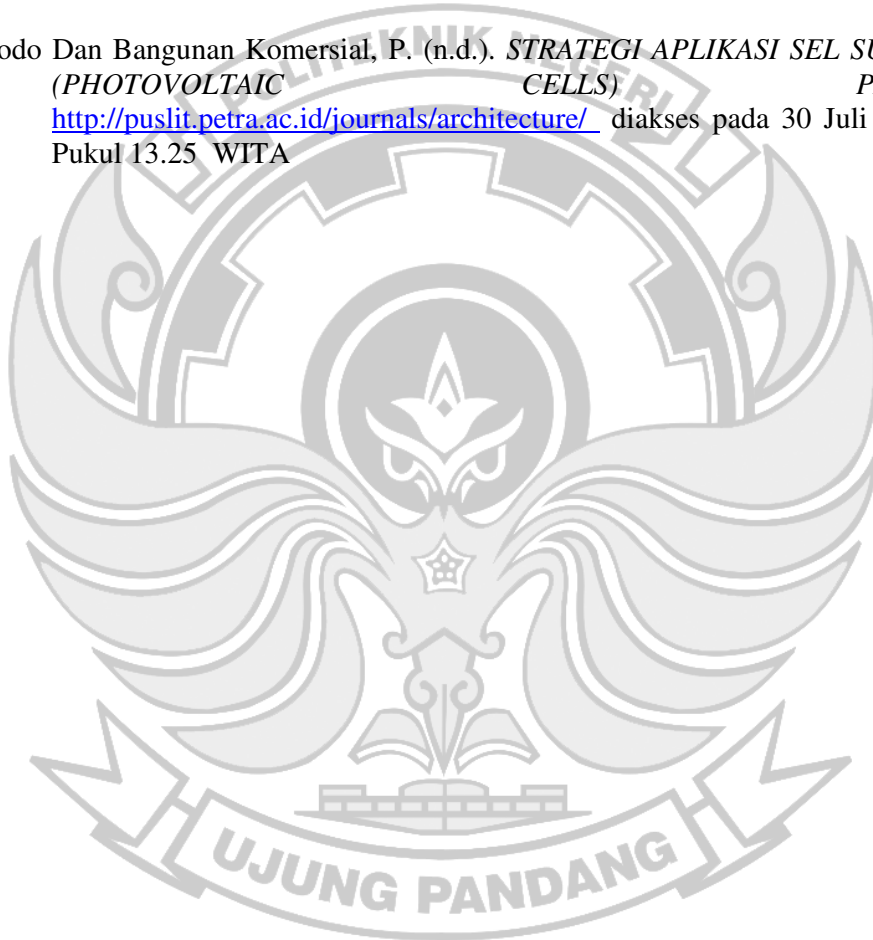
- Marausna G. PENGUJIAN SISTEM PENDINGIN PANEL SURYA BERBENTUK TUBULAR COOLER DENGAN SOLAR SIMULATOR UNTUK MENGUJI DAYA KELUARAN PANEL SURYA. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*. 2021 Jul 30;7(1):10-6.
- Nur Wahid, Ibadurrahman (2021) *SISTEM MONITORING ARUS DAN TEGANGAN BERBASIS ARDUINO UNO PADA FLOATING PHOTOVOLTAIC DI KOLAM RENANG RENANG POLITEKNIK NEGERI JAKARTA*. D3 thesis, Politeknik Negeri Jakarta.
- Novenanto, J. (n.d.). *TUGAS AKHIR-TK 145501 PABRIK CNG (COMPRESS NATURAL GAS) DARI GAS ALAM DI SUBANG, JAWA BARAT*.
- Ouaschnig: 2005. Rancang Bangun Alat Pemberi Pakan Ikan Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali Dan Listrik*, 1(1), pp.7-13.
- Pido, R., Himran dan Mahmuddin, S., Pengaruh Pendinginan Sel Surya terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi, A., Urip Sumoharjo No, J., & Makassar, K. (n.d.). *Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi Rifaldo Pido (1), Syukri Himran (2) dan Mahmuddin (3) (1) Mahasiswa Program Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia (2) (3) Dosen Magister Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia Makassar*.
- Putri, R., & Meliala, S. (2020). Penerapan Instalasi Panel Surya Off Grid Menuju Energi Mandiri Di Yayasan Pendidikan Islam Dayah Miftahul Jannah. In *Journal of Electrical Technology* (Vol. 5, Issue 3).
- Pattiasina, Aqila Fakhira Andante (2022) *ANALISA PENGARUH KEMIRINGAN PANEL SURYA JENIS SILICONE MONOCRYSTALLINE TERHADAP DAYA OUTPUT YANG DIHASILKAN*. Sarjana thesis, Universitas Siliwangi.
- Rahman, F., Rokhmat, M., Fathonah, I. W., S1, P., & Fisika, T. (n.d.). *ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR PERMUKAAN SEL SURYA TERHADAP KAPASITAS DAYA KELUARAN EFFECT OF SURFACE TEMPERATURE OF SOLAR CELL ON THE POWER OUTPUT*.
- Rahajoeningroem, T., & Jatnika, I. (2022). Sistem Pendingin Otomatis Panel Surya Untuk Peningkatan Daya Output Berbasis Mikrokontroler Solar Panel Automatic Cooling System to Increase the Output Power Based on The Microcontroller. *TELEKONTRAN*, 10(1).

- Rudin, H., Perawati, dan, Studi Teknik Elektro, P., Teknik, F., PGRI Palembang, U., & Jend Yani, J. A. (2022). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Perumahan Karyawan Blok B55 PT. Cipta Lestari Sawit Bumirejo Estate. In *Tahun* (Vol. 14, Issue 2).
- RIDWAN, RIDWAN (2021) *PERANCANGAN SUMBER LISTRIK TENAGA SURYA 1000 WATT SEBAGAI SUMBER CADANGAN SUPLAI LISTRIK DENGAN SISTEM HIBRID*. Other thesis, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
- Ramadani K. *Pengaruh Lama Waktu Penyemprotan Sistem Pendingin Water Spray Terhadap Kinerja Panel Surya* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Shi, J. Y., Xue, F., Qin, Z. J., Zhang, W., Ling, L. T., & Yang, T. (2016). Improved global maximum power point tracking for photovoltaic system via cuckoo search under partial shaded conditions. *Journal of Power Electronics*, 16(1), 287–296. <https://doi.org/10.6113/JPE.2016.16.1.287> diakses pada 12 Februari 2023 pukul 09.23 WITA
- Suryawinata, H., Purwanti, D., & Sunardiyo, D. S. (n.d.). *Sistem Monitoring pada Panel Surya Menggunakan Data logger Berbasis ATmega 328 dan Real Time Clock DS1307*
- Sony. (n.d.). *Simposium Nasional Teknologi Terapan(SNTT)2 2014*. <http://www.panelsurya.com> diakses pada 10 Agustus 2023 pukul 15.23 WITA
- Siecker, J., Kusakana, K., & Numbi, B. P. (2017). A review of solar photovoltaic systems cooling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 192–203. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.05.053> diakses pada 8 Agustus 2023 pukul 20.42 WITA
- Syatauw NS, Simanjuntak A, Titahelu N. ANALISIS KINERJA PANEL SURYA AKIBAT PENDINGINAN AKTIF. *Jurnal ISOMETRI*. 2023 May 19;2(1):51-9
- Tarigan B, Jafrim M, Ndollu S. Pengaruh Jumlah Sirip Heatsink Terhadap Distribusi Temperatur Pada Alat Penghasil Air Dari Udara Atmosfir. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana (LJTMU)*. 2021 Apr 3;8(01):40-9.

Uhsg, T., Lubis, Z., & Burhanuddin Sitorus, T. (2016). Analisa kinerja sistem pendingin peltier yang menggunakan sel PV dengan sumber energi radiasi matahari. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 9(2), 166–173 <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jem> diakses pada 12 Februari 2023 pukul 14.32 WITA

Untuk, D., Salah, M., Syarat, S., Memperoleh, G., Sarjana, G., & Teknik, S. S. (n.d.). *PENGARUH LAMA WAKTU PENYEMPROTAN SISTEM PENDINGIN WATER SPRAY TERHADAP KINERJA PANEL SURYA*.

Widodo Dan Bangunan Komersial, P. (n.d.). *STRATEGI APLIKASI SEL SURYA (PHOTOVOLTAIC CELLS) PADA*. <http://puslit.petra.ac.id/journals/architecture/> diakses pada 30 Juli 2023 Pukul 13.25 WITA





LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Hasil Pengujian PLTS Terapung Tanpa Pendingin dan Dengan Pendingin Tanpa Beban (Kamis, 22 Juni 2023)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Intensitas Radiasi Matahari (W/m ²)	Keterangan Operasi Pendingin	Data Output Panel Surya Seri (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Dengan Pendingin		Data Output Panel Surya Seri (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Tanpa Pendingin	
				Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Tatas	Tbawah	Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Tatas	Tbawah
				(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(°C)	(°C)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(°C)	(°C)
1	13.00	770.78	ON	20.04	0.43	8.62	14.22	0.35	4.98	38.13	36.00	20.05	0.40	8.02	14.41	0.34	4.90	43.30	38.13
2	13.10	780.86	ON	23.04	0.75	17.28	14.23	0.26	3.70	39.03	36.50	20.36	0.60	12.22	14.53	0.35	5.09	44.32	42.00
3	13.20	726.9	ON	22.47	0.67	15.05	14.27	0.27	3.85	49.38	40.88	19.07	0.60	11.44	14.41	0.23	3.31	53.75	49.19
4	13.30	825.5	ON	21.08	0.66	13.91	14.27	0.24	3.42	51.78	50.81	19.27	0.60	11.56	14.42	0.11	1.59	56.20	53.63
5	13.40	819.1	ON	21.20	0.75	15.90	14.29	0.20	2.86	50.38	49.50	20.41	0.70	14.29	14.48	0.30	4.34	55.70	50.50
6	13.50	800.2	ON	23.90	0.74	17.69	14.34	0.21	3.01	48.38	48.75	19.02	0.60	11.41	14.41	0.30	4.32	58.20	50.31
7	14.00	889.6	ON	23.56	0.70	16.49	14.32	0.21	3.01	48.38	34.69	20.36	0.62	12.62	14.49	0.25	3.62	56.30	49.88
8	14.10	870.7	ON	23.56	0.70	16.49	14.37	0.25	3.59	49.25	33.31	20.14	0.62	12.49	14.51	0.26	3.77	55.20	49.69
9	14.20	882.8	ON	23.52	0.78	18.35	14.32	0.26	3.72	49.00	33.50	20.39	0.71	14.48	14.56	0.33	4.80	55.00	52.56
10	14.30	900.23	ON	22.22	0.64	14.22	14.23	0.24	3.42	50.31	33.50	18.79	0.40	7.52	14.41	0.43	6.20	55.30	51.06
11	14.40	812.3	ON	23.47	0.74	17.37	14.22	0.24	3.41	49.19	33.88	20.18	0.60	12.11	14.42	0.12	1.73	54.31	49.19
12	14.50	788.32	ON	23.40	0.82	19.19	14.27	0.19	2.71	45.56	33.00	20.34	0.62	12.61	14.49	0.21	3.04	53.43	46.25
13	15.00	796.3	ON	22.94	0.71	16.29	14.27	0.18	2.57	45.10	33.63	20.53	0.61	12.52	14.55	0.23	3.35	53.03	46.88
14	15.10	799.7	ON	23.22	0.64	14.86	14.29	0.15	2.14	42.88	33.80	20.46	0.54	11.05	14.49	0.16	2.32	53.78	44.13
15	15.20	824.1	ON	23.10	0.62	14.32	14.27	0.11	1.57	42.63	34.13	20.44	0.55	11.24	14.40	0.13	1.87	53.77	42.75
16	15.30	825.4	ON	22.90	0.60	13.74	14.29	0.14	2.00	40.63	34.00	20.39	0.53	10.81	14.48	0.14	2.03	53.06	41.19
17	15.40	721	ON	22.00	0.62	13.64	14.29	0.10	1.43	39.60	33.90	20.54	0.50	10.27	14.41	0.13	1.87	50.02	40.38
18	15.50	723	ON	22.76	0.62	14.11	14.29	0.13	1.86	37.88	33.75	20.01	0.54	10.81	14.48	0.13	1.88	50.00	39.75
19	16.00	722.9	ON	22.63	0.72	16.29	14.27	0.16	2.28	37.03	33.88	20.78	0.49	10.18	14.42	0.13	1.87	44.25	40.00
20	16.10	623.8	ON	22.53	0.60	13.52	14.29	0.18	2.57	37.00	33.00	20.23	0.45	9.10	14.41	0.13	1.87	43.50	38.81
21	16.20	566.3	ON	22.26	0.68	15.14	14.25	0.18	2.57	37.00	33.00	20.02	0.41	8.21	14.41	0.13	1.87	43.00	37.56
22	16.30	560.1	ON	22.15	0.71	15.73	14.23	0.18	2.56	36.63	33.00	19.93	0.44	8.77	14.39	0.13	1.87	42.00	36.81
23	16.40	442.3	ON	21.96	0.68	14.93	14.25	0.18	2.57	35.30	32.80	19.77	0.43	8.50	14.39	0.13	1.87	42.60	35.80
24	16.50	413.2	ON	21.55	0.71	15.30	14.22	0.18	2.56	35.38	32.63	19.36	0.42	8.13	14.37	0.13	1.87	40.20	34.81
25	17.00	363.8	ON	21.16	0.51	10.79	14.22	0.18	2.56	33.60	32.00	19.70	0.41	8.08	14.37	0.13	1.87	39.00	33.50
Rata-rata				22.50	0.67	15.17	0.56	0.20	2.84	42.78	35.91	5.75	0.54	10.74	0.59	0.20	2.93	49.97	43.79

Temperatur Lingkungan: 24°C-33°C

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian PLTS Terapung Tanpa Pendingin dan Dengan Pendingin Berbeban (Jumat, 23 Juni 2023)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Intensitas Radiasi Matahari	Keterangan Operasi Pendingin	Data Output Panel Surya Seri (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Data Output Baterai (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Dengan Pendingin		Data Output Panel Surya Seri (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Data Baterai SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Tanpa Pendingin	
				Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power			Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power		
		(W/m ²)		(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(°C)	(°C)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(°C)	(°C)
1	10.30	723	ON	13.75	0.48	6.60	13.18	0.22	2.90	12.94	0.63	8.15	43.00	36.75	12.95	0.42	5.44	12.78	0.11	1.41	12.75	0.60	7.65	44.69	41.94
2	10.40	406.6	ON	13.90	0.65	9.04	13.91	0.25	3.48	12.83	0.71	9.11	42.31	31.87	12.60	0.52	6.55	12.87	0.21	2.70	12.83	0.61	7.83	44.36	39.63
3	10.50	408.1	ON	13.90	0.74	10.29	12.93	0.32	4.14	12.96	0.55	7.13	40.63	31.31	12.60	0.67	8.44	12.90	0.30	3.87	12.85	0.61	7.84	42.32	38.50
4	11.00	409.35	ON	14.10	0.71	10.01	13.15	0.35	4.60	12.98	0.57	7.40	38.31	31.75	13.25	0.60	7.95	13.10	0.30	3.93	12.80	0.54	6.91	42.00	37.81
5	11.10	540.76	ON	15.70	0.80	12.56	15.00	0.41	6.15	13.16	0.71	9.34	37.56	32.19	13.78	0.67	9.23	13.64	0.48	6.55	12.96	0.67	8.68	41.38	36.81
6	11.20	570.58	ON	17.10	0.82	14.02	15.70	0.53	8.32	13.40	0.73	9.78	36.00	35.00	14.10	0.72	10.15	13.70	0.50	6.85	12.98	0.68	8.83	38.13	35.88
7	11.30	112	OFF	23.40	0.46	10.76	12.83	0.66	8.47	12.83	0.63	8.08	35.00	33.13	21.26	0.32	6.80	12.85	0.58	7.45	12.78	0.62	7.92	38.00	34.88
8	11.40	105.9	OFF	23.40	0.42	9.83	12.81	0.40	5.12	12.80	0.63	8.06	35.00	33.00	21.16	0.31	6.56	12.79	0.42	5.37	12.75	0.61	7.78	37.50	34.44
9	11.50	142.1	OFF	24.40	0.54	13.18	12.77	0.54	6.90	12.78	0.63	8.05	34.90	33.56	21.35	0.31	6.62	12.76	0.42	5.36	12.69	0.60	7.61	36.80	34.19
10	12.00	267.4	OFF	24.78	0.54	13.38	12.76	0.62	7.91	12.76	0.62	7.91	35.00	34.50	21.48	0.30	6.44	12.74	0.54	6.88	12.64	0.60	7.58	37.86	35.13
11	12.10	232.1	ON	24.67	0.58	14.31	12.72	0.45	5.72	12.73	0.61	7.77	36.38	35.38	21.57	0.31	6.69	12.72	0.54	6.87	12.62	0.59	7.45	37.45	35.94
12	12.20	259.7	ON	24.68	0.58	14.31	12.70	0.45	5.72	12.71	0.62	7.88	36.56	35.31	21.60	0.30	6.48	12.71	0.55	6.99	12.66	0.59	7.47	38.33	35.94
13	12.30	259.6	ON	24.76	0.60	14.86	12.69	0.46	5.84	12.69	0.61	7.74	35.75	34.31	21.41	0.31	6.64	12.69	0.56	7.11	12.62	0.58	7.32	37.77	36.30
14	12.40	203	ON	24.78	0.58	14.37	12.67	0.46	5.83	12.65	0.61	7.72	36.06	35.69	21.48	0.31	6.66	12.67	0.56	7.10	12.57	0.58	7.29	37.78	35.94
15	12.50	213.3	ON	24.77	0.58	14.37	12.65	0.65	8.22	12.66	0.60	7.60	36.25	35.88	21.48	0.30	6.44	12.65	0.60	7.59	12.57	0.58	7.29	38.82	36.19
16	13.00	280.8	ON	24.48	0.60	14.69	12.63	0.60	7.58	12.64	0.60	7.58	36.06	35.56	21.44	0.31	6.65	12.63	0.58	7.33	12.55	0.58	7.28	38.01	35.69
17	13.10	260.98	ON	24.48	0.58	14.20	12.62	0.60	7.57	12.62	0.60	7.57	36.13	35.38	21.46	0.30	6.44	12.62	0.58	7.32	12.54	0.57	7.15	39.70	35.69
18	13.20	270.9	ON	24.78	0.60	14.87	12.60	0.60	7.56	12.60	0.60	7.56	37.38	35.88	21.48	0.30	6.44	12.60	0.60	7.56	12.52	0.57	7.14	39.80	36.69
19	13.30	270.9	ON	25.82	0.60	15.49	12.58	0.65	8.18	12.59	0.60	7.55	36.88	31.94	22.05	0.30	6.62	12.58	0.58	7.30	12.50	0.56	7.00	39.40	31.81
20	13.40	140	ON	24.60	0.60	14.76	12.56	0.68	8.54	12.57	0.60	7.54	37.25	32.25	21.80	0.30	6.54	12.56	0.56	7.03	12.48	0.56	6.99	39.78	32.13
21	13.50	136.6	ON	24.48	0.60	14.69	12.55	0.67	8.41	12.55	0.60	7.53	36.69	32.00	21.48	0.31	6.66	12.55	0.56	7.03	12.47	0.56	6.98	39.90	31.44
22	14.00	157.3	ON	24.20	0.64	15.49	12.55	0.67	8.41	21.30	0.58	12.35	35.50	31.80	21.82	0.30	6.55	12.55	0.56	7.03	12.43	0.56	6.96	36.76	31.87
23	14.10	264.3	ON	24.78	0.60	14.87	12.53	0.70	8.77	12.52	0.58	7.26	36.00	31.94	21.87	0.31	6.78	12.53	0.56	7.02	12.43	0.56	6.96	37.80	32.00
24	14.20	126.5	OFF	24.78	0.60	14.87	12.51	0.70	8.76	12.50	0.57	7.13	34.60	32.00	21.87	0.30	6.56	12.51	0.56	7.01	12.40	0.56	6.94	37.31	31.87
25	14.30	110.56	OFF	23.06	0.60	13.84	12.48	0.70	8.74	12.48	0.54	6.74	34.56	32.13	20.57	0.31	6.38	12.46	0.56	6.98	12.36	0.56	6.92	37.31	31.81
26	14.40	40.2	OFF	20.20	0.60	12.12	12.46	0.68	8.47	12.45	0.58	7.22	34.44	31.69	19.12	0.31	5.93	12.44	0.56	6.97	12.31	0.55	6.77	37.00	31.56
27	14.50	39.9	OFF	20.10	0.60	12.06	12.44	0.68	8.46	12.43	0.55	6.84	33.50	30.62	19.13	0.31	5.93	12.39	0.56	6.94	12.29	0.55	6.76	35.40	30.31
Rata-rata				21.99	0.60	13.10	12.93	0.54	6.99	13.04	0.61	7.95	36.58	33.44	19.49	0.37	6.84	12.74	0.50	6.35	12.61	0.59	7.38	38.94	34.90

Temperatur Lingkungan: 24°C-34°C

Tabel 4.3 Hasil Pengujian PLTS Terapung Tanpa Pendingin dan Dengan Pendingin Berbeban (Sabtu, 24 Juni 2023)

No.	Waktu Pengujian (Wita)	Intensitas Radiasi Matahari (W/m ²)	Keterangan Operasi Pendingin	Data Output Panel Surya Seri (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Data Output Baterai (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI MENGGUNAKAN PENDINGIN			Dengan Pendingin		Data Output Panel Surya Seri (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Data Output SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Data Baterai SCC (Sistem 12Vdc) - Alat Ukur Wattmeter -PANEL UJI TANPA PENDINGIN			Tanpa Pendingin				
				Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Tatas	Tbawah	Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Voltage	Current	Power	Tatas	Tbawah
				(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(°C)	(°C)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(volt)	(amp)	(watt)	(°C)	(°C)
1	11.10	858.1	ON	14.08	0.60	8.45	12.63	0.19	2.40	12.59	0.57	7.18	46.31	32.00	12.02	0.37	4.45	12.60	0.23	2.90	7.30	0.58	4.23	50.51	31.75			
2	11.20	804.3	ON	14.20	0.82	11.64	12.65	0.41	5.19	12.66	0.60	7.60	40.25	31.50	12.74	0.39	4.97	12.55	0.25	3.14	12.55	0.58	7.28	46.62	31.69			
3	11.30	120.8	ON	14.01	0.65	9.11	12.58	0.22	2.77	12.54	0.55	6.90	38.99	30.94	12.72	0.34	4.32	12.51	0.21	2.63	12.50	0.58	7.25	42.90	30.81			
4	11.40	199	OFF	14.01	0.68	9.53	12.58	0.26	3.27	12.61	0.57	7.19	34.88	30.87	12.76	0.48	6.12	12.56	0.35	4.40	12.55	0.51	6.40	38.30	30.75			
5	11.50	372.3	OFF	14.98	0.76	11.38	12.60	0.32	4.03	12.55	0.56	7.03	31.19	35.25	13.33	0.45	6.00	12.53	0.33	4.13	12.52	0.59	7.39	34.56	31.25			
6	12.00	579.9	ON	14.32	0.74	10.60	12.58	0.31	3.90	12.54	0.56	7.02	36.88	32.31	12.70	0.40	5.08	12.51	0.26	3.25	12.50	0.55	6.88	42.36	32.31			
7	12.10	743.5	ON	14.40	0.71	10.22	12.56	0.25	3.14	12.52	0.57	7.14	36.66	32.06	12.72	0.34	4.32	12.49	0.21	2.62	12.48	0.58	7.24	43.30	32.00			
8	12.20	731.3	OFF	14.56	0.77	11.21	12.58	0.33	4.15	12.54	0.57	7.15	35.67	31.56	12.74	0.49	6.24	12.60	0.51	6.43	12.59	0.58	7.30	40.89	31.37			
9	12.30	800.8	ON	14.99	1.05	15.74	12.76	0.67	8.55	12.69	0.59	7.49	35.00	31.25	12.97	0.79	10.25	12.79	0.75	9.59	12.73	0.61	7.77	42.90	31.25			
10	12.40	801.8	ON	14.02	1.16	16.26	12.74	0.68	8.66	12.71	0.59	7.50	39.75	32.75	12.78	0.86	10.99	13.06	0.66	8.62	12.99	0.56	7.27	48.30	38.69			
11	12.50	911.6	ON	14.03	1.14	15.99	12.92	0.77	9.95	12.89	0.62	7.99	41.25	33.75	12.90	0.51	6.58	12.70	0.45	5.72	12.69	0.55	6.98	50.50	40.44			
12	13.00	889.65	ON	14.03	1.29	18.10	12.92	0.69	8.91	12.90	0.62	8.00	40.56	33.63	12.84	0.57	7.32	12.63	0.40	5.05	12.65	0.55	6.96	49.20	39.68			
13	13.10	900.54	ON	14.20	2.50	35.50	13.45	2.17	29.19	13.33	0.70	9.33	38.38	33.38	13.50	1.73	23.36	13.11	0.90	11.80	13.01	0.60	7.81	49.78	37.38			
14	13.20	970.2	ON	14.30	2.50	35.75	13.43	1.96	26.32	13.36	0.69	9.22	42.88	33.80	13.64	2.17	29.60	13.42	2.10	28.18	13.41	0.63	8.45	50.51	41.69			
15	13.30	942.5	ON	14.33	2.41	34.54	13.48	2.04	27.50	13.41	0.71	9.52	46.13	34.13	13.68	2.18	29.82	13.44	2.06	27.69	13.43	0.72	9.67	52.33	44.13			
16	13.40	919.32	ON	13.78	2.78	38.31	13.56	2.00	27.12	13.03	0.71	9.25	48.25	34.75	13.04	2.21	28.82	13.41	1.48	19.85	13.32	0.70	9.32	53.40	45.88			
17	13.50	920.78	ON	14.78	2.02	29.86	13.29	0.96	12.76	13.31	0.69	9.18	46.25	34.25	13.68	1.68	22.98	13.41	1.35	18.10	13.59	0.73	9.92	50.52	44.50			
18	14.00	980.3	ON	14.77	2.41	35.60	13.66	1.90	25.95	13.50	0.74	9.99	45.88	34.69	13.01	2.02	26.28	13.65	1.90	25.94	13.61	0.75	10.21	54.02	44.21			
19	14.10	972.1	ON	14.56	2.42	35.24	13.64	1.59	21.69	13.48	0.73	9.84	46.63	35.38	12.78	2.08	26.58	13.51	1.33	17.97	13.64	0.75	10.23	55.30	35.50			
20	14.20	773.4	ON	15.32	2.40	36.77	13.71	1.63	22.35	13.61	0.75	10.21	44.41	34.38	13.97	1.90	26.54	13.88	1.88	26.09	13.64	0.72	9.82	52.16	43.51			
21	14.30	715	ON	15.33	1.80	27.59	13.68	1.40	19.15	13.40	0.71	9.51	42.35	34.33	13.84	1.45	20.07	13.46	0.96	12.92	13.45	0.71	9.55	50.53	43.25			
22	14.40	732.4	ON	15.78	1.81	28.56	13.56	1.02	13.83	13.22	0.68	8.99	43.56	33.94	13.98	1.56	21.81	13.32	0.56	7.46	13.26	0.66	8.75	48.30	41.94			
23	14.50	631.6	ON	15.50	0.82	12.71	13.04	0.35	4.56	12.99	0.64	8.31	42.78	32.50	13.25	0.50	6.63	13.02	0.38	4.95	13.03	0.60	7.82	49.56	40.40			
24	15.00	264.7	ON	15.02	1.35	20.28	13.17	0.62	8.17	13.06	0.66	8.62	40.25	31.25	13.31	0.71	9.45	13.06	0.45	5.88	13.03	0.66	8.60	46.60	39.50			
25	15.10	282.3	ON	14.98	0.96	14.38	13.06	0.50	6.53	12.96	0.64	8.29	40.54	31.34	13.20	0.48	6.34	12.95	0.34	4.40	12.96	0.66	8.55	44.70	38.80			
Rata-rata				14.57	1.46	21.33	13.07	0.93	12.40	12.98	0.64	8.34	41.03	33.04	13.12	1.07	14.20	13.01	0.81	10.79	12.78	0.63	8.07	47.52	37.71			

Temperatur Lingkungan: 24°C-33°C

Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Pengujian PLTS Terapung Tanpa Pendingin dan Dengan Pendingin Tanpa Beban (Kamis, 22 Juni 2023)

Pin	Dengan Pendingin				Tanpa Pendingin			
	Pout Panel	η Panel	Pout Sistem	η Sistem	Pout Panel	η Panel	Pout Sistem	η Sistem
(Watt)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)
323.73	8.62	2.66	4.98	1.54	8.02	2.48	4.90	1.51
327.96	17.28	5.27	3.70	1.13	12.22	3.72	5.09	1.55
305.30	15.05	4.93	3.85	1.26	11.44	3.75	3.31	1.09
346.71	13.91	4.01	3.42	0.99	11.56	3.33	1.59	0.46
344.02	15.90	4.62	2.86	0.83	14.29	4.15	4.34	1.26
336.08	17.69	5.26	3.01	0.90	11.41	3.40	4.32	1.29
373.63	16.49	4.41	3.01	0.80	12.62	3.38	3.62	0.97
365.69	16.49	4.51	3.59	0.98	12.49	3.41	3.77	1.03
370.78	18.35	4.95	3.72	1.00	14.48	3.90	4.80	1.30
378.10	14.22	3.76	3.42	0.90	7.52	1.99	6.20	1.64
341.17	17.37	5.09	3.41	1.00	12.11	3.55	1.73	0.51
331.09	19.19	5.80	2.71	0.82	12.61	3.81	3.04	0.92
334.45	16.29	4.87	2.57	0.77	12.52	3.74	3.35	1.00
335.87	14.86	4.42	2.14	0.64	11.05	3.29	2.32	0.69
346.12	14.32	4.14	1.57	0.45	11.24	3.25	1.87	0.54
346.67	13.74	3.96	2.00	0.58	10.81	3.12	2.03	0.58
302.82	13.64	4.50	1.43	0.47	10.27	3.39	1.87	0.62
303.66	14.11	4.65	1.86	0.61	10.81	3.56	1.88	0.62
303.62	16.29	5.37	2.28	0.75	10.18	3.35	1.87	0.62
262.00	13.52	5.16	2.57	0.98	9.10	3.47	1.87	0.72
237.85	15.14	6.36	2.57	1.08	8.21	3.45	1.87	0.79
235.24	15.73	6.69	2.56	1.09	8.77	3.73	1.87	0.80
185.77	14.93	8.04	2.57	1.38	8.50	4.58	1.87	1.01
173.54	15.30	8.82	2.56	1.47	8.13	4.69	1.87	1.08
152.80	10.79	7.06	2.56	1.68	8.08	5.29	1.87	1.22
Rata-rata	15.17	5.17	2.84	0.96	10.74	3.59	2.93	0.95



Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan Pengujian PLTS Terapung Tanpa Pendingin dan Dengan Pendingin Berbeban (Jumat, 23 Juni 2023)

Pin	Dengan Pendingin				Tanpa Pendingin			
	Pout Panel	η Panel	Pout Sistem	η Sistem	Pout Panel	η Panel	Pout Sistem	η Sistem
(Watt)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)
303.66	6.60	2.17	2.90	0.95	5.44	1.79	1.41	0.46
170.77	9.04	5.29	3.48	2.04	6.55	3.84	2.70	1.58
171.40	10.29	6.00	4.14	2.41	8.44	4.93	3.87	2.26
171.93	10.01	5.82	4.60	2.68	7.95	4.62	3.93	2.29
227.12	12.56	5.53	6.15	2.71	9.23	4.07	6.55	2.88
239.64	14.02	5.85	8.32	3.47	10.15	4.24	6.85	2.86
47.04	10.76	22.88	8.47	18.00	6.80	14.46	7.45	15.84
44.48	9.83	22.10	5.12	11.52	6.56	14.75	5.37	12.08
59.68	13.18	22.08	6.90	11.55	6.62	11.09	5.36	8.98
112.31	13.38	11.91	7.91	7.04	6.44	5.74	6.88	6.13
97.48	14.31	14.68	5.72	5.87	6.69	6.86	6.87	7.05
109.07	14.31	13.12	5.72	5.24	6.48	5.94	6.99	6.41
109.03	14.86	13.63	5.84	5.35	6.64	6.09	7.11	6.52
85.26	14.37	16.86	5.83	6.84	6.66	7.81	7.10	8.32
89.59	14.37	16.04	8.22	9.18	6.44	7.19	7.59	8.47
117.94	14.69	12.45	7.58	6.43	6.65	5.64	7.33	6.21
109.61	14.20	12.95	7.57	6.91	6.44	5.87	7.32	6.68
113.78	14.87	13.07	7.56	6.64	6.44	5.66	7.56	6.64
113.78	15.49	13.62	8.18	7.19	6.62	5.81	7.30	6.41
58.80	14.76	25.10	8.54	14.53	6.54	11.12	7.03	11.96
57.37	14.69	25.60	8.41	14.66	6.66	11.61	7.03	12.25
66.07	15.49	23.44	8.41	12.73	6.55	9.91	7.03	10.64
111.01	14.87	13.39	8.77	7.90	6.78	6.11	7.02	6.32
53.13	14.87	27.98	8.76	16.48	6.56	12.35	7.01	13.19
46.44	13.84	29.80	8.74	18.81	6.38	13.73	6.98	15.03
45.31	12.12	26.75	8.47	18.70	5.93	13.08	6.97	15.37
48.62	12.06	24.81	8.46	17.40	5.93	12.20	6.94	14.27
Rata-rata	13.10	16.03	6.99	9.01	6.84	8.02	6.35	8.04



Tabel 4. 4 Data Hasil Perhitungan Pengujian PLTS Terapung Tanpa Pendingin dan Dengan Pendingin Berbeban (Sabtu, 24 Juni 2023)

Pin	Dengan Pendingin				Tanpa Pendingin			
	Pout Panel	η Panel	Pout Sistem	η Sistem	Pout Panel	η Panel	Pout Sistem	η Sistem
(Watt)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)	(Watt)	(%)
360.40	8.45	2.34	7.18	1.99	4.45	1.23	2.90	0.80
337.81	11.64	3.45	7.60	2.25	4.97	1.47	3.14	0.93
50.74	9.11	17.95	6.90	13.59	4.32	8.52	2.63	5.18
83.58	9.53	11.40	7.19	8.60	6.12	7.33	4.40	5.26
156.37	11.38	7.28	7.03	4.49	6.00	3.84	4.13	2.64
243.56	10.60	4.35	7.02	2.88	5.08	2.09	3.25	1.34
312.27	10.22	3.27	7.14	2.29	4.32	1.38	2.62	0.84
307.15	11.21	3.65	7.15	2.33	6.24	2.03	6.43	2.09
336.34	15.74	4.68	7.49	2.23	10.25	3.05	9.59	2.85
336.76	16.26	4.83	7.50	2.23	10.99	3.26	8.62	2.56
382.87	15.99	4.18	7.99	2.09	6.58	1.72	5.72	1.49
373.65	18.10	4.84	8.00	2.14	7.32	1.96	5.05	1.35
378.23	35.50	9.39	9.33	2.47	23.36	6.17	11.80	3.12
407.48	35.75	8.77	9.22	2.26	29.60	7.26	28.18	6.92
395.85	34.54	8.72	9.52	2.41	29.82	7.53	27.69	6.99
386.11	38.31	9.92	9.25	2.40	28.82	7.46	19.85	5.14
386.73	29.86	7.72	9.18	2.37	22.98	5.94	18.10	4.68
411.73	35.60	8.65	9.99	2.43	26.28	6.38	25.94	6.30
408.28	35.24	8.63	9.84	2.41	26.58	6.51	17.97	4.40
324.83	36.77	11.32	10.21	3.14	26.54	8.17	26.09	8.03
300.30	27.59	9.19	9.51	3.17	20.07	6.68	12.92	4.30
307.61	28.56	9.29	8.99	2.92	21.81	7.09	7.46	2.42
265.27	12.71	4.79	8.31	3.13	6.63	2.50	4.95	1.87
111.17	20.28	18.24	8.62	7.75	9.45	8.50	5.88	5.29
118.57	14.38	12.13	8.29	7.00	6.34	5.34	4.40	3.71
Rata-rata	21.33	8.34	8.34	3.64	14.20	4.94	10.79	3.62



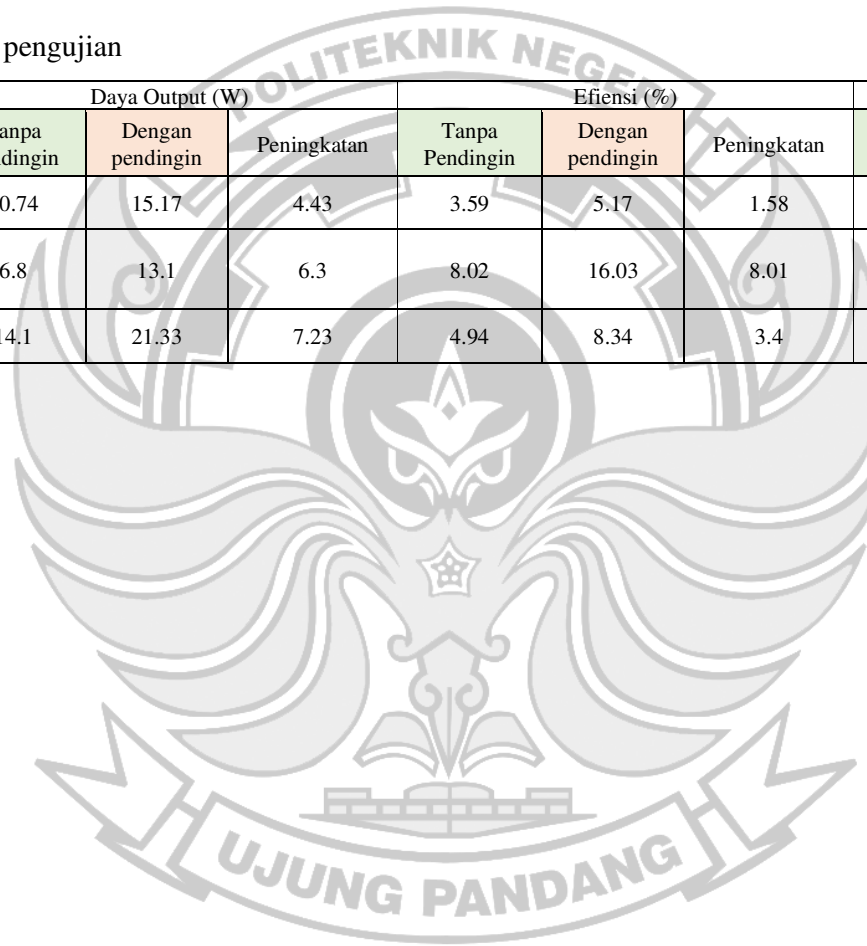
Tabel 4. 5 Data rata-rata Peningkatan Energi, Efisiensi, dan penurunan Temperatur perjam

Tanggal	Durasi Pengambilan Data	Energi Output (Wh)		Peningkatan (%)	Efisiensi (%)		Peningkatan (%)	Temperatur (°C)		Penurunan (%)
		Tanpa Pendingin	Dengan Pendingin		Tanpa Pendingin	Dengan Pendingin		Tanpa Pendingin	Dengan Pendingin	
Kamis, 22 Juni 2023	13.00-14.00	11.65	14.99	22.28	3.46	4.45	22.25	52.54	46.49	11.52
	14.10-15.00	11.95	16.98	29.62	3.40	4.83	29.61	54.38	48.06	11.62
	15.10-16.00	10.73	14.49	25.95	3.32	4.51	26.39	50.81	40.10	21.08
	16.10-17.00	8.47	14.23	40.48	4.20	7.02	40.17	41.72	35.82	14.14
Jumat, 23 Juni 2023	10.30-11.30	7.79	10.47	25.60	5.42	7.65	29.15	41.55	38.97	6.21
	11.40-12.30	6.57	13.31	50.64	8.41	16.25	48.25	37.62	35.59	5.40
	12.40-13.30	6.54	14.66	55.39	6.33	14.16	55.30	38.91	36.46	6.30
	13.40-14.30	6.57	14.75	55.46	10.22	24.22	57.80	38.14	35.76	6.24
	14.40-14.50	5.93	12.09	50.95	12.63	25.77	50.99	36.20	33.97	6.16
Sabtu, 24 Juni 2023	11.10-12.10	5.04	10.13	50.25	3.69	7.15	48.39	42.65	37.88	11.18
	12.20-13.10	10.79	18.80	42.61	3.03	5.26	42.40	46.92	38.44	18.07
	13.20-14.10	27.35	34.88	21.59	6.85	8.74	21.62	52.68	46.00	12.68
	14.20-15.10	15.13	23.38	35.29	6.38	10.83	41.09	48.64	42.31	13.01



Tabel 4. 6 Data Rata-rata pengujian

Tanggal	Durasi Pengambilan Data (Jam)	Daya Output (W)			Efisiensi (%)			Temperatur (°C)		
		Tanpa Pendingin	Dengan pendingin	Peningkatan	Tanpa Pendingin	Dengan pendingin	Peningkatan	Tanpa Pendingin	Dengan pendingin	Penurunan
Kamis, 22 Juni 2023	4	10.74	15.17	4.43	3.59	5.17	1.58	49.97	42.78	7.19
Jumat, 23 Juni 2023	3.2	6.8	13.1	6.3	8.02	16.03	8.01	38.93	36.58	2.35
Sabtu, 24 Juni 2023	4	14.1	21.33	7.23	4.94	8.34	3.4	47.52	41.03	6.49



Lampiran 2 Program Arduino Kontrol Suhu

```
//LCD i2c
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
int lcdColumns = 16;
int lcdRows = 2;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, lcdColumns, lcdRows);

#include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan
sebagai dependensi library Dallas Temperature
#include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas
Temperature
#define ONE_WIRE_BUS // Menempatkan PIN hasil pembacaan sensor
DS18B20 pada PIN 2.
//Disebut One Wire karena kita bisa menempatkan sensor DS18B20
lain pada PIN yang sama

#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Membuat variabel oneWire
berdasarkan PIN yang telah didefinisikan
DallasTemperature sensor(&oneWire); //Membuat variabel untuk
menyimpan hasil pengukuran

//deklarasi variable suhu DS18B20 dengan jenis data float
float suhu_1;
float suhu_2;
float suhu_3;
float suhu_4;

int relay = 4;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode (relay, OUTPUT);
  digitalWrite(relay,HIGH);
  sensor.begin();
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}
void loop()
{
  sensor.requestTemperatures(); // Perintah konversi suhu
  //Membaca data suhu dari sensor #0 dan mengkonversikannya ke nilai
  Celsius
  suhu_1 = sensor.getTempCByIndex(0);
  suhu_2 = sensor.getTempCByIndex(1);
  suhu_3 = sensor.getTempCByIndex(2);
  suhu_4 = sensor.getTempCByIndex(3);

  // suhuDS18B20 = (suhuDS18B20*9/5) + 32;
  // suhuDS18B20 = suhuDS18B20 = 273.15;
```

```

Serial.println("Suhu Panel Pendingin 1 = ");
Serial.println(suhu_1, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");
Serial.println("Suhu Panel Pendingin 2 = ");
Serial.println(suhu_2, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");
Serial.println("Suhu Panel Tanpa Pendingin 1 = ");
Serial.println(suhu_3, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");
Serial.println("Suhu Panel Tanpa Pendingin 2 = ");
Serial.println(suhu_4, 2); //Presisi 4 digit
Serial.println(" °C");
delay(3000);

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tpanel 1a: ");
lcd.print(suhu_1);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Tpanel 1b: ");
lcd.print(suhu_2);
delay(3000);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Tpanel 2a: ");
lcd.print(suhu_3);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Tpanel 2b: ");
lcd.print(suhu_4);
delay(3000);

if (suhu_1 > 35)
{
    digitalWrite(relay, LOW);
    Serial.println("relay nyala");
}
else if (suhu_1 <= 35)
{
    digitalWrite (relay, HIGH);
    Serial.println("relay mati");
}
}

```

Lampiran 3 Foto Kegiatan



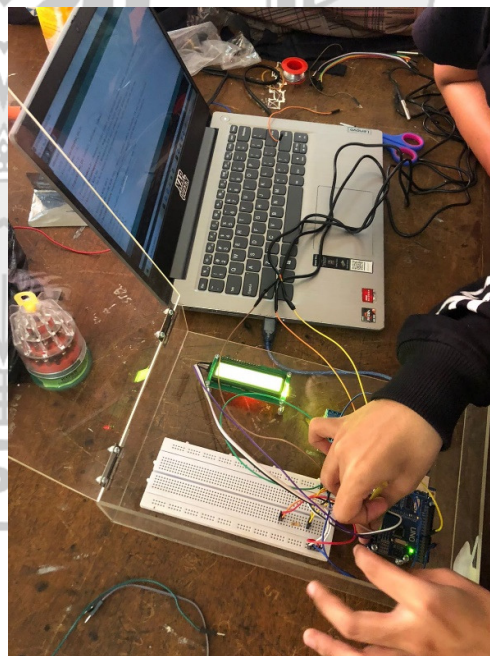
Proses pembuatan Rangka PLTS Terapung



Proses Pembuatan Panel Rangkaian Alat Ukur



Proses pengelasan Spray dan Pompa



Pengerjaan Rangkaian Kontrol



Proses Uji Coba Alat



Pengujian Tanpa Beban



Pengujian Berbeban

