

RANCANG BANGUN SISTEM *HYBRID* PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA SURYA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR  
HUJAN



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Pendidikan Diploma Empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

SYAMSURYANI ABBAS 44217001  
FADIL AMRULLAH 44217009

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2021

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan” oleh mahasiswa atas nama Syamsuryani Abbas, NIM 44217001 dan Fadil Amrullah, NIM 44217009 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi D\_4 Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

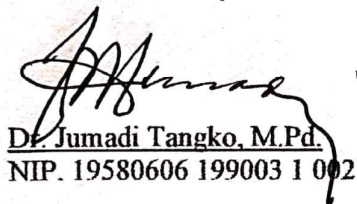
Makassar, 24 September 2021

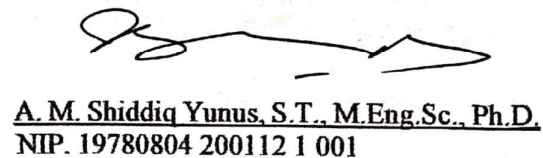
Mengetahui:

Pembimbing I,

Menyetujui:

Pembimbing II,

  
Dr. Jumadi Tangko, M.Pd.  
NIP. 19580606 199003 1 002

  
A. M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIP. 19780804 200112 1 001

Mengetahui,

a.n Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang  
Jurusan Teknik Mesin

  
Rendi Nur, S.ST., MT, Ph.D.  
NIP. 19741106 200212 1 002

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Rabu 22 September 2021, tim penguji seminar skripsi telah menerima hasil seminar proposal skripsi oleh mahasiswa: Syamsuryani Abbas, NIM 44217001 dan Fadil Amrullah, NIM 44217009 dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan”

Makassar, 22 September 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

1. Dr. Ir. Firman, M.T.	Ketua	(.....)
2. Marhatang, S.ST., M.T.	Sekretaris	(.....)
3. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.	Anggota I	(.....)
4. Muhammad Ruswandi Djalal, S.ST., M.T.	Anggota II	(.....)
5. Dr. Jumadi Tangko, M.Pd.	Pembimbing I	(.....)
6. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.	Pembimbing II	(.....)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Proposal Skripsi ini yang berjudul **“Rancang bangun sistem *hybrid* pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga air hujan”** dapat diselesaikan dengan baik.

Kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta inspirasi kepada kami untuk menyelesaikan proposal skripsi ini.
2. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudara kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
3. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Ir. Chandra Buana., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
6. Bapak Dr. Jumadi Tangko M.Pd., selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Bapak A.M. Shiddiq Yunus, ST., M.Eng., Sc, Ph.D. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Bapak Dr. Ir. Firman, M.T., selaku Wali Kelas Program Studi D4 Teknik Pembangkit Energi angkatan 2017.
9. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Teknik Pembangkit Energi yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama melaksanakan perkuliahan, dan telah membantu dalam menyediakan fasilitas dan sarana dalam mengerjakan proposal skripsi.
10. Rekan-rekan sesama mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya kelas IV Teknik Pembangkit Energi angkatan 2017.
11. Buat semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyelesaian proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih kurang sempurna, sehingga kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Makassar, 22 September 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

	Hlm.
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, KETERANGAN.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	xv
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT.....	xvi
RINGKASAN.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan Kegiatan.....	5
1.5 Manfaat Kegiatan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Sistem <i>Hybrid</i> .....	6



2.2	Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	6
2.2.1	<i>Solar cell</i> .....	6
2.2.2	Jenis- Jenis <i>Solar cell</i> .....	8
2.2.3	Daya Dan Efisiensi <i>Solar cell</i> .....	10
2.2.4	<i>Control Charge</i> .....	14
2.2.5	Baterai.....	15
2.3	Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan.....	16
2.3.1	Hidrologi .....	18
2.3.2	Area Penangkapan (Catchment Area) .....	21
2.3.3	Debit Rencana .....	22
2.3.4	Menentukan Talang Air .....	25
2.3.5	Tangki Air .....	27
2.3.6	Debit air ke turbin.....	28
2.3.7	Pipa Pesat / Penstok .....	29
2.3.8	Turbin Air .....	30
2.3.9	Generator.....	35
2.3.10	Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Bertenaga Air Hujan .....	39
BAB III METODE KEGIATAN.....		42
3.1	Waktu dan Tempat .....	42

3.2	Alat dan Bahan .....	43
▪	Alat .....	43
▪	Bahan .....	43
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	44
3.3.1	Data Primer.....	44
3.3.1	Data sekunder .....	44
3.4	Prosedur Penelitian.....	45
3.5	Tahap Perancangan.....	46
3.5.1	Perancangan Kontruksi .....	46
•	Kontruksi rangka panel surya.....	46
•	Kontruksi pembangkit listrik tenaga air hujan .....	47
3.5.2	Perancangan Kelistrikan.....	52
3.6	Tahap Pembuatan dan Perakitan .....	53
3.6.1	Rangka panel surya .....	53
3.6.2	Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan.....	54
3.6.3	Modul Instrumen .....	55
3.7	Prosedur Pengujian .....	57
3.7.1	Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	57
3.7.2	Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan .....	57



3.8	Pengumpulan Data.....	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		59
4.1	Desain Peralatan .....	59
4.2	Hasil perancangan sistem <i>hybrid</i> .....	59
4.2.1	Rancangan sistem kelistrikan.....	59
4.2.1	Hasil Rancangan PLTS .....	62
4.2.2	Hasil Rancangan PLTAH.....	63
4.3	Pengujian pembangkit sistem hybrid.....	65
4.4	Data Aplikasi.....	68
4.4.1	Data PLTS .....	68
4.4.2	Data PLTAH .....	77
4.5	Analisis Perhitungan Biaya Ekonomis .....	87
4.5.1	Biaya Listrik.....	87
4.5.2	Investasi Awal .....	87
4.5.3	Payback Period.....	89
BAB V KESIMPULAN.....		90
5.1	Kesimpulan .....	90
5.2	Saran .....	90
DAFTAR PUSTAKA .....		91
LAMPIRAN.....		93

## DAFTAR GAMBAR

	Hlm.
Gambar 2. 1 Proses Konversi Pada Solar Cell .....	7
Gambar 2. 2 Solar Cell Jenis Monokristal .....	9
Gambar 2. 3 Sel Surya Jenis Polikristal.....	9
Gambar 2. 4 Sel Surya Jenis TFSC .....	10
Gambar 2. 5 Kurva Arus-Tegangan (I-V).....	11
Gambar 2. 6 Solar Charge Controller .....	15
Gambar 2. 7 Baterai AGM VRLA SMT.....	16
Gambar 2. 8 Siklus Hidrologi.....	18
Gambar 2.9 Jejak Air pada Beberapa Jenis Atap Bangunan.....	21
Gambar 2. 10 Turbin Pelton.....	31
Gambar 2. 11 Turbin Crossflow .....	32
Gambar 2. 12 Turbin Kaplan.....	33
Gambar 2. 13 Turbin Francis .....	34
Gambar 2. 14 Konstruksi Generator DC.....	36
Gambar 2. 15 Struktur Generator DC .....	36
Gambar 3. 1 Flowchart Prosedur Kerja .....	45
Gambar 3. 2 Rancang Struktur Kemiringan Panel Surya .....	47
Gambar 3. 3 Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan.....	50
Gambar 3. 4 Sketsa kasar turbin air.....	52
Gambar 3. 5 Sistem Pembangkit Hybrid PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan.....	53

Gambar 3. 6 Rancangan Modul Instrumen Hybrid PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan .....	55
Gambar 4. 1 Spesifikasi Generator dan Panel Surya yang Digunakan.....	61
Gambar 4. 2 Rangka Panel Surya Sebelum dan Sesudah Terpasang .....	63
Gambar 4. 3 Menara Tangki Air .....	64
Gambar 4. 4 Turbin Pelton Tercopel Dengan Generator DC.....	65
Gambar 4. 5 Modul instrumen pembangkit hybrid PLTS-PLTAH.....	66
Gambar 4. 6 Pembangkit Hybrid PLTS-PLTAH .....	67
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Daya Output Panel Surya terhadap Waktu .....	73
Gambar 4. 8 Grafik Efisiensi Panel Surya terhadap Waktu.....	74
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Daya Lampu DC 12 Volt terhadap Waktu.....	76
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Waktu.....	83
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Efisiensi Generator Terhadap Waktu.....	84
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Pin & Pout Terhadap Waktu .....	85
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Curah Hujan (mm) terhadap Output Generator (W) Saat Hujan dan Saat Tidak Hujan.....	86

## DAFTAR TABEL

	Hlm.
Tabel 2. 1 Klasifikasi pusat listrik tenaga air .....	17
Tabel 2. 2 Rata-rata curah hujan wilayah Makassar.....	21
Tabel 2. 3 Koefisien Limpasan Untuk Metode Rasional.....	25
Tabel 3. 1 Rencana Dan Jadwal Kerja .....	42
Tabel 3. 2 Spesifikasi turbin air yang akan direalisasikan.....	52
Tabel 3. 3 Paramater-Parameter Yang Akan Diukur Dalam Pengujian .....	58
Tabel 4. 1 Perhitungan Kebutuhan Energi pada lampu DC 12 Volt 40 Watt .....	60
Tabel 4. 2 Rangkuman Komponen yang akan Digunakan dari Rancangan SistemPembangkit Hybrid .....	62
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Data Pengujian Panel Surya Tanpa Beban Pada Hari Pertama (Kamis, 26 Agustus 2021).....	71
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Data baterai dengan beban lampu DC 12 Volt 40 Watt pada Hari Pertama (Minggu, 29 Agustus 2021).....	75
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Data Pengujian PLTAH pada Hari Pertama (Senin, 13 September) .....	82
Tabel 4. 6 Biaya Investasi Awal Pembangkit Tenaga Hybrid .....	88

### DAFTAR SIMBOL, SATUAN, KETERANGAN

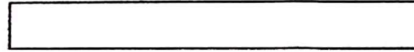
SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
$P_{in}$	Watt	Daya input sel fotoVoltaik
$G$	Watt/m <sup>2</sup>	Intensitas radiasi matahari
$A$	m <sup>2</sup>	Luasan sel fotoVoltaik
$P_{out}$	Watt	Daya output sel fotoVoltaik
$V$	Volt	Tegangan
$I$	Ampere	Arus
$\eta$	%	Efisiensi
$H$	m	Tinggi jatuh air efektif
$T$	Second	Waktu
$E_b$	Ah	Kapasitas battery
$E_{bd}$	Ah	Kapasitas battery yang digunakan
$P$	kW	Tenaga yang dikeluarkan secara teoritis
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Massa jenis air
$G$	m/s <sup>2</sup>	Konstanta gravitasi
$Q$	m <sup>3</sup> /dtk	Debit rencana dengan periode ulang T tahun
$I$	mm/jam	Intensitas hujan selama waktu konsentrasi
$A$	Ha	Luas daerah pengaliran
$R_{24}$	mm	Curah hujan maksimum harian selama 24 jam
$A$	m <sup>2</sup>	Luas penampang atau pipa
$D$	M	Diameter pipa pesat

## DAFTAR LAMPIRAN

	Hlm.
Lampiran 1 Data Curah Hujan Makassar 2020 (Januari-Desember).....	94
Lampiran 2 Data Pengujian PLTS Kamis 26 Agustus 2021 .....	106
Lampiran 3 Data Pengujian PLTS Senin 30 Agustus 2021 .....	107
Lampiran 4 Data Pengujian PLTS Selasa 31 Agustus 2021 .....	108
Lampiran 5 Data Pengujian Lampu DC.....	109
Lampiran 6 Data Pengujian Aki VRLA 12V 18Ah pada PLTAH.....	112
Lampiran 7 Data Pengujian Aki Honda GTZ4V 12V 3Ah pada PLTAH .....	113
Lampiran 8 Foto Kegiatan Pembuatan Dan Pengujian Alat .....	115







## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Syamsuryani Abbas  
NIM : 442 17 001  
Program Studi : D4 Teknik Pembangkit Energi  
Tempat/Tgl.Lahir : Baraka / 16 April 1998  
Alamat : Jl. Perintis kemerdekaan VII

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul:

**“Rancang Bangun Sistem *Hybrid* Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan”**

Adalah benar disusun/dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti- bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir/Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir/Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggung jawabkan keasliannya.

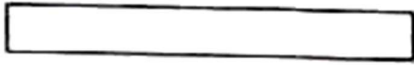
Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, 22 September 2021

Hormat Saya,



(Syamsuryani Abbas)



**SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Fadil Amrullah  
NIM : 442 17 009  
Program Studi : D4 Teknik Pembangkit Energi  
Tempat/Tgl.Lahir : Maroanging / 12 Februari 1999  
Alamat : Komp. Bumi Tamalanrea Permai Blok AE

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul:

**“Rancang Bangun Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan”**

Adalah benar disusun/dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti- bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir/Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir/Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.

B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggung jawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, 22 September 2021

Hormat Saya,

(Fadil Amrullah)

## RINGKASAN

Kehidupan manusia modern semakin tergantung kepada energi, sehingga kesejahteraan sangat ditentukan oleh jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkan baik secara langsung maupun tidak langsung. Hampir semua aktivitas yang dilakukan oleh manusia berhubungan dengan listrik, baik untuk memenuhi kebutuhan proses produksi yang melibatkan alat/mesin industri, kebutuhan penerangan dan hiburan, terutama yang berkaitan dengan barang-barang elektronik seperti handphone, komputer, televisi, dan lain sebagainya. Disamping itu, energi juga merupakan unsur penunjang yang amat penting dalam proses pertumbuhan ekonomi dan ikut menentukan keberhasilan pembangunan. Indonesia merupakan negara tropis, sehingga memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau dengan potensi energi surya yang baik dengan insolasi harian rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Selain itu terdapat energi air hujan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan pembangkit listrik tenaga air hujan (PLTAH) memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya. Keduanya tersedia disemua tempat dan tidak memerlukan tempat yang khusus untuk membangun pembangkit tersebut. Salah satu cara adalah dengan menggabungkan kedua sumber energi tersebut yang biasa disebut dengan sistem *hybrid*. Apabila salah satu sumber energi tidak bisa menghasilkan energi maka sumber energi lain yang akan menyuplai energi ke beban.

Perancangan alat ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan studi kelayakan hasil kerja desain dan konstruksi kombinasi PLTS dan PLTAH. Konsep dasar dari kedua sumber energi ini adalah ketika tidak ada radiasi saat kondisi hujan, air dari hujan akan dikumpulkan sedemikian rupa di reservoir air yang kemudian mengalirkan air ke dalam pipa yang terhubung ke turbin pelton kecil. Panel surya 2 x 50 Wp dipasang di atas atap dan turbin untuk PLTAH dipasang dan diporaskan dengan generator DC 24V, 150 W yang pada gilirannya akan mengisi baterai. Penelitian terapan ini dilakukan dengan metode desain dan konstruksi dan diakhiri dengan analisis data untuk mengetahui kinerjanya.

Berdasarkan hasil pengujian pembangkit listrik tenaga surya hibrida yang dibangun dan pembangkit listrik tenaga air hujan menunjukkan perkembangan yang menjanjikan di ceruk pasar masa depan. Pembangkit listrik tenaga surya menunjukkan daya rata-rata 30,3 Watt selama enam jam sementara pembangkit listrik tenaga air hujan menunjukkan bahwa dengan debit air rata-rata 3,44 m<sup>3</sup>/s dapat mengisi sekitar 33% baterai.

Kata Kunci: PLTS (pembangkit listrik tenaga surya), PLTAH (pembangkit listrik tenaga air hujan), *hybrid*, generator, charger aki, tegangan.

## ***SUMMARY***

Modern human life is increasingly dependent on energy, so that welfare is largely determined by the amount and quality of energy that is utilized either directly or indirectly. Almost all activities carried out by humans are related to electricity, both to meet the needs of the production process involving industrial tools/machines, lighting and entertainment needs, especially those related to electronic goods such as cellphones, computers, televisions, and so on. In addition, energy is also a very important supporting element in the process of economic growth and determines the success of development. Indonesia is a tropical country, so it has two seasons, namely the rainy season and the dry season with good solar energy potential with an average daily insolation of 4.8 kWh/m<sup>2</sup>/day. In addition, there is rainwater energy that can be converted into electrical energy. Solar power plants (PLTS) and rainwater power plants (PLTAH) have several advantages compared to other renewable energy sources. Both are available everywhere and do not require a special place to build the plant. One way is to combine the two energy sources, which is commonly referred to as a hybrid system. If one energy source cannot produce energy, another energy source will supply energy to the load.

The design of this tool is aimed at obtaining a feasibility study of the results of the design and construction work of a combination of PLTS and PLTAH. The basic concept of these two energy sources is that when there is no radiation during rainy conditions, water from the rain will be collected in such a way in a water reservoir which then flows the water into a pipe connected to a small Pelton turbine. The 2 x 50 Wp solar panels are mounted on the roof and the turbine for the hydropower plant is mounted and axis with a 24V, 150 W DC generator which in turn charges the battery. This applied research was conducted using design and construction methods and ended with data analysis to determine its performance.

Based on the test results of the built hybrid solar power plants and rainwater power plants show promising developments in the future niche market. The solar power plant shows an average power of 30.3 Watt for six hours while the rainwater power plant shows that with an average water flow of 3.44 m<sup>3</sup>/s it can charge about 33% of the battery.

Keywords: PLTS (solar power plant), PLTAH (rainwater power plant), hybrid, generator, battery charger, voltage.

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kehidupan manusia modern semakin tergantung kepada energi, sehingga kesejahteraan sangat ditentukan oleh jumlah dan mutu energi yang dimanfaatkan baik secara langsung maupun tidak langsung. Hampir semua aktivitas yang dilakukan oleh manusia berhubungan dengan listrik, baik untuk memenuhi kebutuhan proses produksi yang melibatkan alat/mesin industri, kebutuhan penerangan dan hiburan, terutama yang berkaitan dengan barang-barang elektronik seperti handphone, komputer, televisi, dan lain sebagainya. Disamping itu, energi juga merupakan unsur penunjang yang amat penting dalam proses pertumbuhan ekonomi dan ikut menentukan keberhasilan pembangunan.

Tingginya konsumsi energi di Indonesia dan semakin berkurangnya cadangan energi fosil, maka Indonesia sudah saatnya untuk secara serius mengembangkan energi non fosil, Mengacu pada Jurnal Energi Kementerian ESDM (2016: 10). Indonesia memiliki potensi besar dalam mengembangkan EBT, diantaranya energi bayu (angin) sebesar 950 MW, tenaga surya sebesar 11 GW, tenaga air sebesar 75 GW, energi biomasa 32 MW, biofuel sebesar 32 MW, potensi energi laut sebesar 60 GW, dan panas bumi (Geothermal) yang diperkirakan memiliki potensi sebesar 29 GW. Salah satu contoh pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia adalah energi surya. Letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa menjadikan wilayah Indonesia dengan rata-rata penyinaran matahari selama 8-10 jam dalam sehari dengan potensi energi surya yang dapat dibangkitkan di wilayah Indonesia



sebesar 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari (Outlook Energi Indonesia, 2016: 31). Selain itu terdapat energi air hujan yang dapat dikonversi menjadi energi listrik. Penelitian yang dilakukan oleh (Sepannur Bandri,2017) dimana Potensi alam yang dapat dijadikan suatu pembangkit *picohydro* adalah air hujan. Perencanaan *picohydro* ini menggunakan curah hujan di kota Padang sebagai sumber energi primer yang dihitung berdasarkan luas permukaan atap rumah, dimana curah hujan rata-rata 24.154 mm/menit. Air hujan akan ditampung pada tangki berukuran 5100 liter dengan luas pipa pesat 1,2 inci dengan kecepatan air 6,26 m/s, sehingga debit air yang dimanfaatkan 6,9 liter/s. Turbin yang digunakan adalah turbin reaksi *propeller open flume* TC 60 dan generator sinkron satu fasa kapasitas dapat melebihi 100 Watt, 200 – 220 Volt, 90 Hz dengan *head* 3 meter. Daya keluaran yang dihasilkan adalah 173,43 Watt, dimana untuk turbin propeller efisiensi turbin 0,85 dan efisiensi generator 0,9.

Energi surya dan energi air hujan memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lainnya. Keduanya tersedia disemua tempat dan tidak memerlukan tempat yang khusus untuk membangun pembangkit tersebut. Namun masalah utama dari kedua sistem pembangkit tersebut, tidak tersedia secara terus menerus seperti pada musim tertentu, sehingga perlu dicari alternatif atau cara untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu cara adalah dengan menggabungkan kedua sumber energi tersebut yang biasa disebut dengan sistem *hybrid*. Apabila salah satu sumber energi tidak bisa menghasilkan energi maka sumber energi lain yang akan menyuplai energi ke beban. Penerapan pembangkit listrik energi terbarukan dengan sistem *hybrid* saat ini lebih



dikembangkan untuk meningkatkan daya dan keandalan sistem. Penerapannya pada skala kecil cocok diaplikasikan pada skala rumah tangga.

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti mengajukan judul tugas akhir yaitu “Rancang bangun sistem *hybrid* pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga air hujan”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat yang mampu menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan tenaga *hybrid* dari PLTS dan pembangkit listrik tenaga air hujan?
2. Bagaimana menganalisis besar daya listrik yang dihasilkan dari sistem tenaga *hybrid* PLTS dan pembangkit listrik tenaga air hujan?

## **1.3 Ruang Lingkup Kegiatan**

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi permasalahan yang meluas, maka dibuatlah suatu batasan masalah. Adapun batasan permasalahan yang akan dibahas dalam perancangan sistem *hybrid* pada pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga air hujan ini yaitu:

1. Merancang alat yang mampu menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan tenaga *hybrid* dari PLTS dan pembangkit listrik tenaga air hujan.
2. Panel Surya yang digunakan jenis *polycristaline* berkapasitas 50 Wp (2 buah).
3. Menggunakan baterai/aki berkapasitas 12V 18Ah.
4. Pengujian menggunakan *prototipe*.
5. Parameter yang digunakan untuk analisis besarnya daya listrik adalah debit air hujan atau volume air hujan yang ditampung di dalam tangki air.
6. Tinggi jatuh air ke turbin 3,5 m.
7. Turbin air yang digunakan jenis turbin pelton.
8. Menggunakan dinamo generator kincir air DC 24V 150 Watt.
9. Waktu pengujian selama 8 pekan dari tanggal 19 Mei 2021 sampai tanggal 12 Juli 2021 di Lab Konversi Energi Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang.
10. Waktu pengambilan data selama 8 pekan dari tanggal 14 Juni 2021 sampai tanggal 10 Agustus 2021 di Lab Konversi Energi Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang.
11. Proses pengujian akan dibuat simulasi air hujan dalam tangki air 1200 L.
12. Air hujan disimulasikan berdasarkan asumsi luas atap perumahan berukuran  $8 \times 10 \text{ m}^2$  dan rata-rata curah hujan pada bulan Januari-Desember 2020.

#### **1.4 Tujuan Kegiatan**

Adapun tujuan melakukan penulisan tugas skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil rancang bangun alat yang mampu menghasilkan energi listrik dengan menggunakan sumber energi dari PLTS dan pembangkit listrik tenaga air hujan.
2. Mendapatkan hasil analisis besar daya listrik yang dihasilkan oleh PLTS dan pembangkit listrik tenaga air hujan, yang dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik.

#### **1.5 Manfaat Kegiatan**

Adapun manfaat yang didapatkan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil perancangan alat ini diharapkan dapat membantu memaksimalkan pemanfaatan energi terbarukan.
2. Sebagai bahan kajian bagi mahasiswa dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
3. Menjadi referensi tambahan dalam pembuatan maupun pengembangan alat yang memanfaatkan energi terbarukan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem *Hybrid*

Pengertian *hybrid* pada umumnya adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem *hybrid* pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan supply dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu. Sistem *hybrid* atau pembangkit listrik tenaga *hybrid* merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD. (Banartama dkk., 2010).

Salah satu pembangkit listrik tenaga *hybrid* yang bisa digunakan yaitu penggabungan antara radiasi cahaya matahari dan air hujan. Sistem *hybrid* ini menggunakan dua alat pengkonversi energi yaitu *solar cell* sebagai pengkonversi radiasi cahaya matahari dan air hujan, dimana perputaran turbin tersebut akan menghasilkan energi mekanik yang dikonversi melalui generator menjadi energi listrik.

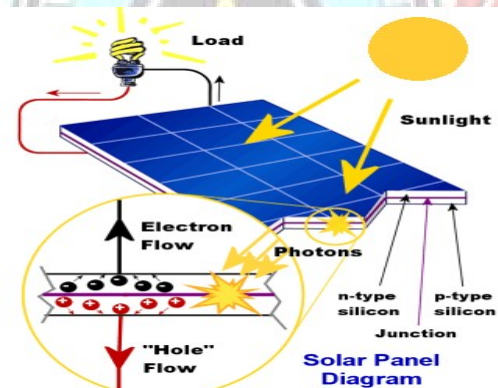
### 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

#### 2.2.1 *Solar cell*

*Solar cell* (Sel Surya) merupakan suatu perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek photoVoltaic. Menurut seorang ahli fisika berkebangsaan Prancis Becquerel tahun 1839, Apabila

sebuah logam dikenai suatu cahaya dalam bentuk foton dengan frekuensi tertentu, maka energikinetik dari foton akan menembak keatom-atom logam tersebut (Asmara dan Salmawati, 2018).

Secara sederhana *solar cell* terdiri dari sambungan bahan semi konduktor bertipe p dan n (p-n junction semikonduktor) yang jika tertimpa sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran listrik (Nardi dan Harianto, 2011). Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah kristal silikon. Bahan semi konduktor tersebut akan menyerap cahaya matahari yang mengenai sel photoVoltaic sehingga menyebabkan terjadinya aliran elektron.



Gambar 2. 1 Proses Konversi Pada *Solar Cell*

(Sumber : Wiyono, 2005)

Agar dapat memperoleh sejumlah tegangan atau arus listrik yang dikehendaki, maka umumnya masing-masing sel surya dikaitkan satu sama lainnya baik secara seri maupun paralel untuk membentuk satu rangkaian PV yang biasa disebut dengan modul. Sebuah modul PV umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 33 sel, dan 72 sel. Beberapa modul PV dihubungkan untuk membentuk rangkaian

tertentu yang disebut PV panel, sedangkan jika berderet-deret modul PV dihubungkan secara baris dan kolom disebut PV *array*. Hubungan seri pada sel surya akan memberikan efek variasi tegangan yang tinggi sedangkan rangkaian paralel untuk memberikan efek variasi arus.

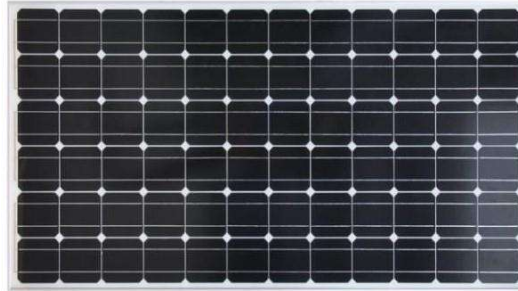
### 2.2.2 Jenis- Jenis *Solar cell*

Jenis-jenis sel surya digolongkan berdasarkan teknologi pembuatannya. Secara garis besar sel surya dibagi dalam tiga jenis, yaitu:

1. Monokristal (Mono-crystalline)

Sel surya jenis monocrystalline ini dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentukan bujur. Material silikon ini diiris tipis menggunakan teknologi khusus. Dengan digunakannya teknologi inilah, kepingan sel surya yang dihasilkan akan identik satu sama lainnya dan memiliki kinerja tinggi. Sel surya jenis ini dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24% (Alfatiha dkk, 2009). Namun kekurangan dari jenis ini adalah akan bekerja maksimal saat cahaya matahari sedang dalam intensitas yang tinggi. Namun setelah itu, apabila intensitas cahaya berkurang maka kinerjanya akan menurun secara drastis. Biaya sel surya ini juga lebih mahal dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain.





Gambar 2. 2 *Solar Cell* Jenis Monokristal  
(Sumber: Suryautamaputra.co.id)

## 2. Polikristal (Poly-crystalline)

Sel surya jenis ini dibuat dari beberapa batang kristal silikon yang dicairkan, setelah itu dituang dalam cetakan yang berbentuk persegi kemudian dilakukan pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Sel ini memiliki efektivitas 18%. Pada aplikasinya, sel surya ini akan tetap bekerja saat intensitas matahari menurun atau dalam keadaan mendung. Jadi energi yang di hasilkan akan lebih kontinyu walaupun intensitas sinar matahari tidak konstan.



Gambar 2. 3 Sel Surya Jenis Polikristal  
(Sumber : [www.greenoptimistic.com](http://www.greenoptimistic.com))

### 3. TFSC (Thin Film *Solar cell*)

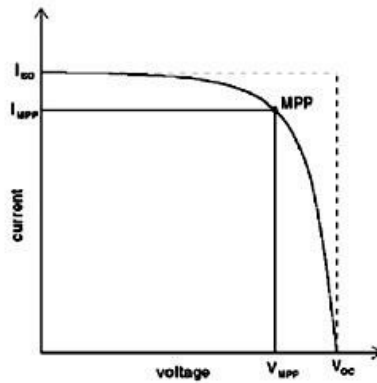
Jenis sel surya ini dibuat dengan cara menambahkan sel surya tipis kedalam sebuah lapisan dasar. Karena bentuknya tipis, jadi panel surya ini sangat ringan dan fleksibel. Ketebalan lapisannya bisa diukur mulai dari manometers hingga mikrometers. Ada 3 jenis sel surya, tipe ini dibedakan berdasarkan materialnya yaitu, Amorphous Silicon (a-Si) *Solar cell* yang terbuat dari Amorphous Silicon, Cadmium Telluride (CdTe) *Solar cell* yang terbuat dari bahan Cadmium Telluride, dan Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) *Solar cell* yang terbuat dari bahan Copper Indium Gallium Selenide merupakan yang paling efisien dibanding dua lainnya dan juga tidak mengandung bahan yang berbahaya yaitu Cadmium seperti yang terdapat pada sel surya CdTe (Haryanto, 2018).



Gambar 2. 4 Sel Surya Jenis TFSC  
(Sumber: suryautamaputra.co.id)

#### 2.2.3 Daya Dan Efisiensi *Solar cell*

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Kemampuan ini direpresentasikan dalam kurva arus-tegangan (I-V) sebagai berikut.



Gambar 2. 5 Kurva Arus-Tegangan (I-V)

(Sumber: Kierby, 2012)

Energi yang diterima pada sel surya merupakan hasil perkalian intensitas radiasi yang diterima dengan luasan. Adapun persamaanya adalah sebagai berikut:

1. Daya input

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana;

$P_{in}$  = daya input sel photoVoltaic (Watt)

$G$  = intensitas radiasi matahari (Watt/m<sup>2</sup>)

$A$  = luasan sel photoVoltaic (m<sup>2</sup>)

2. Fill factor (FF) panel surya

Untuk menghitung fill factor panel surya dengan menggunakan data spesifikasi pada panel surya Gambar 4.1 Maka didapatkan nilai fill factor panel surya, sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_{max} \cdot I_{max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana;

Tegangan maksimum panel surya = ( $V_{max}$ )

Arus maksimum panel surya = ( $I_{max}$ )

Tegangan terbuka / *open circuit volt* panel surya = ( $V_{oc}$ )

Arus hubung singkat / *short circuit current* panel surya ( $I_{sc}$ ) =

3. Daya output

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

Dimana;

$P_{out}$  = daya output sel photoVoltaic (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari sinar matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data.



#### 4. Efisiensi

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

Dimana;

$\eta$  = efisiensi (%)

$P_{\text{in}}$  = daya input sel photoVoltaic (Watt)

$P_{\text{out}}$  = daya output sel photoVoltaic (Watt)

Setelah mendapatkan output dari sel surya yang berupa arus listrik dapat langsung digunakan untuk beban. Arus yang dihasilkan dapat juga digunakan sebagai pengisian dengan cara disimpan pada baterai agar dapat digunakan pada saat yang diperlukan khususnya pada malam hari karena tidak adanya sinar matahari.

#### 2.2.4 Control Charge

Pengisi daya atau *charge controller* adalah peralatan yang digunakan pada sistem PLTS komunal yang dilengkapi dengan tempat penyimpanan (*storage*) cadangan energi listrik. Pengontrol charger berfungsi untuk pembantuan pengisian arus searah (DC) dari *solar cell* ke baterai yang disebut proses pengisian (*charge*), dan pengaturan distribusi arus listrik dari baterai ke beban listrik disebut dengan proses pelepasan (*discharge*). Fungsi utama pengontrol pengisian daya adalah untuk mempertahankan baterai dari kondisi pengisian tertinggi, melindungi baterai saat menerima daya berlebih dari *array*, dengan membatasi pengisian energi saat baterai terisi penuh, dan melindungi baterai dari *over-discharge* yang disebabkan oleh beban, dengan melepaskan baterai dari beban saat baterai mencapai kondisi pengisian rendah James P Dunlop, (1997).





Gambar 2. 6 Solar Charge Controller  
(Sumber: <https://turkey.desertcart.com/>)

### 2.2.5 Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh PV modul pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung. Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban, selama adanya matahari, *array* panel menghasilkan daya listrik. Kapasitas aki ditentukan dengan satuan Amper-jam (Amperehours atau disingkat dengan satuan Ah).

Aki yang sesuai pada penggunaan PV adalah jenis Baterai *deep cyle lead acid* yang memiliki kapasitas 18 Ah, 12 V dan 24 Vdc dengan efisiensi 80% *Depth of Discharge* (DoD) adalah penentuan batas kedalaman pengeluaran daya (*discharge*) yang terdapat pada aki tersebut. Kedalaman pengeluaran DoD 100%, pabrik baterai selalu memberi rating DoD baterai 80%, yang berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia yang dikeluarkan dan 20% tetap di cadangan.

Penentuan kapasitas baterai dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Safrizal, 2017).

$$\text{Kapasitas Baterai (Ah)} = \frac{\text{Total Beban Pemakaian Harian} \times \text{Autonomy}}{\text{DoD} \times \text{Vdc}} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Jumlah Baterai yang dibutuhkan} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Kapasitas Baterai yang digunakan}} \dots\dots\dots(2.6)$$



Gambar 2. 7 Baterai AGM VRLA SMT  
(Sumber: <https://solarpanelid.com/>)

### 2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

Secara umum Pusat Listrik Tenaga Air dapat dikategorikan sesuai besar daya yang dihasilkannya, dimana salah satu klasifikasi Pusat Listrik Tenaga Air adalah sebagaimana tabel berikut:

Tabel 2. 1 Klasifikasi pusat listrik tenaga air

No.	Jenis	Daya / Kapasitas
1	PLTA	> 5MW (5000 kW)
2	PLTM	< 100 kW < PLTM < 5000 kW
3	PLTMH	< 100 kW

(Sumber : Seven Wye Energi Agency, [www.swea.co.uk](http://www.swea.co.uk))

Pada dasarnya suatu pembangkit listrik tenaga air hujan (PLTAH) berfungsi untuk mengubah potensi tenaga air yang jatuh mengenai atap rumah berupa aliran air. Aliran air ditampung pada tangki air yang mempunyai debit dan tinggi jatuh (head) untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air hujan masuk dalam kategori PLTMH yang kapasitas dayanya dibawah 100 kW. Komponen penting yang menunjang sistem PLTAH secara umum terdiri atas talang air, tangki air, pipa pesat, turbin air, dan generator.

Air hujan yang jatuh mengenai atap rumah tidak langsung jatuh ke permukaan tanah dikarenakan air yang jatuh mengalir ke talang air. Air hujan yang melewati talang kemudian ditampung di dalam tangki air. Tangki air berfungsi untuk menampung air hujan dan menurunkan kecepatan air sebelum masuk ke pipa pesat/*penstock*. Pada ujung pipa pesat dipasangkan nozzle untuk memutar turbin yang berfungsi untuk mengubah energi potensial yang ada pada air menjadi energi mekanik. Poros turbin dihubungkan dengan generator kemudian dikopel secara langsung agar putaran turbin dan generator sama sehingga menghasilkan energi listrik.

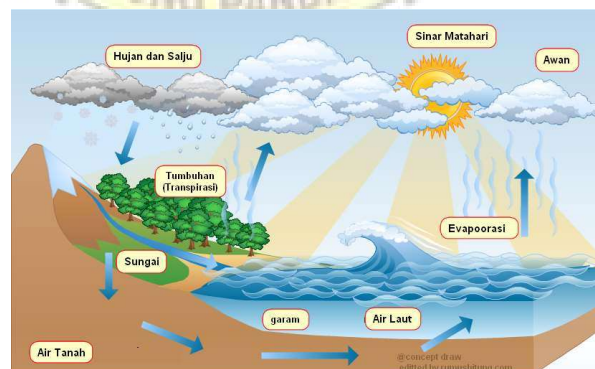
### 2.3.1 Hidrologi

#### 1. Kajian Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berfokus tentang air yang ada di dalam bumi baik mengenai perputaran, penyebaran, pergerakan, eksploitasi, pengembangan, manajemen, dan segala hal yang berkaitan dengan air. Banyak pendapat para ahli mengenai ilmu hidrologi ini, akan tetapi inti dari semua pendapat yang dikemukakan oleh para ahli tersebut memiliki inti yang sama. Hidrologi juga termasuk dalam salah satu cabang ilmu geografi fisik yang mulai dikembangkan oleh para filsuf yang berasal dari berbagai bangsa antara lain Yunani, Romawi, Cina, dan Mesir. Novangga (Soewarno, 1991).

#### 2. Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi adalah salah satu dari 6 siklus biogeokimia yang berlangsung di bumi. Siklus hidrologi adalah suatu siklus atau sirkulasi air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus menerus (ebiologi.com/2016/03/siklus-hidrologi-pengertianproses).



Gambar 2. 8 Siklus Hidrologi

(Sumber: <https://cerdika.com/siklus-hidrologi>)

Siklus hidrologi ini memegang peranan penting bagi kelangsungan hidup organisme di bumi, karena melalui siklus ini ketersediaan akan air bisa terjaga dan keseimbangan akan ekosistem di bumi bisa dicapai.

Adapun pada praktiknya, dalam siklus hidrologi ini air melalui beberapa tahapan, tahapan proses terjadinya siklus hidrologi tersebut antara lain (Redi Guntara,2016).

a. Evaporasi / Transpirasi

Air yang ada di laut, di daratan, di sungai, di tanaman, dsb. akan menguap ke angkasa (*atmosfer*) dan kemudian akan menjadi awan. Pada keadaan jenuh uap air (awan) itu akan menjadi bintik-bintik air yang selanjutnya akan turun dalam bentuk hujan, salju, dan es.

b. Infiltrasi / Perkolasi ke dalam tanah.

Air bergerak ke dalam tanah melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan menuju muka air tanah. Air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau horizontal dibawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan.

c. Air permukaan

Air bergerak di atas permukaan tanah dekat dengan aliran utama dan danau makin landai lahan dan makin sedikit pori-pori tanah, maka aliran permukaan semakin besar. Aliran permukaan tanah dapat dilihat pada daerah urban. Sungai-sungai bergabung satu sama lain dan membentuk sungai utama yang membawa seluruh air permukaan di sekitar daerah aliran sungai menuju laut.

Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa) dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut. Proses perjalanan air di daratan itu terjadi dalam komponen-komponen siklus hidrologi yang membentuk sistem Daerah Aliran Sungai (DAS).

Menurut (Ipin102.blogspot.co.id/2014/10/siklus-hidrologi). Jumlah air di bumi sendiri secara keseluruhan relatif tetap, yang berubah adalah wujud dan tempatnya, tempat terbesar terjadi di laut. Hal tersebut juga didukung dengan pendapat Fetter C.W. “Applied Hidrology”. (2001) yaitu seorang ilmuwan hidrologi yang meneliti sumber daya air di bumi yang menyimpulkan bahwa jumlah sumber daya air adalah tetapi, namun distribusi dan fasa yang dimiliki berbeda.

### 3. Curah hujan

Adapun data rata-rata curah hujan kota Makassar periode Januari–Desember pada tahun 2020 sebagai berikut:

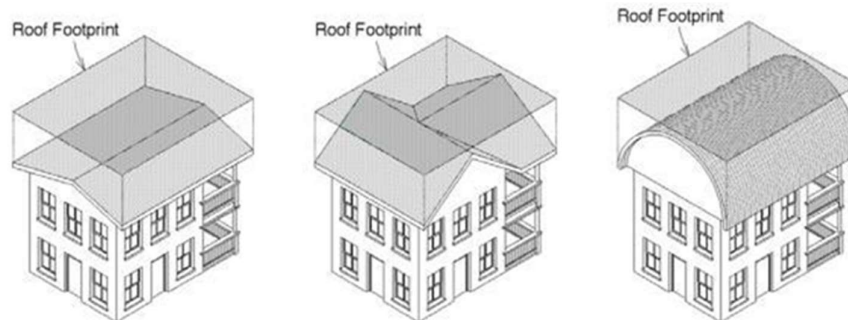
Tabel 2. 2 Rata-rata curah hujan wilayah Makassar

No	BULAN	NILAI CURAH HUJAN (mm)
1	JANUARI	573
2	FEBRUARI	538.2
3	MARET	264.9
4	APRIL	111
5	MEI	172.1
6	JUNI	73.1
7	JULI	8.4
8	AGUSTUS	16.4
9	SEPTEMBER	9.6
10	OKTOBER	53.7
11	NOVEMBER	247.9
12	DESEMBER	942.4
Rata-rata		250.9

(Sumber: BMKG Wil.5 Makassar)

### 2.3.2 Area Penangkapan (Catchment Area)

Daerah tangkapan hujan atau area tangkapan hujan adalah daerah tangkapan yang terkena atau teraliri oleh air hujan. Area tangkapan hujan dapat berupa jejak air (water foot print). Area tangkapan hujan pada perencanaan sistem *rainwater harvesting* pada bangunan gedung biasanya menggunakan atap bangunan sebagai area tangkapan (*catchment area*) air hujan.



Gambar 2.9 Jejak Air pada Beberapa Jenis Atap Bangunan

(Sumber: Khrisna,2005)



Untuk menghitung luasan atap bangunan yang berbentuk datar/limas/perisai/pelana, kita dapat menggunakan rumus berikut:

1. Cara menghitung luasan atap datar.

Cara ini pada umumnya dipakai untuk rumah dengan dak beton cor. Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan luasan atap} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \dots \dots \dots (2.7)$$

2. Cara menghitung luasan atap limas/perisai/pelana.

Untuk menghitung luasan atap bangunan yang berbentuk limas/ perisai/ pelana, kita dapat menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kebutuhan luasan atap} = (P \times L) / \text{Cos} (\alpha) \dots \dots \dots (2.8)$$

(Wahadamaputera, 2014)

Dimana;

$\alpha$  = sudut kemiringan atap

### 2.3.3 Debit Rencana

Umumnya untuk menentukan debit aliran akibat air hujan diperoleh dari hubungan rasional antara air hujan dengan limpasannya (Metode Rasional). Besarnya debit rencana dihitung dengan menggunakan metode rasional kalau alirannya kurang dari 80 Ha. Adapun rumusan perhitungan debit rencana Metode Rasional adalah sebagai berikut:

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A \dots\dots\dots(2.9)$$

(Prihadi, L.R, 2019)

Dimana;

Q = Debit air hujan (m<sup>3</sup>/dtk)

C = Koefisien pengaliran (*runoff coefficient*)

I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (m<sup>2</sup>)

Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian dapat dihitung menggunakan rumus distribusi mononobe, sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.10)$$

(Prihadi, L.R, 2019)

Dimana;

I = intensitas hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan maksimum harian selama 24 jam (mm)

t = lamanya hujan (jam)

Koefisien pengaliran (*runoff coefficient*) adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah (*surface run-off*) dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer (hujan total yang terjadi). Besaran ini dipengaruhi oleh tata guna lahan, kemiringan lahan, jenis dan kondisi tanah. Pemilihan koefisien pengaliran harus memperhitungkan kemungkinan adanya perubahan tata guna lahan dikemudian hari. Koefisien pengaliran mempunyai nilai antara, dan sebaiknya nilai pengaliran untuk analisis dipergunakan nilai terbesar atau nilai maksimum.



Tabel 2. 3 Koefisien Limpasan Untuk Metode Rasional

No.	Tipe Area	Koefisien Run Off (C)
1	Pegunungan Curam	0,75 - 0,90
2	Tanah Bergelombang dan Hutan	0,50 - 0,75
3	Dataran yang ditanami	0,45 - 0,60
4	Atap rumah	0,9 - 1
5	Perkerasan Aspal/Beton	0,80 - 0,90
6	Tanah Padat sulit diresapi	0,40 - 0,55
7	Tanah agak mudah diresapi	0,05 - 0,35
8	Taman/Lahan Terbuka	0,05 - 0,25
9	Kebun	0,05 - 0,20
10	Perumahan tidak begitu rapat (20 Rumah/Ha)	0,25 - 0,40
11	Perumahan kerapatan sedang (21 - 60 Rumah/Ha)	0,40 - 0,70
12	Perumahan rapat (60 - 160 Rumah/Ha)	0,70 - 0,80
13	Daerah Rekreasi	0,20 - 0,30
14	Daerah Industri	0,80 - 0,95
15	Daerah Perniagaan	0,90 - 0,95

(Prihadi, L.R, 2019)

#### 2.3.4 Menentukan Talang Air

Talang air hujan adalah elemen bangunan yang tidak bisa dianggap sepele karena Indonesia beriklimtropis dengan curah hujan tinggi. Akan tetapi, seringkali talang air tidak mendapatkan perhatian dan perawatan pada saat merencanakan atau membangun rumah. Ada yang beralasan fasad rumah menjadi terganggu karena kehadiran talang, bahkan terjadi kebocoran akibat talang yang tidak berfungsi dengan baik. Padahal fungsi utama talang air hujan adalah mengalirkan air dari atap

ke tempat yang telah direncanakan, bisa berupa talang vertikal, saluran air hujan, bak penampungan atau sumur resapan.

Tujuan utama talang adalah mencegah cucuran air hujan dari atap turun tidak pada tempatnya, atau merembes kemana-mana. Oleh karena itu talang air hujan umumnya dipasang di tepian, pertemuan antar bidang atap, atau dinding samping rumah. Adapun jenis-jenis talang air hujan sebagai berikut:

1. Talang Air PVC

Talang air hujan dari PVC ini dikenal cukup murah. Talang ini mempunyai beberapa kelebihan yaitu tidak berkarat, bobotnya ringan, dan pemasangannya yang mudah.

2. Talang Air Logam

Talang air hujan yang terbuat dari logam mempunyai berbagai material diantaranya seng, aluminium, dan galvalum. Di antara material ini bahan seng menjadi bahan yang sangat fleksibel. Bahan ini mudah dibentuk sesuai bentuk atap dan dapat mengalirkan air hujan lebih efektif. Namun, bahan seng juga mempunyai kekurangan yaitu seng yang cenderung mudah berkarat.

3. Talang Air Beton

Talang air beton adalah talang air yang terbuat dari beton. Meskipun harganya cukup mahal dibandingkan talang PVC dan logam. Talang ini mempunyai daya tahan lebih unggul. Pada saat musim hujan tiba pun talang ini dapat mengalirkan air dengan sangat baik.

### 2.3.5 Tangki Air

Tangki air akan berfungsi sebagai bak penampungan air hujan. Dimana air hujan yang ada akan ditampung pada tangki sebelum air dimanfaatkan. Untuk menghitung volume tangki dihitung secara matematis:

$$V = \pi r^2 \times t \dots\dots\dots (2.11)$$

(Sepannur Bandri,2017).

Dimana;

V = volume tangki air

r = jari-jari tangki air

t = panjang tangki air yang digunakan

Untuk menghitung debit air hujan dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$Q_{\text{air hujan}} = L_{\text{atap}} \times C_{\text{curah hujan}} \dots\dots\dots (2.12)$$

(Sepannur Bandri,2017).

Dimana;

$Q_{\text{air hujan}}$  = debit air hujan (liter/menit)

$L_{\text{atap}}$  = Luas dari atap rumah ( $m^2$ )

Curah hujan = hujan per  $m^2$  ( $mm/m^2/jam$ )

Untuk waktu pengisian tangki oleh air hujan dari atap ke tangki dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$T = \frac{V_{\text{tangki air}}}{Q_{\text{air hujan}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

(Sepannur Bandri,2017).

Dimana;

T = waktu yang dibutuhkan

V tangki air = daya tampung tangki

Q air hujan = debit air hujan

### 2.3.6 Debit air ke turbin

Untuk menghitung debit air ke turbin yang dihasilkan sebagai berikut:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.14)$$

(Sepannur Bandri,2017)

Dimana;

A = Luasan pipa penstock/Pipa pesat (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan aliran air yang keluar dari tangki (m/s)

Adapun untuk mencari nilai A dan V adalah sebagai berikut:

$$A = 3,14 \times \left(\frac{1}{2} \times \text{Diameter pipa pesat(cm)}\right)^2 \dots\dots\dots(2.15)$$



(Sepannur Bandri,2017)

$$V = \sqrt{2 \times g \times H} \dots\dots\dots(2.16)$$

(Sepannur Bandri,2017)

Dimana;

G = Gravitasi = 9,8 m<sup>2</sup>/s

H = Tinggi jatuh air (m)

### 2.3.7 Pipa Pesat / Penstcok

Pipa pesat (penstcok) adalah salah satu bagian pada pembangkit listrik bertenaga air yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bendung atau bendungan atau juga bisa dari bak penenang (forebay tank) menuju tempat pembangkit untuk digunakan sebagai energi pemutar turbin. Penggunaan pipa pesat harus memperhatikan beberapa aspek yaitu sebagai berikut:

1. Material, dimana yang sering digunakan adalah material baja, besi ataupun paralon (PVC) yang mampu menahan tekanan tinggi dari air.
2. Diameter dari pipa pesat, dimana nilai tersebut ditentukan dari debit aliran air yang akan mengalir kedalam pipa pesat agar tingkat rugi-rugi yang disebabkan oleh pipa pesat terhadap energi pada debit air bisa ditekan seminimal mungkin.

### 2.3.8 Turbin Air

#### 1. Pengertian turbin air

Turbin air adalah salah satu komponen yang sangat penting pada sistem pembangkit listrik bertenaga air. Turbin air berfungsi mengubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) pada aliran air menjadi energi mekanis untuk memutar rotor (kincir), oleh karena itu turbin air termasuk kedalam kelompok mesin-mesin fluida.

#### 2. Jenis-Jenis Turbin Air

Turbin air memiliki berbagai jenis yang dikelompokan berdasarkan cara kerja turbin air tersebut merubah energi fluida (energi potensial dan energi kinetis air) pada air menjadi energi mekanis, dimana sebagai berikut:

##### a. Turbin Impuls

Turbin Impuls adalah salah satu pengelompokan jenis turbin yang memiliki cara kerja merubah seluruh energi pada air menjadi energi kinetis untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi mekanis. Pada kelompok turbin ini rotor (*runner*) akan bekerja dengan pengaruh aliran air dengan memanfaatkan perbedaan tinggi pada aliran air yang akan dirubah menjadi kecepatan. Pada kelompok turbin impuls ini tidak ada perubahan tekanan sepanjang rotor (*runner*) saat air masuk dan keluar dari turbin. Berikut contoh dari kelompok turbin impuls.

##### b. Turbin Pelton

Turbin Pelton pertama kali diperkenalkan oleh Lester Allen Pelton. Cara kerja dari turbin ini, yaitu bagian mulut-mulut pancaran (*nozzles*) akan mengeluarkan air, kemudian air tersebut tersebut akan memukul ember-ember (*buckets*) yang terdapat pada sekeliling roda putar (*runner*), sehingga *runner* dapat berputar.

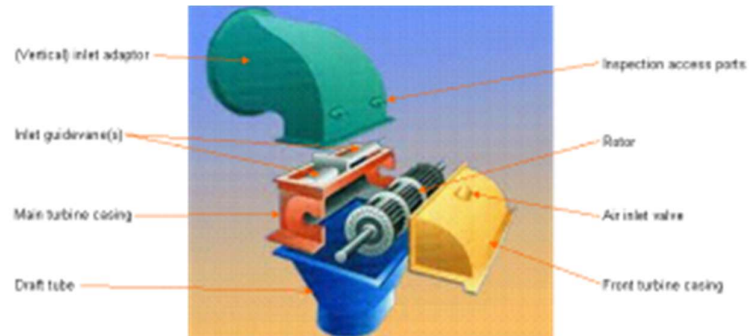


Gambar 2. 10 Turbin Pelton  
(Sumber: Sumber: <https://ilmuteknik.id/>)

Turbin Pelton sendiri biasa dipakai untuk tinggi terjun (*head*) yang tinggi, menjadikan turbin tersebut sangat cocok dan efisiensi untuk digunakan

c. Turbin *Crossflow*

Turbin ini ditemukan oleh Michell-Banki. Prinsip kerja dari turbin ini, yaitu aliran air mengalir masuk pada inlet adapter yang ada kemudian akan diatur banyak aliran yang masuk oleh guide vane (*distributor*). Aliran air sendiri masuk dari atas sudu jalan (*blades*) dan mendorong sudu jalan bergerak sehingga air turun dan kembali mendorong sudu bagian bawah dan turbin akan berputar.



Gambar 2. 11 Turbin Crossflow

(Sumber: <https://ilmuteknik.id/>)

Turbin ini biasa dipakai untuk tinggi terjun (*head*) yang tinggi, lebih tinggi dari turbin kaplan dimana batas tinggi terjun sampai pada batas tinggi terjun menengah dari turbin Francis.

#### d. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah jenis pengelompokan turbin selain pengelompokan turbin impuls yang memiliki cara kerja dengan merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi mekanis. Pada turbin kelompok ini, perubahan energi potensial menjadi energi kinetis berlangsung pada guide dan pada rotor atau roda putar (*runner*), hal tersebut menyebabkan penurunan tekanan (*pressure drop*) ketika air melewati *runner*. Berikut contoh dari kelompok turbin reaksi.

#### e. Turbin Kaplan

Turbin Kaplan (*Propeler*) ditemukan oleh Viktor Kaplan adalah salah satu jenis turbin yang termasuk dalam kelompok turbin reaksi

memiliki aliran aksial. Turbin ini tersusun seperti propeller pada perahu. Propeller tersebut biasa mempunyai tiga hingga enam sudut.

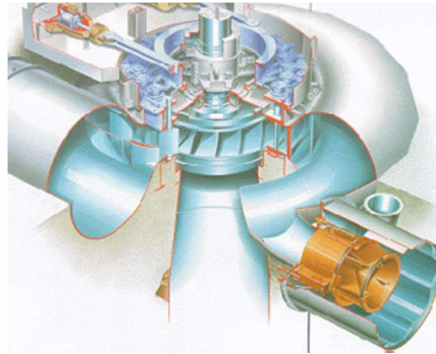


Gambar 2. 12 Turbin Kaplan  
(Sumber: <https://www.pngdownload.id/>)

Turbin Kaplan biasa digunakan untuk tinggi terjun yang rendah. Kontruksi sudu bilah rotor dari turbin Kaplan sendiri dibagi menjadi dua, yaitu kontruksi sudu bilah rotor tetap dan kontruksi sudu bilah rotor yang dapat digerakkan secara otomatis dengan bantuan sistem hidrolik. Kegunaan dari kontruksi tersebut adalah agar turbin dapat bekerja dengan daya guna (*efficiency*) yang tinggi ketika beroperasi.

f. Turbin Francis

Turbin Francis yang ditemukan oleh James B. Francis, termasuk jenis kelompok turbin reaksi selain turbin Kaplan. Turbin ini biasa dipasang diantara sumber air dengan tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluaran. Turbin Francis sendiri mempunyai sudu pengarah air masuk secara tangensial. Sudu pengarah ini dapat berupa sudu pengarah yang tetap maupun yang dapat diatur sama dengan sudu bilah rotor pada turbin Kaplan.



Gambar 2. 13 Turbin Francis

(Sumber: <https://ilmuteknik.id/>)

Turbin Francis sendiri dipakai pada daerah atau lokasi dengan tinggi terjun menengah (*medium head*). Rumah siput (*scroll case*) pada turbin Francis dibuat dari plat baja, baja cor atau baja besi cor, disesuaikan dengan tinggi terjun dan kapasitasnya dan bertugas menahan bagian terbesar dari beban tekanan hidrolis yang diterima oleh turbin. Tekanan selebihnya ditahan oleh sudu kukuh (*stay vane*) atau cincin kukuh (*stay ring*). Sudu-sudu antar (*guide vane*) diatur disekeliling luar rotor (*runner*) dan mengatur daya-keluar (*output*) turbin dengan mengubah-ubah bukaannya sesuai dengan perubahan beban, melalui suatu mekanisme pengatur

### 3. Prinsip Kerja Turbin Air

Turbin air pada sistem pembangkit bertenagakan air bekerja dengan ketergantungan akan nilai debit aliran air yang ada, dimana semakin besar nilai debit aliran air maka semakin besar pula putaran pada turbin air dan semakin besar pula daya listrik yang nanti-nya akan dihasilkan, begitu pula sebaliknya.

Debit aliran air yang digunakan sendiri berasal dari pipa pesat guna memutar rotor (kincir) pada turbin yang selanjutnya dengan menggunakan belt, puli (pulley) pada rotor tersebut dihubungkan dengan puli pada generator yang akan mengubah putaran yang dihasilkan menjadi energi listrik. (Hunggul,2015:19)

### 2.3.9 Generator

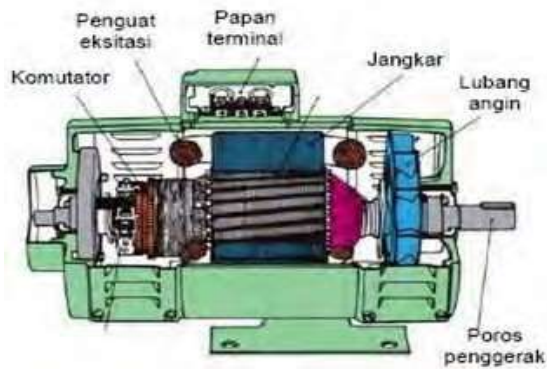
#### 1. Pengertian Generator

Generator DC adalah sebuah perangkat mesin-mesin listrik dinamis yang berfungsi untuk merubah energi mekanis menjadi ke energi listrik. Dimana generator itu sendiri menghasilkan arus searah (DC). Generator itu sendiri dibedakan menjadi 3 macam generator yaitu:

- a. Generator penguat terpisah.
- b. Generator shunt.
- c. Generator kompon.

Dimana generator itu sendiri pada dasarnya dibuat menggunakan magnet permanen dengan 4 buah kutub rotor, penyearah, protek terhadap beban berlebih starter eksitasi, bearing, casing generator, dan rotor.

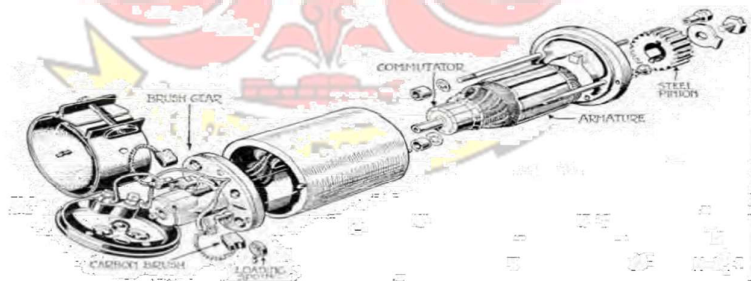




Gambar 2. 14 Konstruksi Generator DC

([http://www.homepagez.com/pkdst/generator/generator\\_arus\\_searah.htm](http://www.homepagez.com/pkdst/generator/generator_arus_searah.htm))

Generator itu sendiri ada 2 bagian penting stator dan rotor. Stator adalah bagian mesin yang tidak bergerak, dan rotor adalah bagian mesin yang bergerak memutar. Dimana stator ada 5 bagian yaitu rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing terminal box. Rotor ada 4 bagian yaitu komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor



Gambar 2. 15 Struktur Generator DC

(Achmad Gunawan,2010)

Dimana bagian yang paling penting untuk diperhatikan secara rutin adalah sikat arang yang selalu bergesekan dan cepat aus dimana perawatan harus secara bertahap. Komutator wajib dibersihkan dari

kotoran sikat arang yang menempel dan serbuk arang yang mengotori bagian komutator, untuk menghilangkan sisa bercak sikat arang harus menggunakan amplas.

## 2. Prinsip kerja generator

Jika sebuah konduktor memotong garis fluks magnetik yang berubah-ubah, maka ggl akan dibangkitkan dalam konduktor tersebut.

Dimana syarat untuk membangkitkan ggl adalah:

- harus tersedia hantaran kawat.
- harus tersedia medan magnet.
- harus tersedia pergerakan dari konduktor didalam medan magnet, dimana ada fluks yang berubah dan memotong konduktor tersebut.

Untuk mengetahui arah arus pada generator berlaku pada kaidah tangan kanan:

- Gerak putaran disamakan dengan ibu jari.
- Medan magnet pada kutub u dan s disamakan dengan jari telunjuk
- Besaran galvanis  $V$  (volt) dan  $I$  (arus) disamakan dengan jari tengah

Untuk arus searah didapat dari tegangan bolak balik, walaupun tujuan utama adalah pembangkitan tegangan DC, tampak tegangan yang dibangkitkan pada kumparan jangkar merupakan tegangan AC yang gelombangnya yang berubah-ubah yang harus disearahkan mejadi gelombang DC.

Untuk menghasilkan arus DC(searah) dari arus AC (bolak-balik) dapat menggunakan:

- Swit (saklar).
- Komutator.
- Dioda(penyearah).

a. Sistem Saklar

Dimana saklar berfungsi menghubungkan singkat ujung – ujung kumparan. Prinsip kerja saklar adalah, dimana kumparan jangkar berputar, maka kedua ujung kumparan akan mengeluarkan tegangan sinusoida. Dimana setengah periode tegangan positif (+) saklar akan ditekan (aktif) dan tegangan menjadi nol (0V). Apabila saklar dibuka maka akan kembali mengeluarkan tegangan. Begitu pula seterusnya setiap pada setengah perioda positif tegangan saklar diaktifkan, dimana saat pemotongan setengah terus menerus dapat menghasilkan gelombang searah penuh.

b. Sistem Komutator

Dimana komutator itu sendiri berfungsi sebagai saklar, yang untuk menghubungkan singkat pada kumparan jangkar. Bentuk komutator itu sendiri berbentuk cincin belah dan dipasang pada ujung kumparan jangkar. Jika kumparan jangkar itu berputar, maka cincin belah akan mengikuti putaran. Karena kumparan berada didalam medan magnetik. Dimana akan menimbulkan tegangan bolak balik. Jika kumparannya memutar setengah putaran, maka sikat akan menutup celah cincin dan

tegangan menjadi nol(0V). Dikarenakan cincin belah terus berputar, maka celah akan terbuka kembali dan menimbulkan tegangan kembali. Jika periode tegangan sama dengan periode putaran cincin belah, maka tegangan yang keluar adalah tegangan dan arus searah gelombang penuh.

### c. Sistem Dioda

Dioda adalah suatu komponen pasif yang mempunyai sifat sebagai berikut:

- Jika dioda di beri tegangan anoda diberi (-) dan katoda di beri (+) (forward bias) maka dioda akan dialiri arus listrik.
- jika di beri sebaliknya (reverse bias) maka dioda tidak bisa dialiri arus.

Berdasarkan bentuk gelombang dapat dibagi menjadi 2 penyearah:

- Half wave rectifier (penyearah setengah gelombang).
- Full wave rectifier (penyearah satu gelombang penuh).

### 2.3.10 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Bertenaga Air Hujan

Prinsip kerja dari pembangkit bertenaga air sendiri secara sederhana adalah memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik yang ada untuk memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik yang akan digunakan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Setelah mengetahui prinsip kerja pembangkit tenaga air secara sederhana. Daya air yang dihasilkan oleh pembangkit dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$P_{\text{air}} = \rho \times g \times Q \times H \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

Q = Debit air efektif (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$  = Massa jenis air = 1000 kg/m<sup>3</sup>

G = Gravitasi = 9,8 m<sup>2</sup>/s

H = Tinggi jatuh air ke turbin (m)

Daya turbin (P<sub>t</sub>) yang dihasilkan oleh air yang jatuh ke turbin dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$P_t = \mu_t \times P_{\text{air}} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana;

$\mu_t$  = efisiensi turbin 80%

P<sub>air</sub> = Daya air yang dihasilkan turbin (W)

Daya (*power*) yang dihasilkan oleh generator dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

P = tenaga yang dikeluarkan secara teoritis (kW)

V = Output generator (v)

I = Output generator (A)

$$\text{Eff} = \text{Pg}/\text{Pt} \times 100\% \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana;

Eff = efisiensi (%)

Pt = Daya input turbin (Watt)

Pg = Daya output generator (Watt)





## BAB III METODE KEGIATAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Waktu penelitian ini berlangsung selama 8 bulan yang dimulai pada bulan Maret sampai dengan bulan September 2021. Perancangan, pembuatan dan perakitan sistem *hybrid* yang akan digunakan berlangsung pada bulan Maret sampai bulan September 2021. Pembangunan alat yang telah dirancang dan pengambilan data dilakukan tiga bulan terakhir yaitu bulan Juni, Juli, dan Agustus. Pembuatan alat dan pengambilan data akan dilaksanakan di Lab Konversi Energi Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Tabel 3. 1 Rencana Dan Jadwal Kerja

No.	Nama Kegiatan	Bulan																															
		Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Seminar Proposasl Skripsi																																
2	Revisi Proposal																																
3	Persiapan Alat dan Bahan																																
4	Pembuatan dan Perakitan																																
5	Pengujian Sistem <i>Hybrid</i> PLTS dan PLTA Hujan																																
6	Pengambilan Data																																
7	Pembuatan laporan akhir																																
8	Asistensi Laporan																																
9	Seminar Akhir																																

### 3.2 Alat dan Bahan

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

- Alat

- 1) Turbin Air jenis Prototype Turbin Pelton
- 2) Dinamo Generator Kincir Air DC 24V 150 Watt
- 3) Panel Surya jenis *polycristaline* berkapasitas 2×50 Wp
- 4) Solar *charge controller* 20A
- 5) Baterai VRLA 12V/18 Ah
- 6) Tang Amper UNI-T UT210E
- 7) Saklar Toggle Switch 6 kaki E-TEN 1322
- 8) Gurinda
- 9) Rpm meter
- 10) Piranometer
- 11) Multimeter
- 12) Las Listrik
- 13) Bor
- 14) Meteran

- Bahan

- |                          |                   |
|--------------------------|-------------------|
| 1) Kabel                 | 5) Mur Tandon Air |
| 2) Pipa PVC 1 inch       | 6) Baut dan Mur   |
| 3) Tangki air 1200 liter | 7) Stop kran      |
| 4) Nozzle                | 8) Sambungan pipa |

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Terdapat dua metode pengukuran data yang kami lakukan agar potensi energi yang tersedia di lokasi dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk memprediksi pasokan energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit *hybrid* dari pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga air hujan yang direncanakan yaitu melalui pengukuran data primer dan data sekunder.

#### 3.3.1 Data Primer

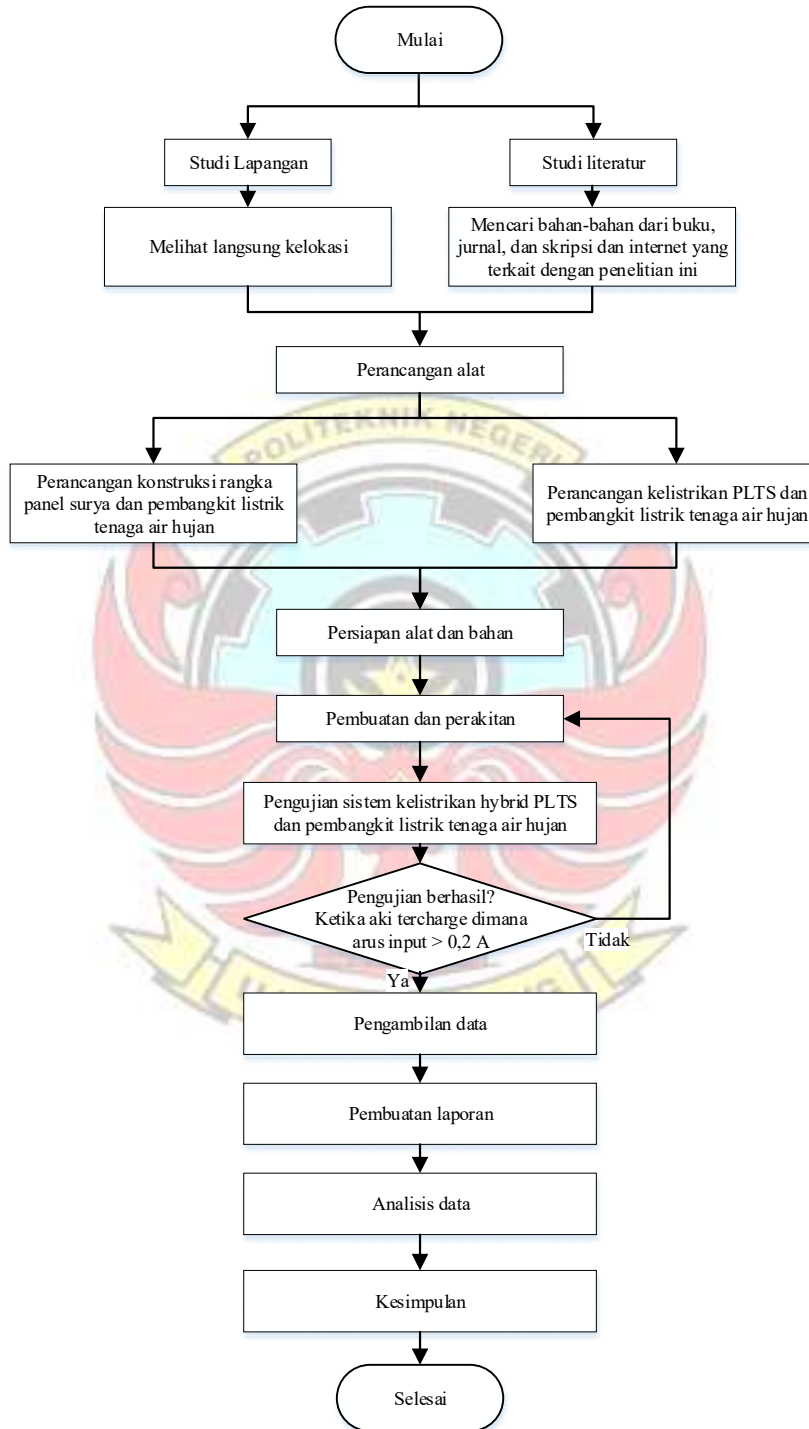
Data primer merupakan data yang diperoleh dengan cara pengamatan dan pengukuran secara langsung di lokasi penelitian. Pengukuran data primer dilakukan melalui pengukuran langsung potensi radiasi matahari dan tingginya curah hujan di lokasi pembangkit *hybrid* yang akan dibangun. Data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Data ukuran (tinggi, lebar, volume)
2. Data perhitungan (tegangan, arus, radiasi)

#### 3.3.1 Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh melalui sumber data yang telah ada dari instansi terkait, buku, laporan, jurnal atau sumber lain yang relevan. Data sekunder diperoleh dari badan atau otoritas yang memiliki kewenangan untuk menerbitkan data radiasi matahari dan curah hujan. Dalam hal ini kami menggunakan data BMKG Makassar.

### 3.4 Prosedur Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Prosedur Kerja

### 3.5 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan langkah awal sebelum pembuatan pembangkit *hybrid* PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar pembangkit *hybrid* ini dapat beroperasi dengan optimal. Tahap perancangan dibagi atas perancangan konstruksi dan perancangan kelistrikan.

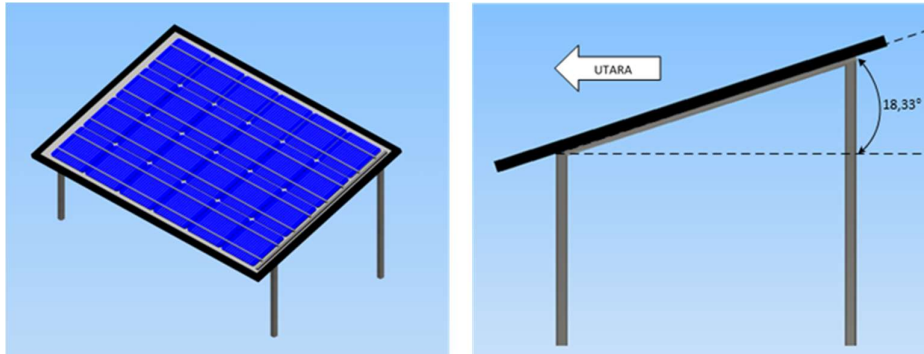
#### 3.5.1 Perancangan Kontruksi

- Kontruksi rangka panel surya

Pada proses perancangan konstruksi rangka panel surya diperlukan ketelitian dalam menentukan sudut kemiringan panel surya, hal ini diperlukan supaya panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari yang optimal di lokasi penelitian. Orientasi dan kemiringan panel surya yang akan di tempatkan di Lab Konversi Energi Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan titik koordinat 5,12° LS, 119,48° BT adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\alpha &= \delta - \text{lat} \\ &= 23,45^\circ - 5,12^\circ \\ &= 18,33^\circ\end{aligned}$$

Jadi sudut kemiringan panel surya maksimum adalah sebesar 18,33°.



Gambar 3. 2 Rancang Struktur Kemiringan Panel Surya

- Kontruksi pembangkit listrik tenaga air hujan

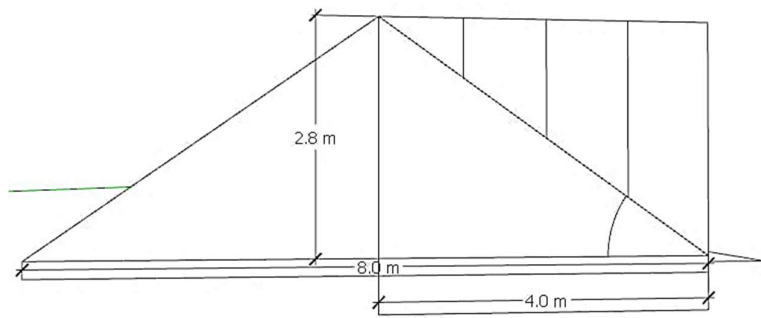
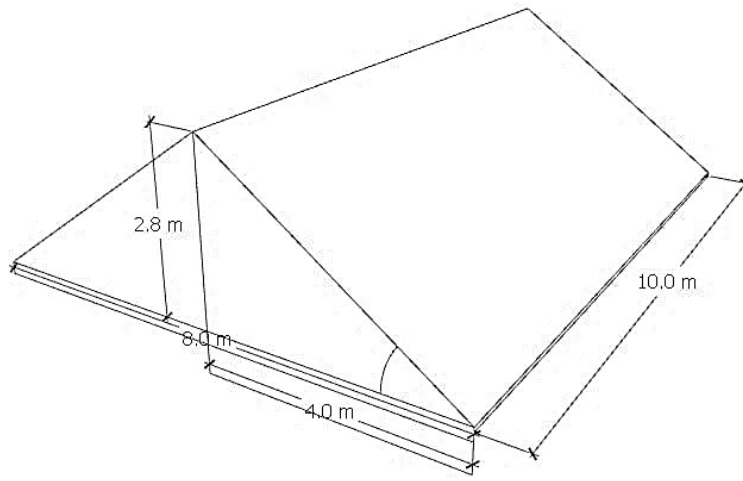
1. Perhitungan Perencanaan

Dalam perencanaan ini perhitungan dilakukan dari komponen awal yang diasumsikan yaitu atap dari rumah yang berukuran 8 m x 10 m.

2. Menghitung Luas atap rumah

Untuk menghitung luas atap rumah dapat dilihat pada gambar 2.9 dan untuk perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.7 di bawah:





1. Mencari ketinggian atap
 
$$= (1/2 \times \text{bentang}) \times \tan (\text{sudut kemiringan})$$

$$= (1/2 \times 800 \text{ cm}) \times \tan (35)$$

$$= 400 \times \tan (35)$$

$$= 280 \text{ cm} \sim 2,8 \text{ m}$$
2. Mencari panjang sisi miring atap
 
$$= (1/2 \times \text{bentangan}) \times \cos (\text{sudut kemiringan})$$

$$= (1/2 \times 800 \text{ cm}) \times \cos (35)$$

$$= 400 \times \cos (35)$$

$$= 327 \text{ cm} \sim 3,27 \text{ m}$$

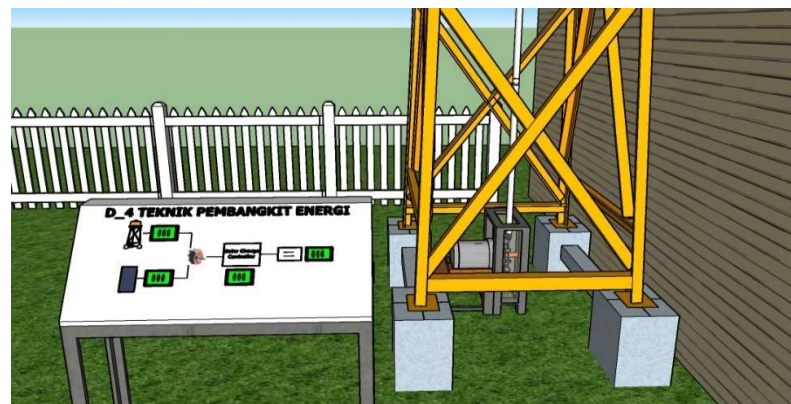
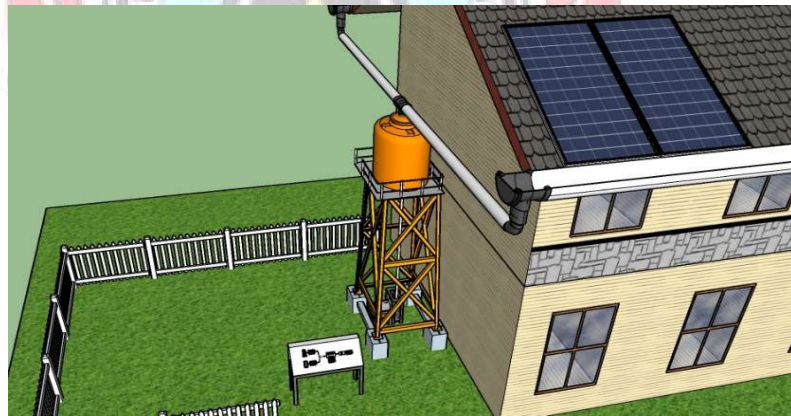
Sehingga lebar sisi miring atap pada sisi miring kanan dan kiri adalah  $3,27 \text{ m} \times 2 = 6,54 \text{ m}$ .
3. Mencari luasan atap
 
$$= P \times L$$

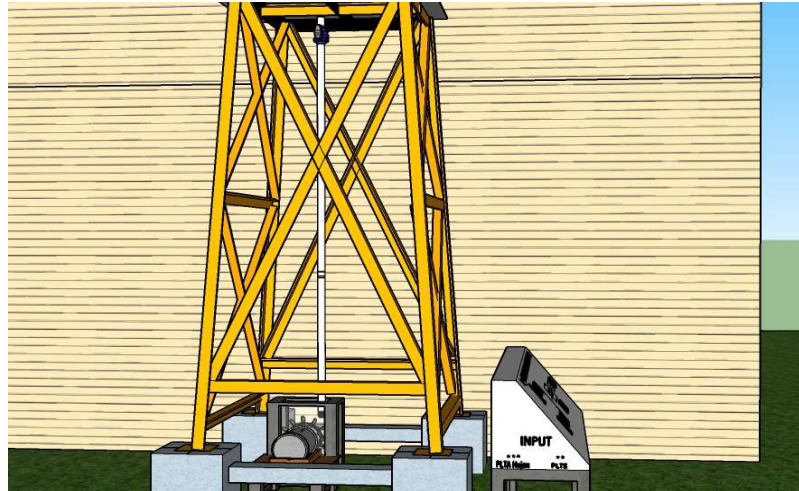
$$= 10 \text{ m} \times 6,54 \text{ m}$$

$$= 65,4 \text{ m}^2$$

### 3. Pengukuran Tinggi Rumah

Adapun tinggi atap rumah dihitung menggunakan rumus pythagoras yang menghasilkan nilai 2,8 m, kemudian tinggi dari talang air ke dasar rumah 7 m dan tinggi menara untuk penampungan air hujan yaitu 3,5 meter. Turbin pelton dan generator DC terkopel dengan poros yang terpasang tepat pada bagian bawah penampungan air, dimana penampungan air terpasang pipa pesat yang tegak lurus dengan turbin pelton, untuk memutar turbin pelton dengan nozzle yang terdapat di ujung pipa pesat.





Gambar 3. 3 Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

Turbin air yang digunakan pada perancangan ini adalah turbin jenis pelton, karena turbin pelton merupakan salah satu dari jenis turbin air yang efisien digunakan untuk *head* tinggi dan debit aliran yang kecil. Keuntungan lainnya yaitu efisiensi turbin yang relative stabil pada berbagai perubahan debit aliran. Berikut ini sketsa turbin yang digunakan pada perancangan ini.

Dalam perancangan ini perhitungan dilakukan berdasarkan parameter yang telah ditentukan terlebih dahulu. Parameter tersebut adalah kapasitas air ( $Q$ ) = 0,0041 m<sup>3</sup>/s, head ( $H$ ) = 3,5 meter, gravitasi ( $g$ ) = 9,8 m<sup>2</sup>/s, dan nilai  $n$  = 500 rpm. Dari parameter yang diketahui tersebut dan persamaan yang digunakan sebagai berikut:

a) Kecepatan pancar air ( $c_1$ ):

$$c_1 = \sqrt{2 \times g \times H}$$

$$c_1 = \sqrt{2 \times 9,8 \text{ m}^2/\text{s} \times 3,5 \text{ m}}$$

$$c_1 = 8,2 \text{ m/s}$$

b) kecepatan tangensial (u):

$$u = \frac{c_1}{2}$$

$$u = 4,1 \text{ m/s}$$

c) Diameter pancar air (d)

$$d = 0,54 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{H}}}$$

$$d = 0,54 \sqrt{\frac{0,0041 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{3,5 \text{ m}}}}$$

$$d = 0,02 \text{ m} \approx 2 \text{ cm}$$

d) Diameter runner (D)

$$D = \frac{60 \times u}{\pi \times n}$$

$$D = \frac{60 \times 4,1 \text{ m/s}}{\pi \times 500 \text{ rpm}}$$

$$D = 0,156 \text{ m} \approx 15,6 \text{ cm}$$

e) Lebar Sudu

$$\text{Lebar Sudu} = 1 \times d$$

$$\text{Lebar Sudu} = 1,25 \times 2 = 2,5 \text{ cm}$$

f) Jumlah Sudu

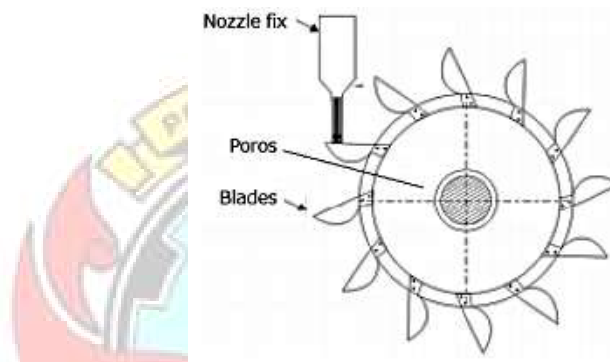
$$Z = 5,4 \sqrt{\frac{D}{d}}$$

$$Z = 3 \sqrt{\frac{15,6}{2}}$$

$$Z = 8,3 \approx 8$$

(Mahayana, I. G. P. A., Jasa, L., & Janardana, I. G. N, 2020)

Sehingga nilai parameter dari perancangan prototype turbin pelton ini dapat dilihat di tabel 3.2 dibawah:



Gambar 3. 4 Sketsa kasar turbin air

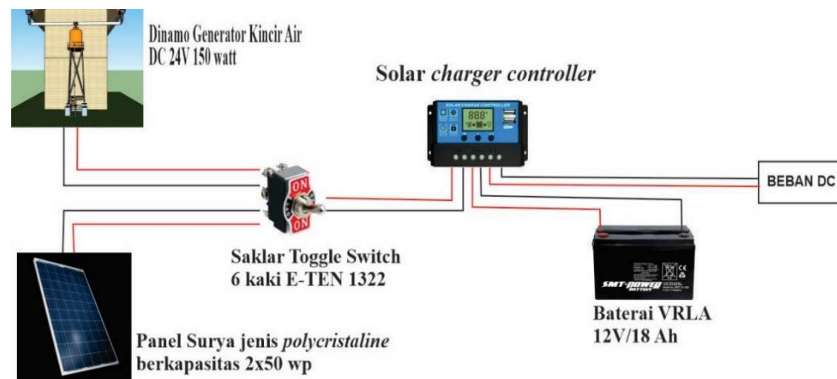
Tabel 3. 2 Spesifikasi turbin air yang akan direalisasikan

No.	Parameter	Nilai
1.	Lebar Sudu	2,5 cm / 0,98'' (inch)
2.	Diameter Runner	15,6 cm / 6,14'' (inch)
3.	Jumlah Sudu	8 buah

### 3.5.2 Perancangan Kelistrikan

Perancangan Kelistrikan diawali dengan menghitung total energi yang digunakan saat beroperasi dan mengumpulkan data kecepatan turbin pelton yang terkopel dengan generator dan intensitas matahari di lokasi penelitian. Analisis data tersebut untuk mengetahui berapa panel surya dan kapasitas baterai yang akan digunakan dalam memenuhi kebutuhan energi dengan memanfaatkan potensi

sumber daya alam terbarukan di Lab Konversi Energi Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang. Berikut skema perancangan pembangkit *hybrid*:



Gambar 3. 5 Sistem Pembangkit *Hybrid* PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

Pada skema diatas kedua pembangkit dihubungkan ke saklar *toggle switch* 6 kaki E-TEN 1322, lalu output saklar ke solar *charge controller*, output dari *controller* berupa tegangan dc yang digunakan untuk mengisi baterai, tegangan dc dari baterai kemudian di gunakan sebagai energi listrik oleh beban DC.

### 3.6 Tahap Pembuatan dan Perakitan

#### 3.6.1 Rangka panel surya

Prosedur Pembuatan dan perakitan rangka panel surya yaitu sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Memotong besi siku sesuai dengan ukuran dimensi panel surya yang akan digunakan.
- 3) Menyusun potongan besi siku secara memanjang sebagai penopang panel surya, setelah itu dilakukan penyambungan dengan baut dan mur.



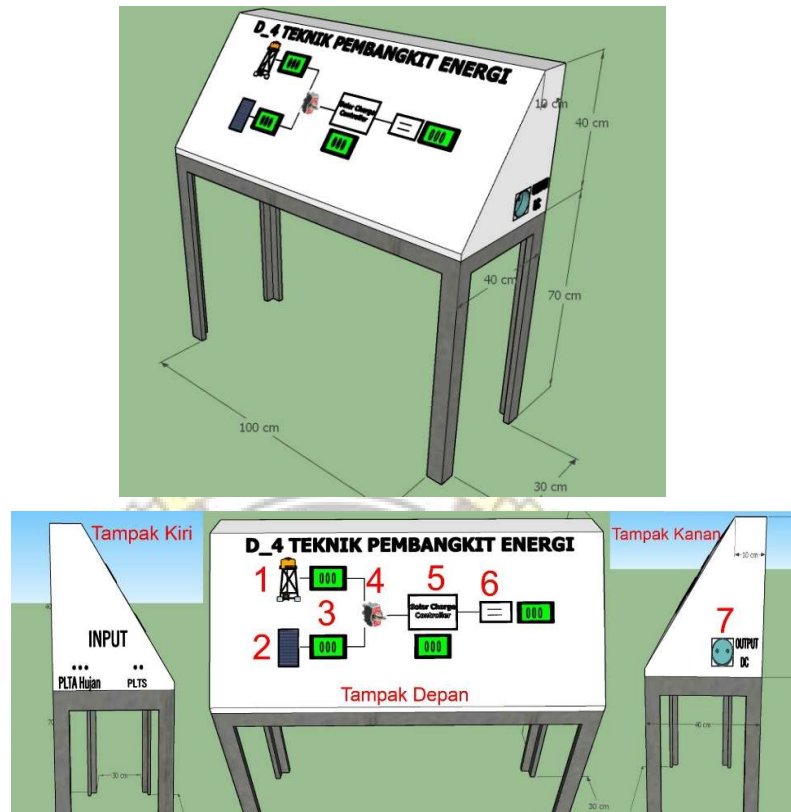
- 4) Setelah menentukan sudut kemiringan rangka panel surya, selanjutnya mengukur dan memotong besi siku yang akan dijadikan sebagai kaki rangka.
- 5) Melakukan pengeboran terhadap kaki rangka dengan rangka panel surya.

### 3.6.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

Prosedur Pembuatan dan perakitan pembangkit listrik tenaga air hujan yaitu sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Pemasangan pipa PVC 2 inch pada ujung atap gedung untuk mengalirkan air hujan ke penampungan air.
- 3) Pemasangan pipa pesat/penstock (pipa PVC 1 inch) pada penampungan air, posisi pipa pesat tegak lurus, serta pada pipa pesat dipasangkan stop kran dan diujung pipa pesat dipasangkan *nozzle*.
- 4) Melakukan perakitan turbin pelton yang berada tepat dibawah pipa pesat, serta turbin yang terkopel sejajar dengan generator sinkron.

### 3.6.3 Modul Instrumen



Gambar 3. 6 Rancangan Modul Instrumen *Hybrid* PLTS dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

Keterangan:

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan
- 2) Pembangkit Listrik Tenaga Surya
- 3) Digital Panel Meter
- 4) Saklar Toggle Switch 6 kaki E-TEN 1322
- 5) *Solar Charge Controller*
- 6) Baterai VRLA 12V/18 Ah
- 7) Kotak Kontak

Prosedur pembuatan modul instrumen pembangkit *hybrid* yaitu sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
- 2) Memberikan tanda pada tripleks melamin dan besi siku sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, sebelum dilakukan pemotongan.
- 3) Memotong tripleks melamin dan besi siku pada posisi yang telah ditandai dengan menggunakan gurinda.
- 4) Menyusun dan menyambungkan besi siku sesuai dengan rancangan yang telah dibuat dengan cara pengelasan, kemudian menghaluskan permukaannya lalu lakukan pengecatan.
- 5) Menyusun tripleks melamin pada rangka yang telah dibuat. Tripleks melamin ini sebagai *body* pada modul instrumen pengamatan dan merupakan tempat dari alat pengontrol seperti: saklar, digital LCD panel meter, *charge controler*, baterai, dan kotak kontak.
- 6) Memasang komponen-komponen pada modul yang terdiri dari saklar, digital LCD panel meter, *charge controler*, baterai, dan kotak kontak.
- 7) Setelah seluruh komponen terpasang pada posisinya, kemudian dirangkai sesuai dengan rancangan yang telah dibuat agar dapat berfungsi.

### 3.7 Prosedur Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan ketika pembangkit bekerja sendiri-sendiri dan ketika pembangkit dikombinasikan (*hybrid*) dengan pembebanan lampu DC.

#### 3.7.1 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Surya

- 1) Memasang panel surya di lokasi pengujian.
- 2) Merangkai panel surya dengan modul.
- 3) Memasang alat ukur piranometer.
- 4) Mengaktifkan saklar PLTS pada modul.
- 5) Mencatat hasil pengukuran modul kedalam tabel pengamatan.
- 6) Pengujian selesai.

#### 3.7.2 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan

- 1) Memasang Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan di lokasi pengujian.
- 2) Merangkai keluaran generator sinkron dengan modul.
- 3) Memasang alat ukur rpm meter.
- 4) Mengaktifkan saklar Pembangkit Listrik Tenaga Air Hujan pada modul.
- 5) Mencatat hasil pengukuran kedalam tabel pengamatan.
- 6) Pengujian selesai.

### 3.8 Pengumpulan Data

Setelah proses pengujian pembangkit *hybrid* PLTS-Pembangkit listrik tenaga air hujan dilakukan secara bekerja sendiri dengan sistem bergantian, dimana pada

saat musim kemarau PLTS yang bekerja dan pada saat musim hujan Pembangkit listrik tenaga air hujan yang bekerja dengan sistem pembangkit yang digabungkan (*hybrid*), maka selanjutnya ada beberapa parameter yang perlu dicatat yaitu:

Tabel 3. 3 Paramater-Parameter Yang Akan Diukur Dalam Pengujian

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Alat Ukur
1	Radiasi matahari	G	W/m <sup>2</sup>	Piranometer
2	Tegangan	V	V	Digital lcd panel meter / Multimeter
3	Arus	I	A	Digital lcd panel meter / Multimeter
4	Putaran	n	Rpm	Rpm meter

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Desain Peralatan

Desain pembangkit *hybrid* ini memiliki 2 sumber energi terbarukan yakni energi air hujan dan energi matahari. Energi air hujan itu sendiri menjadi faktor utama untuk memutar generator yang nantinya keluaran generator tersebut akan menghasilkan arus dan tegangan DC. Selain energi air hujan ada pula energi matahari yang akan membangkitkan energi listrik melalui perantara berupa sel surya (panel). Dari kedua energi tersebut yang menghasilkan aliran listrik nantinya akan dihubungkan menuju baterai sebagai tempat menyimpan energi tersebut. Keluaran dari baterai di hubungkan dengan beban berkapasitas lampu 10 Watt yang memiliki arus DC. Dari hasil keluaran baterai tersebut nantinya akan diaplikasikan untuk penerangan perumahan. Pada dasarnya, pembangkit listrik ini belum sepenuhnya diterapkan di rumah penduduk. Hal ini karena alat ini masih berupa *prototype* atau rancangan. Namun, alat ini setidaknya bisa menjadi gambaran lebih lanjut untuk penelitian selanjutnya.

### 4.2 Hasil perancangan sistem *hybrid*

#### 4.2.1 Rancangan sistem kelistrikan

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan kebutuhan listrik untuk mendapatkan hasil yang pasti untuk menentukan kebutuhan panel surya, baterai dan komponen lainnya berdasarkan jumlah beban yang digunakan.

1. Data beban dan jam operasi beban lampu DC12 Volt

Berdasarkan hasil dari pembebanan pada panel surya yang telah dilakukan, diperoleh data beban di bawah ini.

Tabel 4. 1 Perhitungan Kebutuhan Energi pada lampu DC 12 Volt 40 Watt

No	Komponen	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (h)	Daya (W)	Energy (Wh)
1	Lampu DC12 Volt	12	1,6	10	19,2	192
Total beban lampu Dc 12 Volt sebesar 192 Wh/hari $\approx$ 0,192 kWh/hari						

2. Menghitung jumlah Panel Surya dan generatot DC yang dibutuhkan (Untuk panel surya 100 Wp).

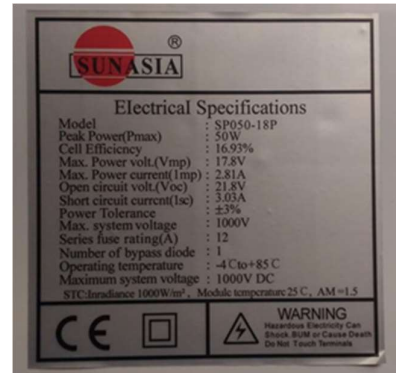
- Jika diasumsikan peak 1 hari = 7 jam.
- Maka kapasitas panel:  $100 \times 6 = 700$  Wh/hari

$$\text{Jumlah panel yang dibutuhkan} = \frac{\text{total beban lampu DC12 Volt}}{\text{kapasitas panel surya (100 Wp)}} = \frac{192}{700} = 0,8 \rightarrow 2 \text{ Buah}$$

Terkait dengan cuaca yang tidak dapat diprediksi, perhitungan jumlah modul dapat mengakomodasi cadangan energi untuk menambah keandalan sistem dengan menggabungkan dengan pembangkit tenaga air hujan skala kecil. Adapun spesifikasi generator dan panel surya sebagai berikut:



Generator Listrik DC 24 Volt	
Panjang	11 cm
Lebar	8 cm
Diameter ass/sef	8 mm
Output	24 V -100 V
Arus Output	2 A - 3 A
Putaran Stabil	500 rpm - 1000 rpm
Daya Output	200 Watt / 3000 rpm
Tegangan Output	65 V - 80 V



Gambar 4. 1 Spesifikasi Generator dan Panel Surya yang Digunakan

### 3. Menghitung Kebutuhan Energi dari Baterai

Data yang diperlukan adalah jumlah hari otonomi, yang ditentukan berdasarkan kondisi matahari di daerah setempat. Jika daerah tersebut sering tertutup awan (biasanya di daerah pegunungan), maka disarankan untuk menggunakan 2 hari otonomi dalam perhitungan. Jika daerah tersebut relatif cerah sepanjang tahun, maka jumlah hari otonomi cukup 1 hari.

- Kapasitas Baterai = 12 Volt
- DoD = 80 %
- Autonomy = 1 Hari
- Kuat Arus per Jam = 18 Ah

$$\text{Kapasitas baterai} = \frac{192 \times 1}{0.8 \times 12} = 20 \text{ Ah}$$

$$\text{Jumlah baterai yang dibutuhkan} = \frac{20}{18} = 1,1 \rightarrow 1 \text{ atau } 2 \text{ Baterai}$$

Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas, maka diperoleh tabel spesifikasi komponen rancangan sistem pembangkit *hybrid* sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Rangkuman Komponen yang akan Digunakan dari Rancangan Sistem Pembangkit *Hybrid*

KOMPONEN	PARAMETER	NILAI	UNIT
Panel surya	Kapasitas	100	Wp
	Tegangan kerja	12	Vdc
	Jumlah	2	Unit
Baterai	Hari otonomi	1	Hari
	Spesifikasi tegangan kerja	12	Vdc
	Spesifikasi arus	18	Ah
	Spesifikasi DoD	80	%
	Jumlah	1	Unit
Generator DC	Speed	500-1000	Rpm
	Rated voltage	24	Vdc
	Rated Current	3	Idc
	Jumlah	1	Unit

#### 4.2.1 Hasil Rancangan PLTS

Spesifikasi dan konstruksi alat pembangkit listrik sel surya yaitu:

1. Panel surya 50 Wp (2 Buah)
2. Tegangan keluaran 13,47 Volt
3. Tegangan baterai 18 Ah.

Di bawah ini adalah gambar rancangan rangka untuk penempatan sebanyak dua lembar panel surya di atas atap atau *rooftop*. Pada perancangan rangka ini, komponen utama yang digunakan adalah besi siku lubang berukuran 3,75cm×3,75cm×150cm yang digunakan sebagai frame panel surya, Alat yang dihasilkan dari penelitian ini adalah sebuah pembangkit *hybrid* yang dapat menghasilkan listrik dengan menggunakan arus DC sebagai sumber listrik utama. Dimana *energi* radiasi matahari yang mengenai panel akan menghasilkan listrik untuk mengisi baterai. Tujuan pengujian

dilakukan untuk mengetahui sistem yang terpasang pada pembangkit ini berfungsi dengan baik serta efisien. Bentuk fisik dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang telah dibuat disajikan pada gambar berikut:



Gambar 4. 2 Rangka Panel Surya Sebelum dan Sesudah Terpasang

Posisi panel surya menghadap ke selatan dengan sudut kemiringan yang telah dihitung sebelumnya, panel surya dijepit oleh clamp di tiap sisi yang dipasang pada struktur rangka penopang dan memiliki empat lubang pemasangan di sepanjang sisi memanjang rangka dengan dua lubang pemasangan di setiap sisi.

#### 4.2.2 Hasil Rancangan PLTAH

Pembangkit listrik tenaga air hujan (PLTAH) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang dapat mengubah potensi air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin dan generator. Sebuah skema PLTAH memerlukan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh *head* untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber *energi* listrik. *Head* merupakan energi spesifik yang dinyatakan dalam satuan meter dengan kata lain adalah energi per satuan berat jenis fluida. Adapun konstruksi rancang bangun untuk PLTAH adalah:

1. Menara setinggi 3,5 m
2. Pipa pesat 3,5 m
3. Tangki air 1200 L
4. Prototype Turbin pelton
5. Generator DC 24 Volt
6. Instrumen sistem kontrol

Bentuk fisik dari pembangkit listrik tenaga air hujan (PLTAH) yang telah dibuat disajikan pada gambar berikut



Gambar 4. 3 Menara Tangki Air



Gambar 4. 4 Turbin Pelton Tercopel Dengan Generator DC

### 4.3 Pengujian pembangkit sistem hybrid

Pengujian dilakukan dengan tiga jenis pengujian dimana masing-masing pembangkit diuji sendiri-sendiri (PLTS dan PLTAH) selama satu hari dengan dibebani langsung dengan lampu DC. Terakhir kedua pembangkit kemudian digabung (*hybrid*) dengan tetap dibebani langsung. Sebelum memulai pengujian, output keluaran masing-masing pembangkit disambungkan pada modul instrumen untuk memudahkan pembacaan parameter-parameter yang diukur. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan ketika pembangkit bekerja sendiri-sendiri dan ketika pembangkit dikombinasikan (*hybrid*) dengan pembebanan komponen-komponen listrik DC.



Gambar 4. 5 Modul instrumen pembangkit *hybrid* PLTS-PLTAH

Panel surya dipasang di atas atap perumahan dua lantai berukuran  $8 \times 10 \text{ m}^2$  pada ketinggian 8 meter di atas permukaan tanah dan tangki air setinggi 3.5 meter dari poros turbin. Pengukuran kecepatan generator dan radiasi matahari diukur setiap 15 menit pembacaan. Proses pengambilan data menggunakan modul instrumen sebagai media untuk pembacaan tegangan dan arus keluaran setiap pembangkit, *output charge controller*, dan *output* baterai menuju ke beban. Semua parameter tersebut ditampilkan pada digital lcd panel meter.





Gambar 4. 6 Pembangkit *Hybrid* PLTS-PLTAH





## 4.4 Data Aplikasi

### 4.4.1 Data PLTS

#### 4.4.1.1 Perhitungan Data Panel Surya

1. Menghitung daya input ( $P_{in}$ ) panel surya

Untuk menghitung daya input panel surya menggunakan rumus pada persamaan 2.1 dengan menggunakan data pertama pada lampiran 2 tabel 1, maka didapatkan nilai daya input panel surya sebagai berikut:

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

Diketahui: Intensitas radiasi matahari ( $G$ ) = 702 watt/m<sup>2</sup>

Luasan panel surya = 670 mm × 530 mm = 355100 mm<sup>2</sup> = 0,3551 m<sup>2</sup>

Jadi, luasan panel surya (2 panel) = 2 x 0,3551 m<sup>2</sup> = 0,7102 (m<sup>2</sup>)

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

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

$$P_{in} = (672 \text{ W/m}^2) (0,7102 \text{ m}^2)$$

$$P_{in} = 477,25 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

2. Menghitung *fill factor* (FF) panel surya

Untuk menghitung *fill factor* panel surya menggunakan rumus pada persamaan 2.2 dengan menggunakan data spesifikasi pada panel surya Gambar 4.3 Maka didapatkan nilai *fill factor* panel surya, sebagai berikut:

$$FF = \frac{V_{\max} \cdot I_{\max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

Diketahui:

Tegangan maksimum panel surya ( $V_{\max}$ ) = 17,8 Volt

Arus maksimum panel surya ( $I_{\max}$ ) = 2,81 Ampere

Tegangan terbuka / *open circuit volt* panel surya ( $V_{oc}$ ) = 21,8 Volt

Arus hubung singkat / *short circuit current* panel surya ( $I_{sc}$ ) = 3,03

Ampere

Ditanyakan: Daya output panel surya ( $P_{out}$ ) =.....?

Penyelesaian:

$$FF = \frac{V_{\max} \cdot I_{\max}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

$$FF = \frac{17.8 \text{ V} \cdot 2.81 \text{ A}}{21.8 \text{ V} \cdot 3.03 \text{ A}}$$

$$FF = 0.76$$

Jadi, nilai FF untuk 2 panel:  $2 \times 0.76 = 1.52$

Untuk hasil perhitungan data lainnya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

### 3. Menghitung Daya Output ( $P_{out}$ ) Panel Surya

Untuk menghitung daya output panel surya menggunakan rumus pada persamaan 2.3 dengan menggunakan data pada lampiran 2 tabel 1, maka didapatkan nilai daya output panel surya sebagai berikut:

$$P_{out} = V \times I \times FF$$

Diketahui: Tegangan rata-rata pada panel surya ( $V$ ) = 13.32 V

Arus rata-rata pada panel surya ( $I$ ) = 1.7 A

*Fill factor* ( $FF$ ) = 1,52

Ditanyakan: energi output panel surya ( $P_{out}$ ) ...?

Penyelesaian:  $P_{out} = V \times I \times FF$

$$P_{out} = (13.32 \text{ V}) (1.7 \text{ A}) (1,52)$$

$$P_{out} = 34.19 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

#### 4. Menghitung Efisiensi Panel Surya

Untuk menghitung efisiensi panel surya digunakan persamaan sebagai berikut:

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

$$Eff = (34.19 / 477.25) \text{ W} \times 100\%$$

$$Eff = 7.16 \%$$

Untuk hasil perhitungan data lainnya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

5. Tabel Hasil Analisis Data Panel Surya (100 Wp)

Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas, maka diperoleh tabel hasil analisis data pengujian panel surya sebagai berikut:

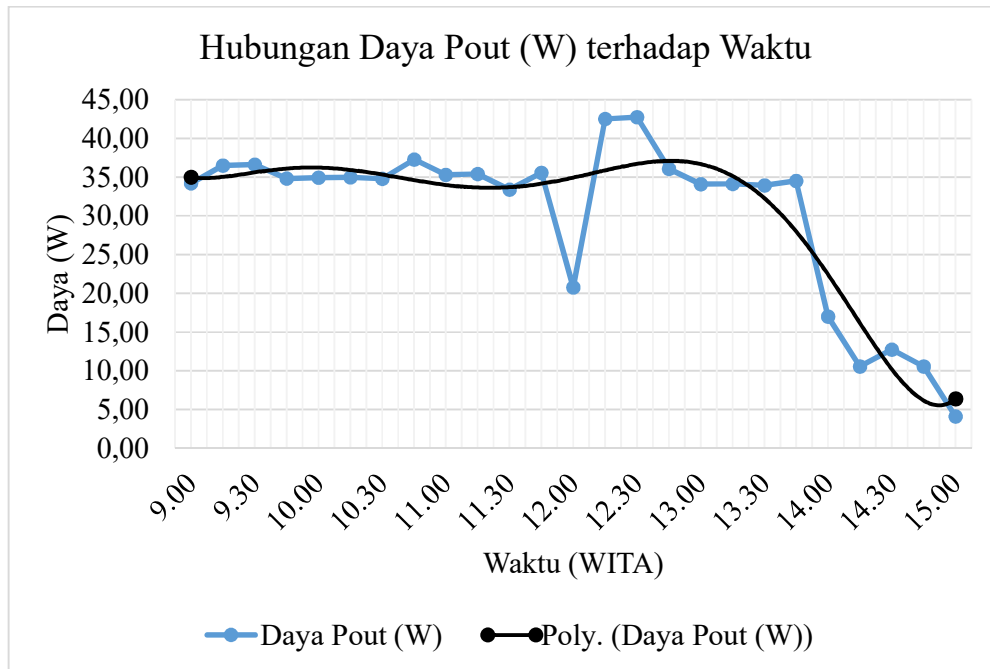
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Data Pengujian Panel Surya Tanpa Beban Pada Hari Pertama (Kamis, 26 Agustus 2021)

Waktu	% Baterai	G panel (18,33°)	FF	Luasan pv	Daya pv	Output PV / Input SCC			Output SCC ke baterai			Eff	Tegangan baterai	Keterangan
						Vdc	Idc	Daya	Vdc	Idc	Daya			
WITA	(%)	W/m <sup>2</sup>		A	Pin (W)	(V)	(A)	Pout (W)	(V)	(A)	W	%	(V)	(Cerah/ Berawan /Mendung)
9:00	56	672	1.52	0.7102	477.25	13.23	1.7	34.19	12.70	1.7	21.59	7.16	12.39	Cerah
9:15	60	696	1.52	0.7102	494.30	13.34	1.8	36.50	12.85	1.8	23.13	7.38	12.64	Cerah
9:30	61	710	1.52	0.7102	504.24	13.38	1.8	36.61	12.88	1.8	23.18	7.26	12.70	Cerah
9:45	64	742	1.52	0.7102	526.97	13.48	1.7	34.83	12.95	1.7	22.02	6.61	12.78	Cerah
10:00	65	790	1.52	0.7102	561.06	13.52	1.7	34.94	12.99	1.7	22.08	6.23	12.83	Cerah
10:15	67	835	1.52	0.7102	593.02	13.54	1.7	34.99	13.05	1.7	22.19	5.90	12.86	Cerah
10:30	67	858	1.52	0.7102	609.35	13.46	1.7	34.78	12.81	1.7	21.78	5.71	12.79	Berawan
10:45	70	933	1.52	0.7102	662.62	13.63	1.8	37.29	13.16	1.8	23.69	5.63	12.95	Cerah
11:00	70	935	1.52	0.7102	664.04	13.66	1.7	35.30	13.18	1.7	22.41	5.32	12.99	Cerah
11:15	72	972	1.52	0.7102	690.31	13.71	1.7	35.43	13.21	1.7	22.46	5.13	13.03	Cerah
11:30	73	1021	1.52	0.7102	725.11	13.73	1.6	33.39	13.25	1.6	21.20	4.60	13.09	Cerah
11:45	73	1057	1.52	0.7102	750.68	13.77	1.7	35.58	13.30	1.7	22.61	4.74	13.13	Cerah
12:00	73	120	1.52	0.7102	85.22	13.67	1	20.78	13.22	1	13.22	24.38	13.11	Mendung
12:15	76	1005	1.52	0.7102	713.75	13.99	2	42.53	13.39	2	26.78	5.96	13.15	Cerah
12:30	78	1015	1.52	0.7102	720.85	14.06	2	42.74	13.51	2	27.02	5.93	13.17	Cerah
12:45	78	978	1.52	0.7102	694.58	13.96	1.7	36.07	13.48	1.7	22.92	5.19	13.30	Berawan

13:00	81	980	1.52	0.7102	696.00	14.01	1.6	34.07	13.55	1.6	21.68	4.90	13.36	Berawan
13:15	83	983	1.52	0.7102	698.13	14.04	1.6	34.15	13.57	1.6	21.71	4.89	13.41	Berawan
13:30	84	823	1.52	0.7102	584.49	13.95	1.6	33.93	13.50	1.6	21.60	5.80	13.31	Berawan
13:45	86	871	1.52	0.7102	618.58	14.20	1.6	34.53	13.75	1.6	22.00	5.58	13.55	Cerah
14:00	84	139	1.52	0.7102	98.72	13.97	0.8	16.99	13.57	0.8	10.86	17.21	13.47	Mendung
14:15	84	89	1.52	0.7102	63.21	13.90	0.5	10.56	13.50	0.5	6.75	16.71	13.40	Mendung
14:30	85	83	1.52	0.7102	58.95	13.97	0.6	12.74	13.60	0.6	8.16	21.61	13.53	Mendung
14:45	86	67	1.52	0.7102	47.58	13.87	0.5	10.54	13.64	0.5	6.82	22.15	13.54	Mendung
15:00	96	54	1.52	0.7102	38.35	13.54	0.2	4.12	14.05	0.2	2.81	10.73	13.92	Berawan
<b>Lamanya PLTS Beroperasi</b>	<b>Rata-rata</b>													
<b>6:00</b>	697	1.52	0.7102	495.09	13.74	1.45	30.30	13.31	1.45	19.23	8.91	13.14		

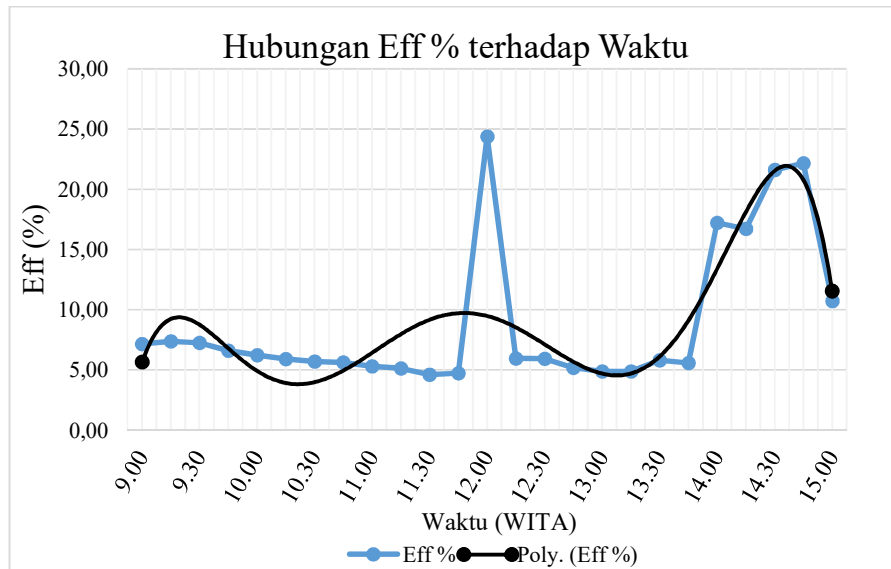


## 6. Grafik Pengujian Panel Surya Tanpa Beban



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Daya Output Panel Surya terhadap Waktu

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tertinggi untuk daya output panel surya ( $P_{out}$ ) berada pada pukul 12:30 WITA yaitu 42,75 W dan nilai terendah berada pada pukul 15:00 WITA yaitu 4,12 W dalam kondisi cuaca mendung. Hal ini dikarenakan daya output ( $P_{out}$ ) perbanding lurus dengan Intensitas cahaya matahari ( $G$ ). Semakin besar intensitas cahaya matahari maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh panel surya. Dari trend grafik dapat dilihat bahwa daya output panel surya mengalami kenaikan yang cukup besar dari pukul 12:00-12:30 WITA. Daya output yang dihasilkan berkisar antara 20,78 W sampai 42,74 W dan dari pukul 12:45 WITA daya output panel surya mengalami penurunan karena kurangnya sinar matahari.



Gambar 4. 8 Grafik Efisiensi Panel Surya terhadap Waktu

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat dari trend grafik terjadi fluktuatif hal tersebut dikarenakan kondisi cuaca yang cerah namun kadang berawan dan nilai tertinggi untuk efisiensi panel surya ( $\eta$ ) berada pada pukul 12:00 WITA yaitu 24,38% dan nilai terendah berada pada pukul 11:30 WITA yaitu 4,60%. Sehingga, grafik diatas dapat disimpulkan berbanding lurus antara efisiensi ( $\eta$ ) dengan intensitas cahaya matahari ( $G$ ) karena dari pukul 13:45 WITA sampai kisaran pukul 14:45 WITA efisiensinya selalu naik namun menurun efisiensinya ketika intensitas cahaya matahari juga mulai dari pukul 14:45 WITA sampai 15.00 WITA.

#### 4.4.1.2 Perhitungan Beban Lampu DC 12 Volt 40 Watt

Untuk menghitung daya lampu DC 12 Volt 40 Watt (4 buah) menggunakan rumus berikut, dengan menggunakan data rata-rata setiap satu jam pada lampiran 5 tabel 5, maka didapatkan nilai daya lampu DC 12 Volt sebagai berikut:



1. Perhitungan daya lampu DC 12 Volt 40 Watt

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 12.28 \text{ V} \times 1.60 \text{ A} \\ &= 19.65 \text{ Watt} \end{aligned}$$

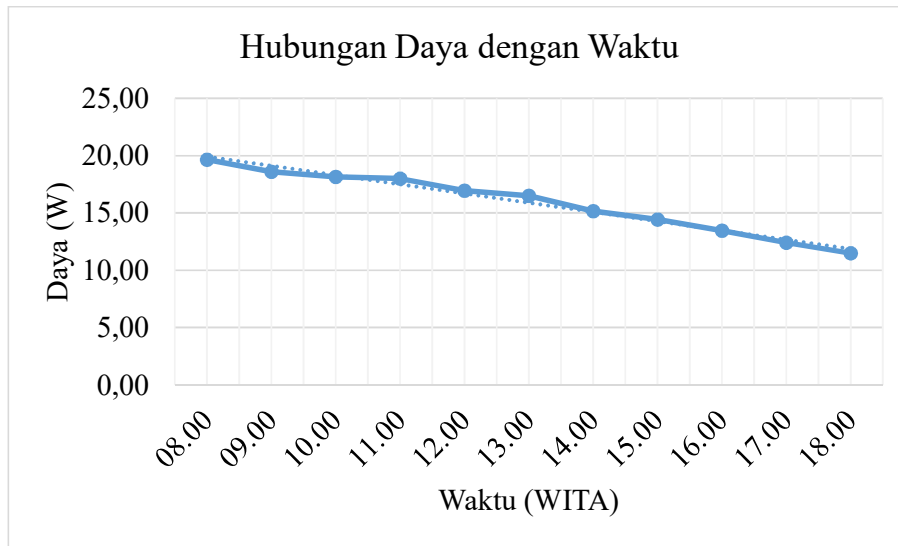
Untuk hasil perhitungan data lainnya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

2. Tabel Hasil Analisis Data Beban Lampu DC 12 Volt 40 Watt

Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas, maka diperoleh tabel hasil analisis data pengujian beban lampu DC 12 Volt sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Data baterai dengan beban lampu DC 12 Volt 40 Watt pada Hari Pertama (Minggu, 29 Agustus 2021)

Waktu	Beban Lampu DC 12 Volt 40 Watt			Tegangan baterai	Baterai
	Vdc	Idc	Daya	Vdc	
WITA	(V)	(A)	W	(V)	(%)
8:00	12.28	1.60	19.65	12.48	54
9:00	12.21	1.53	18.61	12.39	52
10:00	12.10	1.50	18.15	12.29	49
11:00	12.00	1.50	18.00	12.18	46
12:00	11.90	1.43	16.96	12.05	44
13:00	11.79	1.40	16.50	11.95	41
14:00	11.67	1.30	15.17	11.83	37
15:00	11.55	1.25	14.44	11.72	34
16:00	11.45	1.18	13.45	11.59	31
17:00	11.29	1.10	12.42	11.42	27
18:00	11.12	1.03	11.49	11.21	22



Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Daya Lampu DC 12 Volt terhadap Waktu

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahawa nilai tertinggi untuk daya lampu DC 12 Volt berada pada pukul 8:00 WITA yaitu 19.65 W dan nilai terendah berada pada pukul 18:00 WITA yaitu 11.49 W dalam kondisi lampu terang. Hal ini dikarenakan daya lampu perbanding lurus dengan tegangan baterai. Semakin besar tegangan baterai maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh lampu DC 12 Volt. Dari trend grafik dapat dilihat bahwa daya lampu DC 12 Volt mengalami penurunan selama waktu pemakaian dari pukul 8:00 sampai 18:00 WITA.

#### 4.4.2 Data PLTAH

##### 4.4.2.1 Perhitungan Data PLTAH

###### 1. Perhitungan Debit Rencana Air Hujan

Penentuan debit air hujan didapatkan dari data yang diperoleh dari BMKG yang dapat dilihat pada table 2.1 dan untuk perhitungan debit dan tinggi jatuh air dilakukan dengan menggunakan rumus fluida fisika. Curah hujan rata-rata periode Januari - Desember 2020. Curah hujan berkisar 26.185 mm/m<sup>2</sup>/jam. Dimana dalam 1 m<sup>2</sup> hujan yang turun 26.185 mm dalam 1 jam.

###### 1) Perhitungan debit air hujan

Adapun rumus debit rencana air hujan pada luas permukaan atap rumah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.10 berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

Untuk mendapatkan nilai intensitas hujan, nilai t diganti dengan nilai durasi waktu hujan, misalnya (t = diasumsikan waktu lama hujan perhari selama 4 jam)

$$I = \frac{250,9}{24} \left( \frac{24}{4} \right)^{2/3}$$

$$I = 34,52 \text{ mm/jam}$$

$$I = 0,03452 \text{ m/jam}$$

Untuk menghitung debit rencana dengan menggunakan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$Q = 0.278 \times C \times I \times A$$

$$\text{Dimana } C = 1, I = 0,03452 \text{ m/jam, } A = 65,4 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.278 \times 1 \times 0,03452 \text{ m/jam} \times 65,4 \text{ m}^2$$

$$= 0,628 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,0105 \text{ m}^3/\text{menit}$$

2) Perhitungan bak penampung / tangki air

Untuk menampung air hujan pada atap yang telah mengalir pada talang air, maka dibutuhkan sebuah bak penenang. Dalam perencanaan ini bak penenang akan berupa tangki silinder yang telah ada dijual di pasaran. Untuk dapat menentukan berapa kebutuhan tangki dapat di perhitungkan sebagai berikut: Tangki silinder berukuran 1200 liter dengan diameter 1,07 m dan tinggi 1,61 m. Maka dari itu untuk pengisian tangki tersebut oleh air hujan membutuhkan waktu.

Untuk menghitung pengisian tangka air dengan menggunakan persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$T = \frac{V_{\text{tangki air}}}{Q_{\text{air hujan}}}$$
$$= \frac{1200 \text{ L}}{0,0105 \text{ m}^3/\text{menit}}$$

$$= \frac{1,2 \text{ m}^3}{0,0105 \text{ m}^3/\text{menit}}$$

$$= 114,28 \text{ menit}$$

### 3) Menghitung debit air ke turbin

Diameter Pipa Pesat Dalam perencanaan ini pipa yang digunakan sebagai pipa pesat yaitu pipa jenis PVC yang di jual dipasaran. Pipa yang memiliki diameter 1 inch. Bila jadikan pada satuan cm = 2,54 cm.

Untuk menghitung debit rencana dengan menggunakan persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$A = 3,14 \times \left(\frac{1}{2} \times 2,54 \text{ cm}\right)^2$$

$$A = 5,064 \text{ cm}^2$$

$$A = 0,000506 \text{ m}^2$$

Kecepatan air untuk menghitung kecepatan aliran air yang keluar dari tangki dapat digunakan persamaan 2.16 sebagai berikut:

Untuk tangki 1200 liter dengan tinggi 3,5 m (350 cm).

$$V = \sqrt{2 \times g \times H}$$

$$V = \sqrt{2 \times 9,81 \text{ m}^2/\text{s} \times 3,5 \text{ m}}$$

$$V = 8,2 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui debit air ke turbin yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan persamaan 2.14 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q &= A \text{ (m)} \times V \text{ (m/s)} \\
 &= 0,000506 \text{ m}^2 \times 8,2 \text{ m/s} \\
 &= 0,0041 \text{ m}^3/\text{s} \approx 4,1 \text{ liter/s}
 \end{aligned}$$

4) Perhitungan daya air ( $P_{\text{air}}$ )

Untuk mengetahui daya air menggunakan persamaan 2.17 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{air}} &= \rho \times g \times Q \times H \\
 &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \times 0,0041 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 3,5\text{m} \\
 &= 140,63 \text{ W}
 \end{aligned}$$

5) Perhitungan daya turbin ( $P_t$ )

Untuk mengetahui daya turbin menggunakan persamaan 2.18 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_t &= \mu_t \times P_{\text{air}} \\
 P_t &= 0,8 \times 140,63 \text{ W} \\
 P_t &= 112,50 \text{ W}
 \end{aligned}$$

6) Perhitungan daya generator

Untuk mengetahui daya generator menggunakan persamaan 2.19 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_g &= V_{generator} \times I_{generator} \\ &= 11,92 \text{ V} \times 0,26 \text{ A} \\ &= 3,099 \text{ W} \end{aligned}$$

7) Efisiensi

Untuk mengetahui efisiensi menggunakan persamaan 2.20 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Eff} &= \frac{P_g}{P_t} \times 100\% \\ &= \frac{3,099 \text{ W}}{112,50 \text{ W}} \times 100\% \\ &= 2,75\% \end{aligned}$$





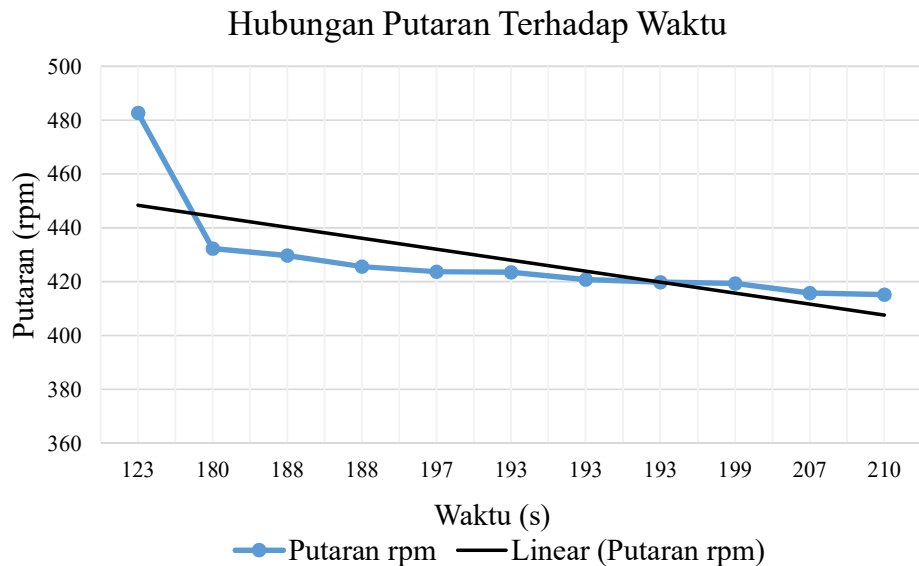
8) Tabel hasil analisa

Berdasarkan perhitungan-perhitungan di atas, maka diperoleh tabel hasil analisis data pengujian PLTAH sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Data Pengujian PLTAH pada Hari Pertama (Senin, 13 September)

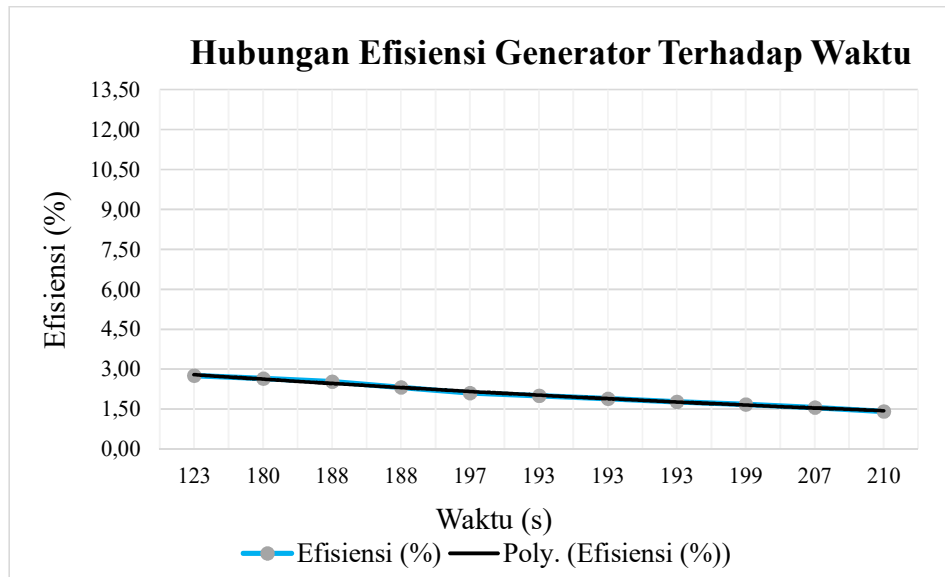
Waktu (Detik)	Daya Turbin ( $P_t$ )	Daya Air ( $P_{air}$ )	Pengukuran							Efisiensi (%)	Debit ( $m^3/s$ )	Volume (Liter)	Baterai (%)
			Input SCC/Output Generator			Output SCC/Input Baterai			Putaran				
	Pin (W)	W	Vin (V)	Iin (A)	Pout (W)	Vout (V)	Iout (A)	W (W)	rpm				
123	112.50	140.63	11.92	0.26	3.10	11.56	0.26	3.01	482.7	2.75	0.0041	1100	31
180	112.50	140.63	11.87	0.25	2.97	11.56	0.24	2.77	432.3	2.64	0.0041	1000	31
188	112.50	140.63	11.85	0.24	2.84	11.56	0.22	2.54	429.7	2.53	0.0041	900	31
188	112.50	140.63	11.83	0.22	2.60	11.56	0.22	2.54	425.6	2.31	0.0041	800	32
197	112.50	140.63	11.82	0.20	2.36	11.55	0.19	2.19	423.7	2.10	0.0041	700	32
193	112.50	140.63	11.80	0.19	2.24	11.55	0.18	2.08	423.5	1.99	0.0041	600	32
193	112.50	140.63	11.78	0.18	2.12	11.54	0.18	2.08	420.8	1.88	0.0041	500	32
193	112.50	140.63	11.76	0.17	2.00	11.53	0.15	1.73	419.8	1.78	0.0041	400	33
199	112.50	140.63	11.73	0.16	1.88	11.48	0.14	1.61	419.4	1.67	0.0041	300	33
207	112.50	140.63	11.72	0.15	1.76	11.46	0.13	1.49	415.8	1.56	0.0041	200	33
210	112.50	140.63	11.34	0.14	1.59	11.43	0.12	1.37	415.2	1.41	0.0041	100	33
Charge Aki = 34:51 menit	Rata-rata												
	112.50	140.63	11.77	0.20	2.31	11.53	0.18	2.13	428	2.06	0.0041		

9) Grafik analisa



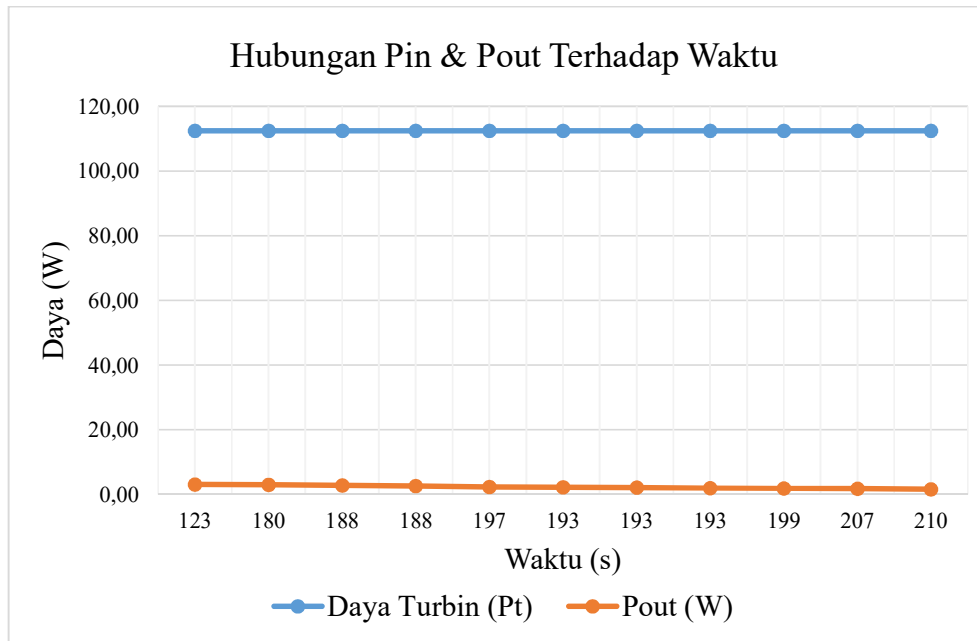
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Putaran Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa putaran dan waktu berbanding lurus, hal ini dipengaruhi oleh putaran. Semakin cepat putaran maka waktunya akan semakin cepat, begitupun sebaliknya jika putaran pelan maka waktunya semakin lama. Putaran yang memiliki nilai tertinggi pada waktu yang cepat yaitu dengan nilai putara sebesar 482.7 rpm dengan waktu 123 detik. Sedangkan nilai terendah untuk putaran sebesar 415.2 rpm dengan waktu 210 detik.



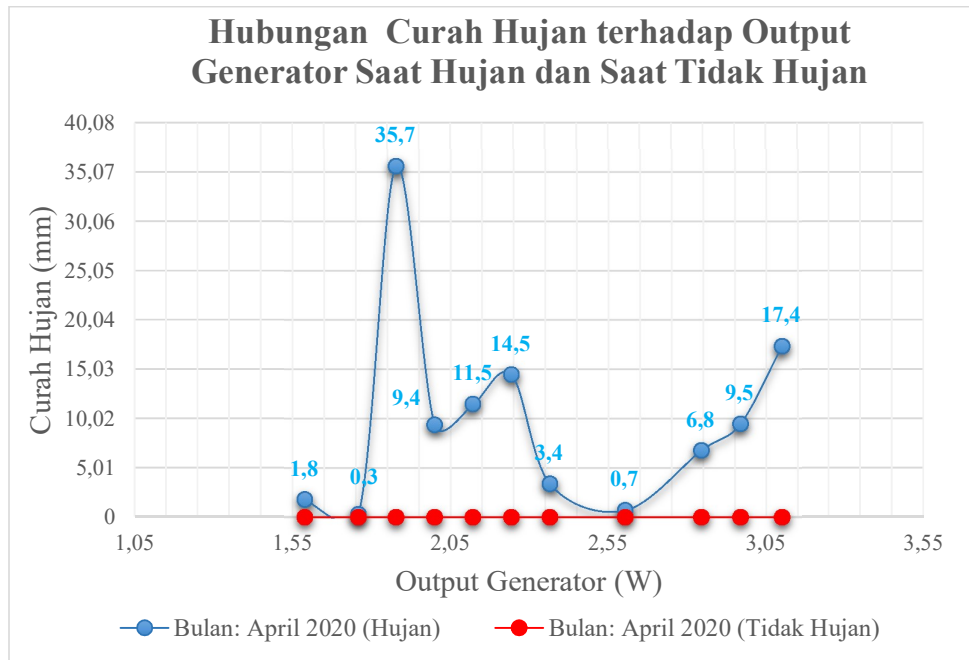
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Efisiensi Generator Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa efisiensi generator berbanding lurus, hal ini dipengaruhi oleh efisiensi. Nilai tertinggi untuk efisiensi generator yaitu 2,75 % pada waktu 123 detik. Sedangkan nilai terendah untuk efisiensi generator yaitu 1,41 % pada waktu 210 detik. Dari trend grafik dapat dilihat bahwa efisiensi generator mengalami terus penurunan.



Gambar 4. 12 Grafik Hubungan  $P_{in}$  &  $P_{out}$  Terhadap Waktu

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa daya output generator dan daya input baterai berbanding lurus, hal ini dipengaruhi oleh putaran turbin. Semakin tinggi nilai putaran turbin maka daya output generator dan daya input baterai juga semakin tinggi sehingga daya yang dihasilkan juga semakin tinggi. Daya output yang dihasilkan generator dan daya input turbin memiliki nilai tertinggi pada waktu yang sama yaitu dengan nilai daya output generator sebesar 3,10 W dan nilai tertinggi sampai terendah pada daya input turbin sebesar 112,62 W pada waktu 123 sampai dengan 210 detik. Sedangkan nilai terendah untuk daya output generator yaitu 1,59 W.



Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Curah Hujan (mm) terhadap Output Generator (W) Saat Hujan dan Saat Tidak Hujan

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa curah hujan mempengaruhi outpu generator. Sedangkan output generator bergantung pada curah hujan semakin tinggi curah hujan maka output generator semakin tinggi pula. Pada saat curah hujan tidak ada atau sama dengan nol maka output generator sama dengan nol.

## 4.5 Analisis Perhitungan Biaya Ekonomis

### 4.5.1 Biaya Listrik

Berdasarkan perhitungan sebelumnya total konsumsi listrik untuk beroperasi tiap harinya adalah 192 Wh atau 0,192 kWh maka dengan dipasangnya pembangkit hybrid ini dapat menghemat pengeluaran sebesar:

- $0,192 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 5,76 \text{ kWh/bulan}$
- Untuk Tarif dasar listrik PLTS sebesar Rp 3.700,00 per kWh, maka
- $3,87 \text{ kWh} \times \text{Rp } 3.700,00 = \text{Rp } 21.312,00$
- Untuk pemakaian satu tahun:  $\text{Rp } 21.312,00 \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp } 255.477,00$

Jadi, dengan adanya pembangkit *hybrid* ini warga dapat menghemat pengeluarannya sebesar **Rp 255.477,00** setiap tahunnya.

### 4.5.2 Investasi Awal

#### 1) Biaya Investasi Awal

Biaya investasi awal untuk pembangkit tenaga *hybrid* yang akan dikembangkan mencakup biaya peralatan yang dibutuhkan untuk membangun pembangkit tenaga *hybrid* sesuai dengan desain yang telah dibuat.

Tabel 4. 6 Biaya Investasi Awal Pembangkit Tenaga *Hybrid*

No	Material	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
1.	Panel Surya 50 Wp	2 unit	350.000,00	700.000,00
2.	Tandon Air Grand Luxe 1200 liter	1 unit	1.200.000,00	1.200.000,00
3.	Solar Charge Controller 20A	1 unit	300.000,00	300.000,00
4.	Battery KIJO VRLA solar panel 12V/18Ah	1 unit	475.000,00	475.000,00
5.	Lampu Vanster DC 12Volt 10 Watt	4 unit	23.000,00	92.000,00
6.	Modul Instrumen	1 unit	483.000,00	483.000,00
7.	Saklar Toggle Switch 6 kaki E-TEN 1322	1 unit	15.000,00	15.000,00
8.	Digital VoltAmper Meter DC	2 unit	33.000,00	66.000,00
9.	Rangka Panel	1 unit	74.000,00	74.000,00
10.	Dinamo Generator Kincir Air DC 24V 150 Watt	1 unit	434.660,00	434.660,00
11.	Mur Tangki 1X11/4"	1 unit	18.000,00	18.000,00
12.	Triliun Soket Valve/ Drak Luar	1 unit	2.500,00	2.500,00
13.	Truglue Lem Pipa Botol 60 Gr	1 unit	12.000,00	12.000,00
<b>Sub Total (Rp)</b>				3.872.160,00

2) Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun umumnya diperhitungkan sebesar 1-2% dari total biaya investasi awal. Penentuan persentase 1% didasarkan bahwa negara Indonesia hanya mengalami dua musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau sehingga biaya pembersihan dan pemeliharaan panel surya tidak sebesar pada negara yang mengalami empat musim dalam satu tahun. Selain itu penentuan persentase ini juga didasarkan pada tingkat upah tenaga kerja di Indonesia yang lebih murah dibandingkan



dengan tingkat upah tenaga kerja di negara maju. Adapun biaya pemeliharaan dan operasional (M) per tahun untuk PLTS yang akan dikembangkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Operasional}_{\text{tahunan}} &= 1\% \times \text{Investasi Awal} \\ &= 0.01 \times \text{Rp } 3.872.160,00 \\ &= \text{Rp } 38.721,6\end{aligned}$$

Jika diperkirakan usia panel surya mencapai 10 tahun, maka total biaya pemeliharaan dan operasional untuk 10 tahun adalah sebesar Rp 387.216,00

$$\begin{aligned}\text{Total investasi} &= \text{Rp } 3.872.160,00 + \text{Rp } 387.216,00 \\ &= \text{Rp } 4.259.376,00\end{aligned}$$

#### 4.5.3 Payback Period

Payback Period adalah jangka waktu kembalinya investasi yang telah dikeluarkan melalui keuntungan yang diperoleh dari suatu proyek yang telah direncanakan.

$$\begin{aligned}\text{Payback Period} &= \text{Total investasi} / \text{Pendapatan} \\ &= \text{Rp } 4.259.376,00 / \text{Rp } 255.477,00 \\ &= 16,7 \approx 17 \text{ tahun}\end{aligned}$$

Jadi periode pengembalian modal atau payback period untuk Pembangkit *Hybrid* PLTS dan PLTA Hujan yang akan dikembangkan di rumah adalah 17 tahun.

## **BAB V KESIMPULAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Rata-rata daya yang dibangkitkan oleh PLTS sebesar 30,3 Watt selama 6 jam penyinaran matahari dan PLTA-Hujan sebesar 2,31 Watt pada putaran turbin rata-rata 428,05 rpm selama 34:51 menit.
- 2) Debit air hujan yang didapat dari luas permukaan atap adalah 28,54 m<sup>2</sup> Lit/menit. Volume tandon air yang digunakan untuk menampung air adalah 1200 liter. Sedangkan debit air rata-rata yang dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin adalah 3,44 m<sup>3</sup>/s yang dialiri oleh pipa yang berukuran 1 inch.

### **5.2 Saran**

Untuk mendapatkan hasil pengujian yang baik, maka sebaiknya penelitian selanjutnya dapat melalui beberapa hal yaitu:

- 1) Pengambilan data sebaiknya menggunakan controller dan disimpan melalui mekanisme data logger sehingga waktu pengambilan data, parameter yang diukur tidak memiliki selisih waktu agar data yang diperoleh lebih akurat.
- 2) Bahan yang digunakan untuk konstruksi PLTS-PLTA Hujan harus tahan korosi atau dilapisi dengan zat warna/cat sebelum digunakan.
- 3) Pemasangan penangkal petir sangat dianjurkan untuk mengamankan alat-alat listrik terutama panel surya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfatiha, Muh. Dkk. 2009. *Pemanfaatan Energi Surya pada Penerangan PapanReklame*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Asmara, bambang Panji dan Salmawati tansa. 2018. *Pembuatan Pembangkit Energi Listrik Alternatif Dengan Model Sistem Hybrid Thermoelektrik Dengan Panel Sel Surya Mini Untuk Desa Mandiri Energi (Tinjauan Potensi)*. Seminar Nasional Teknik Elektro 2018. Batu-Malang: Jurusan TeknikElektro Universitas Negeri Gorontalo.
- Badan Meteorologi dan Geofisika, Makassar. [Diakses tanggal, 15 September 2021].
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Badan Pusat Statistika Kota Makassar, 2010. *Makassar Dalam Angka 2010 (Makassar in Figure 2010)*. UD Areso, Makassar.
- Banartama, dkk. 2010. *Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Yang Dibuat Di Kedubes Austria*. Makalah. Dikutip dari Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Yang Dibuat Di Kedubes Austria.
- Bandri, Sepannur. (2017). *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohydro (PLTPh) Rumah Tangga*. Seminar Nasional Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (PIMIMD-4) Institut Teknologi Padang (ITP), Padang, 27 Juli 2017BMG, 2006. Prakiraan Musim Kemarau Tahun 2006 di Indonesia.
- Haryanto, Bobby. 2018. *Optimasi Pembangkit Hybridpln-Solar Cellpada Aplikasi Home Industry*. Laporan Tugas Akhir. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Industriuniversitas Islam Indonesia.
- Kementerian ESDM RI, “*Peluang Menawan Bisnis Energi Terbarukan di Indonesia*”, Kompasiana, 2017.
- Kharisna, N., Widyastuti, S., Priyatno, D., & Kamaliyah, N. 2017. *Power Plant Microhydro At Home. Solusi Pemenuhan Listrik Daerah Curah Hujan Tinggi*. *Journal of Creativity Student*, 2(1), 34-41.

- Mahayana, I. G. P. A., Jasa, L., & Janardana, I. G. N. (2020). Rancang Bangun Prototype PLTMH Dengan Turbin Pelton Sebagai Modul Praktikum. *Jurnal SPEKTRUM* Vol, 7(4).
- Menteri ESDM, 'Program Strategis EBTKE dan Ketenagalistrikan', '*Jurnal Energi Media Komunikasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*', Edisi 02, 2016.
- Nardi, Adi dan Harianto. 2011. *Uji Kinerja Sistem Pembangkit Energi Surya Dan Energi bayu (PLTH-SB) Pada Kapal Nelayan*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujungpandang.
- P. Dunlop, "*Batteries and Charge Control in Stand-Alone PhotoVoltaic System Fundamental and Application*," Fla. Sol. Energi Center University Cent. Fla., Jan. 1997.
- Prihadi, L.R. and Yulistiyorini, A., 2019. Desain Sistem Pemanenan Air Hujan Pada Rumah Hunian di Daerah Karst Kabupaten Malang. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(1).
- Safrizal. 2017. *Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik pada Gedung Fakultas Sains dan Teknologi Unismu Jepara*. Fakultas Sains dan Teknologi UNISMU Jepara.



**L**

**A**

**M**



**P**

**I**

**R**

**A**

**N**

**Lampiran 1** Data Curah Hujan Makassar 2020 (Januari-Desember)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan: Januari

Tanggal	RR
01-01-2020	47.9
02-01-2020	22
03-01-2020	89.1
04-01-2020	34.4
05-01-2020	6.9
06-01-2020	47.7
07-01-2020	35.8
08-01-2020	35.9
09-01-2020	9.8
10-01-2020	18.1
11-01-2020	23.4
12-01-2020	56.5
13-01-2020	84.6
14-01-2020	8888
15-01-2020	0
16-01-2020	0.1
17-01-2020	0
18-01-2020	4.6
19-01-2020	0.3
20-01-2020	0.2
21-01-2020	32.8
22-01-2020	8888
23-01-2020	0
24-01-2020	1.4
25-01-2020	0
26-01-2020	8.5
27-01-2020	8888
28-01-2020	0
29-01-2020	8888
30-01-2020	0
31-01-2020	13

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Februari

Tanggal	RR
01-02-2020	42.8
02-02-2020	10.8
03-02-2020	8888
04-02-2020	50.2
05-02-2020	16.3
06-02-2020	18.7
07-02-2020	7.8
08-02-2020	35.6
09-02-2020	42
10-02-2020	26.3
11-02-2020	19.8
12-02-2020	1.3
13-02-2020	8888
14-02-2020	2
15-02-2020	
16-02-2020	
17-02-2020	7.7
18-02-2020	54.3
19-02-2020	95.1
20-02-2020	13.7
21-02-2020	28.8
22-02-2020	10.3
23-02-2020	7.5
24-02-2020	5.6
25-02-2020	22.8
26-02-2020	2.3
27-02-2020	6.6
28-02-2020	3.6
29-02-2020	6.3

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)





ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Maret

Tanggal	RR
01-03-2020	0
02-03-2020	4.5
03-03-2020	7.9
04-03-2020	18.4
05-03-2020	23
06-03-2020	56.7
07-03-2020	35.2
08-03-2020	23
09-03-2020	25.7
10-03-2020	3
11-03-2020	
12-03-2020	
13-03-2020	0
14-03-2020	16
15-03-2020	8888
16-03-2020	8888
17-03-2020	0
18-03-2020	
19-03-2020	0
20-03-2020	0.3
21-03-2020	21
22-03-2020	4.3
23-03-2020	0
24-03-2020	0.3
25-03-2020	8888
26-03-2020	
27-03-2020	8888
28-03-2020	0
29-03-2020	24.2
30-03-2020	1.4
31-03-2020	0

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:April

Tanggal	RR
01-04-2020	17.4
02-04-2020	9.5
03-04-2020	0
04-04-2020	6.8
05-04-2020	0.7
06-04-2020	
07-04-2020	
08-04-2020	3.4
09-04-2020	14.5
10-04-2020	0
11-04-2020	0
12-04-2020	11.5
13-04-2020	9.4
14-04-2020	0
15-04-2020	0
16-04-2020	
17-04-2020	
18-04-2020	
19-04-2020	8888
20-04-2020	35.7
21-04-2020	0
22-04-2020	
23-04-2020	
24-04-2020	0.3
25-04-2020	1.8
26-04-2020	8888
27-04-2020	
28-04-2020	0
29-04-2020	0
30-04-2020	0

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Mei

Tanggal	RR
01-05-2020	0
02-05-2020	0
03-05-2020	0
04-05-2020	0
05-05-2020	
06-05-2020	
07-05-2020	8888
08-05-2020	0.5
09-05-2020	8888
10-05-2020	8888
11-05-2020	0
12-05-2020	
13-05-2020	0
14-05-2020	0
15-05-2020	0
16-05-2020	0
17-05-2020	
18-05-2020	0
19-05-2020	28.2
20-05-2020	0
21-05-2020	
22-05-2020	122.9
23-05-2020	1
24-05-2020	0
25-05-2020	15
26-05-2020	4
27-05-2020	0
28-05-2020	0
29-05-2020	8888
30-05-2020	8888
31-05-2020	0.5

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Juni

Tanggal	RR
01-06-2020	50.6
02-06-2020	0
03-06-2020	0
04-06-2020	0
05-06-2020	0
06-06-2020	0
07-06-2020	8888
08-06-2020	0
09-06-2020	0
10-06-2020	0
11-06-2020	0
12-06-2020	0
13-06-2020	11.2
14-06-2020	4.1
15-06-2020	1.8
16-06-2020	0.2
17-06-2020	3.2
18-06-2020	1
19-06-2020	
20-06-2020	0.1
21-06-2020	0.9
22-06-2020	0
23-06-2020	0
24-06-2020	0
25-06-2020	0
26-06-2020	8888
27-06-2020	0
28-06-2020	0
29-06-2020	0
30-06-2020	0

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Juli

Tanggal	RR
01-07-2020	8888
02-07-2020	0
03-07-2020	0
04-07-2020	8888
05-07-2020	0
06-07-2020	2.1
07-07-2020	0
08-07-2020	1.1
09-07-2020	0
10-07-2020	8888
11-07-2020	0
12-07-2020	0
13-07-2020	1.7
14-07-2020	0
15-07-2020	0
16-07-2020	0
17-07-2020	0
18-07-2020	2
19-07-2020	1.5
20-07-2020	0
21-07-2020	0
22-07-2020	0
23-07-2020	0
24-07-2020	0
25-07-2020	0
26-07-2020	0
27-07-2020	
28-07-2020	
29-07-2020	0
30-07-2020	0
31-07-2020	0

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Agustus

Tanggal	RR
01-08-2020	0
02-08-2020	0
03-08-2020	0
04-08-2020	8888
05-08-2020	
06-08-2020	0
07-08-2020	0
08-08-2020	
09-08-2020	
10-08-2020	0
11-08-2020	16
12-08-2020	0.4
13-08-2020	
14-08-2020	
15-08-2020	0
16-08-2020	
17-08-2020	
18-08-2020	0
19-08-2020	0
20-08-2020	
21-08-2020	
22-08-2020	
23-08-2020	
24-08-2020	
25-08-2020	
26-08-2020	
27-08-2020	0
28-08-2020	
29-08-2020	0
30-08-2020	
31-08-2020	0

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:September

Tanggal	RR
01-09-2020	8888
02-09-2020	1.1
03-09-2020	4
04-09-2020	
05-09-2020	
06-09-2020	0
07-09-2020	0
08-09-2020	0.2
09-09-2020	0
10-09-2020	0
11-09-2020	0
12-09-2020	
13-09-2020	
14-09-2020	
15-09-2020	
16-09-2020	
17-09-2020	
18-09-2020	
19-09-2020	
20-09-2020	
21-09-2020	
22-09-2020	
23-09-2020	
24-09-2020	
25-09-2020	
26-09-2020	
27-09-2020	
28-09-2020	4.3
29-09-2020	0
30-09-2020	0

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)





ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Oktober

Tanggal	RR
01-10-2020	0
02-10-2020	
03-10-2020	
04-10-2020	
05-10-2020	0
06-10-2020	0
07-10-2020	0
08-10-2020	0
09-10-2020	19.7
10-10-2020	3.3
11-10-2020	8888
12-10-2020	
13-10-2020	
14-10-2020	
15-10-2020	8888
16-10-2020	
17-10-2020	
18-10-2020	
19-10-2020	0.1
20-10-2020	21
21-10-2020	0
22-10-2020	0
23-10-2020	0
24-10-2020	
25-10-2020	0.3
26-10-2020	8888
27-10-2020	0
28-10-2020	
29-10-2020	0
30-10-2020	9.3
31-10-2020	

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:November

Tanggal	RR
01-11-2020	0
02-11-2020	3.2
03-11-2020	1.5
04-11-2020	8888
05-11-2020	1
06-11-2020	8888
07-11-2020	0
08-11-2020	
09-11-2020	
10-11-2020	23.6
11-11-2020	0
12-11-2020	0.2
13-11-2020	0
14-11-2020	0
15-11-2020	0
16-11-2020	21.1
17-11-2020	0
18-11-2020	0
19-11-2020	0
20-11-2020	3
21-11-2020	3.2
22-11-2020	58.1
23-11-2020	8888
24-11-2020	3.7
25-11-2020	41.5
26-11-2020	15.1
27-11-2020	31
28-11-2020	25
29-11-2020	1.2
30-11-2020	15.5

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)



ID WMO : 97182

Nama Stasiun : Stasiun Meteorologi Maritim Paotere

Lintang : -5.11375

Bujur : 119.41983

Elevasi : 5

Bulan:Desember

Tanggal	RR
01-12-2020	19.4
02-12-2020	27.5
03-12-2020	95.1
04-12-2020	42.1
05-12-2020	39.5
06-12-2020	61.8
07-12-2020	8.1
08-12-2020	9.8
09-12-2020	10.6
10-12-2020	8888
11-12-2020	0
12-12-2020	8888
13-12-2020	4.5
14-12-2020	0.1
15-12-2020	42.4
16-12-2020	23.4
17-12-2020	88.4
18-12-2020	85.7
19-12-2020	53.1
20-12-2020	84.9
21-12-2020	69.9
22-12-2020	50.4
23-12-2020	4
24-12-2020	0.5
25-12-2020	0.7
26-12-2020	8888
27-12-2020	0.9
28-12-2020	12.3
29-12-2020	34.3
30-12-2020	11.2
31-12-2020	61.8

Keterangan : 8888: data tidak terukur

9999: Tidak Ada Data (tidak dilakukan pengukuran)

RR: Curah hujan (mm)

**Lampiran 2** Data Pengujian PLTS Kamis 26 Agustus 2021

Hari/tanggal: Kamis 26 Agustus 2021

Tegangan awal baterai: 12.10 Volt

Tabel 1. Data pengujian panel surya 100 Wp dengan Aki VRLA 12V 18Ah

Waktu	% Baterai	Gpanel (18,33°)	FF	Luasan pv	Daya pv	Output PV / Input SCC			Output SCC ke baterai			Eff	Tegangan baterai	Keterangan
						Vdc	Idc	Daya	Vdc	Idc	Daya		Vdc	
WITA	(%)	W/m2		A	Pin (W)	(V)	(A)	Pout (W)	(V)	(A)	W	%	(V)	(Cerah/ Berawan /Mendung)
9:00	56	672	1.52	0.7102	477.25	13.23	1.7	34.19	12.70	1.7	21.59	7.16	12.39	Cerah
9:15	60	696	1.52	0.7102	494.30	13.34	1.8	36.50	12.85	1.8	23.13	7.38	12.64	Cerah
9:30	61	710	1.52	0.7102	504.24	13.38	1.8	36.61	12.88	1.8	23.18	7.26	12.70	Cerah
9:45	64	742	1.52	0.7102	526.97	13.48	1.7	34.83	12.95	1.7	22.02	6.61	12.78	Cerah
10:00	65	790	1.52	0.7102	561.06	13.52	1.7	34.94	12.99	1.7	22.08	6.23	12.83	Cerah
10:15	67	835	1.52	0.7102	593.02	13.54	1.7	34.99	13.05	1.7	22.19	5.90	12.86	Cerah
10:30	67	858	1.52	0.7102	609.35	13.46	1.7	34.78	12.81	1.7	21.78	5.71	12.79	Berawan
10:45	70	933	1.52	0.7102	662.62	13.63	1.8	37.29	13.16	1.8	23.69	5.63	12.95	Cerah
11:00	70	935	1.52	0.7102	664.04	13.66	1.7	35.30	13.18	1.7	22.41	5.32	12.99	Cerah
11:15	72	972	1.52	0.7102	690.31	13.71	1.7	35.43	13.21	1.7	22.46	5.13	13.03	Cerah
11:30	73	1021	1.52	0.7102	725.11	13.73	1.6	33.39	13.25	1.6	21.20	4.60	13.09	Cerah
11:45	73	1057	1.52	0.7102	750.68	13.77	1.7	35.58	13.30	1.7	22.61	4.74	13.13	Cerah
12:00	73	120	1.52	0.7102	85.22	13.67	1	20.78	13.22	1	13.22	24.38	13.11	Mendung
12:15	76	1005	1.52	0.7102	713.75	13.99	2	42.53	13.39	2	26.78	5.96	13.15	Cerah
12:30	78	1015	1.52	0.7102	720.85	14.06	2	42.74	13.51	2	27.02	5.93	13.17	Cerah
12:45	78	978	1.52	0.7102	694.58	13.96	1.7	36.07	13.48	1.7	22.92	5.19	13.30	Berawan
13:00	81	980	1.52	0.7102	696.00	14.01	1.6	34.07	13.55	1.6	21.68	4.90	13.36	Berawan
13:15	83	983	1.52	0.7102	698.13	14.04	1.6	34.15	13.57	1.6	21.71	4.89	13.41	Berawan
13:30	84	823	1.52	0.7102	584.49	13.95	1.6	33.93	13.50	1.6	21.60	5.80	13.31	Berawan
13:45	86	871	1.52	0.7102	618.58	14.20	1.6	34.53	13.75	1.6	22.00	5.58	13.55	Cerah
14:00	84	139	1.52	0.7102	98.72	13.97	0.8	16.99	13.57	0.8	10.86	17.21	13.47	Mendung
14:15	84	89	1.52	0.7102	63.21	13.90	0.5	10.56	13.50	0.5	6.75	16.71	13.40	Mendung
14:30	85	83	1.52	0.7102	58.95	13.97	0.6	12.74	13.60	0.6	8.16	21.61	13.53	Mendung
14:45	86	67	1.52	0.7102	47.58	13.87	0.5	10.54	13.64	0.5	6.82	22.15	13.54	Mendung
15:00	96	54	1.52	0.7102	38.35	13.54	0.2	4.12	14.05	0.2	2.81	10.73	13.92	Berawan
<b>Lamanya PLTS Beroperasi</b>		<b>Rata-rata</b>												
<b>6:00</b>		697	1.52	0.7102	495.09	13.74	1.45	30.30	13.31	1.45	19.23	8.91	13.14	

**Lampiran 3** Data Pengujian PLTS Senin 30 Agustus 2021

Hari/tanggal: Senin 30 Agustus 2021

Tegangan awal baterai: 11.48 Volt

Tabel 2. Data pengujian pengisian aki panel surya 100 Wp dengan Aki VRLA 12V 18Ah

Waktu	Baterai (%)	G panel (18,33°)	FF	Luasan pv A	Daya pv Pin (W)	Output PV /Input SCC			Output SCC ke baterai			Eff %	Tegangan baterai Vdc (V)	Keterangan (Cerah/ Berawan /Mendung)
						Vdc (V)	Idc (A)	Daya Pout (W)	Vdc (V)	Idc (A)	Daya W			
9:15	41	892	1.52	0.7102	633.50	12.70	1.7	32.82	12.16	1.7	20.67	5.18	11.89	Cerah
9:30	47	918	1.52	0.7102	651.96	12.81	1.8	35.05	12.30	1.8	22.14	5.38	12.14	Cerah
9:45	48	944	1.52	0.7102	670.43	12.87	1.8	35.21	12.34	1.8	22.21	5.25	12.18	Cerah
10:00	48	892	1.52	0.7102	633.50	12.67	0.8	15.41	12.20	0.8	9.76	2.43	12.08	Berawan
10:15	48	67	1.52	0.7102	47.58	12.52	0.3	5.71	12.10	0.3	3.63	12.00	12.03	Mendung
10:30	50	681	1.52	0.7102	483.65	12.06	1.8	33.00	12.51	1.8	22.52	6.82	12.25	Cerah
10:45	53	947	1.52	0.7102	672.56	12.98	1.9	37.49	12.54	1.9	23.83	5.57	12.36	Cerah
11:00	56	997	1.52	0.7102	708.07	13.07	1.9	37.75	12.58	1.9	23.90	5.33	12.40	Cerah
11:15	57	999	1.52	0.7102	709.49	13.09	1.80	35.81	12.61	1.80	22.70	5.05	12.45	Cerah
11:30	54	76	1.52	0.7102	53.98	12.92	0.7	13.75	12.40	0.7	8.68	25.47	12.30	Mendung
11:45	59	959	1.52	0.7102	681.08	13.33	2	40.52	12.78	2	25.56	5.95	12.57	Cerah
12:00	57	87	1.52	0.7102	61.79	12.93	0.6	11.79	12.49	0.6	7.49	19.09	12.41	Mendung
12:15	61	789	1.52	0.7102	560.35	13.36	2.1	42.65	12.81	2.1	26.90	7.61	12.63	Cerah
12:30	60	124	1.52	0.7102	88.06	13.08	0.8	15.91	12.84	0.8	10.27	18.06	12.53	Mendung
12:45	60	114	1.52	0.7102	80.96	13.44	0.6	12.26	12.64	0.6	7.58	15.14	12.89	Mendung
13:00	64	901	1.52	0.7102	639.89	13.47	1.9	38.90	12.79	1.9	24.30	6.08	12.74	Cerah
13:15	65	930	1.52	0.7102	660.49	13.39	1.9	38.67	12.91	1.9	24.53	5.85	12.75	Cerah
13:30	67	927	1.52	0.7102	658.36	13.45	1.8	36.80	12.94	1.8	23.29	5.59	12.79	Cerah
13:45	67	928	1.52	0.7102	659.07	13.46	1.8	36.83	12.98	1.8	23.36	5.59	12.83	Cerah
14:00	70	931	1.52	0.7102	661.20	13.48	1.7	34.83	13.00	1.7	22.10	5.27	12.86	Cerah
14:15	70	552	1.52	0.7102	392.03	13.52	1.7	34.94	13.06	1.7	22.20	8.91	12.93	Cerah
14:30	67	189	1.52	0.7102	134.23	13.62	0.4	8.28	13.12	0.4	5.25	6.17	12.96	Berawan
14:45	70	141	1.52	0.7102	100.14	13.41	0.9	18.34	12.95	0.9	11.66	18.32	12.90	Berawan
15:00	67	49	1.52	0.7102	34.80	13.20	0.1	2.01	12.80	0.1	1.28	5.77	12.76	Mendung
15:15	73	924	1.52	0.7102	656.22	13.66	1.6	33.22	13.17	1.6	21.07	5.06	13.02	Cerah
15:30	75	895	1.52	0.7102	635.63	13.69	1.5	31.21	13.19	1.5	19.79	4.91	13.05	Cerah
15:45	75	825	1.52	0.7102	585.92	13.70	1.4	29.15	13.22	1.4	18.51	4.98	13.09	Cerah
16:00	75	839	1.52	0.7102	595.86	13.72	1.3	27.11	13.18	1.3	17.13	4.55	13.11	Cerah
<b>Lamanya PLTS Beroperasi 6:45</b>		661	1.52	0.7102	469.67	13.20	1.33	26.89	12.79	1.33	17.09	8.62	12.67	

**Lampiran 4** Data Pengujian PLTS Selasa 31 Agustus 2021

Hari/tanggal: Selasa 31 Agustus 2021

Tegangan awal baterai: 12.27 Volt

Tabel 3. Data pengujian pengisian aki panel surya 100 Wp dengan Aki VRLA 12V 18Ah

Waktu	Baterai	G panel (18,33°)	FF	Luasan pv	Daya pv	Output PV /Input SCC			Output SCC ke baterai			Eff	Tegangan baterai	Keterangan
						Vdc	Idc	Daya	Vdc	Idc	Daya		Vdc	
WITA	(%)	W/m2		A	Pin (W)	(V)	(A)	Pout (W)	(V)	(A)	W	%	(V)	(Cerah/ Berawan/ Mendung)
9:00	70	925	1.52	0.7102	656.94	13.52	1.6	32.88	13.08	1.6	20.93	5.01	12.96	Cerah
9:15	72	932	1.52	0.7102	661.91	13.56	1.6	32.98	13.16	1.6	21.06	4.98	13.05	Cerah
9:30	73	944	1.52	0.7102	670.43	13.61	1.7	35.17	13.19	1.7	22.42	5.25	13.08	Cerah
9:45	74	949	1.52	0.7102	673.98	13.67	1.7	35.32	13.21	1.7	22.46	5.24	13.12	Cerah
10:00	75	954	1.52	0.7102	677.53	13.70	1.7	35.40	13.23	1.7	22.49	5.22	13.17	Cerah
10:15	75	953	1.52	0.7102	676.82	13.72	1.6	33.37	13.26	1.6	21.22	4.93	13.22	Cerah
10:30	77	952	1.52	0.7102	676.11	13.76	1.7	35.56	13.30	1.7	22.61	5.26	13.24	Cerah
10:45	78	957	1.52	0.7102	679.66	13.81	1.7	35.69	13.36	1.7	22.71	5.25	13.30	Cerah
11:00	80	995	1.52	0.7102	706.65	13.85	1.6	33.68	13.40	1.6	21.44	4.77	13.36	Cerah
11:15	83	697	1.52	0.7102	495.01	13.97	1.7	36.10	13.51	1.7	22.97	7.29	13.44	Berawan
11:30	84	1044	1.52	0.7102	741.45	14.03	1.6	34.12	13.60	1.6	21.76	4.60	13.54	Cerah
11:45	89	1072	1.52	0.7102	761.33	14.12	1.5	32.19	13.71	1.5	20.57	4.23	13.67	Cerah
12:00	95	1096	1.52	0.7102	778.38	14.25	1.50	32.49	13.89	1.50	20.84	4.17	13.87	Cerah
12:15	99	1110	1.52	0.7102	788.32	14.55	1.40	30.96	14.21	1.40	19.89	3.93	14.13	Cerah
12:30	99	539	1.52	0.7102	382.80	14.77	1.20	26.94	14.39	1.20	17.27	7.04	14.33	Mendung
12:45	99	210	1.52	0.7102	149.14	15.69	1.20	28.62	15.34	1.20	18.41	19.19	14.34	Mendung
13:00	99	49	1.52	0.7102	34.80	14.12	1.1	23.61	13.75	1.1	15.13	67.84	15.34	Mendung
13:15	99	42	1.52	0.7102	29.83	13.87	1.1	23.19	13.51	1.1	14.86	77.75	13.35	Mendung
13:30	99	164	1.52	0.7102	116.47	16.09	0.9	22.01	15.71	0.9	14.14	18.90	13.53	Mendung
13:45	99	206	1.52	0.7102	146.30	16.12	0.9	22.05	15.85	0.9	14.27	15.07	15.71	Mendung
14:00	99	265	1.52	0.7102	188.20	16.00	0.9	21.89	15.72	0.9	14.15	11.63	15.80	Mendung
14:15	99	211	1.52	0.7102	149.85	16.23	0.7	17.27	15.92	0.7	11.14	11.52	15.68	Mendung
14:30	99	196	1.52	0.7102	139.20	16.17	0.5	12.29	15.85	0.5	7.93	8.83	15.87	Mendung
14:45	99	140	1.52	0.7102	99.43	16.08	0.4	9.78	15.76	0.4	6.30	9.83	15.82	Mendung
15:00	99	134	1.52	0.7102	95.17	17.05	0.3	7.77	14.92	0.3	4.48	8.17	15.74	Mendung
15:15	99	132	1.52	0.7102	93.75	17.53	0.3	7.99	14.94	0.3	4.48	8.53	14.92	Mendung
15:30	99	125	1.52	0.7102	88.78	17.57	0.3	8.01	14.90	0.3	4.47	9.02	14.82	Mendung
<b>Lamanya PLTS Beroperasi</b>		<b>Rata-rata</b>												
<b>6:30</b>		592	1.52	0.7102	420.68	14.87	1.20	26.20	14.25	1.20	16.68	12.72	14.16	

**Lampiran 5** Data Pengujian Lampu DC

Hari/tanggal: sabtu 28 Agustus 2021

Tegangan awal baterai: 12.99 Volt

Tegangan akhir baterai: 12.33 Volt

Tabel 4. Data pengujian beban lampu DC 12 Volt 40 Watt

Waktu	Baterai	Beban Lampu DC 12 Volt 40 Watt			Output SCC ke baterai			Tegangan baterai	Keterangan
		Vdc (V)	Idc (A)	Daya (W)	Vdc (V)	Idc (A)	Daya (W)		
WITA	(%)								(Terang/ Redup/Mati)
17:00	60	12.37	1.6	19.79	12.46	1.6	19.94	12.58	Terang
17:15	59	12.34	1.7	20.98	12.49	1.7	21.23	12.57	Terang
17:30	58	12.29	1.6	19.66	12.46	1.6	19.94	12.56	Terang
17:45	57	12.28	1.6	19.65	12.43	1.6	19.89	12.53	Terang
18:00	56	12.27	1.6	19.63	12.43	1.6	19.89	12.50	Terang
RATA-RATA	58	12.31	1.62	19.94	12.45	1.62	20.18	12.55	
18:15	56	12.24	1.6	19.58	12.38	1.6	19.81	12.51	Terang
18:30	54	12.19	1.5	18.29	12.36	1.5	18.54	12.48	Terang
18:45	53	12.17	1.5	18.26	12.33	1.5	18.50	12.45	Terang
19:00	53	12.14	1.5	18.21	12.31	1.5	18.47	12.43	Terang
RATA-RATA	54	12.19	1.53	18.58	12.35	1.53	18.83	12.47	
23:00	53	12.25	1.5	18.38	12.29	1.5	18.44	12.37	Terang
23:15	51	12.21	1.6	19.54	12.24	1.6	19.58	12.35	Terang
23:30	50	12.17	1.6	19.47	12.19	1.6	19.50	12.31	Terang
23:45	48	12.14	1.5	18.21	12.15	1.5	18.23	12.29	Terang
12:00	45	11.93	1.5	17.90	11.94	1.5	17.91	12.26	Terang
RATA-RATA	49.4	12.14	1.54	18.70	12.16	1.54	18.73	12.32	
12:15	45	11.92	1.4	16.69	11.93	1.4	16.70	12.22	Terang
12:30	45	11.99	1.5	17.99	11.99	1.5	17.99	12.21	Terang
12:45	45	11.95	1.5	17.93	11.95	1.5	17.93	12.17	Terang
1:00	45	11.95	1.5	17.93	11.94	1.5	17.91	12.15	Terang
RATA-RATA	45	11.95	1.48	17.63	11.95	1.48	17.63	12.19	
1:15	45	11.95	1.5	17.93	11.95	1.5	17.93	12.09	Terang
1:30	45	11.96	1.5	17.94	11.98	1.5	17.97	12.05	Terang
1:45	43	11.91	1.4	16.67	11.94	1.4	16.72	12.05	Terang
2:00	42	11.90	1.4	16.66	11.92	1.4	16.69	12.03	Terang
RATA-RATA	43.75	11.93	1.45	17.30	11.95	1.45	17.32	12.06	
<b>WAKTU PEMAKAIAN AKI</b>		<b>Rata-rata</b>							
9:00	50.364	12.11	1.527	18.51	12.18	1.527	18.62	12.33	



Hari/tanggal: Minggu 29 Agustus 2021

Tegangan awal baterai: 12.86 Volt

Tegangan akhir baterai: 11.94 Volt

Tabel 5. Data pengujian beban lampu DC 12 Volt 40 Watt

Waktu	Baterai	Beban Lampu DC 12 Volt 40 Watt			Output SCC ke baterai			Tegangan baterai	Keterangan
		Vdc (V)	Idc (A)	Daya (W)	Vdc (V)	Idc (A)	Daya (W)		
WITA	(%)	(V)	(A)	(W)	(V)	(A)	(W)	(V)	(Terang/ Redup /Mati)
8:15	56	12.28	1.6	19.65	12.36	1.6	19.78	12.50	Terang
8:30	54	12.27	1.6	19.63	12.35	1.6	19.76	12.49	Terang
8:45	54	12.30	1.6	19.68	12.34	1.6	19.74	12.48	Terang
9:00	53	12.27	1.6	19.63	12.33	1.6	19.73	12.46	Terang
RATA-RATA	54.25	12.28	1.6	19.65	12.35	1.6	19.75	12.48	
9:15	53	12.24	1.6	19.58	12.30	1.6	19.68	12.43	Terang
9:30	53	12.22	1.5	18.33	12.28	1.5	18.42	12.41	Terang
9:45	51	12.19	1.5	18.29	12.24	1.5	18.36	12.38	Terang
10:00	50	12.17	1.5	18.26	12.22	1.5	18.33	12.35	Terang
RATA-RATA	51.75	12.21	1.525	18.61	12.26	1.525	18.70	12.39	
10:15	50	12.14	1.5	18.21	12.19	1.5	18.29	12.32	Terang
10:30	49	12.11	1.5	18.17	12.17	1.5	18.26	12.30	Terang
10:45	48	12.09	1.5	18.14	12.14	1.5	18.21	12.27	Terang
11:00	48	12.06	1.5	18.09	12.12	1.5	18.18	12.25	Terang
RATA-RATA	48.75	12.10	1.5	18.15	12.16	1.5	18.23	12.29	
11:15	48	12.04	1.5	18.06	12.10	1.5	18.15	12.22	Terang
11:30	47	12.01	1.5	18.02	12.08	1.5	18.12	12.19	Terang
11:45	45	11.99	1.5	17.99	12.05	1.5	18.08	12.17	Terang
12:00	45	11.96	1.5	17.94	12.03	1.5	18.05	12.14	Terang
RATA-RATA	46.25	12.00	1.5	18.00	12.07	1.5	18.10	12.18	
12:15	45	11.94	1.5	17.91	11.97	1.5	17.96	12.10	Terang
12:30	45	11.92	1.4	16.69	11.96	1.4	16.74	12.08	Terang
12:45	42	11.89	1.4	16.65	11.94	1.4	16.72	12.02	Terang
13:00	42	11.86	1.4	16.60	11.92	1.4	16.69	12.00	Terang
RATA-RATA	43.5	11.90	1.425	16.96	11.95	1.425	17.03	12.05	
13:15	42	11.84	1.4	16.58	11.90	1.4	16.66	11.98	Terang
13:30	42	11.80	1.4	16.52	11.86	1.4	16.60	11.97	Terang
13:45	39	11.77	1.4	16.48	11.82	1.4	16.55	11.93	Terang
14:00	39	11.74	1.4	16.44	11.80	1.4	16.52	11.91	Terang
RATA-RATA	40.5	11.79	1.4	16.50	11.85	1.4	16.58	11.95	
14:15	39	11.71	1.3	15.22	11.77	1.3	15.30	11.89	Terang
14:30	36	11.70	1.3	15.21	11.75	1.3	15.28	11.85	Terang
14:45	36	11.65	1.3	15.15	11.70	1.3	15.21	11.80	Terang
15:00	36	11.62	1.3	15.11	11.68	1.3	15.18	11.79	Terang
RATA-RATA	36.75	11.67	1.3	15.17	11.73	1.3	15.24	11.83	
15:15	35	11.59	1.3	15.07	11.65	1.3	15.15	11.76	Terang
15:30	34	11.57	1.3	15.04	11.63	1.3	15.12	11.72	Terang
15:45	34	11.53	1.2	13.84	11.61	1.2	13.93	11.70	Terang
16:00	34	11.52	1.2	13.82	11.59	1.2	13.91	11.68	Terang
RATA-RATA	34.25	11.55	1.25	14.44	11.62	1.25	14.53	11.72	
16:15	33	11.50	1.2	13.80	11.55	1.2	13.86	11.64	Terang
16:30	31	11.46	1.2	13.75	11.53	1.2	13.84	11.61	Terang
16:45	31	11.43	1.2	13.72	11.47	1.2	13.76	11.57	Terang
17:00	30	11.40	1.1	12.54	11.44	1.1	12.58	11.54	Terang
RATA-RATA	31.25	11.45	1.175	13.45	11.50	1.175	13.51	11.59	
17:15	28	11.35	1.1	12.49	11.38	1.1	12.52	11.48	Terang
17:30	28	11.32	1.1	12.45	11.35	1.1	12.49	11.45	Terang
17:45	26	11.27	1.1	12.40	11.32	1.1	12.45	11.40	Terang
18:00	26	11.23	1.1	12.35	11.28	1.1	12.41	11.35	Terang
RATA-RATA	27	11.29	1.1	12.42	11.33	1.1	12.47	11.42	
18:15	23	11.16	1.1	12.28	11.22	1.1	12.34	11.27	Terang
18:30	23	11.12	1	11.12	11.16	1	11.16	11.20	Terang
18:45	20	11.07	1	11.07	11.11	1	11.11	11.17	Terang
RATA-RATA	22	11.12	1.033	11.49	11.16	1.033	11.54	11.21	
<b>WAKTU PEMAKAIAN AKI</b>		<b>Rata-rata</b>							
10:30	40.07	11.77	1.353	16.00	11.83	1.353	16.07	11.94	

Hari/tanggal: Rabu 1 September 2021

Tegangan awal baterai: 13.04 Volt

Tegangan akhir baterai: 11.96 Volt

Tabel 6. Data pengujian beban lampu DC 12 Volt 40 Watt

Waktu	Baterai	Beban Lampu DC 12 Volt 40 Watt			Output SCC ke baterai			Tegangan baterai (V)	Keterangan (Terang/ Redup /Mati)	
		Vdc (V)	Idc (A)	Daya (W)	Vdc (V)	Idc (A)	Daya (W)			
WITA	(%)									
20:00	53	12.31	1.6	19.70	12.33	1.6	19.73	12.94	Terang	
20:15	50	12.23	1.6	19.57	12.24	1.6	19.58	12.64	Terang	
20:30	50	12.13	1.5	18.20	12.15	1.5	18.23	12.57	Terang	
20:45	50	12.09	1.5	18.14	12.11	1.5	18.17	12.55	Terang	
21:00	49	12.07	1.5	18.11	12.07	1.5	18.11	12.49	Terang	
RATA-RATA	50.4	12.17	1.54	18.74	12.18	1.54	18.76	12.64		
21:15	49	12.05	1.5	18.08	12.03	1.5	18.05	12.45	Terang	
21:30	48	12.03	1.5	18.05	11.99	1.5	17.99	12.43	Terang	
21:45	48	12.01	1.5	18.02	11.96	1.5	17.94	12.40	Terang	
22:00	47	11.99	1.5	17.99	11.93	1.5	17.90	12.37	Terang	
RATA-RATA	48	12.02	1.5	18.03	11.98	1.5	17.97	12.41		
22:15	47	11.95	1.5	17.93	11.90	1.5	17.85	12.35	Terang	
22:30	46	11.95	1.5	17.93	11.88	1.5	17.82	12.31	Terang	
22:45	46	11.94	1.5	17.91	11.85	1.5	17.78	12.29	Terang	
23:00	45	11.93	1.5	17.90	11.83	1.5	17.75	12.26	Terang	
RATA-RATA	46	11.94	1.5	17.91	11.87	1.5	17.80	12.26		
23:15	44	11.90	1.5	17.85	11.82	1.5	17.73	12.22	Terang	
23:30	43	11.85	1.5	17.78	11.81	1.5	17.72	12.21	Terang	
23:45	42	11.80	1.4	16.52	11.80	1.4	16.52	12.17	Terang	
0:00	42	11.77	1.4	16.48	11.79	1.4	16.51	12.14	Terang	
RATA-RATA	42.75	11.83	1.45	17.15	11.81	1.45	17.12	12.19		
0:15	42	11.84	1.5	17.76	11.87	1.5	17.81	12.12	Terang	
0:30	42	11.85	1.5	17.78	11.89	1.5	17.84	12.10	Terang	
0:45	42	11.82	1.5	17.73	11.85	1.5	17.78	12.08	Terang	
1:00	42	11.78	1.4	16.49	11.80	1.4	16.52	12.06	Terang	
RATA-RATA	42	11.82	1.48	17.44	11.85	1.48	17.48	12.09		
1:15	40	11.75	1.4	16.45	11.78	1.4	16.49	12.02	Terang	
1:30	39	11.73	1.4	16.42	11.75	1.4	16.45	12.00	Terang	
1:45	39	11.69	1.4	16.37	11.71	1.4	16.39	11.96	Terang	
2:00	37	11.65	1.3	15.15	11.67	1.3	15.17	11.93	Terang	
RATA-RATA	38.75	11.71	1.38	16.09	11.73	1.38	16.13	11.98		
2:15	36	11.62	1.3	15.11	11.64	1.3	15.13	11.87	Terang	
2:30	36	11.61	1.3	15.09	11.63	1.3	15.12	11.86	Terang	
2:45	36	11.61	1.3	15.09	11.63	1.3	15.12	11.84	Terang	
3:00	36	11.59	1.3	15.07	11.61	1.3	15.09	11.81	Terang	
RATA-RATA	36	11.61	1.3	15.09	11.63	1.3	15.12	11.85		
3:15	36	11.58	1.3	15.05	11.60	1.3	15.08	11.78	Terang	
3:30	36	11.57	1.3	15.04	11.57	1.3	15.04	11.76	Terang	
3:45	35	11.54	1.2	13.85	11.54	1.2	13.85	11.74	Terang	
4:00	34	11.50	1.2	13.80	11.52	1.2	13.82	11.72	Terang	
RATA-RATA	35.25	11.55	1.25	14.43	11.56	1.25	14.45	11.75		
4:15	31	11.43	1.2	13.72	11.45	1.2	13.74	11.60	Terang	
4:30	31	11.40	1.2	13.68	11.42	1.2	13.70	11.56	Terang	
4:45	31	11.37	1.2	13.64	11.39	1.2	13.67	11.52	Terang	
5:00	28	11.34	1.2	13.61	11.36	1.2	13.63	11.48	Terang	
RATA-RATA	30.25	11.39	1.2	13.66	11.41	1.2	13.69	11.54		
5:15	28	11.30	1.1	12.43	11.32	1.1	12.45	11.45	Terang	
5:30	27	11.27	1.1	12.40	11.29	1.1	12.42	11.41	Terang	
5:45	26	11.22	1.1	12.34	11.24	1.1	12.36	11.37	Terang	
6:00	26	11.19	1.1	12.31	11.21	1.1	12.33	11.33	Terang	
RATA-RATA	26.75	11.25	1.1	12.37	11.27	1.1	12.39	11.39		
6:15	24	11.15	1.1	12.27	11.16	1.1	12.28	11.29	Terang	
6:30	23	11.10	1.1	12.21	11.12	1.1	12.23	11.25	Terang	
6:45	22	11.08	1.1	12.19	11.10	1.1	12.21	11.19	Terang	
7:00	20	11.03	1	11.03	11.04	1	11.04	11.15	Terang	
RATA-RATA	22.25	11.09	1.08	11.92	11.11	1.08	11.94	11.22		
<b>WAKTU PEMAKAIAN AKI</b>		<b>Rata-rata</b>								
11:00	38.311	11.68	1.347	15.78	11.68	1.347	15.78	11.96		

**Lampiran 6** Data Pengujian Aki VRLA 12V 18Ah pada PLTAH

Hari/tanggal: Senin/13 September 2021

Tegangan awal baterai: 11.35 Volt

Tegangan akhir: 11.50 Volt

% baterai awal: 27 %

% baterai akhir: 31 %

Tabel 7. Pengujian pengecasan Aki VRLA 12V 18Ah pada PLTAH

Waktu (Detik)	Daya Turbin (Pt)	Daya Air (Pair)	Pengukuran							Efisiensi (%)	Debit m <sup>3</sup> /s	Volume (Liter)	Baterai (%)
			Input SCC/Output Generator			Output SCC/Input Baterai			Putaran rpm				
			Pin (W)	W	Vin (V)	Iin (A)	Pout (W)	Vout (V)					
123	112.50	140.63	11.92	0.26	3.10	11.56	0.26	3.01	482.7	2.75	0.0041	1100	31
180	112.50	140.63	11.87	0.25	2.97	11.56	0.24	2.77	432.3	2.64	0.0041	1000	31
188	112.50	140.63	11.85	0.24	2.84	11.56	0.22	2.54	429.7	2.53	0.0041	900	31
188	112.50	140.63	11.83	0.22	2.60	11.56	0.22	2.54	425.6	2.31	0.0041	800	32
197	112.50	140.63	11.82	0.20	2.36	11.55	0.19	2.19	423.7	2.10	0.0041	700	32
193	112.50	140.63	11.80	0.19	2.24	11.55	0.18	2.08	423.5	1.99	0.0041	600	32
193	112.50	140.63	11.78	0.18	2.12	11.54	0.18	2.08	420.8	1.88	0.0041	500	32
193	112.50	140.63	11.76	0.17	2.00	11.53	0.15	1.73	419.8	1.78	0.0041	400	33
199	112.50	140.63	11.73	0.16	1.88	11.48	0.14	1.61	419.4	1.67	0.0041	300	33
207	112.50	140.63	11.72	0.15	1.76	11.46	0.13	1.49	415.8	1.56	0.0041	200	33
210	112.50	140.63	11.34	0.14	1.59	11.43	0.12	1.37	415.2	1.41	0.0041	100	33
Charge Aki = 34:51	Rata-rata												
	112.50	140.63	11.77	0.20	2.31	11.53	0.18	2.13	428	2.06	0.0041		

**Lampiran 7 Data Pengujian Aki Honda GTZ4V 12V 3Ah pada PLTAH**

Hari/tanggal: Selasa/14 September 2021

Tegangan awal baterai: 12,12 Volt

Tegangan akhir: 12,38 Volt

% baterai awal: 48 %

% baterai akhir: 56 %

Tabel 8. Pengujian pengecasan Aki Honda GTZ4V 12V 3Ah pada PLTAH

Waktu (Detik)	Daya Turbin (Pt)	Daya Air (Pair)	Pengukuran							Efisiensi (%)	Debit m3/s	Volume (Liter)	Baterai (%)
			Input SCC/Output Generator			Output SCC/Input Baterai			Putaran Rpm				
			Vin (V)	Iin (A)	Pout (W)	Vout (V)	Iout (A)	W (W)					
148	112.50	140.63	12.81	0.24	3.07	12.51	0.21	2.63	477	2.73	0.0041	1100	57
182	112.50	140.63	12.80	0.23	2.94	12.51	0.20	2.50	440	2.62	0.0041	1000	58
190	112.50	140.63	12.80	0.20	2.56	12.51	0.20	2.50	440	2.28	0.0041	900	59
208	112.50	140.63	12.79	0.18	2.30	12.51	0.18	2.25	423	2.05	0.0041	800	59
190	112.50	140.63	12.76	0.18	2.30	12.51	0.18	2.25	421	2.04	0.0041	700	59
183	112.50	140.63	12.75	0.17	2.17	12.50	0.17	2.13	357	1.93	0.0041	600	59
202	112.50	140.63	12.73	0.16	2.04	12.49	0.16	2.00	325	1.81	0.0041	500	59
202	112.50	140.63	12.72	0.16	2.04	12.49	0.16	2.00	208	1.81	0.0041	400	59
202	112.50	140.63	12.70	0.14	1.78	12.48	0.14	1.75	204	1.58	0.0041	300	59
196	112.50	140.63	12.68	0.13	1.65	12.70	0.13	1.65	186	1.47	0.0041	200	59
145	112.50	140.63	12.64	0.12	1.52	12.46	0.13	1.62	101	1.35	0.0041	100	59
Charge Aki = 34:13	Rata-rata												
	112.50	140.63	12.74	0.17	2.21	12.52	0.17	2.12	325.6	1.97	0.0041		

Hari/tanggal: Selasa/14 September 2021

Tegangan awal baterai: 12,09 Volt

Tegangan akhir: 12,37 Volt

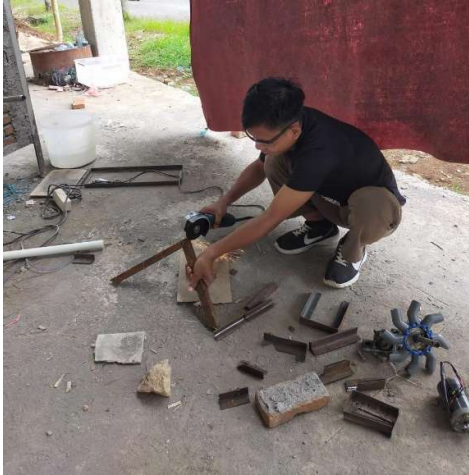
% baterai awal: 48 %

% baterai akhir: 56 %

Tabel 9. Pengujian pengecasan Aki Honda GTZ4V 12V 3Ah pada PLTAH

Waktu (Detik)	Daya Turbin (Pt)	Daya Air (Pair)	Pengukuran							Efisiensi (%)	Debit m <sup>3</sup> /s	Volume (Liter)	Baterai (%)
			Input SCC/Output Generator			Output SCC/Input Baterai			Putaran rpm				
	Pin (W)	W	Vin (V)	Iin (A)	Pout (W)	Vout (V)	Iout (A)	W (W)					
134	112.50	140.63	12.73	0.20	2.55	12.49	0.21	2.62	400	2.26	0.0041	1100	57
162	112.50	140.63	12.72	0.20	2.54	12.47	0.20	2.49	416	2.26	0.0041	1000	58
166	112.50	140.63	12.70	0.19	2.41	12.45	0.19	2.37	349	2.14	0.0041	900	59
225	112.50	140.63	12.70	0.19	2.41	12.44	0.18	2.24	347	2.14	0.0041	800	59
195	112.50	140.63	12.70	0.18	2.29	12.42	0.17	2.11	343	2.03	0.0041	700	59
197	112.50	140.63	12.68	0.16	2.03	12.40	0.17	2.11	350	1.80	0.0041	600	59
194	112.50	140.63	12.65	0.15	1.90	12.38	0.16	1.98	208	1.69	0.0041	500	59
198	112.50	140.63	12.65	0.13	1.64	12.36	0.16	1.98	204	1.46	0.0041	400	59
199	112.50	140.63	12.63	0.13	1.64	12.33	0.16	1.97	188	1.46	0.0041	300	59
197	112.50	140.63	12.59	0.12	1.51	12.27	0.15	1.84	185	1.34	0.0041	200	59
199	112.50	140.63	12.57	0.11	1.38	12.25	0.14	1.72	145	1.23	0.0041	100	59
Charge Aki = 34:43	Rata-rata												
	112.50	140.63	12.67	0.16	2.03	12.39	0.17	2.13	285	1.80	0.0041		

**Lampiran 8** Foto Kegiatan Pembuatan Dan Pengujian Alat



Gambar 1. Pemotongan Besi Untuk Dudukan Turbin dan Generator DC



Gambar 2. Pengelasan Dudukan Turbin dan Generator DC





Gambar 3. Perakitan Dudukan Turbin dan Generator DC

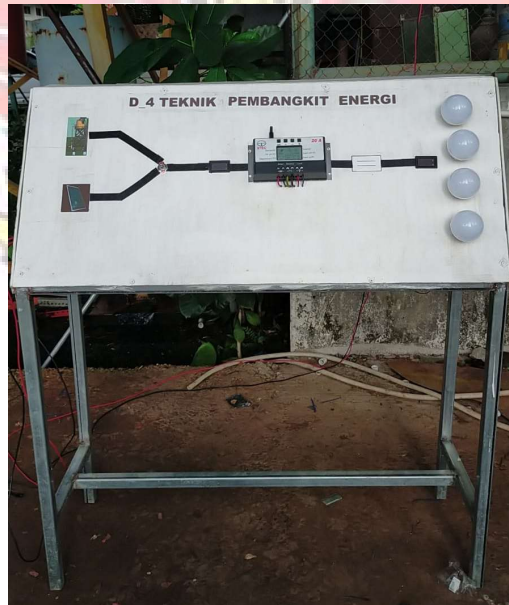


Gambar 4. Turbin Terkoppel Dengan Generator DC





Gambar 5. Tangki Air Grand Luxe 1200 L



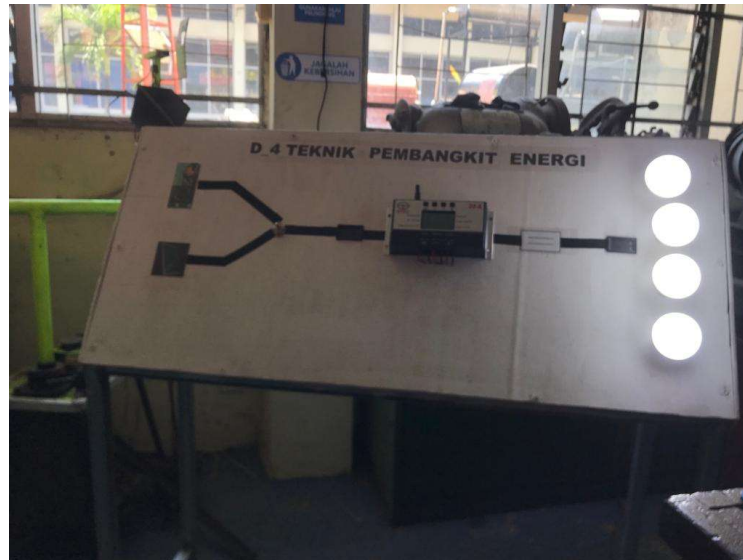
Gambar 6. Modul Instrumen Pengujian PLTS Dan PLTAH



Gambar 7. Pengambilan Data pengisian aki PLTS



Gambar 8. Pengambilan Data Berbeban Lampu DC 12 Volt 40 Watt



Gambar 9. Modul Instrumen Kontrol Pada Saat Pembebanan



Gambar 10. Pengambilan Data pengisian aki PLTAH



Gambar 11. Pengujian Sistem Hybrid PLTS Dan PLTAH



**LEMBAR CATATAN KONSULTASI/ASISTENSI SKRIPSI  
D4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

**Nama Mahasiswa** : 1. Syamsuryani Abbas /44217001  
2. Fadil Amrullah/44217009

**Judul Skripsi** : RANCANG BANGUN SISTEM HYBRID TENAGA  
SURYA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR  
HUJAN

**Nama Pembimbing I** : Dr. Jumadi Tangko, M.Pd.

No.	Tgl	Uraian/Anjuran Pembimbing I	TTD
1.	10/08/21	Perbaiki pendahuluan	✓
2.	15/08/21	Rumusan masalah	✓
3.	25/08/21	Tinjauan pustaka	✓
4.	28/08/21	Gambar <sup>2</sup> perbaiki	✓
5.	02/09/21	Metode Penelitian	✓
6.	05/09/21	Hasil Pembahasan	✓
7.	08/09/21	Kesimpulan	✓
8.	20/09/21	Dafus & Fissal cek	✓
9.	21/09/21	Ace ujian	✓
10.			

**Pembimbing I**

  
**Dr. Jumadi Tangko, M.Pd.**

**NIP : 19580606 199003 1002**











**LEMBAR CATATAN KONSULTASI/ASISTENSI SKRIPSI  
D4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

Nama Mahasiswa : 1. Syamsuryani Abbas /44217001

2. Fadil Amrullah/44217009

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM HYBRID TENAGA  
SURYA DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR  
HUJAN

Nama Pembimbing II: A.M. Siddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.

No.	Tgl	Uraian/Anjuran Pembimbing II	TTD
1.	01/09/21	-Cek font size	
2.	05/09/21	-perbaiki ruang lingkup kegiatan	
3.	06/09/21	-Rubah tabel 3.1 sesuai jadwal sekarang	
4.	20/09/21	- Tambahakan informasi terkait ukuran rumah & asumsi debit	
5.	20/09/21	-Perbaiki tabel 4.3 mengenai perhitungan efisiensi	
6.	22/09/21	- Perbaiki grafik 4.8 mengenai efisiensi	
7.	22/09/21	- Hitung kembali debit air hujan dan perhitungan waktu pengisian tangki	
8.	22/09/21	- Tambahakan kalimat pada bab 5 pada bagian saran	
9.	23/09/21	- Tambahakan informasi tanggal pada daftar pustaka bagian BMKG	
10.	23/09/21	- Hilangkan daftar pustaka blogspot	

Pembimbing II,



**A.M. Siddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D**

**NIP : 19780804 200112 1 001**

## LEMBAR REVISI JUDUL SKRIPSI

Nama Mahasiswa




: Syamsuryani Abbas

442 17 001

: Fadil Amrullah

442 17 009

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Dr. Ir. Firman, M.T.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eff. hal 76.</li> <li>- Pers. hal 75 (<del>Catch</del> area tangkapan)</li> <li>- Pers. 2.7, 2.8, 2.9 hal 22-23</li> </ul>	 2/12/2021
2	Marhatang, S.ST., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penggunaan notasi &amp; simbol</li> <li>- Peran peran dalam turbin (s)</li> <li>- Forunt harus sesuai</li> <li>- Pedoman pengutipan</li> <li>- Kerla hubungan air hujan dan output generator saat hujan dan tdk hujan</li> <li>- Catchment area</li> </ul>	 02/12/21
3	Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Koreksi area pada vasleak</li> </ul>	 01/12/2021



No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
4	Muhammad Ruswandi Djalal, S.ST., M.T.		
5	Dr. Jumadi Tangko, M.Pd.		
6	A.M.Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc.,Ph.D.		

Makassar, 24 September 2021  
Ketua/Sekretaris Panitia Ujian Skripsi,

**Dr. Ir. Firman, M.T.**  
NIP 19641231 199103 1 028

Catatan: Jika ada perubahan Judul Skripsi, konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik