

**TUGAS AKHIR**  
**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID**  
**(PHOTOVOLTAIC-MIKROHIDRO) MENUJU DESA MANDIRI ENERGI**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk mendapatkan Gelar sarjana*  
*Program Setara-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro*  
*Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**  
**ARIEF KURNIAWAN**

**1707220029**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Arief Kurniawan

NPM : 1707220029

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
HYBRID (PHOTOVOLTAIC – MIKROHIDRO)  
MENUJU DESA MANDIRI ENERGI.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, .....2021

**Mengetahui dan Menyetujui**

**Pembimbing**



( Rimbawati S.T,M.T )

**Penguji I**



(Noorly Kyalina,S.T,M.T)

**Penguji II**



(Partaonan Harahap,S.T,M.T)

**Program Studi Teknik Elektro**



(Faisal Irsan Pasaribu,S.T,M.T)

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Arief Kurniawan

NPM : 1707220029

Tempat/Tanggal Lahir : Tebing Tinggi, 11 Mei 1999

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

### **PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (PHOTOVOLTAIC – MIKROHIDRO) MENUJU DESA MANDIRI ENERGI.**

Bukan merupakan plagiarisme, pencuri hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh ti fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 16 Oktober 2021

Saya yang Menyatakan



**ARIEF KURNIAWAN**

**1707220029**

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari ribuan pulau yang membentang luas. Hal inilah yang menjadi penyebab penyebaran sistem tenaga listrik yang tidak merata di setiap wilayah dan memaksa pulau-pulau terpencil untuk memanfaatkan sumber daya yang disediakan oleh alam. Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan khususnya energi surya sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis, dimana bersinar sepanjang waktu. Selain matahari, Indonesia juga memiliki kekayaan sungai yang melimpah sehingga sungai bisa menjadi salah satu sumber energi terbarukan yaitu berbasis mikrohidro. Sumber energi terbarukan menawarkan alternatif persediaan energi listrik dan potensi yang besar bila dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, yang dapat digunakan di wilayah-wilayah yang terpencil dengan menggunakan sistem pembangkit hybrid. Sistem pembangkit hybrid didesain untuk memproduksi energi listrik yang mana diharapkan mampu melayani konsumen di wilayah-wilayah terpencil dengan optimal sehingga tidak ada lagi wilayah di Indonesia yang tidak teraliri arus listrik. Maksud dari penelitian ini adalah bertujuan untuk merancang pembangkit listrik tenaga hybrid (Photovoltaic – Mikrohidro) untuk kebutuhan masyarakat desa bintang asih. Melihat Desa Bintang asih yang merupakan desa yang masih belum memiliki aliran listrik yang memadai dan hanya mengandalkan genset pribadi sedangkan memiliki sumber daya alam dan energi terbarukan yang cukup melimpah.

*Kata Kunci : Energi Alternatif, Photovoltaic, Mikrohidro, PLTH*

## ABSTRAC

Indonesia is a country consisting of thousands of islands that stretch widely. This is what causes the uneven distribution of the electric power system in each region and forces remote islands to take advantage of the resources provided by nature. Utilization of new renewable energy sources, especially solar energy as a power plant, has enormous potential because of Indonesia's location in the tropics, where it shines all the time. In addition to the sun, Indonesia also has abundant river wealth so that rivers can be a source of renewable energy, namely micro-hydro based. Renewable energy sources offer an alternative supply of electrical energy and great potential when used to produce electrical energy, which can be used in remote areas using a hybrid power generation system. The hybrid generating system is designed to produce electrical energy which is expected to be able to optimally serve consumers in remote areas so that there are no more areas in Indonesia that are not electrified. The purpose of this research is to design a hybrid power plant (Photovoltaic – Microhydro) for the needs of the Bintang asih village community. Seeing Bintang Asih Village, which is a village that still does not have adequate electricity and only relies on private generators, while it has abundant natural resources and renewable energy.

*Keywords : Alternative Energy, Photovoltaic, Mivrohydro, Hybrid Power Plant*

## KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID ( PHOTOVOLTAIC – MIKROHIDRO) MENUJU DESA MANDIRI ENERGI ” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kedua orangtua penulis Ayahanda (Win Elvian) dan Ibunda (Yanti, Skm), yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
3. Bapak Dr. Agussani, M. AP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Ibu Rimbawati, S.T.M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen diprogram Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Elektro.

Medan, 28 September 2021

Penulis

Arief Kurniawan

1707220029

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Penelitian .....	2
1.4    Ruang Lingkup.....	2
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
1.6    Sistematika Penulisan .....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1.    Tinjauan Pustaka Relevan.....	4
2.2.    Landasan Teori.....	8
2.2.1    Photovoltaic .....	8
2.2.2    Komponen Utama Photovoltaic .....	11
2.2.3    Mikrohidro.....	15
2.2.4    Prinsip Kerja Mikrohidro.....	15
2.2.5    Komponen Utama Mikrohidro.....	17

2.2.6	Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH).....	22
2.2.7	Arsitektur Sistem Hibrid.....	24
2.2.8	Cara Kerja PLTH Secara Umum.....	26
2.2.9	SMART RELAY.....	26
2.2.10	Smart Relay Zelio Logic SR3B261BD .....	27
BAB III.....		30
METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1.	Tempat dan Waktu .....	30
3.2.	Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.2.1	Alat Penelitian.....	30
3.2.2	Bahan Penelitian .....	31
3.3.	Perancangan Sistem.....	32
3.3.1	Perancangan Photovoltaic.....	32
3.3.2	Perancangan Mikrohidro .....	33
3.3.3	Sistem Hibrida Photovoltaic-Mikrohidro .....	34
3.4.	Prosedur Penelitian.....	36
3.5.	Flowchart .....	37
BAB IV .....		38
HASIL & PEMBAHASAN.....		38
4.1	Pengujian dan Perhitungan .....	38
4.2	Pengujian PLTMH .....	39
4.2.1	Pengujian PLTMH Dengan Beban.....	39

4.2.2	Pengujian PLTMH dengan beban awal (beban 50%) .....	40
4.2.3	Nilai Rata-Rata Arus & Tegangan Pada PLTMH dengan Beban 70% .....	42
4.2.4	Pengujian PLTMH dengan beban menengah (70%) .....	42
4.2.5	Nilai Rata-Rata Arus & Tegangan Pada PLTMH dengan Beban 70% .....	44
4.3	Pengujian Panel Surya .....	46
4.3.1	Pengujian Panel Surya dengan Beban Puncak (beban 100%) .....	46
4.3.2	Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Pada PLTS.....	49
4.3.3	Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Inverter Pada PLTS.....	49
BAB V.....		51
PENUTUP .....		51
5.1	Kesimpulan .....	51
5.2	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA .....		52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Skema Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	11
Gambar 2. 2 Photovoltaic Modul .....	12
Gambar 2. 3 Karakteristik Sel Photovoltaic .....	12
Gambar 2. 4 Solar Charge Controller .....	13
Gambar 2. 5 Baterai .....	14
Gambar 2. 6 Inverter .....	14
Gambar 2. 7 Skema Instalasi PLTMH .....	18
Gambar 2. 8 Bagian Turbin Mikrohidro .....	19
Gambar 2. 9 Kurva Efisiensi Turbin Cross Flow .....	20
Gambar 2. 10 Diagram Alur PLTH .....	23
Gambar 2. 11 Sistem backup dan pembangkit satu lokasi .....	24
Gambar 2. 12 Backup dan pembangkit dipasang terpisah .....	25
Gambar 2. 13 Pembangkit dengan konversi AC/DC .....	25
Gambar 2. 14 Smart Relay Zelio Logic SR3B261BD .....	28
Gambar 3. 1 Perancangan Photovoltaic .....	33
Gambar 3. 2 Gambar Perancangan PLTMH .....	34
Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem Tenaga Hybrid (Photovoltaic-PLTMH) .....	35
Gambar 4. 1 Perancangan sistem untuk pembangkit listrik tenaga hybrid menggunakan program smart relay zelio .....	38
Gambar 4. 2 Grafik Tegangan & Arus PLTMH dengan beban awal (beban 50%). .....	41
Gambar 4. 3 Grafik Daya PLTMH dengan beban awal (beban 50%). .....	41
Gambar 4. 4 Grafik Tegangan & Arus PLTMH dengan Beban 70% .....	43

Gambar 4. 5 Grafik Daya yang Dihasilkan PLTMH dengan Beban 70% Grafik Daya yang Dihasilkan PLTMH dengan Beban 70% .....	44
Gambar 4. 6 Grafik Tegangan, Arus, serta Daya Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100%.....	47
Gambar 4. 7 Grafik Tegangan Inverter pada Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100% .....	47
Gambar 4. 8 Grafik Arus Inverter pada Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100% .....	48
Gambar 4. 9 Grafik Arus Inverter pada Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100% .....	48

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian PLTMH Dengan Beban 50 % .....	40
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian PLTMH Dengan Beban 70% .....	43
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Beban 100% .....	46

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang terdiri dari ribuan pulau yang membentang luas. Hal inilah yang menjadi penyebab penyebaran sistem tenaga listrik yang tidak merata disetiap wilayah dan memaksa pulau-pulau terpencil untuk memanfaatkan sumber daya yang disediakan oleh alam. Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan khususnya energi surya sebagai pembangkit listrik memiliki potensi yang sangat besar karena letak Indonesia yang berada di daerah tropis, dimana bersinar sepanjang waktu. Selain matahari, Indonesia juga memiliki kekayaan sungai yang melimpah sehingga sungai bisa menjadi salah sumber energi terbarukan yaitu berbasis mikrohidro. Dengan sumber daya alam yang ada dan juga memanfaatkan teknologi sehingga terbentuklah sebuah PLTH yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Photovoltaic-MikroHidro).

Sumber energi terbarukan menawarkan alternatif persediaan energi listrik dan potensi yang besar bila dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik, yang dapat digunakan di wilayah wilayah yang terpencil dengan menggunakan sistem pembangkit hybrid. Sistem pembangkit hybrid didesain untuk memproduksi energi listrik yang mana diharapkan mampu melayani konsumen di wilayah terpencil dengan optimal sehingga tidak ada lagi wilayah di Indonesia yang tidak teraliri arus listrik .

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang memadukan beberapa jenis pembangkit listrik. Tujuan PLTH adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk mengkondisikan situasi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Mampu menghasilkan daya listrik secara efisien pada berbagai kondisi pembebanan.

DME atau biasa yang di kenal dengan Desa Mandiri Energi merupakan salah satu program yang dicanangkan pertama kali oleh Presiden RI pada tahun 2007 untuk pemenuhan kebutuhan energi di beberapa desa di Indonesia. Kriteria

dari Desa Mandiri Energi adalah desa yang mampu memenuhi minimal 60% dari total kebutuhan energinya (listrik dan bahan bakar) dengan memberdayakan potensi sumber daya setempat serta tumbuhnya kegiatan produktif untuk meningkatkan perekonomian desa sebagai dampak dari ketersediaan energi lokal. Dengan adanya Desa Mandiri Energi diharapkan ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan sumber energi subsidi dari pemerintah dapat diminimalkan.

Melihat pada Desa Bintang asih yang merupakan desa yang masim belum memiliki aliran listrik yang memadai dan hanya mengandalkan genset pribadi sedangkan memiliki sumber daya alam dan energi terbarukan yang cukup melimpah maka penulis ingin mengangkat judul “Perancangan Pembangkit listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic-Mikrohidro) Menuju Desa Mandiri Energi”

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana sistem perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic –MikroHidro) pada Desa Mandiri Energi ?
2. Bagaimana pengaruh Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic – MikroHidro) terhadap pasokan energi listrik di desa Bintang Asih?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic – MikroHidro) pada Desa Mandiri Energi di desa Bintang Asih.
2. Untuk mengetahui hasil dari Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic –MikroHidro) terhadap pasokan energi listrik di desa Bintang Asih.

## **1.4 Ruang Lingkup**

Agar penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud dan tujuan maka diterapkan ruang lingkup dalam penelitian sebagai berikut

1. Mengidentifikasi seberapa besar hasil dari PLTH di desa mandiri energi bintang asih

2. Menganalisis kelayakan sistem pembangkit listrik, perencanaan teknis terkait sumber daya alam, perencanaan sistem pembangkit listrik yang potensial dan dapat diterapkan.
3. Pengukuran hidrologi dan perolehan laju aliran air (ketinggian air) dan aliran dasar (aliran sungai).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini meliputi beberapa aspek yaitu aspek ekonomi, lingkungan dan pengetahuan. Dari segi ekonomi adalah memanfaatkan sumber daya alam yang ada menjadi energi terbarukan dan sangat ekonomis. Kemudian dari segi lingkungan, menjadikan alam menjadi sumber energi yang dapat memberikan kehidupan, namun dari segi ilmu yaitu untuk memberikan informasi kepada masyarakat desa, pentingnya dan bermanfaatnya energi terbarukan jika dimanfaatkan dengan baik.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Skripsi yang disusun memiliki sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN yang menjabarkan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR membahas penjelasan tentang teori dasar yang digunakan pada pembuatan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN menjelaskan tentang gambaran dan penjelasan metode yang digunakan untuk penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN membahas hasil pengujian alat dan menganalisa hasil percobaan dari alat tersebut.

BAB V PENUTUP berisi kesimpulan penulis tentang hasil perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (Photovoltaic- Mikrohidro) Menuju Desa Mandiri Energi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka Relevan**

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Bahan bakar minyak/energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang bersifat tak terbarukan (non renewable energy sources) yang selama ini merupakan andalan untuk memenuhi kebutuhan energi di seluruh sektor kegiatan. Kekayaan sumber daya energi di Indonesia, yaitu tenaga air (Hydropower), panas bumi, gas bumi, batubara, gambut, biomassa, biogas, angin, energi laut, matahari dan lainnya dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, menggantikan ketergantungan terhadap bahan bakar minyak, yang semakin terbatas baik jumlah dan cadangannya. Bahan bakar minyak memegang posisi yang sangat dominan dalam pemenuhan kebutuhan energi di dalam negeri. Harus disadari saat ini Indonesia telah mengimpor minyak mentah maupun bahan bakar minyak untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Krisis energi yang melanda dunia berdampak, tingginya harga minyak mentah dunia, berpengaruh langsung terhadap kegiatan perekonomian. Kekayaan sumber daya energi, khususnya sumber energi baru dan terbarukan yang kita miliki, perlu dipikirkan untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif, menggantikan dan mengurangi peran bahan bakar minyak dalam konsumsi energi di Indonesia. (*Imam Kholiq dkk, 2015*).

Pertumbuhan ekonomi yang terus meningkat menyebabkan kondisi listrik di Indonesia semakin lama akan memerlukan listrik yang lebih besar untuk memenuhi permintaan konsumen. (*Teuku Syaufi Hayu dkk, 2018*).

Akibatnya akan terjadi pemadaman bila tidak ada tambahan pembangkit atau pasokan energi baru. Hal ini perlu diantisipasi dengan penggalakkan program pemanfaatan sumber energi thermal seperti batu bara, gas dan panas bumi, serta pemanfaatan energi alternatif seperti energi surya, angin. (*Dewa Ngakan Ketut Putra Negara, 2009*)

Secara global, konsumsi energi listrik lebih banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga sektor Usaha Kecil Menengah (UKM) yang melibatkan barang-barang elektronik maupun alat-alat/mesin rumah tangga.

Dengan menipisnya cadangan sumber energi tak terbarukan sebagai penunjang pasokan energi listrik nasional, maka diperlukan upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. (*Johansah liman dkk,2020*).

Penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik konvensional dalam jangka panjang akan mengurangi sumber minyak bumi, gas bumi dan batu bara. Maka penggunaan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan harus dioptimalkan (*R. Risdiara dkk,2018*).

Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti di berbagai negara untuk mencari energi lain yang kita kenal sekarang dengan istilah energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, bio mass serta gelombang laut. Menurut Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM): “*Energi terbarukan adalah energi yang dapat diperbaharui dan apabila dikelola dengan baik, sumber daya itu tidak akan habis*”. Pertimbangan konservasi energi dan lingkungan hidup memang menuntut kita untuk segera dapat memanfaatkan energi terbarukan—yang tersedia dengan mudah dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan energi fosil. (*Rosnita Rauf,dkk*).

Menggabungkan beberapa sumber energi terbarukan dapat menjadi solusi untuk mengatasi kebutuhan energi listrik. Yang tidak hanya memberikan daya yang dapat diandalkan tetapi juga mengarah pada pengurangan kapasitas yang penyimpanan yang dibutuhkan. Meskipun sistem hybrid yang besar dapat memenuhi permintaan beban, tetapi itu bisa menjadi sangat mahal. Sistem hybrid yang berukuran kecil sangat ekonomis, tetapi tidak mencukupi untuk kebutuhan beban. Ukuran optimal dari sistem tenaga energi terbarukan tergantung pada model matematis dari komponen sistem (*B. Bhandari dkk, 2014*).

Sistem tenaga hibrid dapat berkisar dari sistem kecil yang mampu untuk menyediakan energi listrik untuk satu rumah tinggal sampai ke sistem besar yang dapat mengalirkan energi listrik untuk sebuah desa atau pulau. Sistem tenaga listrik hibrid memberikan dampak yang besar untuk daerah terpencil terutama negara berkembang dimana jaringan listrik nasional tidak layak secara teknis dan ekonomi (*B. Bhandari dkk, 2015*).

Pembangkit listrik hibrida merupakan kombinasi atau integrasi dari beberapa jenis pembangkit listrik berbasis energi terbarukan. Kedua jenis pembangkit tersebut dioperasikan bersama pada satu rel/busbar untuk melayani beban maksimum. (*Rimbawati & Yusri, 2020*)

Sebelum membuat dan mengoperasikan sistem hybrid energi terbarukan, biasanya akan dilakukan studi kelayakan. Studi analisis kelayakan meliputi kondisi iklim dari lokasi yang diusulkan, ketersediaan energi terbarukan dan penilaian beban dan beban permintaan. Studi kelayakan membantu dalam menemukan lokasi terbaik untuk mengembangkan sistem hybrid energi terbarukan surya dan angin (*V. Khare dkk, 2016*).

Ukuran sistem hybrid energi terbarukan umumnya bervariasi, dari beberapa KW hingga ratusan KW tergantung pada beban yang akan di diberikan. System hybrid energy terbarukan dengan kapasitas kurang dari 5 KW bisa digolongkan sebagai sistem kecil, Sistem semacam ini umumnya hanya melayani beban rumah tangga. Kemudian sistem dengan kapasitas lebih dari 5 KW dan kurang dari 100 KW dapat digolongkan sebagai sistem menengah. Biasanya digunakan untuk mengaliri sebuah desa dengan beberapa sumah yang terletak jauh dari jaringan utilitas. Tipe lain dari sistem yang dapat menggerakkan suatu wilayah dengan daya lebih dari 100 KW bisa disebut sebagai sistem besar. Sistem ini umumnya terhubung ke jaringan untuk memungkinkan pertukaran daya antara grid dan sistem jika terjadi kekurangan dan kelebihan daya (*A. Mahesh dkk, 2015*).

Teknologi penyimpanan energi telah menjadi elemen kunci untuk sistem hybrid energi terbarukan yang terletak di daerah terpencil, dimana sambungan ke jaringan listrik sangat terbatas. Karena sifat berubah-ubah dari energi terbarukan, berkaitan dengan suplai dan permintaan energi yang berfluktuasi merupakan

tantangan utama dalam mengelola energi hybrid. Pemasangan teknologi penyimpanan energi dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi tantangan ini. Penerapan sistem penyimpanan energi ini memastikan pengaturan beban secara real time dan memungkinkan pemanfaatan energy hybrid yang lebih baik dengan menghindari pelepasan beban disaat kelebihan produksi (*N.E. Mohammad Rozali dkk, 2015*).

Matahari (sinar matahari) adalah salah satu energi terbarukan, dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Indonesia merupakan negara tropis, sehingga sinar matahari tersedia cukup banyak sehingga mendapatkan energi listrik yang efisien dan aman (*Andrew Joewono dkk, 2017*).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, dengan cara memutar turbin dan generator untuk menghasilkan daya listrik skala kecil, yaitu sekitar 1 KW-100 KW. Pada sebuah pembangkit listrik, hal yang sangat perlu diperhatikan adalah kestabilan tegangan dan frekuensi keluaran yang dihasilkan oleh generator, hal ini diperlukan untuk mengamankan peralatan konsumen agar tidak mengalami kerusakan. (*Rimbawati & Yusniati, 2019*)

Pembauran sumber energi Microhydro-Solar Photovoltaic (PV) dan pembatasan pemakaian energi setiap rumah tangga dilakukan secara simultan baik pada musim hujan maupun kemarau adalah suatu solusi agar pasokan energi listrik dapat berkelanjutan dan berbiaya rendah. Pengoperasian bauran sumber energi tersebut tidaklah sama sederhananya apabila menggunakan sumber daya Microhydro sehingga dibutuhkan sebuah program. Program aplikasi ini digunakan untuk menghitung Total Initial Capital, Cost Of Energy (COE) dan Excess Energy dari HRES, (*Yusan Naim dkk, 2017*)

Perkembangan teknologi serta penggunaan sistem kontrol secara otomatis dapat menghasilkan kualitas keuntungan dalam memudahkan suatu pekerjaan sistem tertentu. Pembaharuan teknologi pada suatu sistem biasanya membutuhkan perbaikan dari sistem kontrol. Salah satu sistem kontrol yang digunakan yaitu Automatic Transfer Switch dengan menggunakan Programable Logic Controller Zelio sebagai unit kontrol. (*Rimbawati, 2021*)

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1 Photovoltaic

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Pemanfaatan energi surya di Indonesia telah diarahkan ke penyediaan listrik di pedesaan atau daerah-daerah yang letaknya sulit untuk dijangkau oleh instalasi listrik pedesaan. Energi radiasi matahari dirubah menjadi energi listrik dengan mempergunakan pembangkit listrik tenaga surya atau disebut juga teknologi *photovoltaic* yang terbuat dari bahan semi konduktor lainnya, yang disebut *solar cell*. Teknologi selain teknologi dari sumber energi yang tidak terbatas (cahaya matahari) juga terkenal ramah lingkungan sehingga memiliki daya guna yang tinggi.

Pembangkit listrik tenaga surya itu konsepnya sederhana. Yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya ini dikatakan bersih dan ramah lingkungan. Pembangkitan energi listrik pada sel surya terjadi berdasarkan efek fotolistrik, atau disebut juga efek fotovoltaik, yaitu efek yang terjadi akibat foton dengan panjang gelombang tertentu yang jika energinya lebih besar daripada energi ambang semikonduktor, maka akan diserap oleh elektron sehingga elektron berpindah dari pita valensi (N) menuju pita konduksi (P) dan meninggalkan *hole* pada pita valensi, selanjutnya dua buah muatan, yaitu pasangan elektron-hole, dibangkitkan. Aliran elektron-hole yang terjadi apabila dihubungkan ke beban listrik melalui penghantar akan menghasilkan arus listrik.

Dalam cahaya matahari terkandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton ini mengenai permukaan sel surya, elektron-elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip photoelectric. Sel surya dapat tereksitasi karena terbuat dari material semikonduktor yang

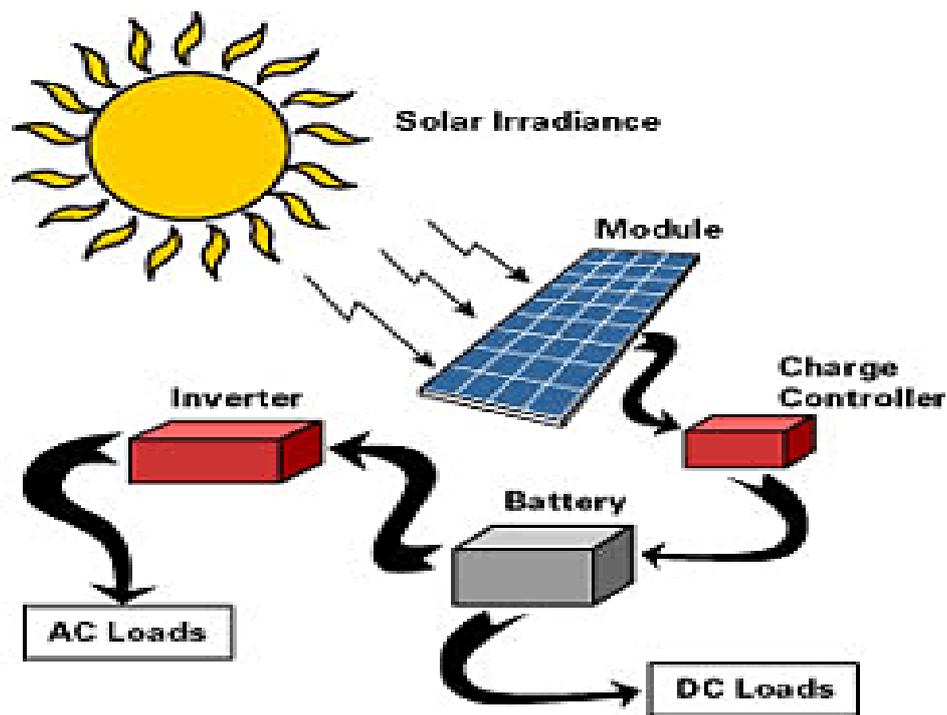
mengandung unsur silikon. Silikon ini terdiri atas dua jenis lapisan sensitif: lapisan negatif (tipe-n) dan lapisan positif (tipe-p). Sel surya ini mudah pecah dan berkarat jika terkena air. Karena itu sel ini dibuat dalam bentuk panel-panel ukuran tertentu yang dilapisi plastic atau kaca bening yang kedap air. Panel ini dikenal sebagai panel surya. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya dapat langsung digunakan atau disimpan lebih dahulu ke dalam batere. Arus listrik yang dihasilkan adalah listrik dengan arus searah (DC) sebesar 3.5 A. Besar tegangan yang dihasilkan adalah 0.4-0.5V. Kita dapat mendesain rangkaian panel-panel surya, secara seri atau paralel, untuk memperoleh output tegangan dan arus yang diinginkan. Untuk memperoleh arus bolak balik (AC) diperlukan alat tambahan yang disebut inverter. Prinsip kerja dari panel surya adalah jika cahaya matahari mengenai panel surya, maka elektron – elektron yang ada pada sel surya akan bergerak dari N ke P, sehingga pada terminal keluaran dari panel surya akan menghasilkan energi listrik. Besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya berbeda – beda tergantung dari jumlah sel surya yang dikombinasikan didalam panel surya tersebut. Keluaran dari panel surya ini adalah berupa listrik arus searah (DC) yang besar tegangan keluarannya tergantung dengan jumlah sel surya yang dipasang didalam panel surya dan banyaknya sinar matahari yang menyinari panel surya tersebut.

Keluaran dari panel surya ini sudah dapat digunakan langsung ke beban yang memerlukan sumber tegangan DC dengan konsumsi arus yang kecil. Agar energi listrik yang dihasilkan juga dapat digunakan pada kondisi – kondisi seperti pada malam hari (kondisi saat panel surya tidak disinari cahaya matahari), maka keluaran dari panel surya ini harus di hubungkan ke sebuah media penyimpanan (*storage*). Dalam hal ini adalah batere. Tetapi ini tidak langsung dihubungkan begitu saja dari panel surya ke batere, tetapi harus dihubungkan ke rangkaian Regulator, dimana didalam rangkaian tersebut terdapat rangkaian pengisi Batere otomatis (*Automatic charger*).

Fungsi dari Regulator ini adalah untuk meregulasi tegangan keluaran dari panel surya dan mengatur arus yang masuk ke Batere secara otomatis. Selain itu Regulator berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan arus dari Panel Surya ke Batere secara otomatis dan juga berfungsi untuk memutuskan aliran arus

dari batere ke beban bila terjadi hubungsingkat ataupun beban yang berlebihan. Tipe regulator yang dirancang disini adalah tipe modifikasi atau gabungan antara seri dan paralel.

Panel Surya sebenarnya dapat langsung digunakan tanpa diberi rangkaian regulator ataupun batere, tetapi ini tidak dilakukan karena dapat membebani kinerja dari panel (akibat adanya beban yang berlebihan) sehingga tidak akan terjadi kerusakan yang fatal pada panel surya tersebut. Selain itu regulator ini juga berfungsi untuk mengamankan dari terjadinya kelebihan beban dari panel surya sehingga panel surya tidak cepat rusak. Hubungan batere dengan beban adalah dihubungkan paralel langsung ke beban. Jika batere tersebut telah terisi dengan penuh. Untuk melindungi batere akibat adanya beban yang berlebihan (*over load*) ataupun hubungsingkat pada beban, maka sebelum batere dihubungkan langsung harus melewati rangkaian proteksi. Dimana fungsinya sudah cukup jelas, yaitu untuk memproteksi ataupun melindungi batere akibat adanya beban yang berlebihan (*over load*) ataupun hubungsingkat pada beban. Jika menginginkan hasil keluaran listrik dari PLTS ini berupa listrik arus bolak-balik (AC) maka PLTS yang sudah dapat mengeluarkan listrik arus searah (DC) ini harus dihubungkan ke sebuah rangkaian elektronik / modul elektronik yang bernama *Inverter DC – AC*. Dimana *Inverter DC – AC* berfungsi untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak – balik (AC). Setelah arus listrik searah diubah menjadi arus listrik bolak – balik, selanjutnya keluaran dari inverter ini yang telah berupa arus bolak – balik ini dapat langsung digunakan untuk mencatu peralatan listrik dan elektronika yang membutuhkan arus bolak-balik. Besarnya tegangan dan daya keluaran yang dapat dihubungkan ke beban nantinya harus sesuai dengan kemampuan *inverter* yang dipakai dan besarnya sistem penyimpanan yang digunakan (besarnya *ampere hour (AH)* atau amper jam dari batere).



Sumber: <https://tenagatahari.wordpress.com/beranda/konsep-kerja-sistem-plts/>

Gambar 2. 1. Skema Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS dapat berupa beberapa system, yaitu:

- a. *Centralized PV* sistem adalah PLTS yang mensuplai listrik secara terpusat untuk berbagai lokasi/beban yang bersifat *on grid* maupun *off grid*.
- b. Sistem *stand alone* hanya mensuplai listrik khusus untuk kebutuhan beban yang tersebar di masing-masing lokasi dan bersifat *off grid*.
- c. *System hybrid*, PLTS digunakan bersama-sama dengan sistem pembangkit lainnya dalam mensuplai listrik.

## 2.2.2 Komponen Utama Photovoltaic

### 1. Photovoltaic Modul

Modul Photovoltaic atau biasa disebut modul surya adalah perangkat yang terdiri dari bahan semikonduktor seperti silikon, galium arsenide dan kadmium telluride, dll yang mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik. Ketika solar cell menyerap sinar matahari, elektron-elektron bebas dan lubang-

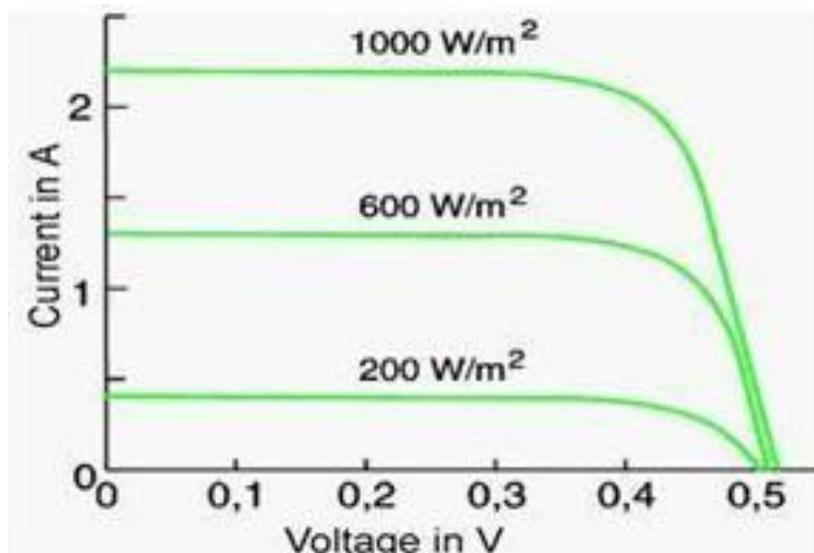
lubang membuat sambungan positif/negatif, dan ketika dihubungkan dengan beban DC, maka arus listrik akan mengalir ke beban tersebut.



Sumber: <https://www.sun-lab.com/en/module-manufacturer/>

Gambar 2. 2 Photovoltaic Modul

Suatu kristal silikon tunggal *photovoltaic* dengan luas permukaan 100 cm<sup>2</sup> akan menghasilkan sekitar 1,5 W dengan tegangan sekitar 0,5 V tegangan searah (0,5 V-DC) dan arus sekitar 2 A di bawah cahaya matahari dengan panas penuh (intensitas sekitar 1000 W/m<sup>2</sup>).



Sumber: <https://dandanluhur.wordpress.com>

Gambar 2. 3 Karakteristik Sel Photovoltaic

## 2. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah suatu alat kontrol yang berfungsi untuk mengatur tegangan dan arus yang dikeluarkan dari modul surya, melakukan proses pengisian battery, mencegah battery dari pengisian yang berlebihan, juga mengendalikan proses discharge. Yang perlu diperhatikan dalam menggunakan charge controller ini adalah besarnya tegangan dan daya yang dikeluarkan modul surya dan yang dapat diterima battery. Satuan untuk tegangan adalah Volt, sedangkan kuat arus dalam ampere, misalnya 12volt/10A.



*Sumber : jakartanotebook.com*

Gambar 2. 4 Solar Charge Controler

## 3. Baterai

Baterai berfungsi untuk menyimpan sementara listrik yang dihasilkan modul surya, agar dapat digunakan pada saat energi matahari tidak ada (malam hari atau cuaca), besaran kemampuan menyimpan arus listrik diukur dalam satuan watt jam (watthour/WH). Besarnya kemampuan menyimpan arus listrik ditentukan dari berapa besar kebutuhan daya listrik dan kemampuan modul surya dalam mengisi baterai.



Sumber: solarpanelsurya.com

Gambar 2. 5 Baterai

#### 4. Inverter

Listrik yang dihasilkan dari Solar System adalah listrik arus searah / direct current (DC), sedangkan peralatan listrik yang kita gunakan kebanyakan menggunakan listrik arus tidak searah (alternating current (AC), karena itu agar peralatan listrik AC kita dapat tepa beroperasi menggunakan listrik hasil dari solar system, maka harus menggunakan inverter, yaitu alat untuk mengubah arus searah menjadi arus tidak searah, dan tegangannya disesuaikan dengan tegangan yang dibutuhkan.



Sumber : panelsuryajakarta.com

Gambar 2. 6 Inverter

### **2.2.3 Mikrohidro**

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air.

Dengan demikian, sistem pembangkit mikrohidro cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan pedesaan. Beberapa keuntungan yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga listrik mikrohidro adalah sebagai berikut:

1. Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis yang lain, PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
2. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit latihan.
3. Tidak menimbulkan pencemaran.
4. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.
5. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

Daerah pegunungan memiliki potensi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) lebih baik karena sebagian daerah pegunungan terdapat sumber mata air yang mengalir melalui sungai-sungai sepanjang tahun. Aliran sepanjang tahun dan mempunyai ketinggian dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

### **2.2.4 Prinsip Kerja Mikrohidro**

Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhan air (head). Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Relatif kecilnya energi yang dihasilkan mikrohidro dibandingkan dengan PLTA

yang berskala besar, berimplikasi pada relatif sederhananya peralatan serta kecilnya areal yang diperlukan guna instalasi dan pengoperasian mikrohidro.

Prinsip dasar mikrohidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (head) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Daya yang masuk ( $P_{gross}$ ) merupakan penjumlahan dari daya yang dihasilkan ( $P_{net}$ ) ditambah dengan faktor kehilangan energi (loss) dalam bentuk suara atau panas. Daya yang dihasilkan merupakan perkalian dari daya yang masuk dikalikan dengan efisiensi konversi.

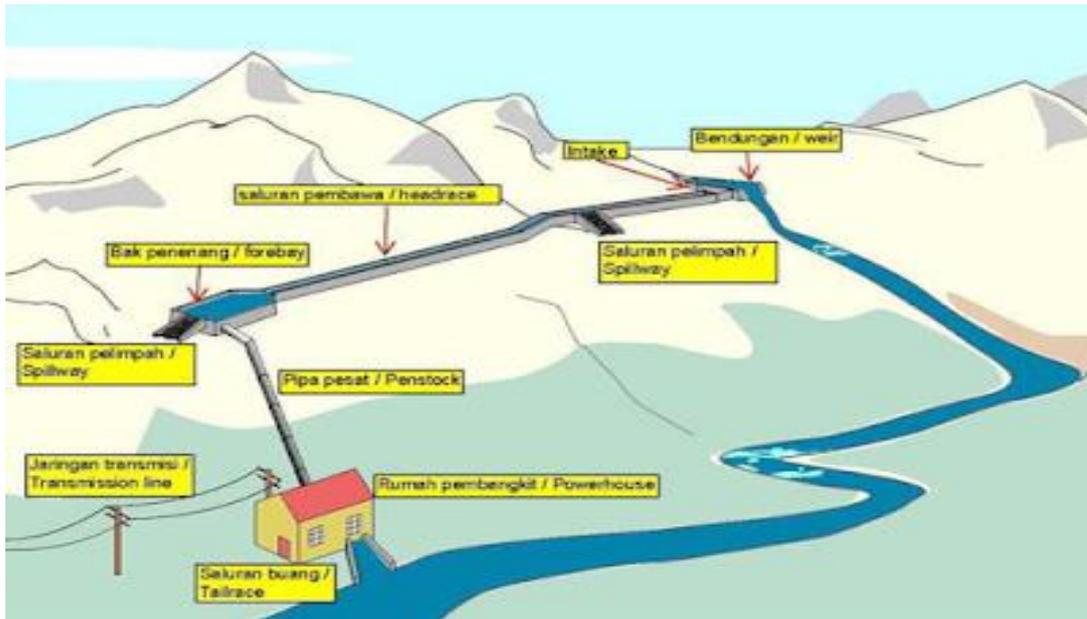
Peningkatan kebutuhan suplai daya ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi untuk perluasan jaringan listrik, membuat Mikrohidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Hal ini dikarenakan Skema Mikrohidro yang mandiri dapat menghemat dari jaringan transmisi, karena skema perluasan jaringan tersebut biasanya memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal. Potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia karena banyak terdapatnya hutan hujan tropis, membuat kita harus bisa mengembangkan potensi ini, karena air adalah sebagai sumber energi yang dapat terbarukan dan alami. Bila hal ini dapat terus dieksplorasi, konversi air menjadi energi listrik sangat menguntungkan bagi negeri ini. PLTMH skala kecil sangat tergantung dengan ketersediaan air dan kondisi alam sekitar pembangkit, untuk itu perkiraan debit air dan maksimum sangat penting dalam suatu perencanaan. Pada dasarnya, rancangan instalasi mikro-hidro sangat bergantung pada kondisi geografis masing-masing lokasi, namun terdapat komponen utama yang selalu tersedia di setiap lokasi, yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Ketersediaan sumber air merupakan faktor utama yang menentukan apakah sebuah tempat dapat dibangun instalasi PLTMH atau tidak. Sumber air ini dapat berasal dari aliran mata air, sungai, air terjun alam, atau saluran irigasi. Secara prinsip, PLTMH memanfaatkan energi potensial yang dibawa air untuk menghasilkan energi listrik. Energi potensial dalam bentuk tinggi energi (head) ini dapat diperoleh secara

alami (dari faktor geografis, seperti air terjun), atau dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi.

### 2.2.5 Komponen Utama Mikrohidro

Ada beberapa komponen utama dalam perencanaan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini yaitu :

1. Bendungan Pengalih (*intake*) berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ke dalam sebuah bak pengendap.
2. Bak Pengendap (*Settling Basin*) digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.
3. Saluran Pembawa (*Headrace*) mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.
4. Bak penenang (*Forebay*) yang berfungsi untuk mencegah turbulensi air sebelum diterjunkan melalui pipa pesat
5. Pipa Pesat (*Penstock*) dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin.
6. Turbin berfungsi untuk mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis.
7. Pipa Hisap, (*draft tube*) berfungsi untuk menghisap air, mengembalikan tekanan aliran yang masih tinggi ke tekanan atmosfer.
8. Generator berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis.
9. Panel kontrol berfungsi untuk menstabilkan tegangan.
10. Pengalih Beban (*Ballast load*) berfungsi sebagai beban sekunder (*dummy*) ketika beban konsumen mengalami penurunan. Kinerja pengalih beban ini diatur oleh panel kontrol.



Sumber : Makalah perkuliahan PLTMH bapak Zulfikar.ST.MT

Gambar 2. 7 Skema Instalasi PLTMH

Di Indonesia telah terdapat banyak sekali PLTMH dan waduk untuk menampung air, tinggal bagaimana kita dapat mengembangkan PLTMH menjadi lebih baik lagi dan lebih efisien. Untuk membuat Pembangkit Listrik Mikro Hidro ( PLTM), diperlukan juga komponen pendukung yaitu seperti :

a. Air Terjun

Air terjun banyak sekali ditemui di negara kita Indonesia, sehingga merupakan sumber energi potensial yang sangat besar untuk kemudian dapat digunakan bagi kepentingan masyarakat. Klasifikasi air terjun dan kapasitas pembangkit hidro yang dihasilkan klasifikasi tinggi terjun dan kapasitas daya (Istilah Power Output Permen ESDM Tahun 2002) sebagai berikut:

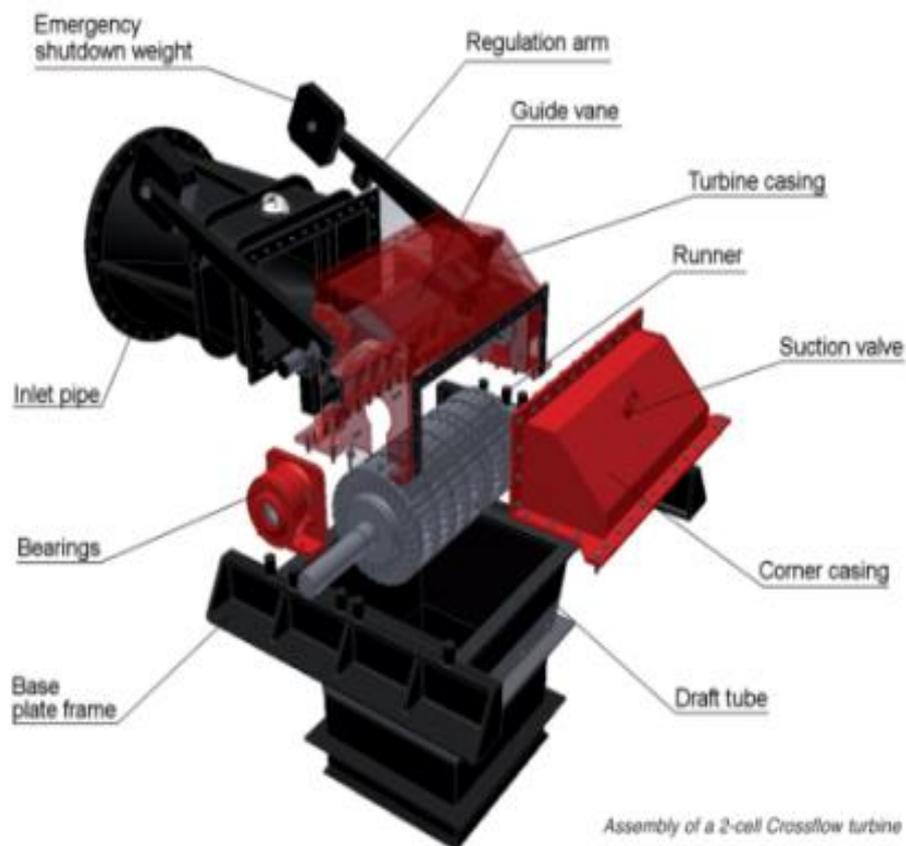
- 1) *Pico Hydro* <500 W
- 2) *Micro Hydro* 500 W hingga 100 kW < 1 MW
- 3) *Mini Hydro* 100 kW hingga 1 MW 1 MW-10 MW
- 4) *Small Hydro* 1 MW hingga 10 MW
- 5) *Full-scale (large) Hydro* >10 MW

Pembangkit listrik tenaga Mikro hidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air perdetik yang ada pada aliran air saluran

irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik.

#### b. Turbin

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satubagian yang bergerak, "asembli rotor blade/runner". Bagian-bagian turbin mikrohidro disajikan pada Gambar.



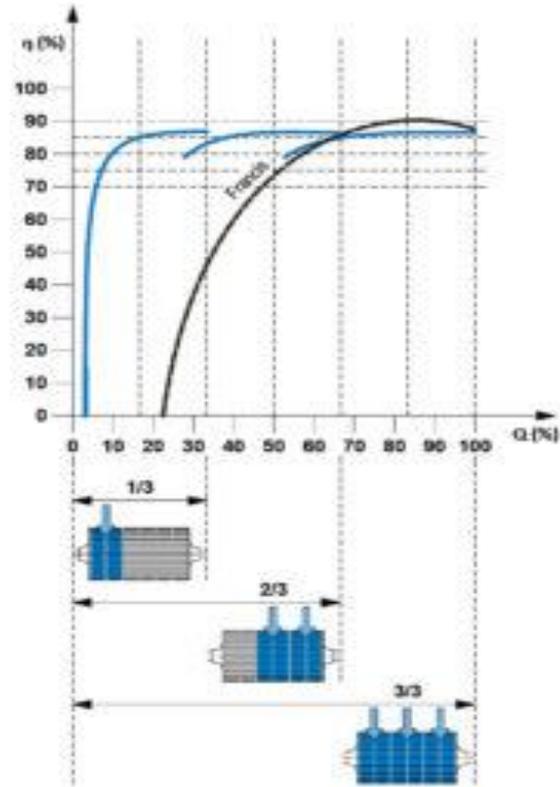
Sumber: <https://www.cink-hydro-energy.com/id/turbin-crossflow/>

Gambar 2. 8 Bagian Turbin Mikrohidro

Penjelasan tentang tingkat efisiensi, daya turbin dan generator adalah sebagai berikut:

### 1) Tingkat Efisiensi Turbin

Total efisiensi turbin crossflow mini dengan ketinggian yang kecil adalah 84% sepanjang aliran. Efisiensi maksimum dari turbin menengah dan besar dengan ketinggian yang besar, adalah 87%. Kurva efisiensi turbin disajikan pada Gambar



Sumber: <https://www.cink-hydro-energy.com/id/turbin-crossflow/>

Gambar 2. 9 Kurva Efisiensi Turbin Cross Flow

### 2) Daya Turbin

Besarnya daya pada PLTMH pada keadaan debit maksimum adalah dirumuskan sebagai berikut:

$$P = g \times Q \times H \times \eta \dots\dots\dots (2.1)$$

### 3) Generator

Generator adalah alat untuk mengubah energi mekanik menjadi tenaga listrik. Tipe generator yang akan dipergunakan di PLTMH adalah generator sinkron horizontal shaft dengan putaran sebesar 1000 rpm. Pada generator sinkron Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTM) menggunakan kecepatan 1000 rpm sehingga kutub dalam generator berjumlah,

$$P = \frac{120 f}{N} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

N = Perputaran Generator (rpm)

P = Jumlah kutub

f = Frekuensi (Hz)

#### Perhitungan Besarnya Daya Keluaran Generator Pada PLTMH

**a.** Perhitungan Debit Air: Debit merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. Ukuran debit air akan menentukan besarnya energi yang mampu dihasilkan.

**b.** Untuk menghitung debit air yang mengalir, digunakan rumus:

$$\dots \text{Debit} = \frac{\text{Volume Aliran Air}}{\text{Waktu Aliran}} \dots\dots\dots(2.3)$$

**c.** Tinggi Jatuh Air (*Head*): Untuk mendapatkan tinggijatuh air dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode *water-filled tube* dimana diukur dari permukaan airatas pada nozzel hingga air menyentuh sudu pada *runnerturbin*.

**d.** Perhitungan Daya Input (*Pin*): Setelah diperoleh besarnya debit dan *head*, maka dapat ditentukan besarnya daya input (*Pin*) yang dihasilkan dengan rumus:

$$P_{in} = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

$P_{in}$  = Daya input

P = Massa jenis air (1000kg/m<sup>3</sup>)

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

G = Percepatan Gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

H = Tinggi jatuh air (m)

**e.** Daya Output Generator ( $P_{out}$ ): Daya output generator dihitung berdasarkan perkalian antara tegangan dan arus yang diukur menggunakan alat yaitu multimeter. Secara matematis, daya output dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{out} = V \cdot I \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$P_{out}$  = Daya keluar (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

- f. Perhitungan Efisiensi Masing – Masing Turbin: Efisiensi dihitung dengan membagi daya yang keluar dari generator dengan daya masuk, atau secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut

$$\eta: P_{out}/P_{in} \dots \dots \dots (2.6)$$

### 2.2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH)

PLTH adalah suatu sistem pembangkit listrik (PL) yang memadukan beberapa jenis Pembangkit Listrik, pada umumnya antara Pembangkit Listrik berbasis BBM dengan Pembangkit Listrik berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT). Merupakan solusi untuk mengatasi krisis BBM dan ketiadaan listrik di daerah terpencil, pulau-pulau kecil dan pada daerah perkotaan. Umumnya terdiri atas : modul surya, turbin angin, generator diesel, mikrohidro, baterai, dan peralatan kontrol yang terintegrasi. Tujuan menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Mampu menghasilkan daya listrik secara efisien pada berbagai kondisi pembebanan.

PLTH umumnya didisain untuk daerah terpencil (tak ada grid) dengan jumlah rumah yang relative banyak (>100 rumah per desa) dan jarak antar rumah yang berdekatan (PLTH bersifat centralized) dan listrik AC yang dihasilkan kemudian didistribusi kerumah–rumah melalui jaringan distribusi.

Desain PLTH dilakukan dengan memperhatikan prinsip kesetimbangan energi (*energy balance*) yang didasarkan pada beberapa faktor berikut:

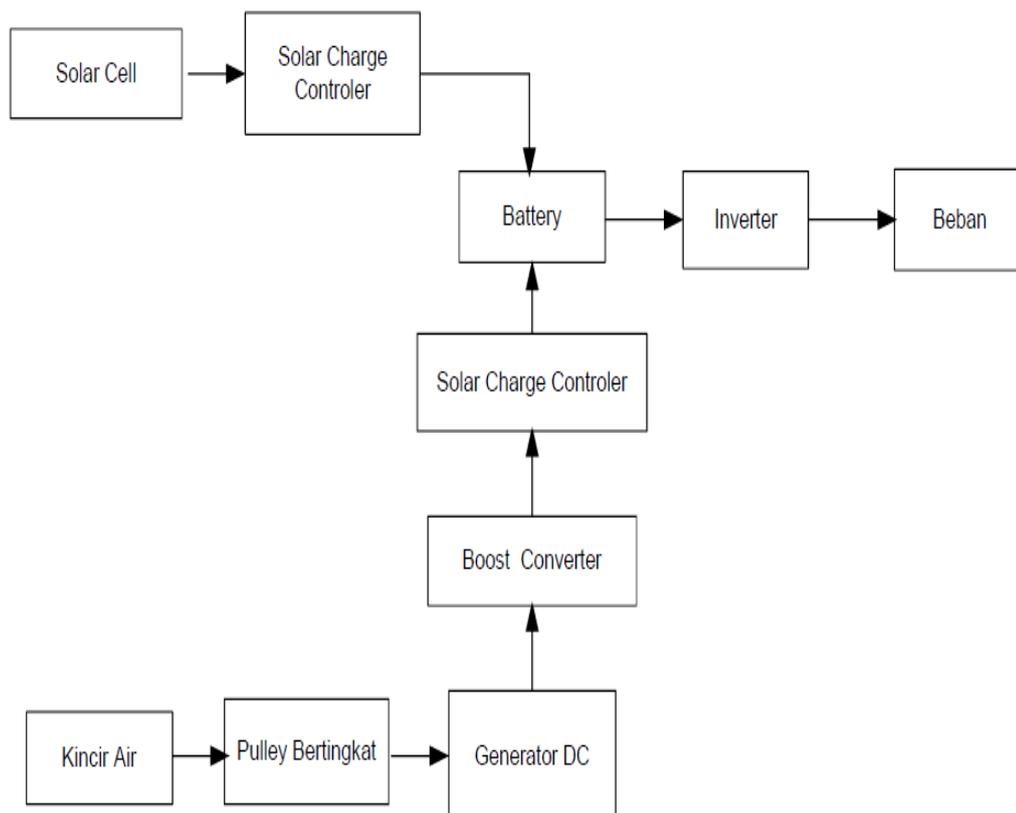
1. Potensi sumber energi terbarukan (surya , air, angin dll)
2. Kebutuhan beban pada kondisi normal sesuai kurva beban harian
3. Karakteristik dan spesifikasi teknis peralatan yang direncanakan.

PLTH menawarkan solusi fleksible untuk suplai energi listrik di daerah terpencil. Kombinasi dan porsi berbagai sumber energi lokal (solar, wind, hydro, biomass dll) dapat diintegrasikan untuk memenuhi kebutuhan listrik lokal. PLTH

menawarkan suplai energi yang handal baik untuk daerah yang tak terhubung dengan grid maupun memiliki akses ke grid yang tidak baik dan dapat berkontribusi pada pengembangan berkelanjutan, sehingga sangat cocok untuk awal abad ke-21.

Suatu sistem PLTH biasanya dibangun dari:

1. Inverter dengan rating daya kontinyu 60% dari daya beban
2. Satu atau dua mesin dan generator diesel yang biasanya memiliki kapasitas sama hingga 1,5 kali rating daya inverter dan dilengkapi sistem control otomatis
3. Sistem penyimpanan yang biasanya berupa bank baterai lead-acid dengan kapasitas penyimpanan minimum tertentu
4. Sistem pembangkit energi terbarukan seperti photovoltaic dilengkapi regulator
5. Sistem kontrol berbasis mikroprosesor untuk keperluan monitoring dan otomasi manajemen sistem.



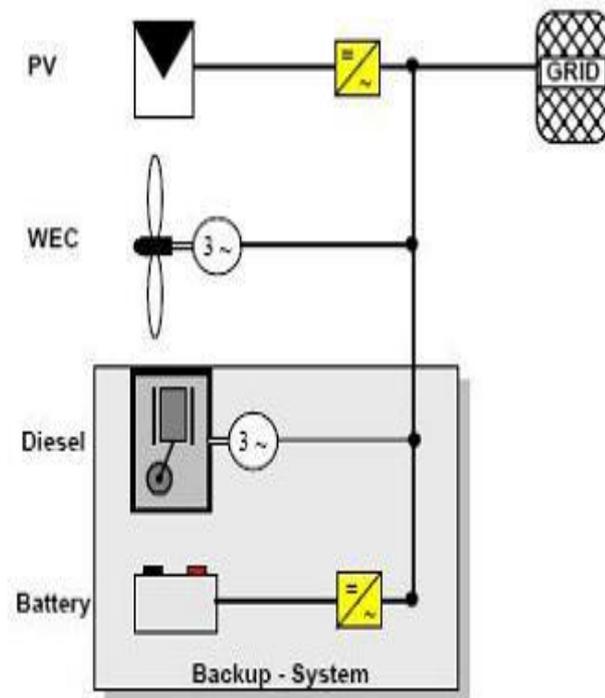
*Sumber: Jurnal Slamet Hani, 2021*

Gambar 2. 10 Diagram Alur PLTH

### 2.2.7 Arsitektur Sistem Hibrid

Karena karakteristik dari masing-masing pembangkit yang berbeda-beda, menyebabkan beberapa variasi dalam arsitektur sistem hibrid.

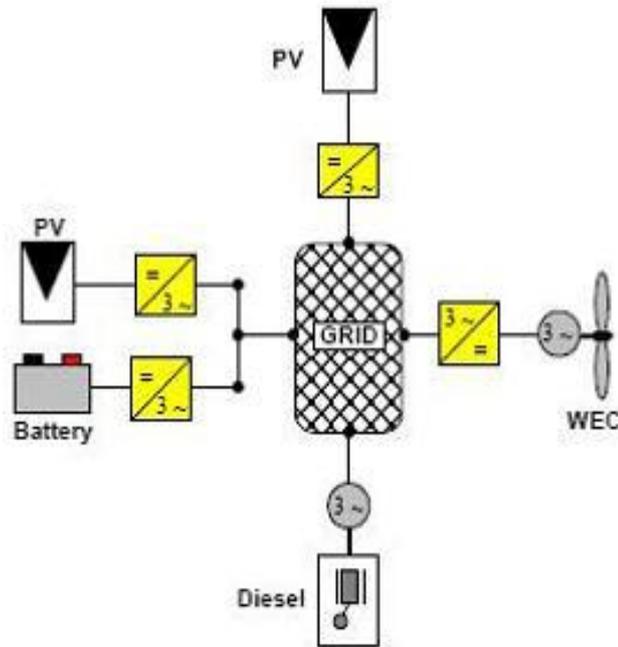
1. Pembangkit-pembangkit dan baterai dipasang disuatu lokasi dan dihubungkan ke AC bus sebelum dikoneksikan ke grid. Diperlihatkan pada Gambar.



*Sumber: Jurnal Rosnita Rauf, 2017*

Gambar 2. 11 Sistem backup dan pembangkit satu lokasi

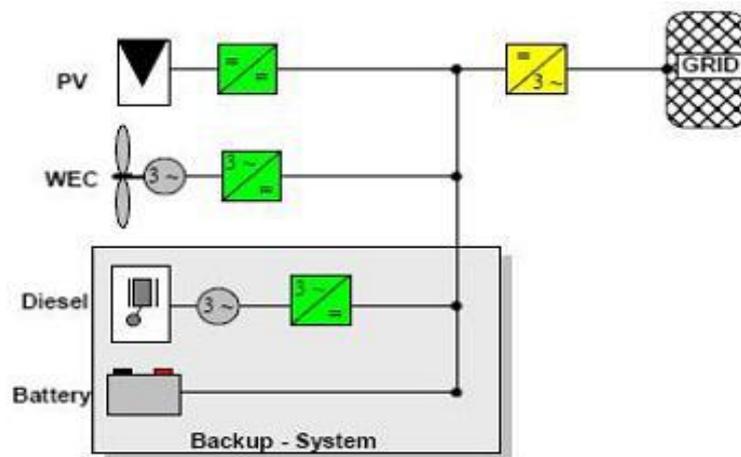
2. Pembangkit terdistribusi pada lokasi yang berbeda dan setiap pembangkit di koneksikan ke grid secara terpisah. Diperlihatkan pada Gambar.



Sumber: Jurnal Rosnita Rauf, 2017

Gambar 2. 12 Backup dan pembangkit dipasang terpisah

3. Dilakukan konversi tegangan AC ke DC pada pembangkit yang menghasilkan daya AC. Selanjutnya daya DC tersebut dikoneksikan ke DC bus dan sebuah pengubah tegangan DC ke AC digunakan untuk mengumpankan ke grid (AC), seperti terlihat pada gambar.



Sumber: Jurnal Rosnita Rauf, 2017

Gambar 2. 13 Pembangkit dengan konversi AC/DC

### 2.2.8 Cara Kerja PLTH Secara Umum

Cara kerja Pembangkit Listrik Sistem Hybrid tergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakaian energi (load profile) yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya.

Load profil ini sangat dipengaruhi penyediaan energinya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka kombinasi sumber energi antara Sumber energi terbarukan atau disebut Pembangkit Listrik Sistem Hibrida adalah salah satu solusi paling cocok untuk sistem pembangkitan yang terisolir dengan jaringan yang lebih besar seperti jaringan PLN

Pada umumnya PLTH bekerja sesuai urutan sebagai berikut:

1. Pada kondisi beban rendah, maka beban disuplai 100% dari baterai dan PV module, selama kondisi baterai masih penuh sehingga diesel tidak perlu beroperasi.
2. Untuk beban diatas 75% beban inverter (tergantung setting parameter) atau kondisi baterai sudah kosong sampai level yang disyaratkan, diesel mulai beroperasi untuk mensuplai beban dan sebagian mengisi baterai sampai beban diesel mencapai 70-80% kapasitasnya (tergantung setting parameter). Pada kondisi ini Hybrid Controller bekerja sebagai charger (merubah tegangan AC dari generator menjadi tegangan DC) untuk mengisi baterai.

### 2.2.9 SMART RELAY

Smart Relay adalah suatu alat pengontrolan yang hampir mirip dengan PLC (*Programmable Logic Controller*), hanya kelasnya masih dibawah PLC. Smart relay dapat didefinisikan sebagai perangkat kendali yang dapat diprogram secara berulang-ulang untuk menjalankan instruksi logika, timer, counter, penjadwalan dengan internal RTC dan membaca data analog untuk proses *batch*. Seperti halnya PLC, Smart relay juga termasuk jenis *programmable controller*. Secara fungsional smart relay sangat mirip dengan PLC, namun fitur-fitur dalam smart relay lebih sederhana dibanding PLC. Dalam pembuatan program, smart relay lebih mudah dibandingkan pemograman dalam PLC. Selain itu yang sudah

pasti adalah harganya yang lebih rendah dari PLC. Untuk fungsi yang tidak begitu kompleks smart relay adalah sebuah pilihan yang tepat. Smart relay juga dapat digunakan sebagai pengendali otomatis pada berbagai ranah aplikasi, baik industri, rumah tangga, bangunan komersil (Mall dan Hotel) dan bangunan kantor. Misalnya, penggerak konveyer pada proses industri, pengendali suhu, mesin pengisi air otomatis, pintu otomatis dan lain sebagainya.

Hampir semua merk PLC juga mempunyai smart relay nya, misalnya *Omron* dengan *Zen*, *Schneider* dengan *Zelio*, *Siemens* dengan *Logo* dan lain sebagainya. Smart relay ini dirancang sebaik mungkin agar mudah dioperasikan dan dapat diprogram oleh *non programmer* khusus. Oleh karena itu perancang smart relay telah menempatkan sebuah program awal (interpreter) di dalam piranti ini yang memungkinkan pengguna menginput program-program kontrol sesuai dengan kebutuhan mereka. Program-program tersebut dapat dijalankan dengan suatu bentuk bahasa pemrograman yang relatif sederhana dan mudah untuk dimengerti. Selain itu program-program tersebut juga dapat diubah atau diganti dengan mudah sesuai dengan kebutuhan.

Terdapat 2 model smart relay berdasarkan kegunaannya yaitu model *compact* dan model *modular*. Jika aplikasi yang akan dibuat memiliki jumlah  $\leq 20$  (12 *input* dan 8 *output*) maka model *compact* adalah pilihan yang cocok karena tidak membutuhkan modul tambahan. Dan jika jumlah I/O lebih dari 20, maka pemilihan model *modular* adalah pilihan yang tepat, karena pada model *modular* dapat ditambahkan *extension module* sehingga dapat ditambahkan input dan output. Meskipun demikian penambahan modul tersebut tetap terbatas hanya bisa ditambahkan sampai dengan 40 I/O. Selain itu untuk model *modular* juga dapat dimonitor dengan jarak jauh dengan penambahan modul *gsm* atau *modem*.

#### **2.2.10 Smart Relay Zelio Logic SR3B261BD**

*Zelio* adalah brand dari smart relay keluaran *Telemecanique* atau *Schneider Electric* sebagai perusahaannya. Smart Relay *Zelio* yang digunakan adalah tipe SR3B261BD.



Sumber: <https://images.app.goo.gl/BBCLcvy3KxLiSHm29>

Gambar 2. 14 Smart Relay Zelio Logic SR3B261BD

Smart relay ini merupakan smart relay model *modular* yang dapat di tambahkan *extension* modul. Smart relay ini memiliki layar yang dapat digunakan untuk melihat maupun mengganti program yang telah diinput ke dalamnya. Smart relay jenis ini hanya membutuhkan tegangan DC 24 volt sebagai *power supply* dengan I/O berjumlah 26 buah. Keunggulan Smart Relay Zelio logic SR3B261BD adalah:

1. Pemrograman yang sederhana. Dengan adanya layar LCD yang besar dengan backlight yang memungkinkan dilakukan pemrograman melalui front panel atau menggunakan software “Zelio Soft 2” melalui komputer.
2. Sangat mudah untuk diimplementasikan dan waktu implementasi proyek lebih cepat.
3. Open connectivity. Sistem zelio dapat dimonitor secara jarak jauh dengan cara menambahkan extension modul berupa modem.
4. Bersifat fleksibel dan sangat handal.
5. Mudah dalam modifikasi (dengan software).

6. Tersedianya modul komunikasi MODBUS sehingga Zelio dapat menjadi Slave PLC dalam suatu jaringan PLC.
7. Dapat diprogram dengan menggunakan Ladder dan FBD (Function Block Diagram).
8. Terdapat fasilitas Fast Counter hingga 1 KHz.
9. Dapat diprogram dengan menggunakan Ladder dan FBD.
10. Terdapat 16 buah Timer (11 macam), 16 buah counter, 8 buah blok fungsi clock setiap blok fungsi memiliki 4 kanal, automatic summer/winter timeswitching, 16 buah analog comparator.
11. Dapat ditambahkan 1 modul I/O tambahan.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat dan Waktu**

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul Tiga Juhar, Kec. STM Hulu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Waktu pelaksanaan penelitian tugas akhir ini berlangsung dari bulan april sampai dengan selesai.

#### **3.2. Alat dan Bahan Penelitian**

Dalam penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai penunjang perakitan komponen. Alat dan Bahan yang di gunakan sebagai berikut:

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tang Ampere Digital, berfungsi untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang di aliri arus listrik dengan menggunakan dua rahang penjepitya (Clamp) tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listrik.
2. Multimeter Digital, berfungsi untuk mengukur tegangan listrik baik tegangan AC maupun DC, arus listrik dan tahanan listrik (resistansi). Multimeter digital juga berfungsi memeriksa hubung singkat (koneksi), memeriksa transistor, elco, diode, led, diode zener, dll.
3. Tang Crimping (Tang Press), berfungsi untuk pegencang kabel lug terhadap kabel. Dengan menggunakan Tang Crimping akan di pastikan kekuatan dan kekencangan sambungan antara kabel beserta soket nya lebih terjamin.

4. Obeng, berfungsi untuk memasang dan melepas skrup antar komponen. Bila di tinjau dari penampangnya, di bedakan menjadi 2, yaitu obeng pipih (-/min) dan obeng plus (+/kembang/bintang/philip).
5. Pisau Cutter, berfungsi untuk memotong sebuah benda. Pisau cutter terdiri dari dua bagian utama, yaitu bilah pisau dan gagang pisau. Bilah pisau terbuat dari logam pipih yang tepinya di buat tajam yang disebut mata pisau, sedangkan pegangan pisau (gagang pisau) berbentuk memanjang agar dapat di genggam dengan tangan.
6. Penggaris, berfungsi untuk mengukur dan membuat garis lurus pada panel.
8. Tespen, berfungsi untuk memeriksa atau mengetahui ada tidaknya suatu tegangan listrik.
9. Tang Potong, berfungsi untuk memotong kabel dan kawat serta berfungsi juga sebagai membuka tembaga pada kabel.
10. Spidol Permanent, berfungsi untuk memberi tanda (bacaan) pada saat pengerjaan panel kontrol.
11. Bor Listrik, berfungsi untuk membuat lubang pada panel kontrol.

### **3.2.2 Bahan Penelitian**

Berikut merupakan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini yaitu:

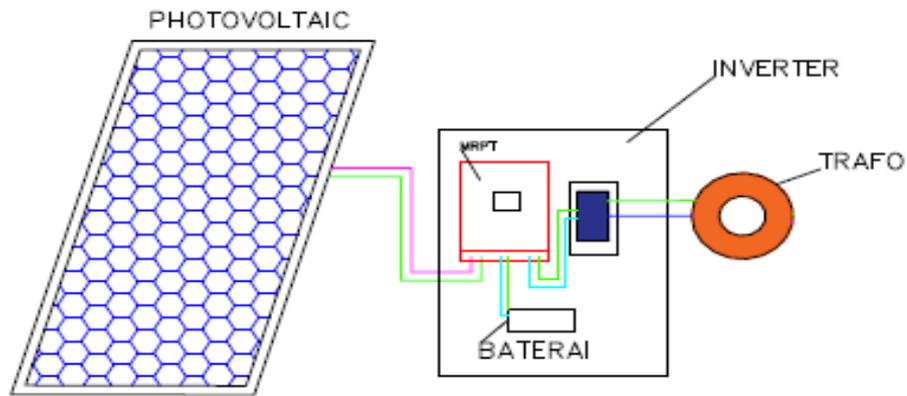
1. Modul Monocrystalline dengan spesifikasi daya 1000 watt, arus 4,55 ampere, dan tegangan 34 VDC, berfungsi mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik.
2. Inverter dengan spesifikasi daya 1000 watt, arus 4,55 ampere dan tegangan 220 VAC, berfungsi mengubah arus searah menjadi arus tidak searah, dan tegangannya disesuaikan dengan tegangan yang dibutuhkan.
3. Baterai dengan spesifikasi daya 2400 watt, tegangan 12 volt, dan 25 ampere, berfungsi untuk menyimpan sementara listrik yang dihasilkan modul surya.
4. Solar Charge Controler, berfungsi mengatur tegangan dan arus yang dikeluarkan dari modul surya, malakukan proses pengisian battery, mencegah battery dari pengisian yang berlebihan.

5. Turbin, digunakan untuk mengkonversi energi kinetik berupa air dan selanjutnya di konversikan ke energi putaran mekanis.
6. Generator berguna sebagai penghasil energi listrik dari putaran energi mekanis.
7. Power Supply berfungsi untuk menyuplai tegangan langsung kekomponen dalam casing yang membutuhkan tegangan.
8. Smart Relay Zelio

### **3.3. Perancangan Sistem**

#### **3.3.1 Perancangan Photovoltaic**

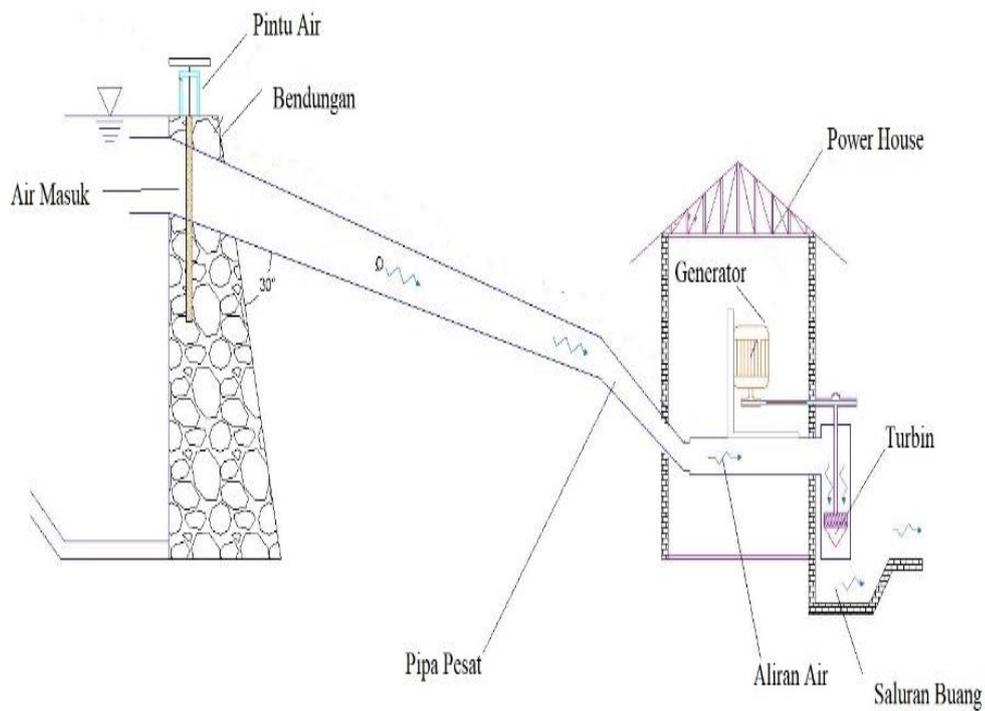
1. Langkah pertama untuk merakit panel photovoltaic yaitu membuat rangkaian menggunakan besi sebagai dudukan panel. Jika rangkaian sudah siap langkah selanjutnya buat dudukan untuk baut sebagai pengencang panel, agar panel tetap aman ketika ada angin kencang usahakan di tata dengan rapat.
2. Langkah kedua yaitu memasang rangka panel photovoltaic di tempat yang sudah disiapkan dan memastikan rangka panel menghadap matahari langsung.
3. Lalu hubungkan terlebih dahulu Solar Charge Controller ke baterai, kemudian menghubungkan kabel solar panel ke controller sesuai dengan positif (+) dan negative (-).
4. Langkah terakhir yaitu mengkoneksikan kabel dari baterai ke power inverter, fungsi dari power inverter yaitu untuk merubah arus DC menjadi AC. Sebab kebanyakan peralatan elektronik yang ada dirumah menggunakan daya AC jadi alat ini sangat di perlukan untuk bisa menggunakan alat yang di butuhkan.



Gambar 3. 1 Perancangan Photovoltaic

### 3.3.2 Perancangan Mikrohidro

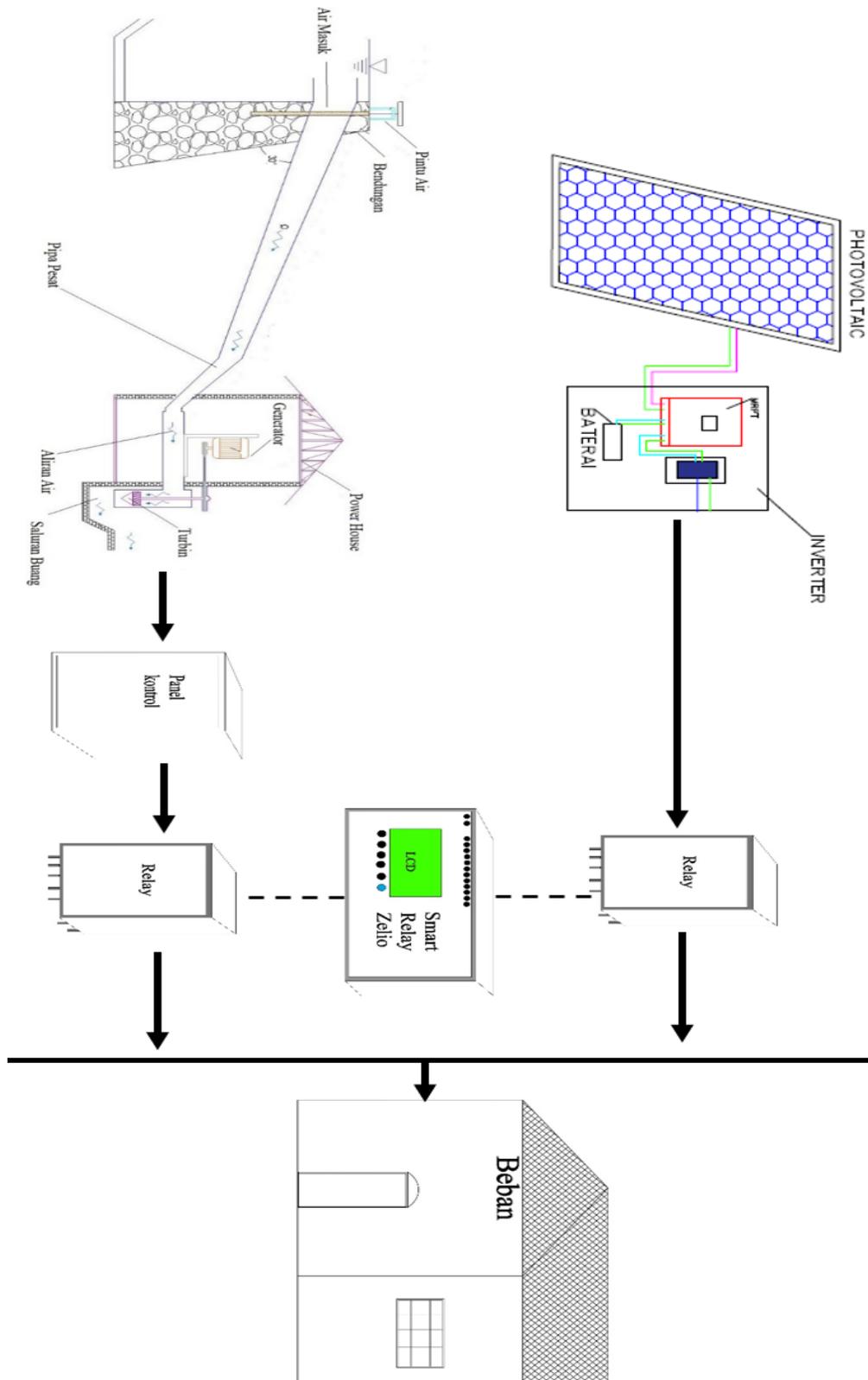
1. Langkah pertama yaitu menghubungkan dan atau biasanya disebut bendungan dengan bak pengendap (setting basin) untuk memisahkan pasir dengan air yang disalurkan oleh bendungan.
2. Langkah kedua yaitu bak pengendap langsung disalurkan ke bak penenang yang berkerja untuk mencegah turbulensi air sebelum melewati pipa pesat. Setelah itu bak penenang disalurkan dengan pipa pesat tadi.
3. Langkah ketiga yaitu air yang mengalir dari pipa pesat disalurkan menuju turbin generator. Setelah itu turbin generator akan bergerak, menggerakkan generator untuk menghasilkan dari energi putaran menjadi energi listrik.
4. Langkah selanjutnya yaitu panel control untuk mengcontrol energi listrik yang dihasilkan oleh generator sehingga energi listrik dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 3. 2 Gambar Perancangan PLTMH

### 3.3.3 Sistem Hibrida Photovoltaic-Mikrohidro

1. Setelah Photovoltaic dan PLTMH beroperasi dengan baik dan dapat digunakan untuk pengoperasian ke beban, maka langkah selanjutnya adalah merancang system switch otomatis untuk memindahkan Photovoltaic dengan PLTMH dan sebaliknya dengan menggunakan sistem Smart Relay Zelio.
2. Pengoperasian Photovoltaic dapat disalurkan ke beban melalui perintah Smart Relay Zelio apa bila energi listrik pada Photovoltaic padam, maka Smart Relay Zelio akan mengswitch otomatis dan berpindah pada PLTMH.
3. Kemudian PLTMH akan beroperasi dan akan terhubung ke beban. PLTMH akan tetap hidup menyalurkan energi listrik ke beban ketika Photovoltaic tidak beroperasi, apabila Photovoltaic kembali beroperasi, maka PLTMH tidak akan menyalurkan energi listrik ke beban.

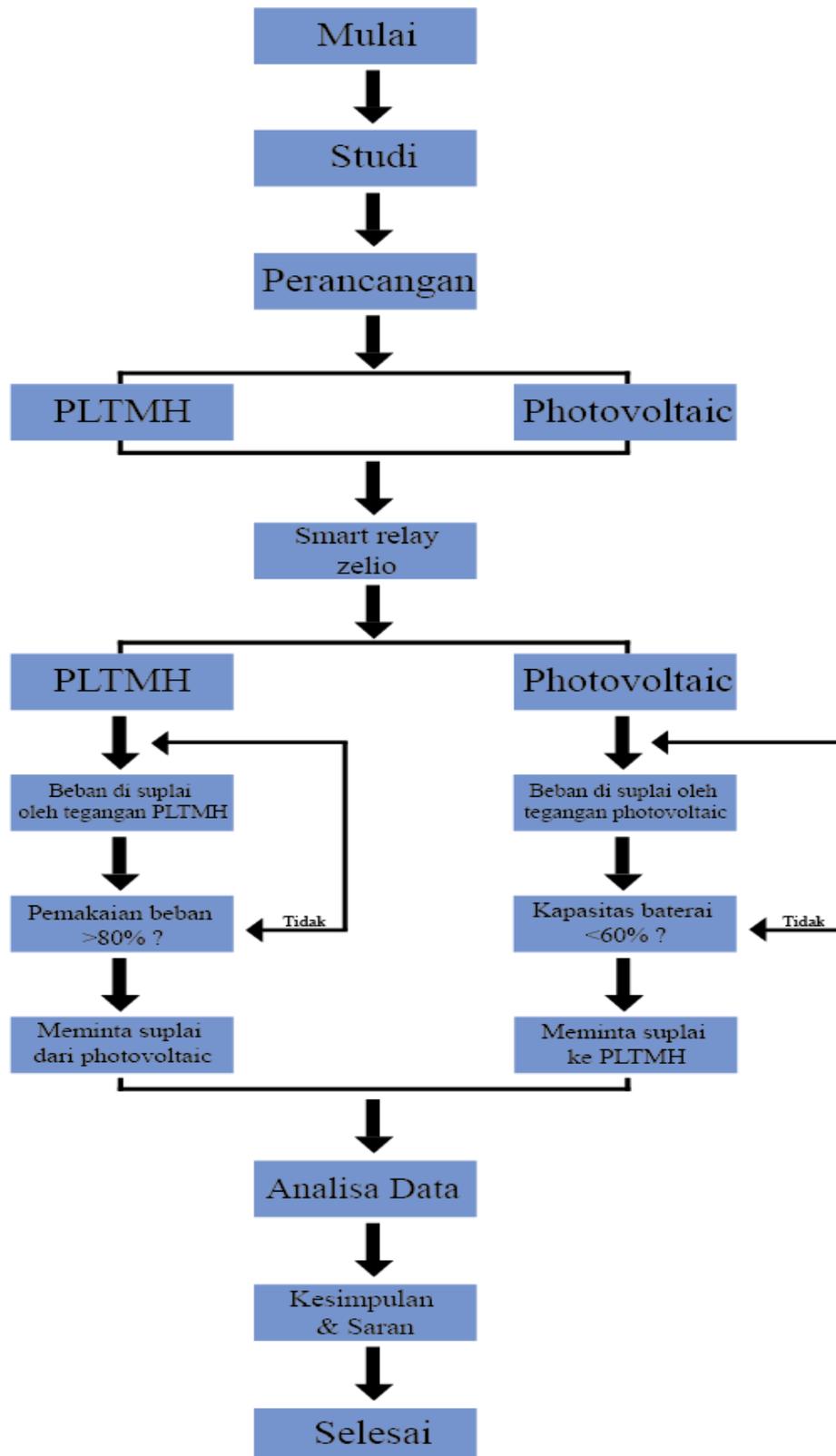


Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem Tenaga Hybrid (Photovoltaic-PLTMH)

### 3.4. Prosedur Penelitian

1. Menyiapkan modul photovoltaic dan PLTMH serta komponen-komponen system yang terpasang di photovoltaic maupun di PLTMH.
2. Kemudian merancang system switch otomatis untuk memindahkan Photovoltaic dengan PLTMH dan sebaliknya dengan menggunakan sistem Smart Relay Zelio
3. Ketika PLTMH dan Photovoltaic bekerja, maka ketika kapasitas baterai berada pada posisi normal yaitu pada tegangan 100%, maka beban di suplai oleh Photovoltaic.
4. Ketika kapasitas baterai berada pada tegangan 60% atau lebih rendah maka smart relay zelio akan menginstruksikan relay untuk mengswitch suplai dari inverter menuju PLTMH.
5. Ketika kapasitas baterai Kembali mencapai 100%, maka beban akan di suplai oleh Photovoltaic dan akan terus berulang ketika kapasitas baterai mencapai 60% atau lebih rendah.
6. Ketika pemakaian beban melebihi kapasitas kemampuan inverter yaitu 1000 W, maka smart relay zelio akan mengswitch Kembali dari Photovoltaic ke PLTMH dan akan kembali disuplai oleh Photovoltaic ketika pemakaian beban dibawah 1000 W.

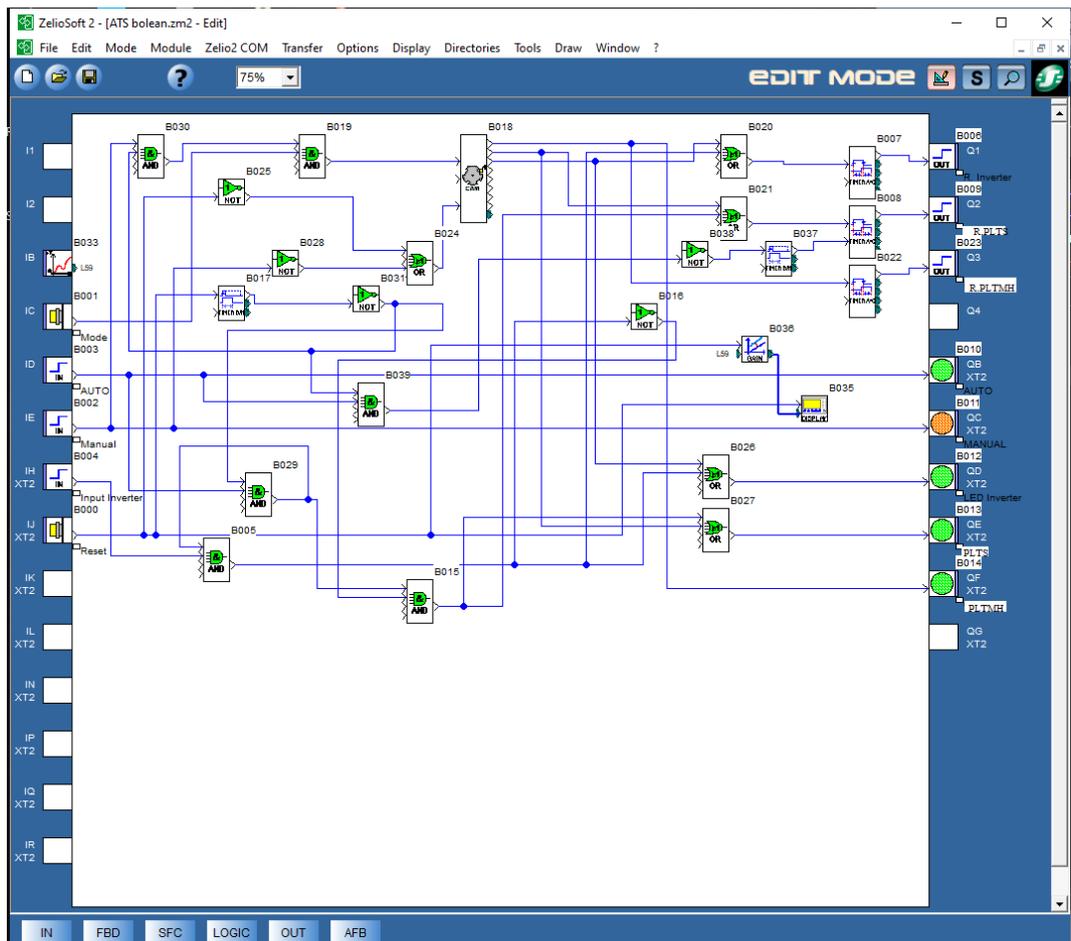
## 3.5. Flowchart



## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem untuk pembangkit listrik tenaga hybrid di desa bintang asih menggunakan program smart relay zelio. Cara program smart relay zelio berjalan yaitu ketika pembangkit listrik tenaga mikrohidro tidak sanggup lagi menanggung beban maka smart relay zelio akan menghybridkan ke pembangkit listrik tenaga surya dan smart relay zelio akan memerintahkan untuk Kembali ke mikrohidro jika tegangan sudah stabil kembali.



Gambar 4. 1 Perancangan sistem untuk pembangkit listrik tenaga hybrid menggunakan program smart relay zelio

Dari gambar di atas bisa dilihat yang akan mengatur untuk hidup dan mati kedua sumber pembangkit listrik. Yang mana melalui hasil dari output inverter dan juga dihubungkan untuk mengatur output pada PLTS dan juga output pada mikrohidro yang dihubungkan dengan camblock maka disitulah perpindahan atau penghybridan terjadi.

Dengan kapasitas dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang sudah diukur hanya sanggup untuk menanggung beban sebesar 50% dan 70% maka untuk beban puncak/100% akan di hybridkan ke pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

## **4.2 Pengujian dan Perhitungan**

Data yang dipergunakan dalam riset ini diperoleh dari panel surya berkapasitas 1000 WP dengan baterai 200 Ah selaku media penyimpan tenaga listrik. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro berkapasitas 5 KW yang mana pembangkit ini menggunakan air dari aliran sungai di Desa Bintang asih yang setelah itu dialirkan ke turbin lewat suatu pipa pesat (penstock) yang dimana menggunakan besar terjun air (head). Pengambilan data ini dilakukan pada hari minggu 12 September 2021 di Desa Bintang Asih.

## **4.3 Pengujian PLTMH**

### **4.3.1 Pengujian PLTMH Dengan Beban**

Setelah melakukan pengambilan data pada pembangkit listrik mikrohidro (PLTMH), maka dapat dihasilkan serangkaian perancangan PLTMH pada setiap bagiannya, mulai dari saluran intake tempat air masuk hingga generator selaku pembangkit penghasil listrik.

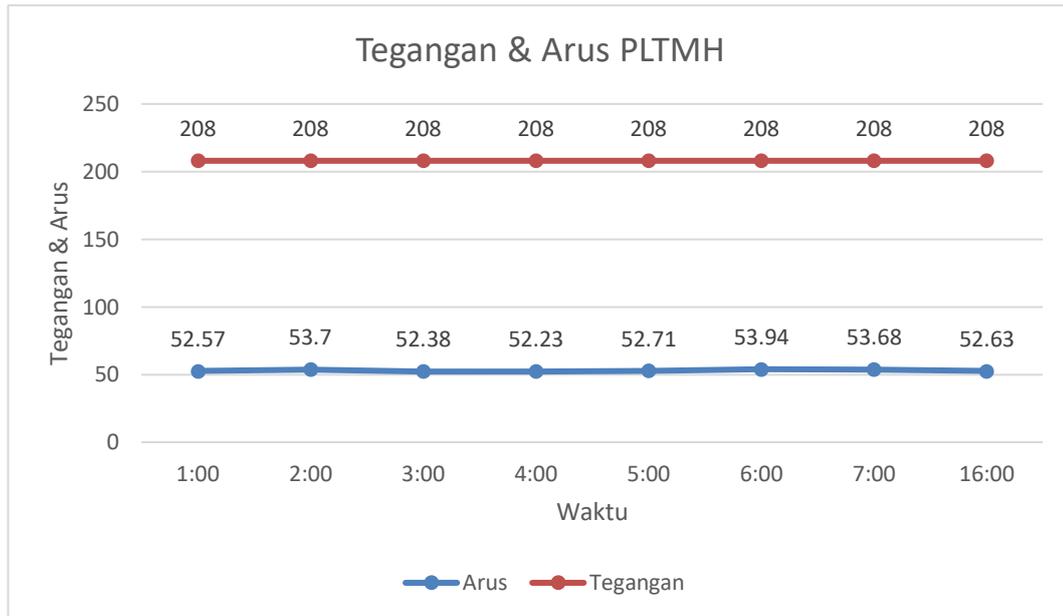
Runtutan kerja dari perumusan perancangan PLTMH ini bermula dari penginputan data. Penginputan data perlu di isi berdasarkan obeservasi lapangan, maka ditemukannlah data yang di butuhkan seperti tegangan dan arus sehingga dapat diketahui daya yang dihasilkan oleh PLTMH. Pengujian menggunakan beban 50% dan 70% menggunakan beban ini dilaksanakan untuk mengetahui besar tegangan yang dihasilkan PLTMH. Berikut adalah hasil dari pengujian tanpa beban yang diperoleh dari penelitian ini.

#### 4.3.2 Pengujian PLTMH dengan beban awal (beban 50%)

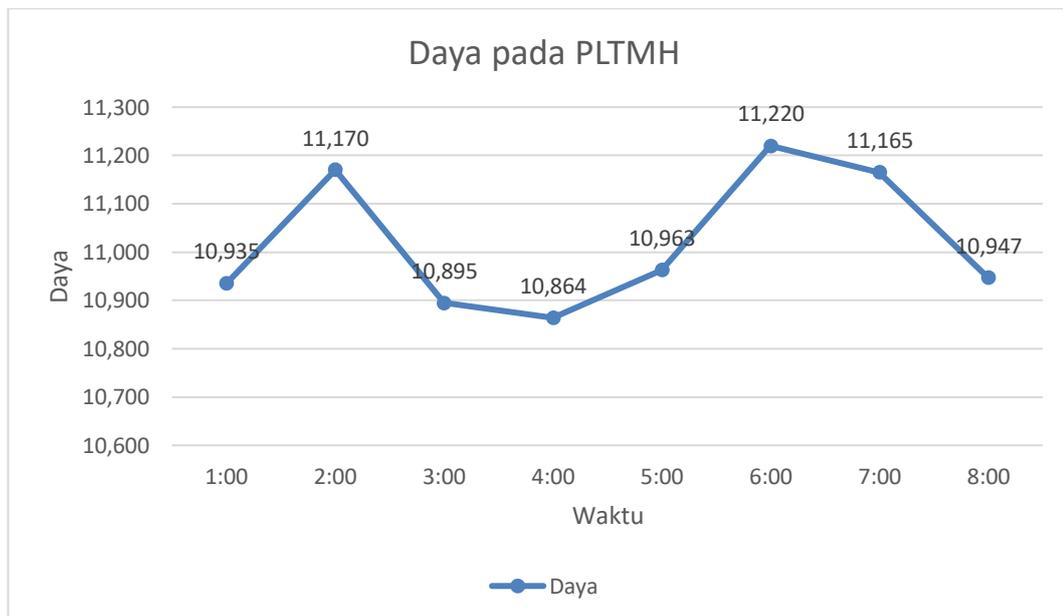
Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan menggunakan beban demi mencari tegangan dan arus maksimal untuk mengetahui daya keluaran yang di hasilkan oleh PLTMH.

**Tabel 4. 1 Hasil Pengujian PLTMH Dengan Beban 50 %**

No	Pukul	Tegangan PLTMH (VAC)	Arus PLTMH (I)	Daya PLTMH (P)
1	01.00	208 V	52,57 A	10.935 KW
2	02.00	208 V	53,70 A	11.170 KW
3	03.00	208 V	52,38 A	10.895 KW
4	04.00	208 V	52,23 A	10.864 KW
5	05.00	208 V	52,71 A	10.963 KW
6	06.00	208 V	53,94 A	11.220 KW
7	07.00	208 V	53,68 A	11.165 KW
8	08.00	208 V	52,63 A	10.947 KW



Gambar 4. 2 Grafik Tegangan & Arus PLTMH dengan beban awal (beban 50%).



Gambar 4. 3 Grafik Daya PLTMH dengan beban awal (beban 50%).

Gambar diatas merupakan grafik yang memperlihatkan perbedaan tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan oleh PLTMH dengan beban awal (beban 50 %).

### 4.3.3 Nilai Rata-Rata Arus & Tegangan Pada PLTMH dengan Beban 70%

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} &= V_{\text{total}} / 8 \\ &= 1.664 / 8\end{aligned}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 208 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} &= I_{\text{total}} / 8 \\ &= 423,84 / 8\end{aligned}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 52,98 \text{ A}$$

Daya

$$\begin{aligned}P &= V \times I \\ &= 208 \times 53,94 \\ &= 11.220 \text{ KW}\end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian PLTMH dengan menggunakan beban 50% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 208 Volt dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 52,98 A dan dengan daya max yang dihasilkan sebesar 14.677 W.

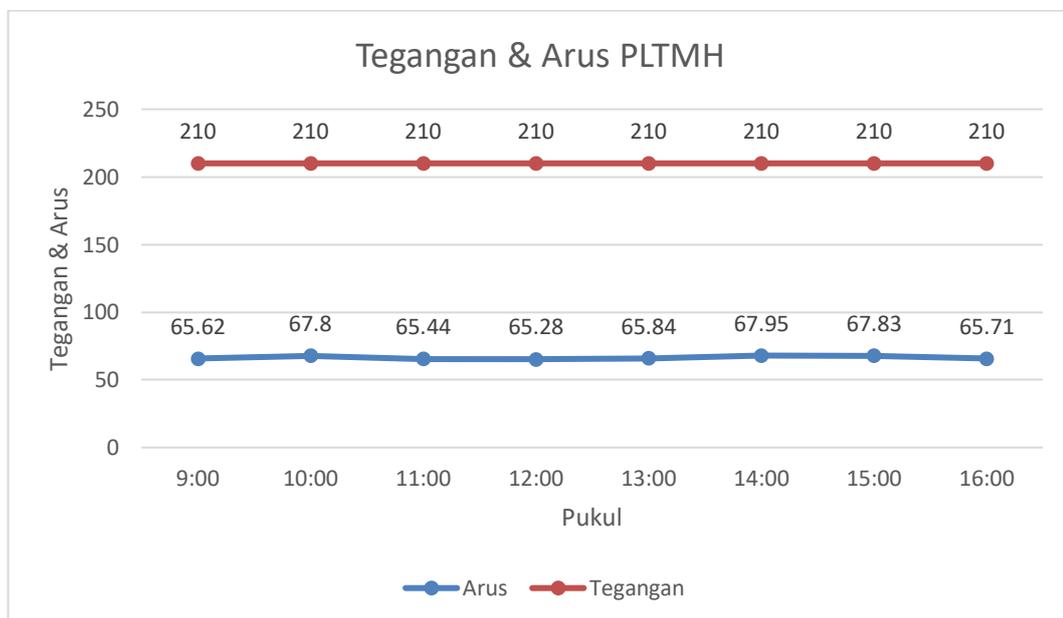
### 4.3.4 Pengujian PLTMH dengan beban menengah (70%)

Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan menggunakan beban demi mencari tegangan dan arus maksimal untuk mengetahui daya keluaran yang di hasilkan oleh PLTMH.

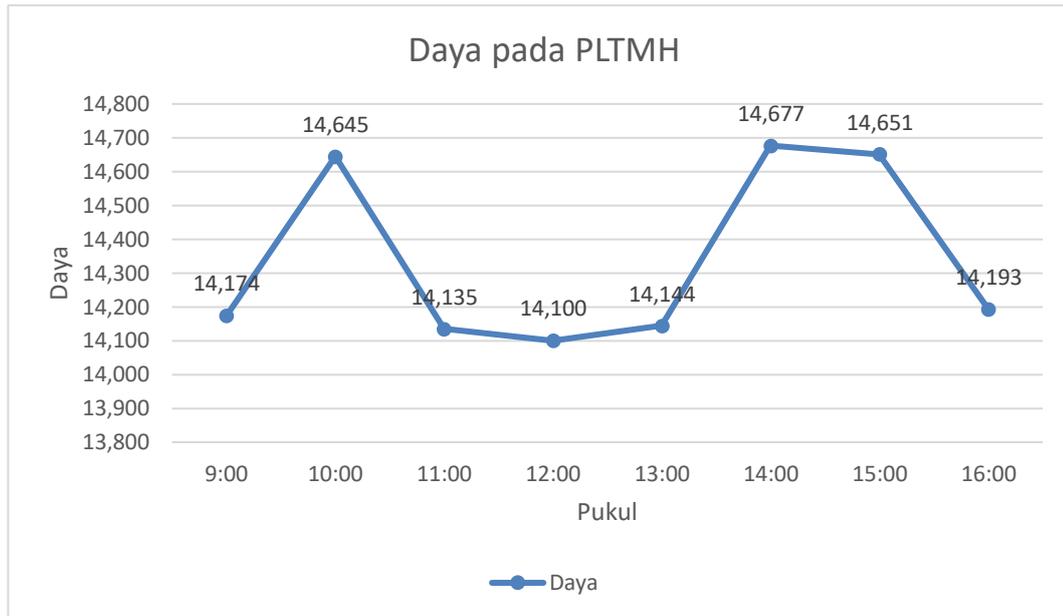
Hasil yang diperoleh dari penelitian PLTMH dengan menggunakan beban 70% dapat di lihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian PLTMH Dengan Beban 70%

No	Waktu	Tegangan PLTMH	Arus PLTMH (I)	Daya PLTMH (P)
1	09.00	216 V	65,62 A	14.174 KW
2	10.00	216 V	67,80 A	14.645 KW
3	11.00	216 V	65,44 A	14.135 KW
4	12.00	216 V	65,28 A	14.100 KW
5	13.00	216 V	65,84 A	14.144 KW
6	14.00	216 V	67,95 A	14,677 KW
7	15.00	216 V	67,83 A	14.651 KW
8	16.00	216 V	65,71 A	14,193 KW



Gambar 4. 4 Grafik Tegangan &amp; Arus PLTMH dengan Beban 70%



Gambar 4. 5 Grafik Daya yang Dihasilkan PLTMH dengan Beban 70% Grafik Daya yang Dihasilkan PLTMH dengan Beban 70%

Gambar diatas merupakan grafik yang memperlihatkan perbedaan tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan oleh PLTMH dengan menggunakan beban 70%.

#### 4.3.5 Nilai Rata-Rata Arus & Tegangan Pada PLTMH dengan Beban 70%

$$\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} = V_{\text{total}} / 8$$

$$= 216 / 8$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 216 \text{ V}$$

$$\text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} = I_{\text{total}} / 8$$

$$= 531,49 / 8$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 66,43 \text{ A}$$

Daya

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 216 \times 67,95 \\ &= 14.677 \text{ KW} \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian PLTMH dengan menggunakan beban 70% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 216 Volt pada dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 66,43 A dengan daya max yang dihasilkan sebesar 14.677 W.

Dengan kapasitas dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang sudah diukur hanya sanggup untuk menyalurkan dengan beban 50% dan 70% untuk masyarakat Desa Bintang Asih, jadi untuk beban 100% akan di hybrid ke pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)

## 4.4 Pengujian Panel Surya

### 4.4.1 Pengujian Panel Surya dengan Beban Puncak (beban 100%)

Dalam penelitian ini panel surya merupakan komponen yang sangat penting, ini dikarenakan semakin besar daya input yang dihasilkan panel surya, maka listrik yang dihasilkan panel surya juga semakin besar.

Energi listrik adalah besaran turunan yang dihasilkan dari tegangan dan arus, sehingga nilai tegangan dan arus yang dihasilkan merupakan nilai kelistrikan yang dimiliki panel surya.

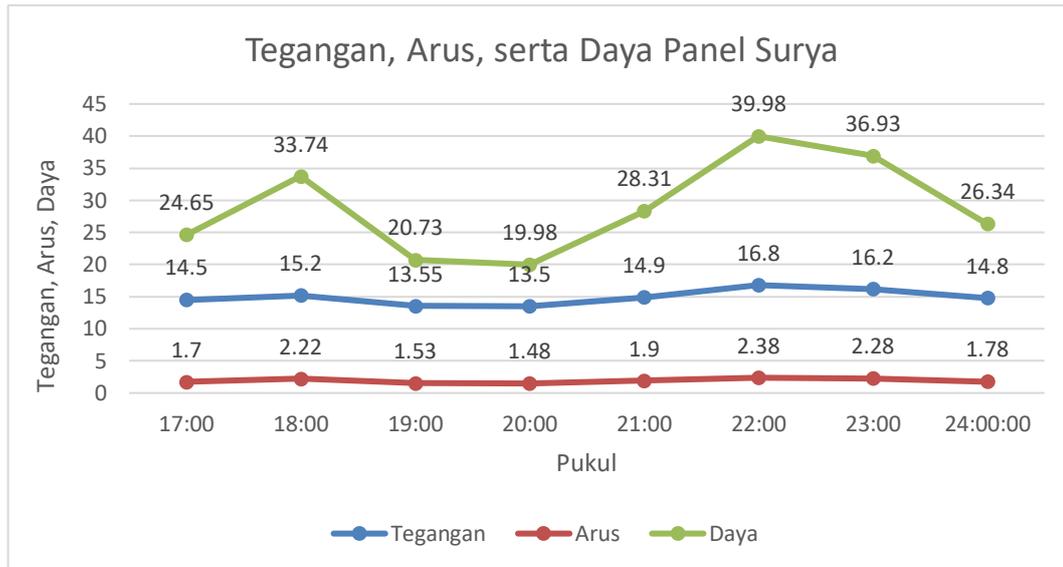
Pengujian panel surya dengan beban 100% demi mencari tegangan dan arus maksimal untuk mengetahui daya keluaran yang di hasilkan oleh sel surya.

Pengujian ini dilakukan di hari yang sama yaitu pada hari minggu 12 September 2021 di Desa Bintang Asih. Hasil yang diperoleh dari penelitian panel surya dengan menggunakan beban dapat di lihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Panel Surya Dengan Beban 100%

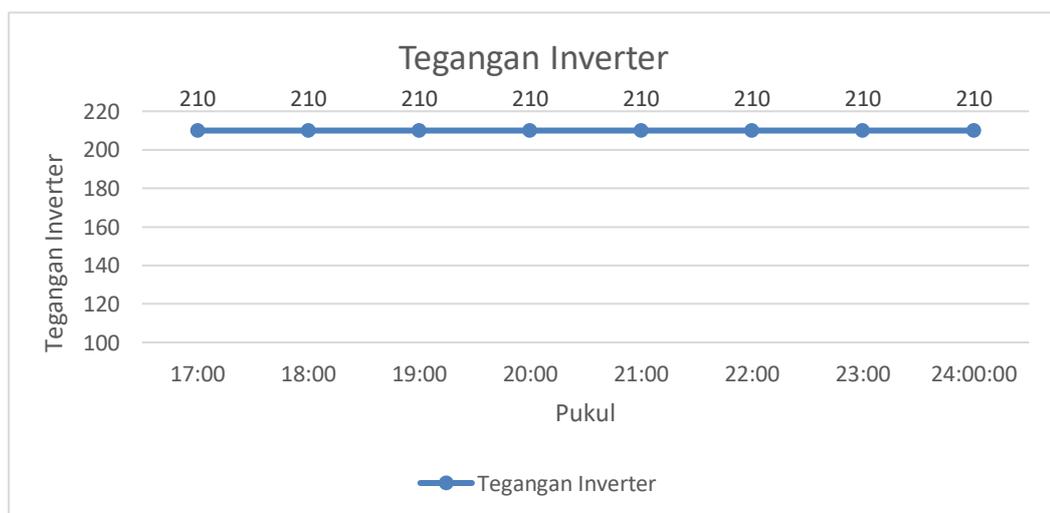
No	Waktu	Tegangan Panel Surya	Arus Panel Surya	Daya Panel Surya	Tegangan Inverter	Arus Inverter	Daya Inverter
1	17.00	14,50	1,70	24,65	210	48,47	10.179
2	18.00	15,20	2,22	33,74	210	49,60	10.416
3	19.00	13,55	1,53	20,73	210	48,26	10.135
4	20.00	13,50	1,48	19,98	210	48,18	10.118
5	21.00	14,90	1,90	28,31	210	48,58	10.202
6	22.00	16,80	2,38	39,98	210	49,70	10.437
7	23.00	16,20	2,28	36,93	210	49,63	10.423
8	24.00	14,80	1,78	26,34	210	48,50	10.185

Berdasarkan hasil pengujian penelitian diatas dapat diperoleh grafik seperti diperlihatkan pada gambar 4.6

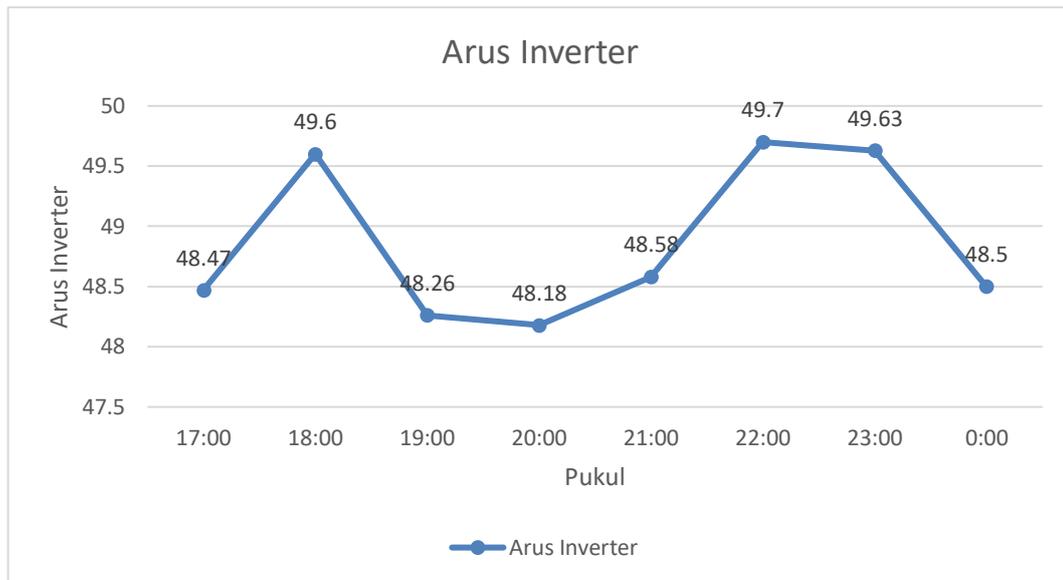


**Gambar 4. 6 Grafik Tegangan, Arus, serta Daya Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100%**

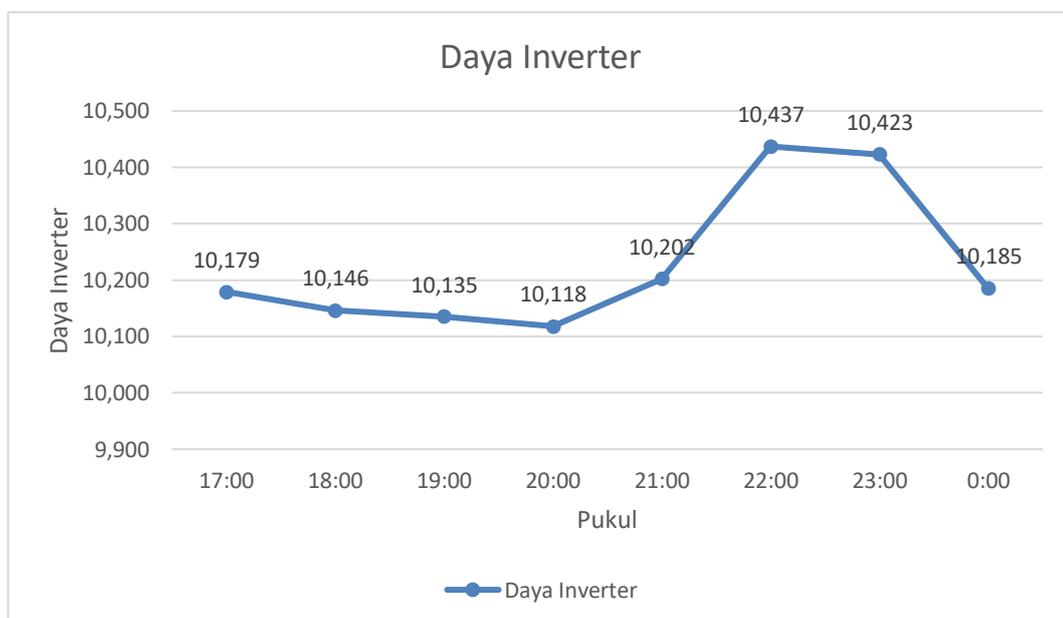
Gambar 4.6 merupakan grafik yang memperlihatkan perbedaan tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan oleh panel surya dengan beban 100 %. Hal ini dikarenakan oleh intensitas cahaya matahari yang menyinari panel surya. Gambar di atas juga menunjukkan arus yang dihasilkan tidak stabil pada setiap waktu pengujian panel surya dilakukan.



**Gambar 4. 7 Grafik Tegangan Inverter pada Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100%**



Gambar 4. 8 Grafik Arus Inverter pada Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100%



Gambar 4. 9 Grafik Daya Inverter pada Panel Surya dengan Menggunakan Beban 100%

Gambar grafik diatas merupakan grafik yang memperlihatkan perbedaan tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan oleh Inverter dengan menggunakan beban 100 %.

#### 4.4.2 Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Pada PLTS

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} &= V_{\text{total}} / 8 \\ &= 119,45 / 8\end{aligned}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 14,93 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} &= I_{\text{total}} / 8 \\ &= 15,27 / 8\end{aligned}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 1,90 \text{ A}$$

Daya

$$\begin{aligned}P &= V \times I \\ &= 16,80 \times 2,38 \\ &= 39,98 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian panel surya dengan menggunakan beban 50% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 14,93 Volt dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 1,90 A dan daya maksimal sebesar 39,98 W.

#### 4.4.3 Nilai Rata-Rata Arus Dan Tegangan Inverter Pada PLTS

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } V_{\text{panel}} &= V_{\text{total}} / 8 \\ &= 1.680 / 8\end{aligned}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 210 \text{ V}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai rata-rata } I_{\text{panel}} &= I_{\text{total}} / 8 \\ &= 390,92 / 8\end{aligned}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 48,86 \text{ A}$$

Daya

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= 210 \times 49,70 \\ &= 10.437 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian penelitian inverter pada panel surya dengan menggunakan beban 100% dapat ditemukan tegangan rata-rata sebesar 210 Volt dengan arus rata-rata yang dikeluarkan sebesar 48,86 A dengan daya max yang dihasilkan sebesar 10.437 W..

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan pada halaman sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Berdasarkan dari sistem perancangan pembangkit listrik tenaga, setelah merancang pembangkit listrik tenaga surya dan mikrohidro dan beroperasi dengan baik, maka Langkah selanjutnya yaitu merancang system switch otomatis untuk memindahkan PLTS dengan PLTMH dengan menggunakan smart relay zelio.

2. Terdapat banyak pengaruh pada pembangkit listrik tenaga Hybrid (photovoltaic-Mikrohidro) terhadap pasokan energi listrik di desa Bintang asih, yaitu warga di desa Bintang asih dapat menikmati energi listrik untuk penerangan serta hal lainnya, yang sebelumnya di desa mereka hanya hanya mendapatkan penerangan yang minim dengan memanfaatkan lilin dan senter sebagai penerangan untuk di malam hari.

#### **5.2 Saran**

1. Untuk masyarakat setempat sekiranya dapat mengembangkan PLTH Desa Bintang Asih karena PLTH ini sangat bermanfaat bagi keberlangsungan hidup masyarakat setempat.
2. Untuk peneliti selanjutnya disarankan untuk melihat bagaimana pengembangan pembangkit listrik tersebut agar dapat konsisten memberikan kontribusi kemasyarakat dan bisa lebih baik lagi kedepannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhandari, B., Lee, K., Lee, G., Cho, Y., & Ahn, S. (2015). *Optimization of Hybrid Renewable Energy Power Systems : A Review*. 2(1), 99–112.
- Hayu, T. S., & Siregar, R. H. (2018). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid ( Surya-Bayu ) di Banda Aceh Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan*. 3(1), 9–16.
- Khare, V., Nema, S., & Baredar, P. (2016). Solar-wind hybrid renewable energy system: A review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 58, pp. 23–33). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.223>
- Kholiq, I. (2012). Editorial Board. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(1), i. [https://doi.org/10.1016/s1877-3435\(12\)00021-8](https://doi.org/10.1016/s1877-3435(12)00021-8)
- Mahesh, A., & Sandhu, K. S. (2015). Hybrid wind/photovoltaic energy system developments: Critical review and findings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1135–1147. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.008>
- Mohammad Rozali, N. E., Wan Alwi, S. R., Manan, Z. A., Klemeš, J. J., & Hassan, M. Y. (2015). A process integration approach for design of hybrid power systems with energy storage. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(7), 2055–2072. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-0934-9>
- Naim, Y., Pramoedyo, H., Harahab, N., & Nodjeng, S. (2016). *Pengembangan PLTMH Menjadi Hybrid Renewable Energy System Berkelanjutan*. 21–26.
- Ngakan, D., Putra, K., Mesin, J. T., Udayana, U., Bukit, K., & Badung, J. (2009). *Kajian Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Memanfaatkan Aliran Sungai Kelampauk di Desa Potency of Micro Hydro Power Plant Development Use of Kelampauk River Flow Located in*

*Tamblang Village – Buleleng*. 3(1).

Ramadhan, A. T. (2021). *Perancangan Automatic Transfer Switch Berbasis Zelio ( Aplikasi Pada PLTS Pematang Johar )*. 7–12.

Rauf, R., Budiman, & Helny Lalan. (2005). Studi Penyediaan Daya Listrik Hibrid ( PLTMH , Photofoltaik ) di Kabupaten Pesisir. *Fortei 2017*), 319–328.

Risdiara, S., Rangkuti, C., Teknik, J., Fakultas, M., Industri, T., Trisakti, U., & Savonius, T. (2018). *Pengujian Sistem Penerangan Jalan Umum Dengan Menggunakan Sumber Daya Listrik Kombinasi Dari Solar Panel Dan Turbin Savonius*. 357–362.

Sistem, L., Di, H., & Desa, K. (n.d.). *PERBAIKAN , PEMELIHARAAN DAN PERAWATAN PEMBANGKIT*. 53–58. <https://doi.org/10.24853/jpmt.2.2.53-58>

Rimbawati. (2021). *Perancangan Automatic Transfer Switch Berbasis Zelio ( Aplikasi Pada PLTS Pematang Johar )*. 7–12.

Rimbawati, & Yusniati. (2019). Perancangan Sistem Proteksi Menggunakan Modul Deep Sea Elektronik 3110 Pada PLTMH Bintang Asih. *Journal of Electrical Technology*, 4(1), 1–8.

Rimbawati, & Yusri, M. (2020). Synchronization testing of hybrid generators (Solar and wind) based on dc-ac inverters. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, August*, 3726–3733.

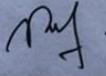
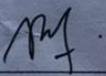
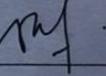
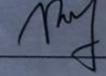
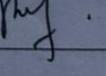
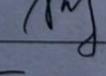
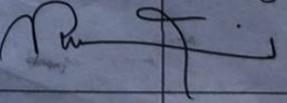
Lampiran

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Photovoltaic-Mikrohidro)  
Menuju Desa Mandiri Energi

Nama : Arief Kurniawan  
NPM : 1707220029

Dosen Pembimbing : Rimbawati, ST.,MT.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	26 / 03 - 2021	perbaiki ruang lingkup dan pustaka relevan	
2	0 / 3 - 2021	Rapikan harga lanjut RAB III	
3	15 / 3 - 2021	perbaiki metode penelitian	
4.	24 / 3 - 2021	perbaiki perancangan sistem	
5.	30 / 3 - 2021	perbaiki flowchart	
6	7 / 4 - 2021	perbaiki nomor halaman	
7	UAC sempit 10/4 2021		



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
(UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : ARIEF KURNIAWAN  
NPM : 1707220029  
FAKULTAS : TEKNIK ELEKTRO  
JUDUL : PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (PHOTOVOLTAIC – MIKROHIDRO) MENUJU DESA MANDIRI ENERGI

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF PEMBIMBING
1.	30/8/2021	Perbaikan BAB II	mf.
2.	2/9/2021	Perbaikan tabel	mf
3.	9/9/2021	Tambahan grafik	mf
4.	12/9/2021	Perbaikan kesimpulan	mf
5.	14/9/2021	Tambahan Halaman	mf
6.	17/9/2021	Perbaikan Halaman	mf
7.	20/9/2021	Tambahan Daftar Pustaka	mf
		Ura semtras 29/9/2021	mf

Mengetahui,  
Pembimbing

Rimbawati, S.T., M. T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
(UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK – TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Arief Kurniawan  
NPM : 1707220029  
FAKULTAS : TEKNIK ELEKTRO  
JUDUL : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Photovoltaic  
- Mikrohidro Menuju Desa Mandiri Energi

NO	TANGGAL	CATATAN ASISTENSI	PARAF PEMBIMBING
1.	10/10/2021	Perbaiki kesimpulan	
2.	11/10/2021	Revisi Halaman Dan Margin	
3.	12/10/2021	Acc sidang sarjana	

Mengetahui,  
Pembimbing

Rimbawati, S.T., M. T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

1. Nama : Arief Kurniawan
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Tebing Tinggi / 11 - Mei -1999
3. Jenis Kelamin : Laki-Laki
4. Agama : Islam
5. Status Pernikahan : Belum Menikah
6. Warga Negara : Indonesia
7. Alamat KTP : Geudong Alue, Bireuen, Aceh
8. Nomor Telepon / HP : 082160896600
9. E-mail : [ariefkurniawan911@gmail.com](mailto:ariefkurniawan911@gmail.com)

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD NEGERI 4 BIREUEN : Tahun 2011
2. SMP NEGERI 1 BIREUEN : Tahun 2014
3. SMA NEGERI 1 BIREUEN : Tahun 2017
4. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH : Tahun 2017 - 2021  
SUMATERA UTARA