

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA *HYBRID* PLTS DAN GENSET SEBAGAI SUPLAI BEBAN
UNTUK DAERAH TERPENCIL



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

RAHIM S. 44217002
NOVI ELVIKASARI 44217005

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

HALAMAN PEGESAHAN

Skripsi ini dengan judul "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Plts Dan Genset Sebagai Suplai Beban Untuk Daerah Terpencil" oleh Rahim S. NIM 442 17 002 dan Novi Elvikasari NIM. 442 17 005 telah diterima dan di sahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 13 September 2021

Mengesahkan,
Pembimbing I,



Ir. Herman M.T
NIP.19580606 198903 1 101

Pembimbing II



Muh. Yusuf Yunus, S.ST, M.T
NIP.19800820 200501 1 001

Mengetahui,

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



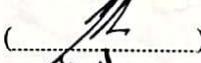
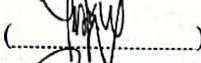
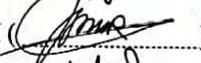
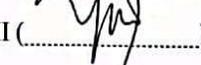
Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.
19741106 200212 1 002

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Senin, 13 September 2021, tim penguji seminar skripsi telah menerima hasil seminar skripsi oleh mahasiswa Rahim S. NIM 44217002 dan Novi Elvikasari NIM 44217005 dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* PLTS Dan GENSET Sebagai Suplai Beban Untuk Daerah Terpencil”

Makassar, 13 September 2021

Tim Penguji Seminar Laporan Skripsi:

- | | | |
|--|---------------|--|
| 1. Prof. Ir Makmur Saini M.T.Ph.D | Ketua | () |
| 2. Musrady Mulyadi, S.S.T., M.T. | Sekretaris | () |
| 3. Ir. Nur Hamzah, M.T.,Ph.D | Anggota | () |
| 4. Muhammad Ruswandi Djalal,S.ST.,M.T. | Anggota | () |
| 5. Ir.Herman N, M.T | Pembimbing I | () |
| 6. Muh. Yusuf Yunus,S.ST., M.T. | Pembimbing II | () |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* PLTS dan Genset Sebagai Suplai Beban Rumah Untuk Daerah Terpencil” dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta inspirasi kepada kami untuk menyelesaikan 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 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 Prof. Ir. Herman, M.T sebagai Pembimbing I dan Bapak Muh. Yusuf Yunus, S.ST, M.T. sebagai Pembimbing II yang telah mencurahkan waktu dan kesempatannya untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Dr. Ir. Firman, M.T. selaku Wali Kelas.
8. 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 skripsi.
9. Rekan – rekan sesama mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya kelas IV Teknik Pembangkit Energi angkatan 2017.
10. Buat semua pihak yang tidak sempat kami sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyelesaian skripsi ini.

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

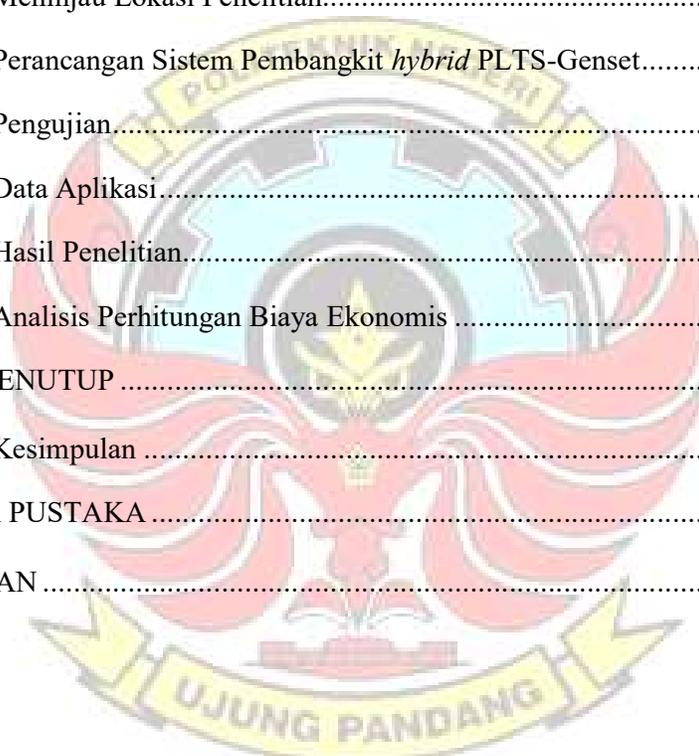
Makassar, 13 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PEGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xii
RINGKASAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	5
2.2 Generator (genset)	20
2.3 Sistem <i>Hybrid</i>	25
2.4 Analisis Optimasi	27
BAB III METODE PENELITIAN	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.2 Alat dan Bahan	29

3.3	Prosedur Penelitian	30
3.4	Tahap Perancangan.....	31
3.5	Tahap Pembuatan dan perakitan.....	35
3.6	Prosedur Pengujian	37
3.7	Pengumpulan Data.....	38
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Meninjau Lokasi Penelitian.....	39
4.2	Perancangan Sistem Pembangkit <i>hybrid</i> PLTS-Genset.....	40
4.3	Pengujian.....	44
4.4	Data Aplikasi.....	45
4.5	Hasil Penelitian.....	55
4.6	Analisis Perhitungan Biaya Ekonomis	57
BAB V PENUTUP		60
5.1	Kesimpulan	60
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		63



DAFTAR TABEL

Tabel 3. 2 Parameter yang akan diukur dalam pengujian	38
Tabel 4. 1 data kebutuhan energi listrik rumah daerah terpencil	40
Tabel 4. 2 Spesifikasi Komponen yang akan Digunakan dari Rancangan Sistem Pembangkit <i>Hybrid</i>	43
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Data Pengujian Panel Surya Pada Ahad, 20 agustus 2021	46
Tabel 4. 4 Data Pengujian Baterai 100 Ah Berbeban	49
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Data Pengujian Genset 1kVA Pada Jumat, 20 agustus 2021	53
Tabel 4. 6 Biaya Investasi Awal Pembangkit Tenaga <i>Hybrid</i>	58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya Jenis Monokristal	6
Gambar 2. 2 Sel Surya Jenis Polikristal.....	7
Gambar 2. 3 Sel Surya Jenis TFSC	8
Gambar 2. 4 Proses Perubahan Cahaya Menjadi Arus Listrik.....	9
Gambar 2. 5 Baterai Aki	12
Gambar 2. 6 Solar charge controller.....	17
Gambar 2. 7 Genset	24
Gambar 2. 8 Sistem <i>Hybrid</i> Seri.....	26
Gambar 2. 9 Sistem <i>Hybrid</i> Switched	26
Gambar 2. 10 Sistem <i>Hybrid</i> Paralel	27
Gambar 3. 1 Flowchart Prosedure Kerja.....	30
Gambar 3. 2 Rancangan Struktur Kemiringan Panel Surya.....	31
Gambar 3. 3 Rancangan Pembangkit listrik Tenaga <i>Hybrid</i> PLTS-.....	32
Gambar 3. 4 Skema Kelistrikan <i>Hybrid</i> PLTS-GENSET.....	33
Gambar 3. 5 Rancangan Rangka Panel Surya.....	36
Gambar 3. 6 Rancangan Modul Pengujian <i>Hybrid</i> PLTS-GENSET.....	37
Gambar 4 1 Bangunan rumah daerah terpencil.....	39
Gambar 4 2 Modul Instrumen Pembangkit <i>Hybrid</i> PLTS Genset	45
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Daya keluaran Panel Surya Terhadap waktu.....	47
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Efisiensi Panel Surya Terhadap waktu.....	48
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Tegangan Vac Terhadap arus Ib.....	49
Gambar 4 6 Grafik Hubungan Tegangan Vac Terhadap arus Ib.....	50

Gambar 4 7 Grafik Hubungan Daya Generator Terhadap waktu..... 52

Gambar 4 8 Grafik Hubungan Laju Konsumsi Bahan bakar Terhadap waktu 53

Gambar 4 .9 Grafik Hubungan Arus generator terhadap tegangan Vac saat di bebani 54



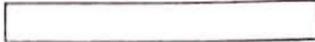
DAFTAR NOTASI

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
P_{in}	Watt	Daya input sel fotovoltaik
G	Watt/m ²	Intensitas radiasi matahari
A	m ²	Luasan sel fotovoltaik
P_{out}	Watt	Daya output sel fotovoltaik
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
P_{ac}	Watt	Total daya konsumen
E_{ac}	Wh	Total energi konsumen
P_{ag}	Watt	Daya generator
t	second	Waktu
E_b	Ah	Kapasitas battery
Ah_b	kg/s	Laju Aliran Massa Fluida
I_{max_cg}	A	Arus maksimum charge controller
t_s	second	Waktu penyinaran
Q	Liter/jam	Laju konsumsi bahan bakar

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Data Pengujian Panel Surya 200 wp Tak Berbeban 1	64
LAMPIRAN 2 Data Pengujian Baterai 100 Ah Berbeban	65
LAMPIRAN 3 Data Pengujian Genset 1	67
LAMPIRAN 4 Data Pengujian Panel Surya 200 wp Tak Berbeban 2	68
LAMPIRAN 5 Data Pengujian Baterai 100 Ah Berbeban 2.....	69
LAMPIRAN 6 Data Pengujian Genset 2	70
LAMPIRAN 7 DOKUMENTASI KEGIATAN	71





SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Rahim S.
NIM : 442 17 002
Program Studi : D4 Teknik Pembangkit Energi
Tempat/Tgl Lahir : Tolada, 03 Januari 2000
Alamat : Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 no.38 makassar

Dengan ini menyatakan :

A. Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul:

"Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Plts dan Genset sebagai Suplai Beban untuk Daerah Terpencil"

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,..... 2021

Hormat Saya,



(Rahim S.)



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Novi Elvikasari
NIM : 442 17 005
Program Studi : D4 Teknik Pembangkit Energi
Tempat/Tgl Lahir : Tebba, 09 April 1999
Alamat : Villa Mutiara asri XI no.1

Engan ini menyatakan :

Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul:

"Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Plts dan Genset sebagai Suplai Beban untuk Daerah Terpencil"

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.

1. 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, 8 SEPTEMBER 2021

Hormat Saya,

NOVI ELVIKASARI

RINGKASAN

Salah satu kebijakan strategis yang telah ditetapkan oleh PT.PLN (Persero) adalah melakukan peningkatan rasio elektrifikasi (RE) dari tahun 2015 sampai tahun 2019 yaitu dengan cara memperbanyak desa berlistrik. Rasio elektrifikasi (RE) adalah faktor yang mengukur tingkat kelistrikan suatu wilayah kabupaten. Data dari PT. PLN Wilayah Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara dan Sulawesi Barat (Sulselrabar) tahun 2014 menyatakan bahwa beban puncak Sulselrabar sebesar 1001 MW. Dengan sistem distribusi tenaga listrik saat ini, ada sekitar 1000 desa yang belum mampu menikmati layanan listrik PT. PLN, yang sebagian besar desa tersebut ialah desa terpencil yang sulit di jangkau. Penyediaan energi listrik untuk desa-desa tersebut dapat dilakukan dengan pemasangan jaringan dari grid ke desa tersebut atau mengembangkan pembangkit energi listrik alternative dengan memanfaatkan sumber daya energi yang bersih dan berwawasan lingkungan yaitu energi baru dan terbarukan.

Untuk merancang, menganalisis dan mengoptimasi potensi suatu pembangkit tenaga *hybrid* PLTS-Genset pada suplai beban rumah untuk daerah terpencil sehingga dimulai dengan survei lapangan, perancangan alat kemudian dilakukan pengujian sehingga suplai energi listrik kepada penduduk dapat terpenuhi secara kontinyu. Dengan sistem penggabungan dua pembangkit atau biasa disebut *hybrid* ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan rasio elektrifikasi yang ada di daerah terpencil serta dapat meminimalisir biaya listrik dan efisiensi tenaga listrik yang digunakan.

Pada pengujian di lapangan pembangkit Listrik Tenaga surya di siang hari di cas/atau di charge dari pukul 9.30–16.00, kemudian di malam hari langsung dibebankan dengan komponen-komponen kelistrikan di rumah daerah terpencil yang beroperasi dari jam 18.15 untuk menyalakan lampu sebanyak empat buah dengan daya yang berbeda-beda yaitu 58 watt dan satu kipas dengan daya 45 watt. Sehingga Rata-rata daya yang dibangkitkan oleh pembangkit *hybrid* PLTS yaitu 105 Watt. Kemampuan Pembangkit ini mensuplai beban 105 watt selama 6 jam. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Atau Genset ini digunakan ketika PLTS tidak mampu lagi untuk mensuplai beban karena low baterai (Lowbat) dimana sebuah indikator yang akan bunyi yaitu buzzer jika baterai sudah lowbat. Pengujian Genset ini yang dipakai daya 1000 watt dapat mensuplai beban rumah daerah terpencil selama 2 jam dengan kapasitas bahan bakar yang digunakan adalah satu liter. Begitupun seterusnya secara berulang dimana di pagi hari sampai sore hari dilakukan pengecasan dan di malam hari di lakukan pembebanan terhadap rumah daerah terpencil.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi terbarukan adalah energi yang bersumber dari alam dan secara berkesinambungan dapat terus diproduksi tanpa harus menunggu waktu jutaan tahun layaknya energi berbasis fosil. Sumber alam yang dimaksud dapat berasal dari matahari, panas bumi (geothermal), angin, air (hydropower) dan berbagai bentuk dari biomassa. Sumber energi tersebut tidak dapat habis dan dapat terus diperbaharui.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu sumber penghasil energi listrik, yang bersumber dari cahaya matahari yang tidak terbatas, dan ramah lingkungan. Penggunaan PLTS untuk mensuplai beban secara langsung tidak efisien sebab panas matahari yang dikonversikan menjadi listrik tidak stabil karena berubah - ubah sesuai dengan cuaca yang terjadi.

Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, mulai dari perkotaan hingga pedesaan. Dari kebutuhan dasar seperti kebutuhan rumah tangga hingga kebutuhan bisnis hampir semua membutuhkan listrik. Distribusi tenaga listrik di Indonesia masih sangat terbatas, Ketidakmampuan penduduk yang tinggal di pedesaan untuk mendapatkan listrik merupakan salah satu dampak dari terbatasnya penyaluran listrik yang disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Tercatat pada peta ketenagalistrikan terdapat 12.659 desa yang belum memperoleh aliran listrik secara memadai, bahkan 2.519 desa diantaranya masih benar-benar gelap (tidak tersentuh aliran

listrik). Sejauh ini berdasarkan data potensi desa dari BPS, jaringan PLN baru menjangkau 69.531 atau sekitar 85% dari 82.190 desa di Indonesia, dan 2.519 desa dari 12.659 desa sisanya tidak mendapatkan akses listrik sama sekali. Hal ini dikarenakan sumber akses energi listrik yang sangat kurang (Kementrian ESDM, 2017).

Salah satu upaya untuk mengatasi tidak terjangkaunya sumber energi listrik di daerah pedesaan adalah dengan menggunakan generator. Generator tersebut digunakan sebagai sumber energi untuk mensuplai peralatan-peralatan rumah tangga. Alasan penggunaan generator bagi penduduk yang tinggal di pedesaan adalah generator dapat langsung ditempatkan di rumah mereka masing-masing sehingga tidak memerlukan tempat yang luas untuk meletakkan generator tersebut.

Penggunaan generator oleh penduduk yang tinggal di daerah pedesaan memiliki kekurangan karena generator yang dihidupkan selama 24 jam penuh memerlukan biaya bahan bakar yang besar sehingga tidak menguntungkan secara ekonomi.

Untuk meminimalisir biaya listrik ini dan menjamin keandalan sistem yang baik, maka dibutuhkan perencanaan pembangkit dengan penggabungan dua sumber energi yaitu energi surya dan energi diesel (genset) yang biasa disebut dengan Sistem *Hybrid*. Oleh sebab itu, penulis mengangkat sebuah judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* PLTS dan Genset Sebagai Suplai Beban Rumah Untuk Daerah Terpencil”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah yang dibahas dalam program ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang alat yang mampu menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan tenaga *hybrid* PLTS dan GENSET untuk suplai beban rumah daerah terpencil ?
- 2) Bagaimana menganalisis dan menguji performance suatu pembangkit tenaga *hybrid* PLTS-Genset yang dapat memenuhi daya yang dibutuhkan pada suplai beban rumah untuk daerah terpencil ?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

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

1. Dapat merancang suatu pembangkit tenaga *hybrid* PLTS-Genset pada suplai beban rumah untuk daerah terpencil.
2. Dapat menganalisis dan menguji performance suatu pembangkit tenaga *hybrid* PLTS-Genset yang dapat memenuhi daya yang dibutuhkan pada suplai beban rumah untuk daerah terpencil.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Adapun yang menjadi tujuan kegiatan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara merakit pembangkit listrik tenaga surya dan genset.
2. Menjelaskan dan Mengetahui kinerja dari pembangkit listrik tenaga surya dan genset.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

Bagi Mahasiswa:

- 1) Sebagai bahan kajian bagi mahasiswa dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
- 2) Menambah pengetahuan serta wawasan dalam bidang Energi konvensional dan non konvensional.

Bagi Masyarakat:

- 1) Dapat memberikan solusi pemanfaatan energi terbarukan kepada masyarakat..
- 2) Dapat dijadikan sebagai sumber inovasi dan referensi tambahan dalam pembuatan maupun pengembangan alat yang memanfaatkan energi surya dan genset.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.1.1 Sel Surya (PV)

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 energi kinetik dari foton akan menembak keatom-atom logam tersebut (Asmara dan Salmawati, 2018).

Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m² / hari. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem.

Saat tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10%, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt. Modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5% hingga 15% tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi piranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh

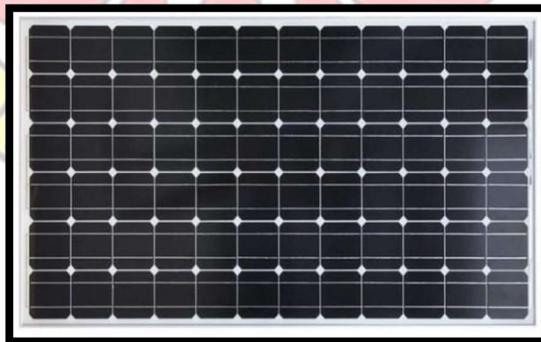
piranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebenarnya tergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel tersebut (Awang Riyadi, 2008).

2.1.2 Jenis Panel Sel Surya

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

1) Monokristal (Mono-crystalline)

Panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15-20%. Sel surya ini dibuat menggunakan crystall silikon murni yang sudah melalui beberapa proses. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2. 1 Panel Surya Jenis Monokristal
Sumber: suryautamaputra.co.id

2) Polikristal (Poly-crystalline)

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur kemudian dituang dalam cetakan yang umumnya berbentuk. Jenis Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama karena kemurnian kristal silikon polikristal tidak setinggi monokristal, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Efisiensinya sekitar 13-16%.



Gambar 2. 2 Sel Surya Jenis Polikristal
Sumber: suryautamaputra.co.id

3) TFSC (Thin Film Solar Cell)

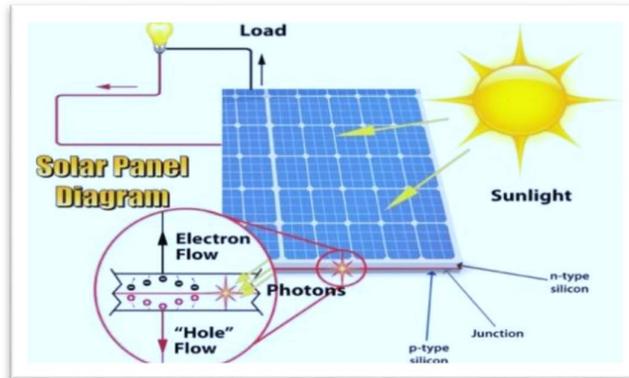
Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambah satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis kedalam lapisan dasar dengan struktur lapisan tipis mikrokristal-silikon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8,5%. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel.



Gambar 2. 3 Sel Surya Jenis TFSC
Sumber: soryautamaputra.co.id

2.1.3 Sistem Konversi Energi Surya menjadi Listrik

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



Gambar 2. 4 Proses Perubahan Cahaya Menjadi Arus Listrik

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang. Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya (Julisman dkk., 2017) :

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots(2-1)$$

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

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

A = Luasan sel fotovoltaik (m^2)

2) Daya Output

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

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

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

3) Efisiensi

$$\eta = (P_{out} / P_{in}) \times 100\% \dots\dots\dots(2-3)$$

Beberapa hal yang perlu di perhatikan sebelum merancang panel surya adalah sebagai berikut :

a) Mencari total beban listrik harian:

$$\text{Energi beban} = \text{Daya} \times \text{Lama Pemakaian} \dots\dots\dots(2-4)$$

Untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, faktor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi-rugi sistem dan untuk faktor keamanan. Oleh karena itu total energi beban listrik harian dikalikan dengan 1,20 sehingga.

$$\text{Energi total beban} = \text{Energi Beban} \times 1,20 \dots\dots\dots(2-5)$$

b) Menentukan jumlah panel surya yang dibutuhkan:

$$\text{Jumlah Panel Surya yang dibutuhkan} = \frac{\text{Energi Total Beban Harian}}{\text{Kapasitas Panel Surya}} \dots\dots\dots(2-6)$$

c) Sudut kemiringan panel surya

$$\alpha = \delta - \text{lat} \dots\dots\dots(2-7)$$

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

lat adalah titik koordinat lokasi penelitian

2.1.4 Baterai (Accu)

Baterai atau aki bekerja atas dasar pengisian dan pengosongan energi listrik yang terdapat di dalamnya. Pada saat aki dipakai, maka terjadi pengosongan, dimana kedua elektrodanya akan menjadi timbal sulfat. Hal ini disebabkan kedua elektroda yang ber-reaksi terhadap larutan asam sulfat. Pada reaksi tersebut elektroda timbal melepaskan banyak elektron, akibatnya terjadi aliran listrik dari timbal dioksidanya. Dalam aki terdapat sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat. Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif mengandung mengandung oksida timah coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timah (Pb). Pelat-pelat di tempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau separator menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai acid mudah beredar di seliling pelat. (Faqih, 2015)

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

Kapasitas battery dalam Ampere-Hour (Ah) dapat dihitung berdasarkan total beban yang dilayani dan waktu beban tersebut beroperasi adalah

$$\text{Kapasitas baterai} = \frac{\text{Total beban pemakaian} \times 1}{\text{Dod} \times \text{Vs}} \dots\dots\dots(2-8)$$

$$\text{Jumlah baterai yang dibutuhkan} = \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Kapasitas Baterai yang digunakan}} \dots(2-9)$$



Gambar 2. 5 Baterai Aki
Sumber: <http://batterycity.co.id>

2.1.5 Inverter

Inverter adalah alat kontrol yang digunakan untuk merubah tegangan 12 VDC atau 24 VDC menjadi tegangan 220 VAC. Sehingga memungkinkan untuk menjalankan berbagai peralatan listrik dengan standar listrik PLN.

Adapun jenis-jenis inverter yang banyak dipasaran Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Solar Inverter

Umumnya solar inverter digunakan untuk mengubah tegangan DC dari solar panel maupun aki menjadi arus listrik AC. Saat ini, Solar inverter dilengkapi dengan battery charger yang bisa digunakan untuk menambah daya baterai.

2. UPS (Interruptible Power Supply)

UPS merupakan gabungan dari inverter dan rectifier. Seperti yang kita ketahui bahwa inverter berfungsi merubah arus DC menjadi AC, sedangkan rectifier sebaliknya. Rectifier berarti berguna untuk mengisi tegangan listrik ke baterai

sedangkan inverter mengembalikannya ke arus PLN. Sedangkan stabilizer berguna untuk menstabilkan tegangan pada reftifier yang membuat baterai dapat terisi di tegangan yang optimal.

3. Variable Speed Drive

VSD (Variable Speed Drive) merupakan gabungan dari inverter dan rectifier juga. Namun, pada VSD tidak dilengkapi baterai seperti UPS. Tujuan menkonversi tegangan listriknya ialah untuk melakukan digitizing. Nantinya tegangan DC dapat disesuaikan frekuensinya lalu akan dikonversikan kembali menjadi tegangan AC. Biasanya fungsi ini digunakan pada perangkat listrik yang memiliki jenis induksi seperti motor listrik dll.

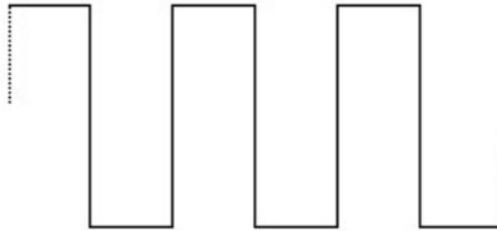
4. Portable / Car Inverter Sekarang ini pada mobil kita dapat mengisi daya baterai Laptop dan sebagainya berkat tegangan arus AC didalamnya. Umumnya pada car inverter ini memiliki daya yang kecil dan tidak lebih dari 200W. Karena sumber dayanya diambil dari aki mobil, mengingat aki tersebut juga digunakan untuk mengoperasikan kendaraan tersebut. Tentunya arus listrik yang dihasilkan akan terbagi-bagi.

Adapun Jenis Inverter Berdasarkan Gelombangnya yaitu:

a.) Square Sine Wave Inverter

Jenis sinyal yang berbentuk kotak, sesuai dengan namanya. Sinyal ini tidak cocok dengan beban coil, seperti kulkas, atau trafo jenis tertentu, karena justru dapat merusak peralatannya. Inverter ini sering disebut sebagai push-pull inverter. Pada jenis ini sinyal yang dihasilkan inverter memiliki bentuk output sinyal kotak sesuai namanya dan sangat tidak cocok digunakan untuk

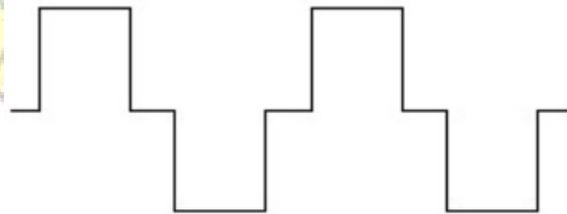
beban dengan coil misalnya kulkas, atau trafo tertentu karena bisa merusak peralatan tersebut. Inverter jenis ini sering juga disebut push-pull inverter



Gambar 2.6 Bentuk Gelombang Square Sine Wave Inverter

b.) Modified Sine Wave Inverter

Inverter ini merupakan hasil modifikasi dari square sine wave inverter. Inverter ini dapat dipakai pada beban kumparan, namun hasil yang didapatkan menjadi tidak optimal, dan pemborosan daya juga menjadi lebih tinggi. Inverter ini tidak disarankan untuk jenis-jenis peralatan yang sensitif. Misalnya pada home theater atau jenis-jenis peralatan audio.

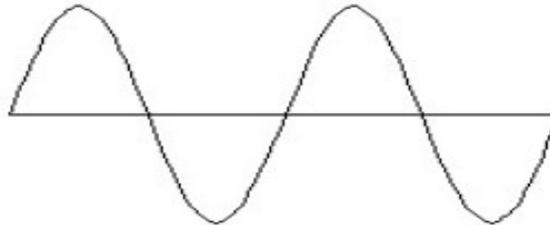


Gambar 2.7 Bentuk Gelombang Modified Sine Wave Inverter

c.) Pure Sine Wave Inverter

Sine wave inverter (Pure sinewave), yaitu inverter yang memiliki tegangan output dengan bentuk gelombang sinus murni atau sama seperti bentuk

gelombang tegangan dari PLN. Inverter jenis ini dapat memberikan supply tegangan ke beban (Induktor) atau motor listrik dengan efisiensi daya yang baik. Ini adalah inverter terbaik saat ini. Berikut contoh gambar bentuk dari gelombang output inverter nya:



Gambar 2.8 Bentuk Gelombang Pure Sine Wave Inverter

Rugi-rugi / losses yang terjadi pada inverter biasanya berupa dissipasi daya dalam bentuk panas. Pada umumnya efisiensi inverter adalah berkisar 50-90% tergantung dari beban outputnya. Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja inverter yang tertera maka effisiensinya semakin besar, demikian pula sebaliknya.

$$C_{inverter} = W_{total} + (25\% \times W_{total}) \dots \dots \dots (2-10)$$

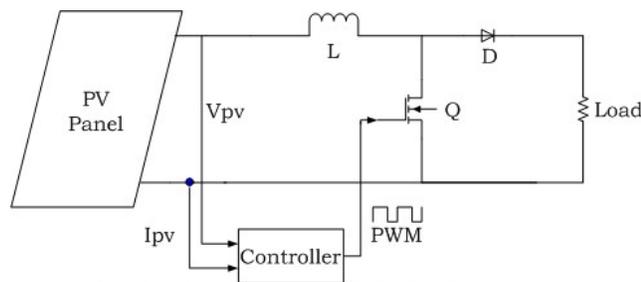
Dimana W_{total} = daya total sistem saat beroperasi
 25% = daya cadangan untuk memenuhi kebutuhan starting alat listrik

2.1.6 Solar Charger Controler

2.1.6.1 MPPT

Maximum Power Point Tracking atau sering disingkat dengan MPPT merupakan sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel photovoltaic (PV) sehingga panel photovoltaic bisa menghasilkan power maksimum. Perlu diperhatikan, MPPT bukanlah sebuah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga

mendapatkan energi maksimum matahari. MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik power maksimum power yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel PV.



Gambar 2.9 Sistem MPPT

Sebuah sistem MPPT di sini merupakan sebuah DC/DC converter dengan sebuah controller. Sebuah DC/DC converter digunakan pada sistem MPPT seperti pada gambar di atas. Pada contoh di atas, sebuah PV panel mempunyai maximum power 75Watt, tegangan maximum 17Volt dengan arus maximum sekitar 4.4Ampere. DC/DC converter tersebut akan mengkonversi tegangan 17Volt dari PV panel menjadi tegangan baterai sebagai output.

SCC sistem MPPT mampu melakukan konversi tegangan output DC dari Solar Cell/Panel Surya yg lebih tinggi ke tegangan lebih rendah yang diperlukan Accumulator/Battery. Dalam proses pengisian ini, sistem kerja MPPT akan melakukan peningkatan Arus DC yang menuju Accumulator/Battery. Dengan SCC sistem MPPT, maka kestabilan tetap terjaga sebesar 24 Volt, sehingga daya yang didapat dari Panel Surya / Solar Cell / Photo Voltaic tetap 240 Watt. SCC sistem MPPT ini kemudian melakukan konversi tegangan dari 24 Volt menjadi 12 Volt untuk menyesuaikan dengan tegangan Accumulator/Battery.

Solar charge controller /MPPT merupakan seperangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk:

- a. Mengatur transfer energi dari modul surya (PV) ke Accumulator / Baterai dan ke beban secara efisien dan semaksimal mungkin
- b. Melindungi baterai dari pengisian berlebih (overcharge) dengan cara memutuskan proses pengisian baterai pada tegangan batas atas
- c. Melindungi pengosongan berlebih (overdischarge) dengan memutuskan proses pengosongan baterai

Jumlah charger controller yang dibutuhkan tergantung pada beban maksimum yang diperbolehkan pada alat tersebut. Untuk Solar Charge Controller MPPT30 12/24 volt(auto) artinya beban maksimum yang dapat dilayani adalah 30 ampere, maka jumlah charge controller yang digunakan untuk mengisi battery adalah

$$n_{cg} = \frac{E_b}{I_{max_cg} \times t_s} \dots\dots\dots(2-11)$$

dengan:

- N_{cg} = jumlah charge controller
- E_b = kapasitas battery(A-hour)
- I_{max_cg} = arus maksimum charge controller (A)
- t_s = waktu penyinaran(jam)

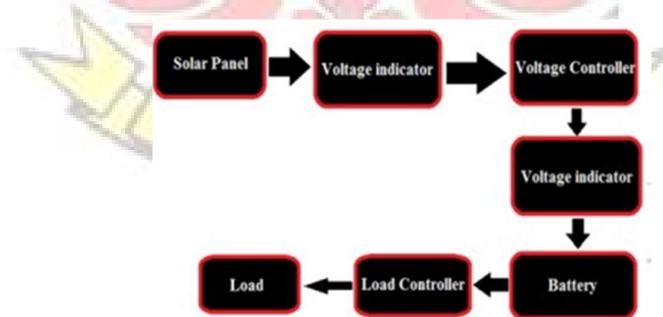


Gambar 2. 10 Solar charge controller MPPT 12/24 volt 30 A

2.1.6.2 PWM

Pulse width modulation (PWM) tujuan utama adalah untuk mengganti perangkat daya pengontrol tata surya dengan menerapkan pengisian baterai tegangan konstan. Pengontrol pengisian daya modern menggunakan PWM untuk memungkinkan jumlah daya yang lebih rendah diterapkan ke baterai saat baterai hampir terisi penuh.

Kontroler PWM bekerja dengan konsep bahwa ketika sel surya menghasilkan tegangan, tegangan ini kemudian ditunjukkan oleh indikator tegangan. Setelah pengukuran ini, pengontrol tegangan mengontrol tegangan dan dengan demikian dengan menggunakan panel surya tegangan ini baterai diisi. PWM bekerja mengatur aliran energi listrik ke baterai dengan mengurangi arus/current secara bertahap yang disebut "Pulse Width Modulation". Saat baterai penuh, PWM tetap mensuplai daya dalam jumlah kecil untuk menjaga baterai tetap penuh. PWM cocok digunakan dalam skala kecil.



Gambar 2.11 Diagram Alir pengontrol pengisian Pulse Width Modulation (PWM)

Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan solar charger PWM dan MPPT

Keterangan	PWM Charge Controller	MPPT Charge Controller
Tegangan Array	PV array & tegangan baterai harus sama.	Tegangan PV array dapat lebih tinggi dibandingkan tegangan baterai
Tegangan Baterai	Beroperasi pada tegangan baterai, sehingga ideal jika digunakan pada temperatur yang cukup hangat dan ketika kapasitas baterai 80%.	Dapat beroperasi diatas tegangan baterai, sehingga dapat mendorong pengisian lebih cepat pada kondisi temperatur dingi dan kapasitas baterai rendah.
Kapasitas sistem	Direkomendasikan digunakan pada kapasitas system kecil, dimana MPPT tidak dapat bekerja ideal.	Kapasitas system diatas 200 W akan lebih ideal menggunakan SCC MPPT
Off-Grid	Disarankan digunakan system off-grid dengan tpe tegangan panel surya (V_{mp}) berada pada = 17 himgga 18 volts untuk setiap nominal tegangan baterai 12 V	Dapat digunakan pada system grid-tie, walaupun kapasitas kecil karena mampu beradaptasi dengan baik pada jenis panel yang tidak memiliki susunan dari 36 sel.
Metode kapasitas array	Susunan panel surya dihitung pada Ampere (berdasarkan arus yang dihasilkan saat panel surya bekerja sesuai tengangan baterai	Susunan panel surya dihitung berdasarkan watt (berdasarkan maksimum charging current \times baterai voltage)

2.2 Generator (genset)

2.2.1 Pengertian Generator Set

Generator set atau Genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator (Paul Tumilar Gabriel dkk.,2015).

Engine mesin diesel sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik. Engine dapat berupa perangkat mesin diesel berbahan bakar solar atau bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator (kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar).

Generator Set memiliki 9 komponen utama, meliputi:

1. Mesin

Mesin adalah sumber energi mekanik yang masuk ke generator. Ukuran mesin berbanding lurus dengan output daya maksimum yang bias disediakan generator.

2. Alternator

Alternator, yang juga dikenal sebagai Generator atau Genhead, adalah bagian dari genset yang menghasilkan output listrik yang didapat dari gerakan mekanis yang diberikan oleh mesin. Alternator sendiri terdiri dari rakitan bagian yang tidak bergerak dan bagian yang bergerak yang terbungkus dalam satu kesatuan. Komponen-komponen tersebut bekerja

bersama dan menghasilkan gerakan yang relatif antara medan magnet & listrik. Secara bersamaan, pergerakan tersebut menghasilkan listrik.

3. Sistem Bahan Bakar

Tangki bahan bakar biasanya memiliki kapasitas yang cukup untuk menjaga generator tetap beroperasi rata-rata 6-8 jam. Dalam kasus unit generator kecil, tangki bahan bakar adalah bagian dari bawah generator atau dipasang di atas frame generator. Untuk aplikasi komersial, biasanya menggunakan tangki bahan bakar eksternal. Semua instalasi harus memiliki persetujuan Divisi Perencanaan Kota.

4. Regulator Tegangan

Sesuai dengan namanya, komponen ini mengatur tegangan keluaran generator. Komponen ini meliputi: Regulator Tegangan (Konversi tegangan AC ke DC), Exciter Windings (Konversi arus DC ke AC), Rotating Rectifier (Konversi arus AC ke DC), dan Rotor/ Armature (Konversi arus DC ke AC). Siklus dari keempat bagian ini berlanjut sampai generator menghasilkan tegangan keluaran yang setara dengan kapasitas operasi penuhnya.

5. Sistem Pendingin & Sistem Pembuangan Panas

Penggunaan generator secara terus menerus menyebabkan berbagai komponennya menjadi panas. Sangat penting untuk memiliki sistem pendingin dan pembuangan panas untuk menyalurkan panas yang dihasilkan dalam proses.

6. Sistem Pelumas

Karena generator terdiri dari bagian yang bergerak pada mesinnya, diperlukan pelumasan untuk memastikan daya tahan dan kelancaran operasi dalam jangka waktu yang lama.

7. Charger Baterai

Pengoperasian genset dimulai dari tahap pengoperasian baterai. Pengisi daya baterai memastikan baterai generator diisi dengan voltase yang tepat.

8. Panel Kontrol

Komponen ini merupakan penghubung antara pengguna generator dan generator itu sendiri. Tiap pabrikan memiliki berbagai fitur berbeda di panel kontrol unit mereka.

9. Ruang/ Bingkai

Semua generator, baik portable atau stationer, memiliki “rumah” atau ruangan tersendiri yang berfungsi sebagai bingkai. Idealnya, ruangan ini dibuat agar ramah lingkungan dan aman.

2.2.2 Cara Kerja Generator Set

Cara kerja generator set adalah dengan menyalakan diesel engine dari generator set. Penggerak mula (Prime mover) merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Pada mesin diesel terjadi penyalakan sendiri, karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimampatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi. Ketika bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar maka bahan bakar (dalam

penelitian ini adalah bahan bakar cair, bensin atau premium) akan menyala secara otomatis.

Ada dua proses kerja pendek dari disesel masing – masing mempunyai dua proses kerja.

Proses pertama : Langkah pertama adalah langkah pemasukan dan penghisapan. Disini udara dan bahan bakar masuk sedangkan poros engkol berputar ke bawah. Langkah kedua merupakan langkah kompresi, poros engkol terus berputar menyebabkan piston naik dan menekan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran. Proses 1 dan 2 termasuk proses pembakaran.

Proses kedua : Langkah 3 merupakan langkah ekspansi, disini katup isap dan buang tertutup sedangkan proses engkol terus berputar dan menarik kembali piston ke bawah. Langkah keempat merupakan langkah pembuangan, disini katub buang terbuka menyebabkan gas sisa pembakaran terbang keluar. Gas keluar karena pada langkah keempat ini piston kembali bergerak naik dan membuka katub pembuangan yang berada di atas tabung silinder piston. Setelah proses tersebut, maka proses berikutnya akan mengulang kembali proses pertama yaitu proses pembakaran, dilanjutkan dengan proses pembuangan. Setelah engine menyala, poros dari engine terhubung langsung dengan poros rotor pada generator set sehingga poros engine dan poros rotor berputar secara bersamaan. Ketika terjadi putaran di poros rotor, maka akan terjadi induksi medan magnet dan akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) seperti hal hukum Faraday.

Berikut adalah persamaan rumus yang digunakan pada perencanaan untuk genset :

Rumus menghitung besarnya daya yaitu:

$$P_g = V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots(2-12)$$

Keterangan :

P_g = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

$\cos \phi$ = Faktor daya



Gambar 2. 12 Genset

1) Efisiensi Generator

Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau daya yang dibangkitkan generator dengan daya masukan generator.

Dimana persamaan efisiensi generator yaitu :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-13)$$

Dimana :

η = Efisiensi generator

P_{out} = Daya output generator untuk beban (Watt)

P_{in} = Daya mekanik output generator (Watt)

2) Konsumsi bahan bakar Spesifik

Untuk mengetahui nilai konsumsi bahan bakar Yang digunakan genset, kita

dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Q = k \times p \times t \dots\dots\dots(2-14)$$

k = 0,21 (faktor ketetapan konsumsi solar per kilowatt per jam)

P = Daya Genset (kVA)

t = Waktu (Jam)

Q = Laju konsumsi bahan bakar(liter/jam)

2.3 Sistem Hybrid

2.3.1 Pengertian sistem hybrid

Sistem energi *hybrid* adalah sistem yang menggunakan sumber energi lebih dari 1 sumber. Sistem ini menggunakan kombinasi antara perangkat teknologi konversi energi terbarukan seperti Panel Surya, kincir angin (Pembangkit listrik Tenaga Angin) atau generator hidro (Pembangkit Listrik Tenaga Air), dengan generator pembakaran dan penyimpanan baterai untuk menghasilkan listrik di daerah pedesaan atau daerah terpencil secara kompetitif. Sistem seperti itu didefinisikan sebagai sistem energi *hybrid* dan digunakan untuk menyediakan listrik bagi pedesaan di negara-negara berkembang. Kombinasi teknologi energi terbarukan dan konvensional lebih baik dibandingkan kinerja teknis dan ekonomis dengan pasokan bahan bakar pedesaan berbasis bahan bakar fosil dan konvensional. [Wichert, et al, 1999].

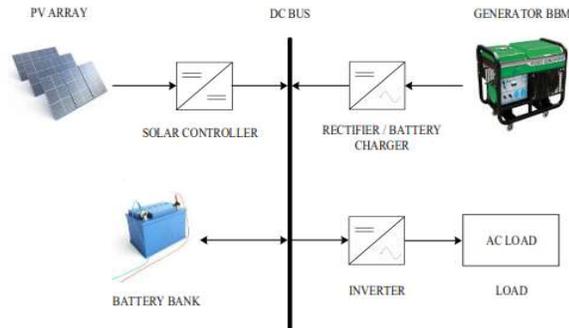
2.3.2 Konfigurasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid*, terbagi atas 3 konfigurasi yaitu:

1. Sistem *hybrid* seri

Pada sistem *hybrid* ini mensuplai daya DC ke dalam baterai, setiap komponen harus dilengkapi dengan charge controller sendiri, untuk

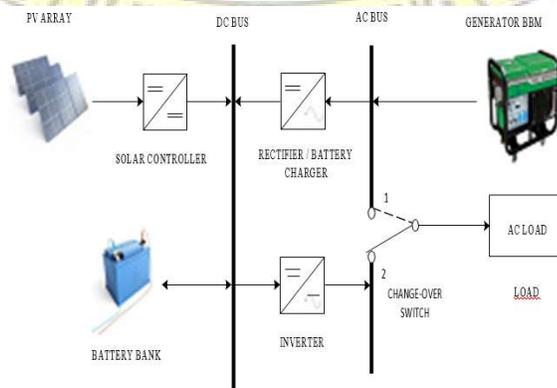
menjamin operasi yang handal sistem ini, generator dan inverter harus didisain agar dapat melayani beban puncak.



Gambar 2. 13 Sistem *Hybrid* Seri

2. Sistem *hybrid* switched

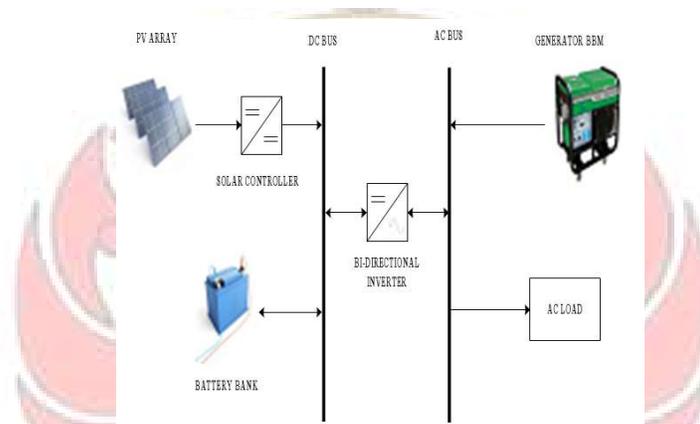
Pada sistem *hybrid* tersaklar ini, genset dan inverter dapat beroperasi sebagai sumber AC, pada sistem yang tidak memiliki operasi paralel, genset dan sumber energi terbarukan dapat mengisi (charging) baterai. Pada sistem ini beban dapat langsung disuplai genset sehingga meningkatkan efisiensi total, kelebihan daya dari genset dapat digunakan untuk mengisi beban baterai.



Gambar 2. 14 Sistem *Hybrid* Switched

3. Sistem *hybrid* paralel

Pada system *hybrid* ini, beban dapat disuplai baik dari genset maupun inverter secara paralel. Bi – directional inverter (BDI) digunakan untuk menjembatani antara baterai dan sumber AC, BDI dapat mengisi baterai dari genset (AC – DC converter) maupun sumber energi terbarukan, juga dapat beraksi sebagai DC-AC converter.



Gambar 2. 15 Sistem *Hybrid* Paralel

2.4 Analisis Optimasi

Dalam penelitian ini, analisis optimasi diartikan sebagai suatu proses penguraian durasi proyek untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi biaya. Proses memperpendek waktu kegiatan dalam jaringan kerja untuk mengurangi waktu pada jalur kritis, sehingga waktu penyelesaian total dapat dikurangi disebut sebagai crashing proyek (Heizer dan Render, 2005).

Pengertian optimasi, antara lain :

1. Anthony (2014 : 1) mengatakan bahwa “Teknik optimasi merupakan suatu cara yang dilakukan untuk memberikan hasil yang terbaik yang diinginkan.”
2. Sugioko (2013 : 113) mengatakan bahwa “Optimasi adalah suatu disiplin ilmu dalam matematika yang fokus untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum secara sistematis dari suatu fungsi, peluang maupun pencarian nilai lainnya dalam berbagai kasus.”

Banyak cara yang dapat dilakukan dalam menyelesaikan masalah untuk memberikan hasil terbaik. Cara untuk memberikan hasil terbaik ini disebut sistem optimasi atau teknik optimasi. Sistem optimasi ini umumnya mengacu kepada teknik program matematika yang biasanya membahas atau mengacu kepada jalannya program penelitian (research programming) tentang masalah yang sedang dihadapi. Teknik optimasi digunakan untuk memberikan hasil terbaik dari hal yang terburuk atau hal yang terbaik, tergantung masalah yang dihadapi. Hasil optimasi mungkin hasil tertinggi (misalnya keuntungan) atau hasil terendah (misalnya kerugian). Optimasi memerlukan strategi yang bagus dalam mengambil keputusan agar diperoleh hasil yang optimum.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

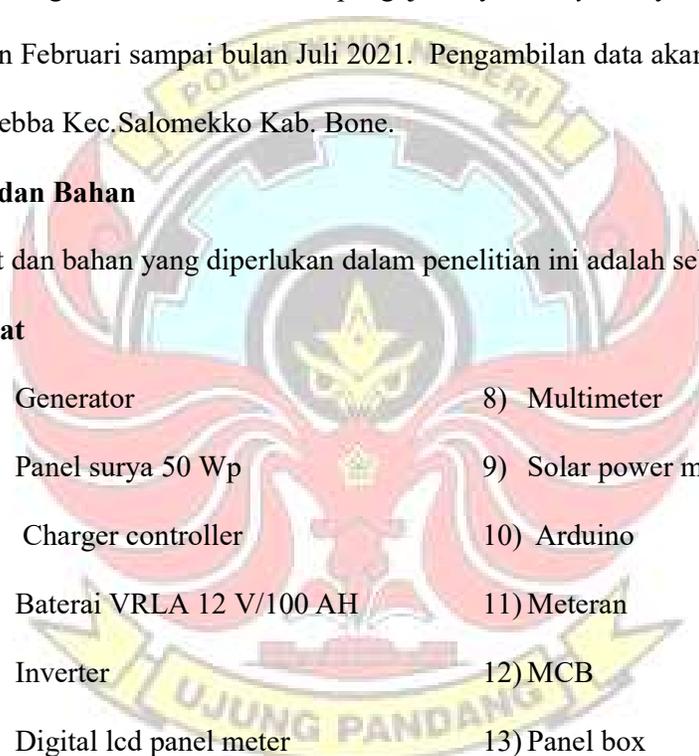
Waktu Penelitian ini dilaksanakan di selama selama 6 bulan yang dimulai pada bulan Februari samapai bulan agustus 2021.

Pelaksanaan kegiatan diawali dengan perancangan alat, pembuatan dan perakitan dengan memodifikasi alat pengujian system *hybrid* yang berlangsung pada bulan Februari sampai bulan Juli 2021. Pengambilan data akan dilaksanakan di Desa Tebba Kec.Salomekko Kab. Bone.

3.2 Alat dan Bahan

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

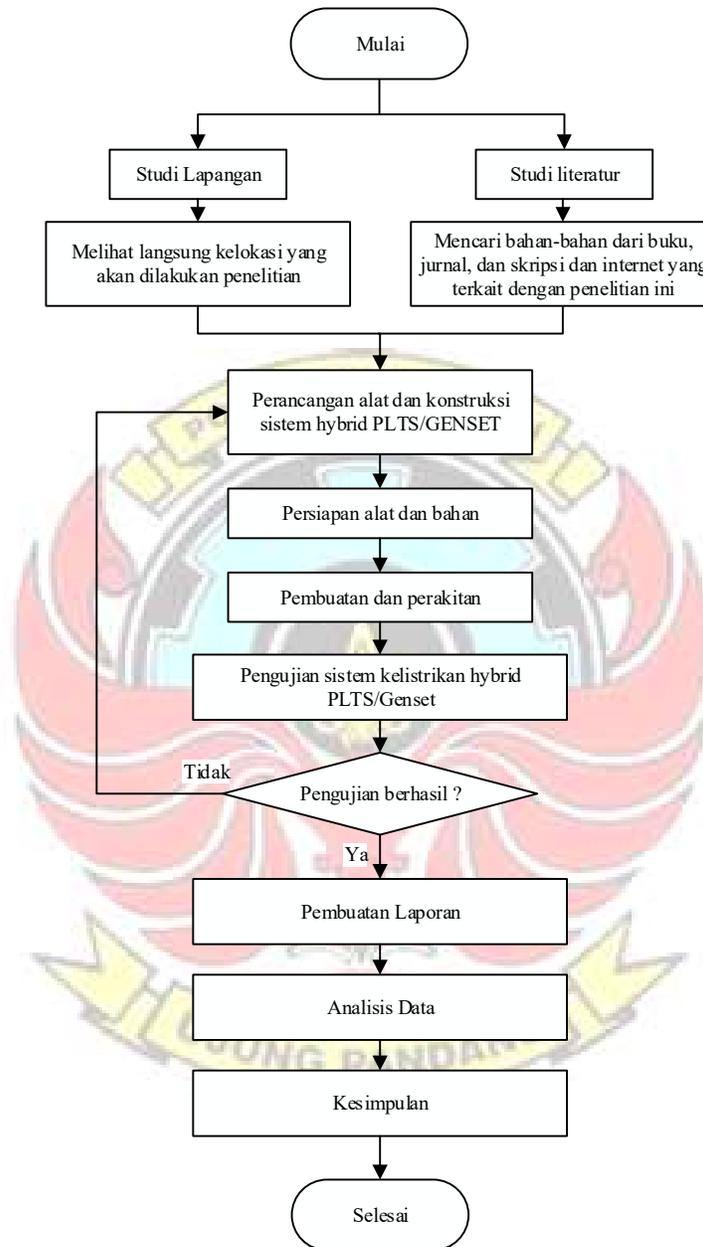
3.2.1 Alat

- 
- 1) Generator
 - 2) Panel surya 50 Wp
 - 3) Charger controller
 - 4) Baterai VRLA 12 V/100 AH
 - 5) Inverter
 - 6) Digital lcd panel meter
 - 7) Gurinda
 - 8) Multimeter
 - 9) Solar power meter
 - 10) Arduino
 - 11) Meteran
 - 12) MCB
 - 13) Panel box

3.2.2 Bahan

- 1) Kabel
- 2) Saklar
- 3) Baut dan mur
- 4) Besi siku
- 5) Soket Terminal

3.3 Prosedur Penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart Prosedure Kerja

3.4 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan langkah awal sebelum pembangkit *hybrid* PLTS-Genset diaplikasikan sebagai suplai beban rumah untuk daerah terpencil. Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar pembangkit *hybrid* ini dapat beroperasi dengan optimal.

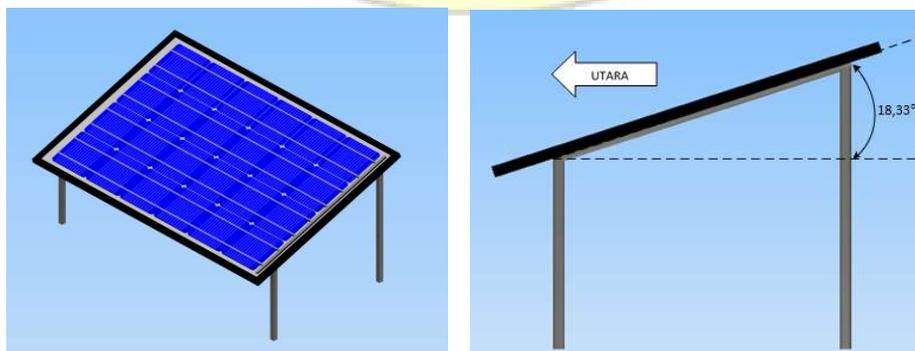
3.4.1 Perancangan Konstruksi

1) Konstruksi 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 di Lab konversi energi dengan titik koordinat 5,12° LS, 119,48° BT adalah sebagai berikut:

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

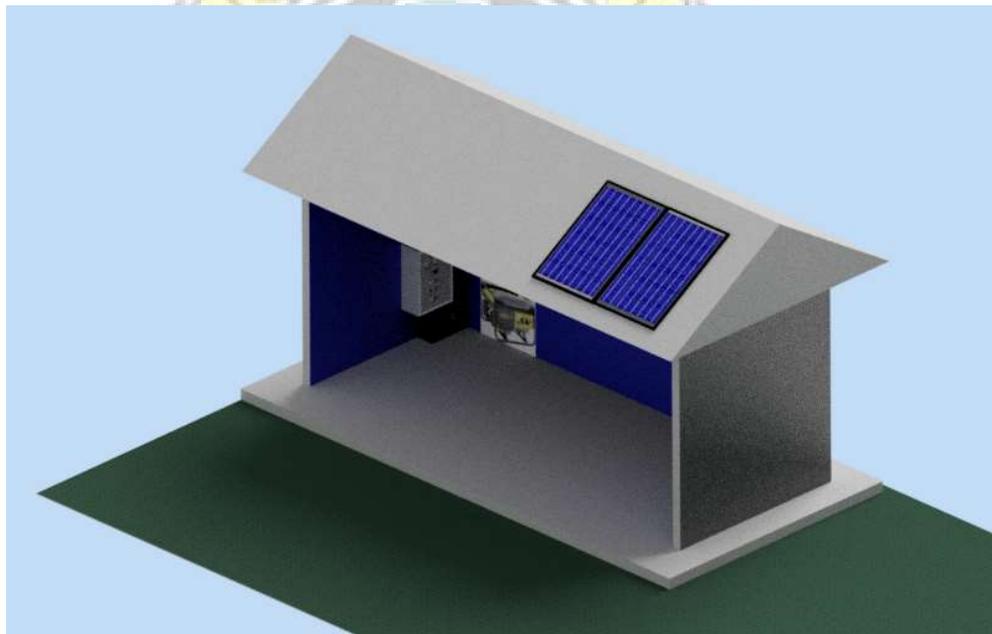
Jadi sudut kemiringan panel surya maksimum adalah sebesar 18,33°.



Gambar 3. 2 Rancangan Struktur Kemiringan Panel Surya

2) Perancangan pembangkit listrik tenaga *hybrid*

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* ini dirancang, dimana untuk genset melayani beban AC dan sebagian daya dari genset diturunkan tegangan kemudian disearahkan untuk mengisi daya kebattery. Pada modul surya untuk menampung energi matahari, kemudian charger kontroller sebagai pengatur masuknya tegangan dan arus untuk mengisi battery setelah itu inveter mengubah tegangan dari arus DC menjadi arus AC untuk melayani beban di rumah daerah terpencil.



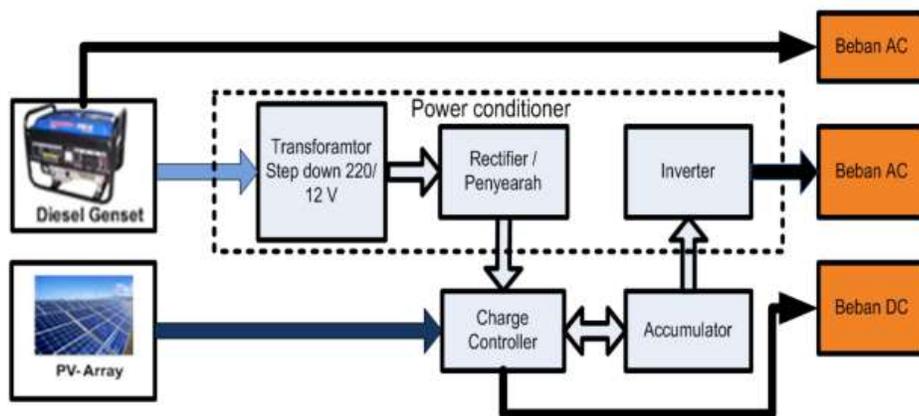
Gambar 3. 3 Rancangan pembangkit listrik Tenaga *Hybrid* PLTS-
GENSET

Keterangan :

- 3) Panel surya
- 4) Panel box
- 5) Battery aki
- 6) Genset

3) Perancangan kelistrikan

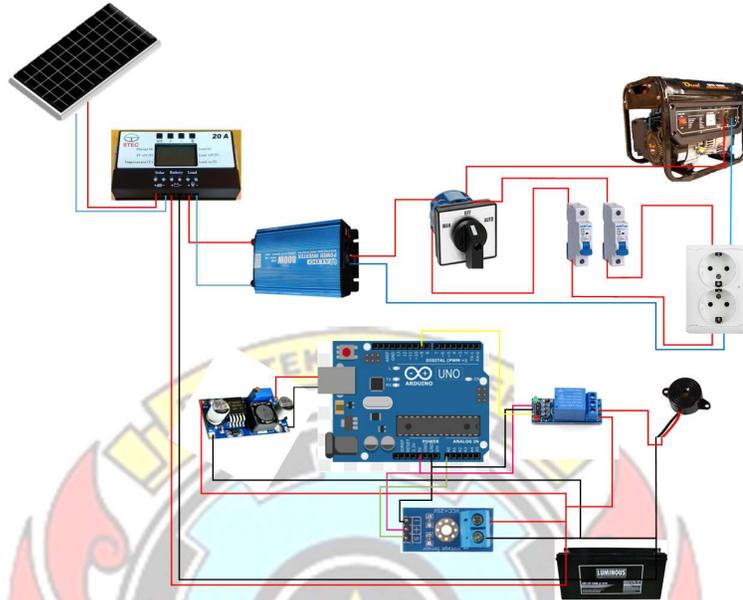
Perancangan Kelistrikan diawali dengan menghitung total beban atau energi yang akan digunakan saat beroperasi. Analisa data tersebut untuk mengetahui berapa panel surya dan kapasitas baterai yang akan digunakan dalam memenuhi kebutuhan energi di daerah terpencil. Genset yang digunakan adalah genset dengan kapasitas 1000 watt. Berikut skema perancangan kelistrikan pembangkit *hybrid* pada daerah terpencil.



Gambar 3. 4 Skema Kelistrikan *Hybrid* PLTS-GENSET untuk Daerah Terpencil.

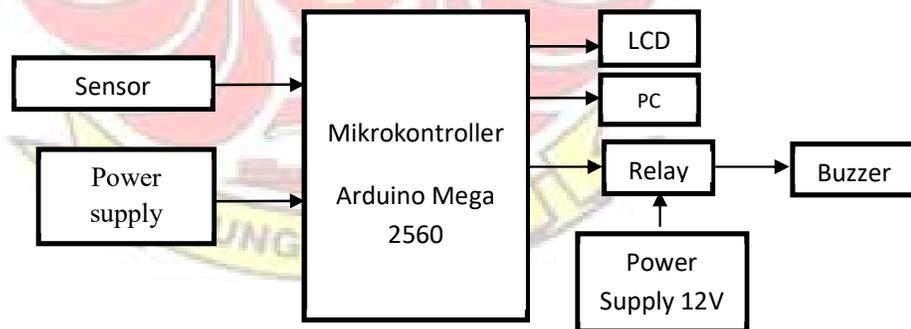
Pada skema diatas PLTS dan genset berfungsi untuk menghasilkan tenaga listrik secara bersama-sama tetapi dapat dioperasikan secara bergantian. Genset diubungkan dengan rangkaian penyearah untuk mengisi acculumulator dan beban DC, demikian juga untuk PLTS duhubungkan dengan solar charge controller untuk mengisi accumulator dan beban DC. Rangkaian penyearah digunakan untuk merubah tegagn AC menjadi tegangan DC sesuai dengan batas maksimal pada tegangan accumulator dan tegangan yang diperlukan oleh Power condentioner.

a) Rangkaian kontrol *Hybrid* Plts-Genset



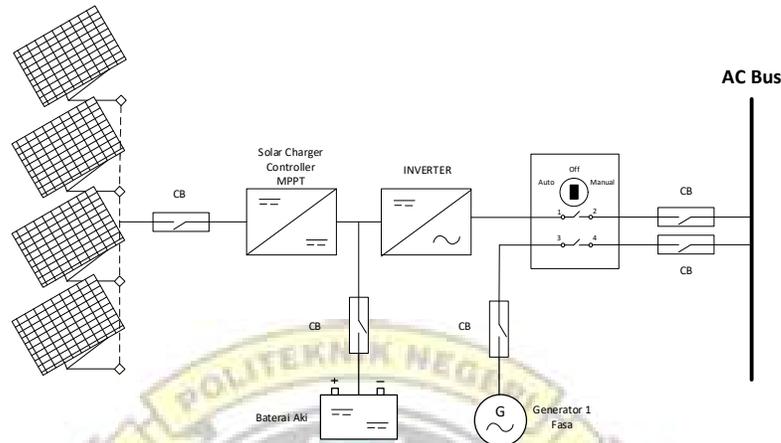
Gambar 3.5 Skematik Rangkaian Kontrol *hybrid* PLTS-Genset

b) Blog Diagram Pemrograman



Gambar 3.6 Blok Diagram Pemrograman Indikator Lowbat *hybrid* Plts-genset

c) Rangkaian Single Line diagram



Gambar 3.6 Rangkaian Single line diagram
Hybrid Plts-Genset

3.5 Tahap Pembuatan dan perakitan

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



Gambar 3. 5 Rancangan Rangka Panel Surya

3.5.2 Modul Pengujian

Prosedur pembuatan modul pengujian pembangkit *hybrid* yaitu:

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan
- 2) Menentukan ukuran Panel box yang sesuai dengan jumlah komponen yang akan dirangkai.
- 3) Memotong atau melubangi bagian tertentu yang telah diberi tanda untuk memasang wattmeter pada bagian luar.
- 4) Pemasangan komponen pada modul pengujian yang terdiri atas charger controller, switch selector manual, MCB, circuit breaker dan inverter yang akan digunakan. Setelah di pasang pada tempatnya maka komponen-komponen tersebut akan dirangkai agar dapat berfungsi.



Gambar 3. 6 Rancangan Modul Pengujian *Hybrid* PLTS-GENSET pada daerah terpencil.

3.6 Prosedur Pengujian

Setelah merancang bangun selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan ketika pembangkit bekerja secara sendiri dan ketika pembangkit disatukan (*hybrid*) dengan pembebanan yang ada pada daerah terpencil.

Langkah-Langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1) Memasang panel Surya dan genset di Lokasi Pengujian.
- 2) Merangkai panel surya dan keluaran genset dengan modul.
- 3) Mengaktifkan saklar PLTS dan Genset pada modul.
- 4) Mencatat hasil pengukuran kedalam tabel pengamatan.

- 5) Menganalisis hasil Pengukuran.
- 6) Membuat kesimpulan tentang pengujian sistem *hybrid*.
- 7) Pengujian selesai.

3.7 Pengumpulan Data

Adapun pengumpulan data setelah proses pengujian pembangkit *hybrid* PLTS-GENSET, maka selanjutnya ada beberapa parameter yang perlu dicatat.

Tabel 3. 1 Parameter yang akan diukur dalam pengujian

No.	Parameter	Simbol	Satuan	Alat Ukur
1.	Radiasi matahari	G	W/m ²	Solar Power Weter
2.	Tegangan	V	V	Digital LCD
3.	Arus	I	A	Digital LCD

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Meninjau Lokasi Penelitian

Tujuan kegiatan Meninjau lokasi penelitian adalah untuk menghitung secara detail kebutuhan listrik yang ada pada suatu rumah di daerah terpencil . Informasi ini akan digunakan sebagai dasar dalam penentuan kebutuhan jenis-jenis peralatan listrik dan perencanaan desain kapasitas pembangkit *Hybrid* PLTS-Genset yang ada pada rumah di daerah Terpencil.



Gambar 4 1 Bangunan rumah daerah terpencil

Kemudian dilakukan pengukuran Potensi energi Listrik yang tersedia di lokasi untuk memprediksi pasokan energi yang dapat dihasilkan oleh sistem pembangkit *hybrid* yang akan direncanakan. Pengukuran yang kami lakukan yaitu melalui pengukuran langsung potensi radiasi matahari.

Terakhir dilakukan survei kelayakan teknis untuk mengetahui faktor-faktor di lapangan yang akan mempengaruhi hal-hal teknis seperti rancangan sistem, dan instalasi sistem.

4.2 Perancangan Sistem Pembangkit *hybrid* PLTS-Genset

4.2.1 Perancangan Sistem Kelistrikan

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan kebutuhan energi listrik dan menentukan kebutuhan panel surya, baterai dan komponen lainnya berdasarkan jumlah beban yang akan digunakan.

a) Data Beban dan jam operasi rumah daerah terpencil

Berdasarkan survei lokasi penelitian yang telah, diperoleh data beban pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 data kebutuhan energi listrik rumah daerah terpencil

No	Komponen	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (h)	Daya (W)	Energi (Wh)
1.	Lampu Neon Ruang Tamu	220	0,12	6	28	168
2.	Lampu Neon Dapur	220	0,09	6	20	120
3.	Lampu Neon Teras	220	0,02	9	5	45
4.	Lampu Neon Kamar	220	0,02	6	5	30
5.	Kipas	220	0,02	4	45	180
Total kebutuhan listrik rumah daerah terpencil sebesar 543 Wh/hari \approx 0,543 kWh/hari						

b) Menghitung jumlah komponen panel surya dan genset yang Di butuhkan

- Perhitungan Kebutuhan Panel surya

Jika diasumsikan sinar matahari maksimal (peak) 1 hari = 5 jam

Maka kapasitas panel : $50 \times 5 = 250$ Wh/hari

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas daya modul surya} &= \frac{ET}{\text{insolasi matahari}} \times \text{Faktor Penyesuaian} \\ &= \frac{543}{3,91} \times 1,1 \\ &= 152,76 \text{ Wp} \rightarrow \frac{152,76}{50} = 3,05 \text{ Buah} \end{aligned}$$

jadi jumlah panel surya dibutuhkan 3 atau 4 buah.

Terkait dengan cuaca yang tidak dapat diprediksi, perhitungan jumlah modul dapat mengakomodasi cadangan energi untuk menambah keandalan sistem dengan menambah atau menggabungkan Genset untuk suplai beban setelah kapasitas baterai low. Genset yang di gunakan yaitu Genset Sumura 1000 W.

Tabel 4.2 Spesifikasi Panel Surya yang digunakan

Photovoltaic	
Kapasitas	Nilai
Rated Maximum Power (Pmax)	50W
Power Tolerance(W)	±3%
Voltage at pamx(Vmp)	18.2V
Current at pamx(Imp)	2.75A
Open-circuit voltage(Voc)	21.42
Short-circuit Current(Isc)	3.08A
Maximum System Voltage	715VDC
Maximum Series Fuse rating	10A
Operating temperature	-40To + 85°C
Weight	4KG
Dimension	700×542×30MM
ALL technical data at standard condition E = 1000 Wh ² ; AM = 1.5, T = 25°C	

Tabel 4.3 Spesifikasi Genset (Generator Set) yang digunakan

Genset			
AC	Nilai	DC	Nilai
Max Power	1000W	Voltage	12V
Rated Power	900W	Current	8,3A
Rated Voltage	220V	Fuel	Gasoline (Petrol)
Frequency	50Hz		
Power Factor CosΦ	1		

c) Menghitung Kebutuhan Baterai

Kapasitas Baterai = 12 Volt

DoD = 80 %

Autonomy = 1 Hari

Kuat Arus per Jam = 100 Ah

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas baterai} &= \frac{\text{Total kebutuhan listrik rumah daerah terpencil} \times 1}{\text{Dod} \times \text{Vs}} \\ &= \frac{543 \times 1}{0,8 \times 12} \\ &= \frac{543 \times 1}{0,8 \times 12} = 56,56 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Jumlah baterai yang dibutuhkan = $\frac{56,56 \text{ Ah}}{100 \text{ Ah}} = 0,56 \rightarrow 1$ buah.

d) Perhitungan Jumlah Inverter

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

$$C_{\text{inverter}} = 543 + (25\% \times 543)$$

$$= 678,75 \text{ W}$$

Dari nilai ini, maka dipilihlah inverter dengan kapasitas 800 Watt (pembulatan ke atas atau ketersediaan kapasitas inverter di pasaran).

Tabel 4.4 Spesifikasi Inverter yang digunakan

Inverter Technical Meter	
Model	800W
Inout Voltage	DC 10-14.8V (DC 20-30V)
Output Voltage	Ac200-230V / Ac 100-120V
Output Frequency	50Hz – 60Hz
Efficiency up to	90.5%
Operating temperature	-15°C--50°C
LowVoltage range	<9.6V (<19,5V)
Over voltage range	>15V (>30V)

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

Tabel 4. 5 Spesifikasi Komponen yang akan Digunakan dari Rancangan Sistem Pembangkit *Hybrid*

Komponen	Parameter	Nilai	Unit
Panel Surya	Kapasitas	50	Wp
	Tegangan kerja	12	Vdc
	Jumlah	5	Unit
Baterai	Hari otonomi	1	Hari
	Spesifikasi tegangan kerja	12	Vdc
	Spesifikasi arus	100	Ah
	Spesifikasi DoD	80	%
	Jumlah	1	Unit
Inverter	Kapasitas	800	Watt
	Output Voltage	200-230	Vac
	Frequency	50	Hz
	Jumlah	1	Unit

Genset	Max Power	1000	Watt
	Rated Power	900	Vac
	Rated Voltage	220	Vac
	Frequency	50	Hz
	Power Factor	1	Cos \emptyset
	Jumlah	1	Unit

4.2.2 Rancangan Konstruksi

Pada perancangan rangka ini, komponen utama yang digunakan adalah besi siku lubang berukuran yang digunakan sebagai bingkai panel surya. Komponen-komponen tersebut kemudian dirakit dengan menggunakan sambungan mur dan baut

Posisi panel surya menghadap ke utara dengan sudut kemiringan yang telah dihitung sebelumnya, panel surya dijepit di tiap sisi yang dipasang pada struktur rangka penopang.

4.3 Pengujian

Pengujian dilakukan dengan tiga jenis pengujian dimana masing-masing pembangkit diuji sendiri-sendiri (PLTS dan Genset) selama satu hari yaitu dipagi hari sampai sore dilakukan pengisian baterai, kemudian dibebani langsung dengan komponen-komponen listrik di malam hari. Terakhir Genset di bebani langsung setelah baterai aki telah Low baterai dengan adanya indikator pengingat yaitu buzzer yang akan bunyi. 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 oleh kedua pembangkit listrik.



Gambar 4 2 Modul Instrumen Pembangkit *Hybrid* PLTS Genset

4.4 Data Aplikasi

4.4.1 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 Tabel 1, maka didapatkan nilai daya input panel surya sebagai berikut:

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

$$P_{in} = (295,40 \text{ w/m}^2) (1,4204 \text{ m}^2)$$

$$P_{in} = 419,6 \text{ W}$$

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

2) Menghitung Daya Output (P_{out}) Panel Surya

Untuk menghitung daya output panel surya menggunakan rumus pada

persamaan 2.2 dengan menggunakan data rata-rata setiap satu jam pada lampiran Tabel 1, maka didapatkan nilai daya output panel surya sebagai berikut:

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

$$P_{out} = (13,20 \text{ V}) (3,3 \text{ A})$$

$$P_{out} = 43,6 \text{ W}$$

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

3) Menghitung Efisiensi Panel Surya

Untuk menghitung efisiensi panel surya digunakan persamaan sebagai berikut: $Eff = (P_{out} / P_{in}) \times 100\%$

$$Eff = (43,56 / 419,58) \times 100\%$$

$$Eff = 10,38 \%$$

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

4) Tabel Hasil Analisis Data Panel Surya (200 WP)

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

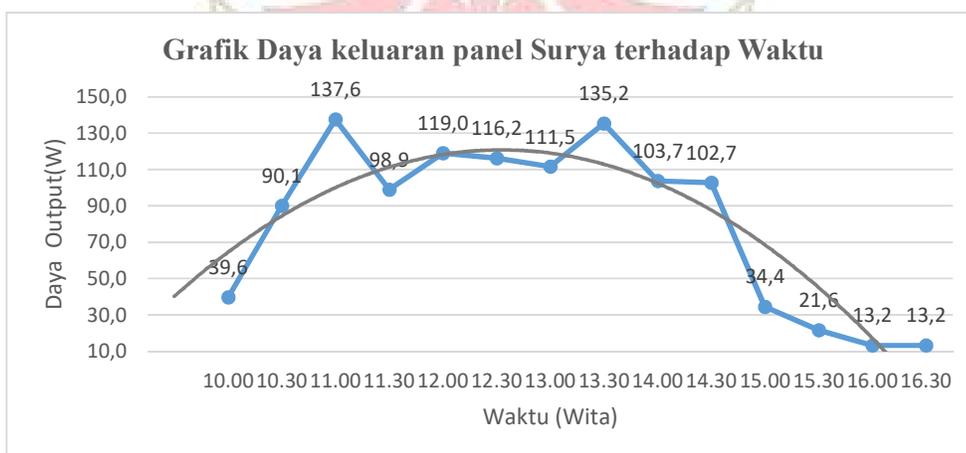
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Data Pengujian Panel Surya Pada Ahad, 20 agustus 2021

No.	Waktu (WITA)	G (W/m ²)	Tegangan (V)	Arus (A)	Pin (W)	Pout (W)	Eff (%)	Luas Penampang (m ³)
1	10.00	295,4	12	3,3	419,6	39,6	9,4	1,4204
2	10.30	651,5	13,45	6,7	925,4	90,1	9,7	1,4204
3	11.00	976,6	13,9	9,9	1387,2	137,6	9,9	1,4204
4	11.30	749,4	13,36	7,4	1064,4	98,9	9,3	1,4204
5	12.00	878,2	13,68	8,7	1247,4	119,0	9,5	1,4204
6	12.30	860,5	13,51	8,6	1222,3	116,2	9,5	1,4204

7	13.00	802,4	13,6	8,2	1139,7	111,5	9,8	1,4204
8	13.30	967,6	13,8	9,8	1374,4	135,2	9,8	1,4204
9	14.00	766,6	13,65	7,6	1088,9	103,7	9,5	1,4204
10	14.30	754,6	13,51	7,6	1071,8	102,7	9,6	1,4204
11	15.00	256,2	12,3	2,8	363,9	34,4	9,5	1,4204
12	15.30	160,2	12,02	1,8	227,5	21,6	9,5	1,4204
13	16.00	103	11,01	1,2	146,3	13,2	9,0	1,4204
14	16.30	102,4	11,02	1,2	145,4	13,2	9,1	1,4204

Dari tabel 4.3 merupakan data pengujian panel surya yang diperoleh di Desa tebba kec.Salomekko Kab. Bone. Pada Ahad 20 agustus 2021. Data yang diperoleh di daerah terpencil tersebut dengan menggunakan pengukuran secara langsung dan tidak langsung, dimana alat ukur yang kami pakai yaitu multimeter untuk mengukur tengangan dan Arus, sedangkan untuk mengukur intensitas matahari dengan menggunakan Piranometer. Kemudian untuk nilai daya input, daya output dan nilai efisiensi diperoleh dengan cara menganalisis perhitungan sesuai dengan rumus referensi yang telah dikumpulkan.

5) Grafik Pengujian Pout Panel Surya

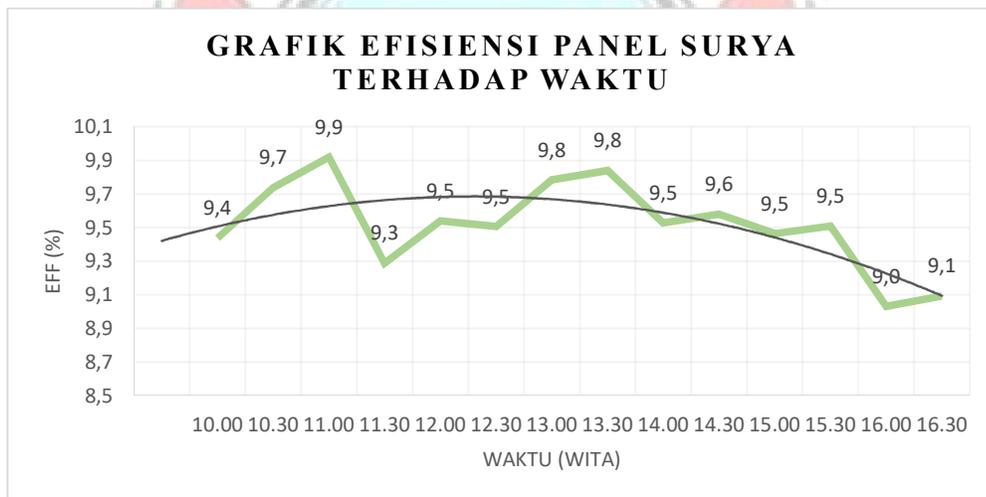


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Daya keluaran Panel Surya Terhadap waktu

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahawa nilai tertinggi untuk daya

output panel surya (Pout) berada pada pukul 11:00 WITA yaitu 137,6 W dan nilai terendah berada pada pukul 06:00 WITA yaitu 13.2 W. Hal ini dikarenakan daya output (Pout) berbanding 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 10:30-14:00 WITA. Kemudian pukul 14:30 WITA daya output panel surya mengalami penurunan karena kurangnya sinar matahari.

6) Grafik Pengujian Efisiensi Panel Surya



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Efisiensi Panel Surya Terhadap waktu

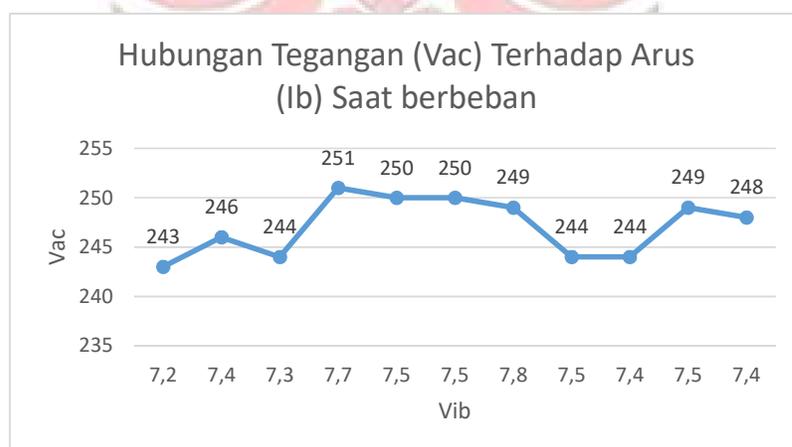
Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tertinggi untuk efisiensi panel surya berada pada pukul 11.00 WITA yaitu 9,9 % dan nilai terendah berada pada pukul 14:30 WITA yaitu 9,0 %. Hal ini dikarenakan ketika cuaca cerah maka efisiensi sel surya naik dan ketika mendung maka efisiensi panel surya juga turun. Dari trend grafik dapat dilihat bahwa Efisiensi mengalami fluktuasi naik turun di sebabkan oleh cuaca yang cerah dan mendung.

7) Tabel Hasil Data Pengujian Baterai 100 Ah

Tabel 4. 7 Data Pengujian Baterai 100 Ah Berbeban

No.	Waktu	Output Solar Charger Controller Ke Inverter		Output		Beban (Watt)	Presentasi Baterai	Keterangan
		Vb (Vdc)	Ib (Idc)	V (VAC)	I (IAC)			
1	18.15	12,41	7,2	243	0,43	105	54%	Malam
2	18.45	12,32	7,4	246	0,43	105	53%	Malam
3	19.15	12,3	7,3	244	0,43	105	51%	Malam
4	19.45	12,18	7,7	251	0,42	105	50%	Malam
5	20.15	12,15	7,4	252	0,42	105	49%	Malam
6	20.45	12,13	7,5	250	0,42	105	47%	Malam
7	21.15	12,13	7,5	250	0,42	105	47%	Malam
8	21.45	11,97	7,8	249	0,42	105	44%	Malam
9	22.15	11,88	7,5	244	0,43	105	41%	Malam
10	22.45	11,83	7,4	244	0,44	105	39%	Malam
11	23.15	11,61	7,5	249	0,42	105	36%	Malam
12	23.45	11,5	7,4	248	0,42	105	34%	Malam

8) Grafik Pengujian Vac Terhadap Ib

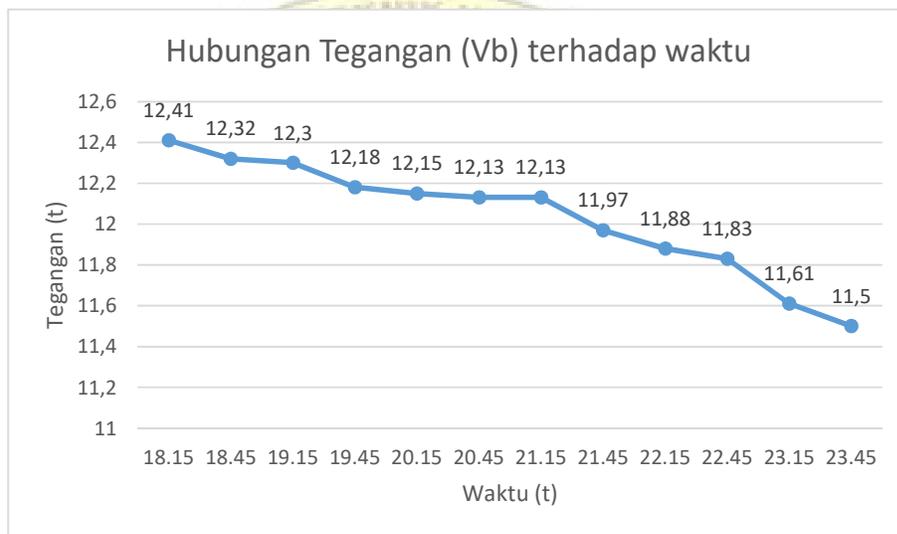


Gambar 4.5 Grafik Hubungan Tegangan Vac Terhadap arus Ib

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tertinggi untuk

tegangan V_{ac} berada pada 7,7 A dengan tegangan V_{ac} 251 V dan nilai terendah berada pada 7,2 A dengan tegangan 243 V. Hal ini dikarenakan ketika tegangan (V_{ac}) naik maka arus baterai (I_b) yang menyuplai beban juga naik dan begitupun sebaliknya, ketika tegangan (V_{ac}) turun maka arus baterai yang menyuplai beban juga turun.

9) Grafik Pengujian Tegangan Baterai (V_b) terhadap waktu



Gambar 4 6 Grafik Hubungan Tegangan V_{ac} Terhadap arus I_b

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan hubungan linear antara waktu penggunaan bahan bakar bahwa semakin lama baterai digunakan (terbebani) maka tegangan baterai (V_b) akan semakin turun. Dari trend grafik tegangan baterai bermula dari 12,41 V semakin lama tegangan turun menjadi 11,5 V dengan selama 6 jam .

4.4.2 Perhitungan Data Genset

1.) Menghitung Daya Generator (P_g)

Untuk menghitung daya generator menggunakan rumus pada persamaan 2.12 menggunakan data rata-rata setiap sepuluh menit pada lampiran Tabel 3, maka didapatkan nilai daya generator sebagai berikut:

$$P_g = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$P_g = 230 \text{ V} \times 0,46 \text{ A} \times 1$$

$$P_g = 105,8 \text{ W}$$

Untuk hasil perhitungan data yang lain selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

2.) Menentukan Rating Kinerja Genset

Pemilihan genset di rumah daerah terpencil adalah unit genset dengan kapasitas daya 1000 W. Untuk menghindari kerja genset yang berat, maka diasumsikan daya total yang akan disuplai adalah 0,8 atau 80% dari daya total genset. Besar *rating* genset adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rating Kinerja Genset}(P) &= \text{Kapasitas Daya} \times 0,8 \\ &= 1000 \times 0,8 \\ &= 800 \text{ W} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, besar rating kinerja genset adalah 800 W, maka berdasarkan perhitungan beban gedung dan rating kinerja genset tersebut maka kapasitas genset yang digunakan di rumah daerah terpencil sudah memenuhi kebutuhan beban yang ada.

3.) Menghitung Nilai Konsumsi Bahan Bakar

Untuk menghitung nilai konsumsi bahan bakar menggunakan rumus pada persamaan 2-14 menggunakan lampiran data tabel 3, maka didapatkan:

$t = 0,17$ Jam (karena pengambilan data setiap sepuluh menit
maka di konversi setiap 10 menit ke jam)

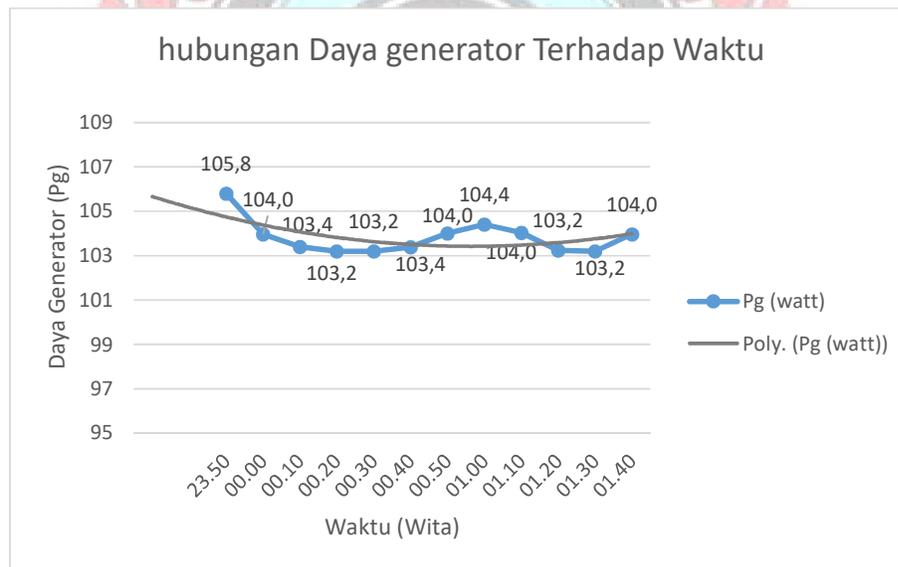
$$Q = k \times p \times t$$

$$= 0,21 \times 1 \times 0,17$$

$$= 0,04 \text{ (liter/jam)}$$

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

4.) Grafik Pengujian Daya generator terhadap waktu



Gambar 4 7 Grafik Hubungan Daya Generator Terhadap waktu

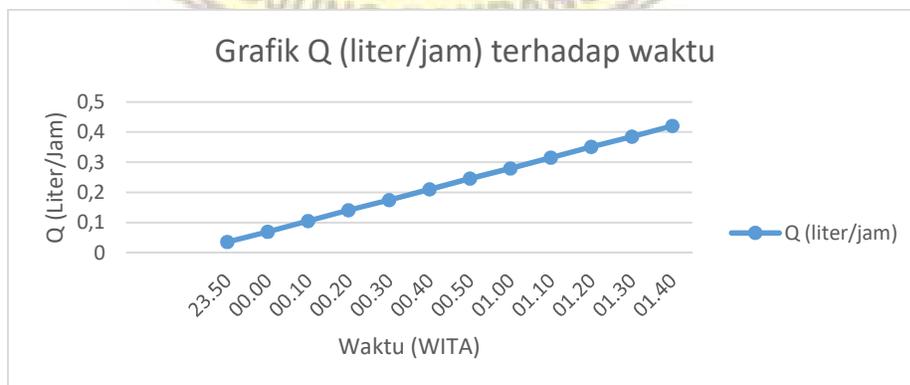
Pada Gambar diatas terlihat grafik diatas dapat disimpulkan bahwa daya generator berfluktuasi, hal ini dipengaruhi oleh tegangan output generator yang berubah-ubah. Daya generator yang dihasilkan memiliki nilai tertinggi yaitu 105,8

Watt pada pukul 23.50. Sedangkan nilai terendah daya generator yaitu 103,2 Watt pada pukul 00.20,00.30 dan 01.20,01.30.

Tabel 4. 8 Hasil Analisis Data Pengujian Genset 1kVA Pada Jumat, 20 agustus 2021

NO.	Waktu	Selisih Waktu (Jam)	Output		Cos ϕ	Beban (watt)	Q (liter/jam)	Keterangan	Pg
			V (VAC)	I (A)					
1.	23.50	0,17	256	0,41	1	105	0,04	Malam	181,8
2.	00.00	0,33	226	0,46	1	105	0,07	Malam	180,1
3.	00.10	0,50	220	0,47	1	105	0,11	Malam	179,1
4.	00.20	0,67	215	0,48	1	105	0,14	Malam	178,7
5.	00.30	0,83	214	0,49	1	105	0,17	Malam	181,6
6.	00.40	1,00	211	0,49	1	105	0,21	Malam	179,1
7.	00.50	1,17	208	0,5	1	105	0,25	Malam	180,1
8.	01.00	1,33	197	0,53	1	105	0,28	Malam	180,8
9.	01.10	1,50	204	0,51	1	105	0,32	Malam	180,2
10.	01.20	1,67	178	0,58	1	105	0,35	Malam	178,8
11.	01.30	1,83	244	0,43	1	105	0,38	Malam	181,7
12.	01.40	2,00	275	0,38	1	105	0,42	Malam	181,0

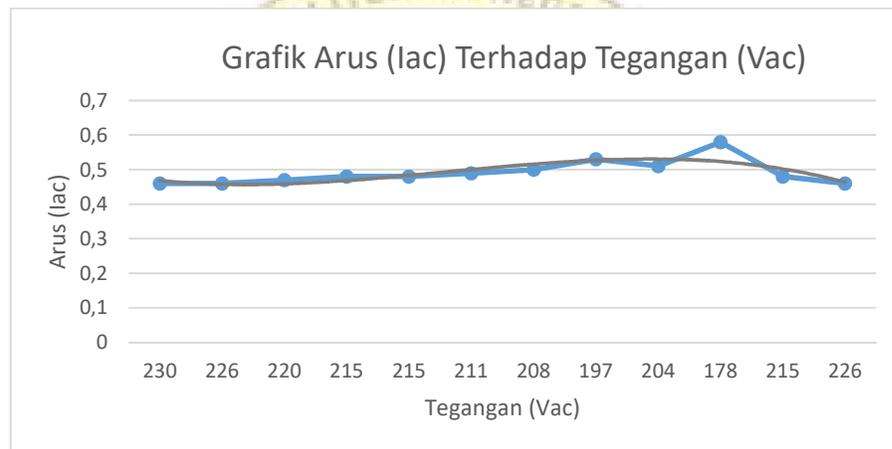
1.) Grafik Laju Konsumsi Bahan Bakar Q terhadap waktu



Gambar 4 8 Grafik Hubungan Laju Konsumsi Bahan bakar Terhadap waktu

Pada Gambar 4.9 Terlihat Grafik Laju konsumsi bahan bakar dalam selang waktu 2 jam. Grafik diatas menunjukkan hubungan linear antara waktu penggunaan bahan bakar bahwa semakin lama penggunaan bahan bakar yang digunakan secara menerus maka semakin besar bahan bakar digunakan hingga mencapai maksimum bahan bakar yang disediakan (habis). Pengisian awal bahan bakar yaitu 1 liter dan bahan bakar habis selama 2 jam.

2.) Grafik Pengujian Pembebanan genset (105 Watt)



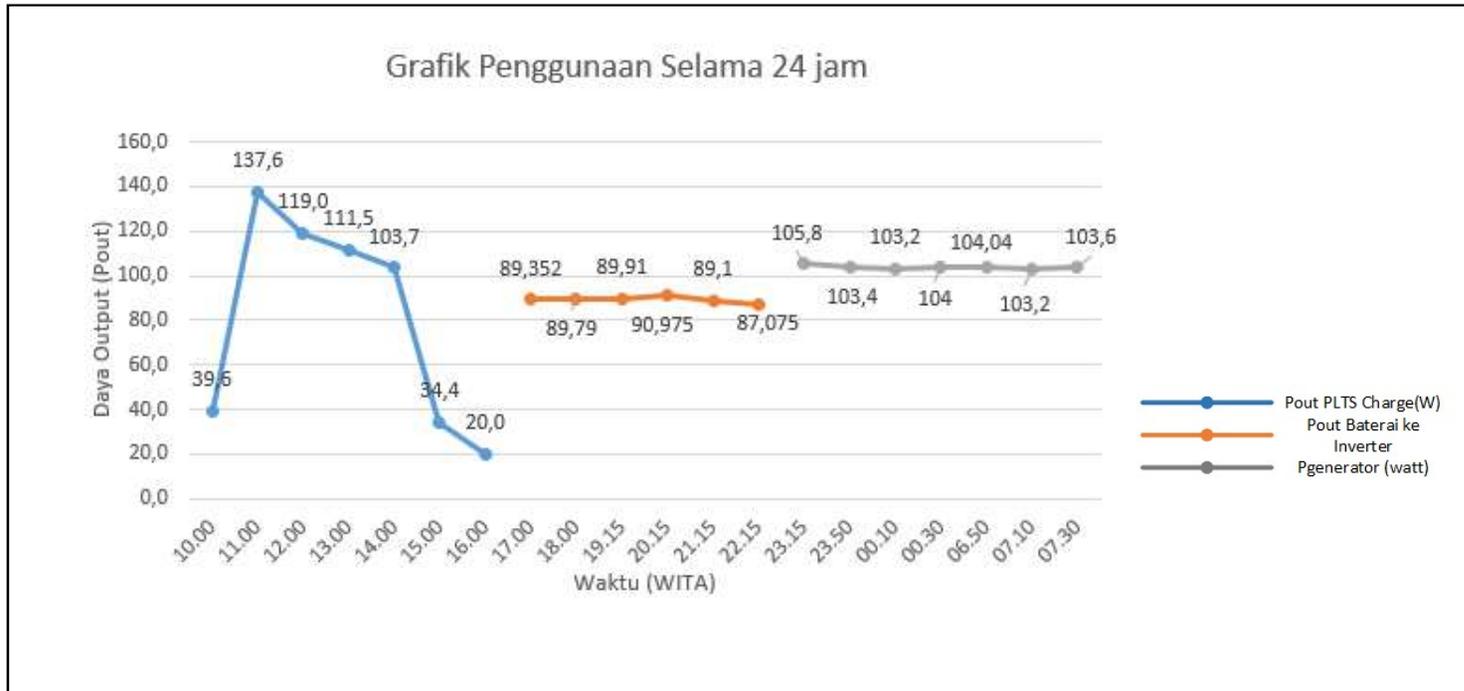
Gambar 4 .9 Grafik Hubungan Arus generator terhadap tegangan Vac saat di bebani

Berdasarkan gambar 4.10 diatas terlihat bahwa arus generator mengalami fluktasi, hal ini dipengaruhi oleh tegangan berubah-ubah, semakin tinggi tegangan maka arus yang keluar semakin kecil. Arus generator tertinggi yaitu 0,58 A dengan tegangan 178 V. Sedangkan nilai terendah arus generator yaitu 0,46 A pada tegangan 230 V dan 226 V.

4.5 Hasil Penelitian

Pada pengujian di lapangan pembangkit Listrik Tenaga surya di siang hari di cas/atau di charge dari pukul 9.30 – 16.00, kemudian di malam hari langsung dibebankan dengan komponen-komponen kelistrikan di rumah daerah terpencil yang beroperasi dari jam 18.15 untuk menyalakan lampu sebanyak empat buah dengan daya yang berbeda-beda yaitu 58 watt dan satu kipas dengan daya 45 watt. Sehingga Rata-rata daya yang dibangkitkan oleh pembangkit *hybrid* PLTS yaitu 105 Watt. Kemampuan Pembangkit ini menyuplai beban 105 watt selama 6 jam. Hasil ini dapat dilihat di lampiran tabel 2.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Atau Genset ini digunakan ketika PLTS tidak mampu lagi untuk mensuplai beban karena low baterai (Lowbat) dimana sebuah indikator yang akan bunyi yaitu buzzer jika baterai sudah lowbat. Pengujian Genset ini yang dipakai daya 1000 watt dapat mensuplai beban rumah daerah terpencil selama 2 jam dengan kapasitas bahan bakar yang digunakan adalah satu liter. Begitupun seterusnya secara berulang dimana di pagi hari sampai sore hari dilakukan pengecasan dan di malam hari di lakukan pembebanan terhadap rumah daerah terpencil. Sehingga konfigurasi atau penggunaan 4 buah panel surya kapasitas 50 Wp dan Genset 1000 watt sudah mencukupi.



Gambar 4 10 Grafik Penggunaan Sistem *Hybrid* Selama 24 Jam

Dari Gambar diatas merupakan grafik penggunaan sistem *hybrid* selama 24 jam. Dimana daya output untuk charge baterai beroperasi dari jam 10.00 sampai 16.00, dan daya output baterai ke inverter ketika terbebani beroperasi dari jam 17.00-22.15. Kemudian daya output Genset beroperasi untuk melayani beban dari jam 23.15-00.50 kemudian dilanjutkan dipagi hari dari jam 06.50-07.30.

4.6 Analisis Perhitungan Biaya Ekonomis

4.6.1 Biaya Listrik

Berdasarkan perhitungan sebelumnya total konsumsi listrik Pada rumah daerah terpencil untuk beroperasi tiap harinya adalah 543 Wh atau 0,543 kWh maka dengan dipasangnya pembangkit *hybrid* ini dapat menghemat pengeluaran sebesar:

- $0,543 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 16,29 \text{ kWh/bulan}$
- Untuk Tarif dasar listrik PLTS sebesar Rp 3.700,00 per kWh, maka
- $16,29 \text{ kWh} \times \text{Rp } 3.700,00 = \text{Rp } 60.273,00$
- Untuk pemakaian satu tahun: $\text{Rp } 60.273,00 \times 12 \text{ bulan} = \text{Rp } 723.276,00$

Jadi, dengan adanya pembangkit *hybrid* ini warga dapat menghemat pengeluarannya sebesar Rp 723.276,00 setiap tahunnya.

4.6.2 Investasi Awal

1) Biaya Investasi Awal

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

Tabel 4. 9 Biaya Investasi Awal Pembangkit Tenaga *Hybrid*

No	Material	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
1.	Panel Surya 50 Wp	4 unit	400.000,-	1.600.000,-
2.	Genset 850 watt	1 unit	1.718.000,-	1.700.000,-
3.	Solar Charge Controller	1 unit	650.000,-	650.000,-
4.	Battery VRLA solar panel 12V/100Ah	1 unit	2.500.000,-	2.900.000,-
5.	Inverter 800 Watt	1 unit	850.000,-	850.000,-
6.	Panel Box	1 unit	483.000,-	483.000,-
Sub Total (Rp)				8.183.000,-

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 :

$$\begin{aligned}
 \text{Operasional}_{\text{tahunan}} &= 1\% \times \text{Investasi Awal} \\
 &= 0.01 \times \text{Rp } 8.183.000,- \\
 &= \text{Rp } 81.830
 \end{aligned}$$

Jika diperkirakan usia panel surya mencapai 10 tahun, maka total biaya pemeliharaan dan operasional untuk 10 tahun adalah sebesar Rp 818.300.

$$\begin{aligned}\text{Total investasi} &= \text{Rp } 8.183.000 + \text{Rp } 818.300 \\ &= \text{Rp } 9.001.000\end{aligned}$$

4.6.3 Payback Period

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

$$\begin{aligned}\text{Payback Period} &= \text{Total investasi} / \text{Pendapatan} \\ &= \text{Rp } 9.001.000 / \text{Rp } 723.276 \\ &= 12,4 \approx 12 \text{ tahun}\end{aligned}$$

Jadi periode pengembalian modal atau payback period untuk Pembangkit *Hybrid* PLTS-Genset yang akan dikembangkan di rumah daerah terpencil adalah 12 tahun.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk merakit suatu pembangkit listrik *hybrid* Plts-genset maka dilakukan beberapa tahapan seperti menyediakan alat dan bahan yang dibutuhkan, kemudian melakukan tahapan pertama yaitu perancangan konstruksi panel surya, kemudian tahapan kedua Perancangan pembangkit listrik tenaga *hybrid*, serta tahapan terakhir yaitu melakukan perancangan Sistem kelistrikan dan sistem kontrol pembangkit listrik tenaga *hybrid* plts-genset.
2. Berdasarkan Kinerja dari sistem *hybrid* Plts-Genset yang dibuat dimana total kebutuhan listrik dirumah daerah terpencil yaitu 543Wh hari. Untuk memenuhi jumlah beban di rumah daerah terpencil tersebut maka di panel surya yang dibutuhkan sebanyak 4 x 50 Wp dan 1 buah baterai 100 Ah serta 1 buah inverter dengan daya 800 watt Sedangkan genset yang digunakan untuk mensuplai beban rumah daerah terpencil berkapasitas 1000 watt.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. sehingga biaya PLTS dapat lebih murah sehingga masyarakat tertarik untuk

mengembangkan dan memanfaatkan listrik yang bersumber dari matahari (PLTS).

2. Sebaiknya untuk Pengambilan data menggunakan microcontroller dengan model data logger berbasis komputer agar pengambilan datannya akurat dan tidak memiliki selisih waktu yang sedikit berbeda.
3. Sebaiknya untuk system switchnya menggunakan system ATS (Automatic Transfer Switch yang berfungsi untuk memindahkan supply beban dengan cara otomatis sehingga tidak terjadi pemadaman lampu yang cukup lama..



DAFTAR PUSTAKA

- Tim Komunikasi ESDM, 2017, *Pemerintah Upayakan Terangi 12.659 Desa*, <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/pemerintah-upayakan-terangi-126559-desa> (diakses 10 desember 2020)
- 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.
- Riyadi.A,(2008),“*Clearinghouse Energi Terbarukan dan Konservasi Energi*”.
- Safrizal.2017. *Rancangan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik pada Gedung Fakultas Sains dan Teknologi Unismu Jepara*. Fakultas Sains dan Teknologi UNISMU Jepara.
- Dunlop, J. P., (1997). *Batteries in Stand-Alone Photovoltaic Systems Fundamentals and Application, Florida Solar Energy Center,1997*.
- Julisman, Andi, dkk. 2017. *Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola*. Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Sau, Matius, and Hestikah Eirene Patoding. 2017.*Model Perancangan Pembangkit Hybrid Tenaga Surya-Diesel dengan Aplikasi Homer Pro V3.9.1*. Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro, hal. 35-42
- Tumilaar, G. P., Lisi, F., & Pakiding, M. (2015). *Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 77-88.
- Wichert,B 1997, “*PV-diesel hybrid energy sistem for remote area power generation – A review of current pratice and future developments*”, Elsevier, Volume 1, Issue 3, page 209-228
- Gandiar, Arfan. 2015. “*Analisis Penentuan Tarif Harga Listrik PLTS Layak Untuk Pulau Kabung Bengkayang Kalimantan Barat.*” *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura* 2.



LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Hari/Tanggal: Jum'at / 20 Agustus 2021

Tegangan awal baterai/persentase baterai : 12,95 Vdc / 55% 145 Ah

Tabel 1 Data Pengujian Panel Surya 200 wp Tak Berbeban 1

Waktu	INPUT PV			Solar Charger Controller		Persentasi Baterai	Keterangan
	G (w/m ²)	V (Vdc)	I (A)	Vb (Vdc)	Ib (Idc)		
10.00	295,4	12,00	3,3	12,98	3,3	73%	Mendung
10.15	441,3	13,35	5,2	12,57	5,2	73%	Mendung
10.30	651,5	13,45	6,7	12,88	6,7	79%	Cerah
10.45	907,4	13,5	9,1	12,71	9,1	79%	Cerah
11.00	976,6	13,9	9,8	12,81	9,8	82%	Cerah
11.15	1027	13,25	9,9	13,28	9,9	84%	Cerah
11.30	749,4	13,36	7,4	12,85	7,4	84%	Cerah
11.45	793,3	13,73	9,6	12,88	9,6	84%	Cerah
12.00	878,2	13,68	8,7	12,88	8,7	84%	Cerah
12.15	1053	13,62	8,7	12,92	8,7	84%	Cerah
12.30	860,5	13,51	8,6	12,91	8,6	84%	Mendung
12.45	728,2	13,83	9,2	12,98	9,2	86%	Cerah
13.00	802,4	13,6	8,2	12,82	8,2	88%	Cerah
13.15	782,2	13,61	8,6	12,96	8,6	84%	Mendung
13.30	967,6	13,8	9,8	13,11	9,8	86%	Cerah
13.45	892,2	13,73	6,8	13,11	6,8	86%	Cerah
14.00	766,6	13,65	7,6	13,16	7,6	86%	Cerah

14.15	794,1	14,34	6,3	12,97	6,3	87%	Cerah
14.30	754,6	13,51	7,6	13,62	7,6	89%	Cerah
14.45	261,3	13,42	4,1	13,05	4,1	84%	Mendung
15.00	256,2	12,3	2,8	13,6	2,8	82%	Mendung
15.15	174,4	13,43	2,1	13,51	2,1	81%	Mendung
15.30	160,2	12,02	1,8	13,24	1,8	81%	Mendung
15.45	107,4	12,63	1,6	13,53	1,6	80%	Mendung
16.00	103	11,01	1,2	13,21	1,2	92%	Mendung
16.15	130,9	13,37	2,7	13,73	2,7	99%	Mendung
16.30	102,4	11,02	1,2	13,32	1,2	99%	Mendung

LAMPIRAN 2

Hari/Tanggal: Jum'at / 20 Agustus 2021

Tegangan awal baterai/persentase baterai : 13,84 Vdc / 73%

Tabel 2 Data Pengujian Baterai 100 Ah Berbeban

Waktu	Output Solar Charger Controller Ke I		Output		Beban (watt)	Persentasi Battery	Keterangan
	Vb	Ib	V1	I			
	(Vdc)	(Idc)	(VAC)	(A)			
18.15	12,41	7,2	243	0,43	105	54%	Malam
18.30	12,37	7,3	245	0,43	105	53%	Malam
18.45	12,32	7,4	246	0,43	105	53%	Malam
19.00	12,32	7,2	248	0,42	105	53%	Malam
19.15	12,30	7,3	244	0,43	105	51%	Malam

19.30	12,26	7,3	249	0,42	105	50%	Malam
19.45	12,18	7,7	251	0,42	105	50%	Malam
20.00	12,17	7,7	252	0,41	105	49%	Malam
20.15	12,15	7,4	252	0,42	105	49%	Malam
20.30	12,12	7,5	250	0,42	105	48%	Malam
20.45	12,13	7,5	250	0,42	105	47%	Malam
21.00	12,07	7,4	249	0,42	105	47%	Malam
21.15	12,13	7,5	250	0,42	105	47%	Malam
21.30	12,03	7,6	250	0,42	105	45%	Malam
21.45	11,97	7,8	249	0,42	105	44%	Malam
22.00	11,93	7,7	245	0,43	105	42%	Malam
22.15	11,88	7,5	244	0,43	105	41%	Malam
22.30	11,86	7,7	230	0,46	105	40%	Malam
22.45	11,83	7,6	240	0,44	105	39%	Malam
23.00	11,78	7,8	249	0,42	105	38%	Malam
23.15	11,61	7,5	249	0,42	105	36%	Malam
23.30	11,56	7,5	248	0,42	105	35%	Malam
23.45	11,50	7,4	248	0,42	105	34%	Malam
00.00	11.45	7,5	248	0,42	105	33%	Malam Low Baterai

LAMPIRAN 3

Hari/Tanggal: Jumat / 20 Agustus 2021

Kapasitas Bahan Bakar : 1 Liter

Tabel 3 Data Pengujian Genset 1

NO.	Waktu	Output		Beban	Keterangan
		V1 (VAC)	I (A)		
1.	23.50	230	0,46	105	Malam
2.	00.00	226	0,46	105	Malam
3.	00.10	220	0,47	105	Malam
4.	00.20	215	0,48	105	Malam
5.	00.30	215	0,48	105	Malam
6.	00.40	211	0,49	105	Malam
7.	00.50	208	0,5	105	Malam
8.	01.00	197	0,53	105	Malam
9.	01.10	204	0,51	105	Malam
10.	01.20	178	0,58	105	Malam
11.	01.30	215	0,48	105	Malam
12.	01.40	226	0,46	105	Malam

LAMPIRAN 4

Hari/Tanggal: Sabtu / 21 Agustus 2021

Tegangan awal baterai/persentase baterai : 13,44 Vdc / 61% 145 Ah

Tabel 4 Data Pengujian Panel Surya 200 wp Tak Berbeban 2

Waktu	INPUT PV			Solar Charger Controller		Persentasi Battery	Keterangan
	G (w/m ²)	V (Vdc)	I (A)	Vb (Vdc)	Ib (Idc)		
09.00	233,3	13,94	2,5	13,64	2,5	75%	Mendung
09.15	293,7	13,75	3,6	13,10	3,6	84%	Mendung
09.30	298,1	13,15	2,0	13,32	2,0	75%	Mendung
09.45	203,0	13,56	2,9	13,25	2,9	81%	Mendung
10.00	231,2	14,04	3,4	14,40	3,4	89%	Cerah
10.15	921,2	14,18	3,7	13,91	3,7	89%	Cerah
10.30	840,0	14,92	7,4	14,57	7,4	99%	Cerah
10.45	836,9	15,48	7,6	14,75	7,6	99%	Cerah
11.00	951,2	15,41	8,1	16,45	8,1	99%	Cerah
11.15	965,4	16,28	7,3	15,63	7,3	99%	Cerah
11.30	843,6	16,11	7,1	15,29	7,1	99%	Cerah
11.45	844,5	16,12	7,1	15,51	7,1	99%	Cerah
12.00	925,3	16,09	7,1	16,79	7,1	99%	Cerah
12.15	842,1	16,20	7,2	16,81	7,2	99%	Cerah
12.30	852,2	16,25	7,2	16,83	7,2	99%	Cerah
12.45	956,4	16,42	7,9	16,85	7,9	99%	Cerah
13.00	961,2	16,64	8,0	16,86	8,0	99%	Cerah

LAMPIRAN 5

Hari/Tanggal: Sabtu / 21 Agustus 2021

Tegangan awal baterai/persentase baterai : 13,84 Vdc / 78%

Tabel 5 Data Pengujian Baterai 100 Ah Berbeban 2

No.	Waktu	Output Solar Charger Controller Ke Inverter		Output		Beban (watt)	Persentasi Battery	Keterangan
		Vb (Vdc)	Ib (Idc)	V1 (VAC)	I (A)			
1.	18.30	12,87	6,4	242	0,43	105	56%	Malam
2.	18.45	12,48	6,5	242	0,43	105	56%	Malam
3.	19.00	12,45	6,5	242	0,43	105	56%	Malam
4.	19.15	12,39	6,5	242	0,43	105	55%	Malam
5.	19.30	12,35	6,6	242	0,43	105	53%	Malam
6.	19.45	12,33	6,6	246	0,43	105	53%	Malam
7.	20.00	12,28	6,8	247	0,43	105	53%	Malam
8.	20.15	12,27	6,6	243	0,43	105	50%	Malam
9.	20.30	12,31	6,6	243	0,43	105	50%	Malam
10.	20.45	12,21	6,6	243	0,43	105	49%	Malam
11.	21.00	12,38	6,8	243	0,43	105	49%	Malam
12.	21.15	12,19	6,6	240	0,44	105	48%	Malam
13.	21.30	12,14	6,6	240	0,44	105	48%	Malam
14.	21.45	12,14	6,7	248	0,42	105	48%	Malam
15.	22.00	12,13	6,7	248	0,42	105	47%	Malam
16.	22.15	12,17	6,8	248	0,42	105	47%	Malam

17.	22.30	12,13	7,0	248	0,42	105	45%	Malam
18.	22.45	12,05	7,0	248	0,42	105	45%	Malam
19.	23.00	12,03	7,2	247	0,43	105	43%	Malam
20.	23.30	12,01	7,1	248	0,42	105	43%	Malam
21.	00.00	11,96	6,8	247	0,43	105	40%	Malam
22.	00.30	11,90	7,1	245	0,43	105	38%	Malam
23.	01.00	11,85	7,1	245	0,43	105	37%	Malam
24.	01.30	11,80	7,1	242	0,43	105	36%	Malam
25.	02.00	11,76	7,0	244	0,43	105	35%	Malam
26.	02.30	11,65	6,9	243	0,43	105	34%	Malam
27.	03.00	11,54	6,8	243	0,43	105	28%	Malam

LAMPIRAN 6

Hari/Tanggal: Sabtu / 21 Agustus 2021

Kapasitas Bahan Bakar : 1 Liter

Tabel 6 Data Pengujian Genset 2

NO.	Waktu	Output		Beban (watt)	Keterangan
		V1 (VAC)	I (A)		
1.	03.15	175	0,6	105	Malam
2.	03.30	207	0,5	105	Malam
3.	03.45	189	0,55	105	Malam
4.	04.00	202	0,52	105	Malam
5.	04.15	220	0,47	105	Malam
6.	04.30	229	0,45	105	Malam

7.	04.45	214	0,49	105	Malam
8.	05.00	215	0,48	105	Malam

LAMPIRAN 7 DOKUMENTASI KEGIATAN

1. Pembuatan Rangka Panel Surya



2. Pemasangan Komponen Plts Dan Genset Yang Ada Pada Panel Box



3. Pengujian/Pengambilan Data Pembebanan



4. Pengujian/Pengambilan Data Intensitas Matahari



5. Pengujian Genset untuk pembebanan



6. Hasil Pengujian Pembebanan Rumah



LAMPIRAN 8. LISTING PROGRAM ARDUINO

```
int analogPin = A0; // pin arduino yang terhubung dengan pin S modul sensor
tegangan

#define relay 9

float Vmodul = 0.0;

float hasil = 0.0;

float R1 = 30000.0; //30k

float R2 = 7500.0; //7500 ohm resistor,

int value = 0;

void setup()
{
  pinMode(analogPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(relay, OUTPUT);
  digitalWrite(relay, HIGH);
}

void loop()
{
  if(hasil<=11){
    digitalWrite(relay, LOW);
  }

  if(hasil>=12){
    digitalWrite(relay, HIGH);
  }

  value = analogRead(analogPin);
```



```
Vmodul = (value * 5.0) / 1083.0;  
hasil = Vmodul / (R2/(R1+R2));  
  
Serial.print("Tegangan keluaran modul = ");  
Serial.print(Vmodul,2);  
Serial.print("volt");  
Serial.print(", Hasil pengukuran = ");  
Serial.print(hasil,2);  
Serial.println("volt");  
}
```



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

Nama Mahasiswa : 1. Rahim S./442 17 002

2. Novi Elvikasari/442 17 005

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
HYBRID PLTS DAN GENSET SEBAGAI SUPLAI BEBAN
UNTUK DAERAH TERPENCIL

Nama Pembimbing II: Muh. Yusuf Yunus,S.ST., M.T.

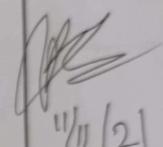
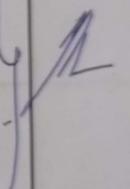
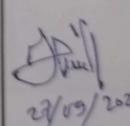
No.	Tgl	Uraian/Anjuran Pembimbing II	TTD
1.	4/08/21	Abstrak bab 1,2,3	Yusuf
2.	9/08/21	Rahilangan mhu	Yusuf
3.	18/08/21	Pembuatan	Yusuf
4.	23/08/21	Perhitungan	Yusuf
5.	24/08/21	Pengambilan data lab	Yusuf
6.	26/08/21	Pengambilan data lap.	Yusuf
7.	1/09/21	Abstrak bab IV	Yusuf
8.	3/09/21	Abstrak bab IV	Yusuf
9.	6/09/21	Abstrak bab V	Yusuf
10.	7/09/21	All ok	Yusuf

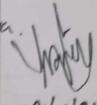
All ok
Yusuf
Emy

LEMBAR REVISI JUDUL SKRIPSI

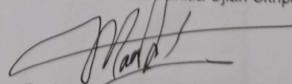
Nama Mahasiswa : Rahim S. dan Novi Elvikasari
 No. Stambuk : 442 17 002 dan 442 17 005

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D.	<ul style="list-style-type: none"> > cantumkan gbr kontrolnya. > gbr teknik > buat grafik pemasangan 2A jam. > buat gbr line diagram dan gbr kontrolnya. > perbaiki pengembarnya menggunakan ATS. 	 11/11/21
2	Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> > Kesesuai tujuan dgn kesimpulan > Cek kembali secara item dgn prntuan > hal. 37 Gbr 4.9 dihilangkan > perbaiki tabel 4.3 (hal. 39) > cek dan penjelasan gbr 4.11. (hal. 46) 	28/09/2021 
3	Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.	<ul style="list-style-type: none"> » Jelaskan hubungan seri - paralel » Jelaskan detail sistem hidrologi. 	 27/09/2021

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
4	Muhammad Ruswandi Djalal, S.ST., M.T.	- Jelaskan prinsip kerja & fungsi SCC tipe MPPT dan PWM. - Jelaskan tipe-tipe inverter sesuai fungsinya.	 28/9/21
5	Ir. Herman, M.T.		
6	Muh. Yusuf Yunus, S.ST, M.T.		

Makassar, September 2021
Ketua/Sekretaris Panitia Ujian Skripsi,



Prof. Ir. Makmur Saini, M.T., Ph.D.
NIP

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