

SKRIPSI

**ANALISA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT PLTS DESA
TANAMALALA**



OLEH

AFRYAN WAHYU NARDI

105821108319

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2024

**ANALISA PEMBANGUNAN PEMBANGKIT PLTS DESA
TANAMALALA**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Disusun dan diajukan oleh

AFRYAN WAHYU NARDI

105821108319

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2024



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISA PEMBAGUNAN PEMBANGKIT PLTS DESA TANAMALALA**

Nama : 1. AFRYAN WAHYU NARDI

Stambuk : 1. 105821108319

Makassar, 31 Januari 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Andi Abdul Halik Lateko, S.T.,M.T.,P.hd

Pembimbing II

Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Ir. Adriani, S.T.,M.T., IPM

NBM : 1044 202



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : teknik@unismuh.co.id



Kampus
Merdeka
INDONESIA JAYA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Afryan Wahyu Nardi** dengan nomor induk Mahasiswa **105 82 11083 19**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/20201/091004/2024 sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 31 Januari 2024.

Panitia Ujian :

Makassar, 19 Rajab 1445 H
31 Januari 2024 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. AMBO ASSE, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. MUHAMMAD ISRAN RAMLI, ST., MT

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Umar Katu, S.T., M.T

b. Sekretaris : Ir. Rahmnia, S.T., M.T

3. Anggota : 1. Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

2. Rizal Ahdiyut Duyo, S.T., M.T

3. Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Andi Abdul Halik Lateko, S.T., M.T., P.hd

Pembimbing II

Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. H. Nurawaty, ST., MT., IPM

NBM : 795 108

ABSTRAK

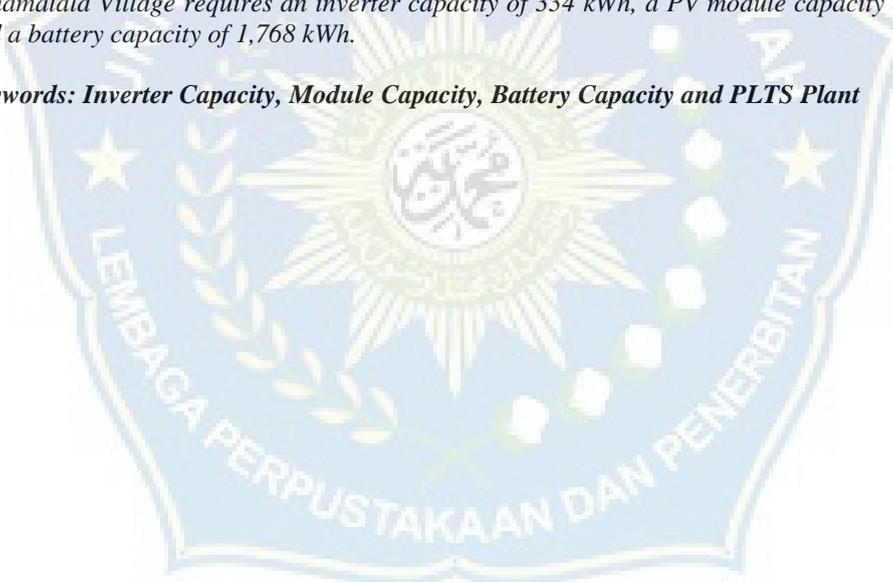
Abstrak : Afrayan Wahyu Nardi (2023) Analisa Pembangunan Pembangkit PLTS Desa Tanamalala dibimbing oleh Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T,Ph.D dan Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM. . Pembangunan pembangkit ini merupakan upaya untuk meningkatkan kehandalan daya kelistrikan, rasio elektrifikasi, dan pemanfaatan energi terbarukan di Tanamalala . Ketersediaan listrik merupakan hal yang luar biasa urgent. Hal ini agar melengkapi keperluan penduduk, terutama pulau serta wilayah terpelosok. Kondisi kelistrikan saat ini masyarakat masih mengandalkan genset pribadi untuk aktivitas tiap harinya. namun, dalam adanya proyek Listrik Desa diharapkan dapat tercapainya kebutuhan listrik masyarakat di Tanamalala. Jaringan tenaga listrik di Tanamalala diperoleh dari genset mandiri milik warga. Maka dalam hal ini tentu saja pembangkit masih sangat diperlukan. Terkait penelitian yang telah dibahas pada penelitian sebelumnya dengan judul “ Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia”(Rahardjo & Fitriana, 2016). Serta penelitian sebelumnya membahas perencanaan Pembangunan dengan judul “Perencanaan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Desa Mandiri” (Winardi et al., 2019). Tujuan dari kajian ini yakni dalam melihat kapasitas modul surya pada PLTS yang akan dibangun di Desa Tanamalala. Untuk untuk mengetahui kapasitas inverter dan baterai yang akan digunakan dalam Pembangunan PLTS Desa Tanamalala. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, dengan cara melakukan observasi dan wawancara di Desa Tanamalala. Hasil dari kajian ini menunjukkan bahwa total kebutuhan energi Desa Tanamalala sebesar 435,2 kWh/hari. Untuk konsep Pembangkit Listrik Tenaga Surya Desa Tanamalala adalah kapasitas system : 176,24 kWp. Dan untuk merencanakan PLTS Desa Tanamalala membutuhkan kapasitas inverter sebesar 334 kWh, kapasitas PV modul sebesar 368 kWp, dan kapasitas baterai sebesar 1,768 kWh.

Kata kunci : Kapasitas Inverter, Kapasitas Modul, Kapasitas Baterai dan Pembangkit PLTS

ABSTRACT

Abstract : Afrayan Wahyu Nardi (2023) Analysis of the Development of the Tanamalala Village PLTS Plant supervised by Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T., M.T, Ph.D and Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM. . The construction of this plant is an effort to increase the reliability of electrical power, electrification ratio and utilization of renewable energy in Tanamalala. The availability of electricity is an extraordinarily urgent matter. This is to meet the needs of the population, especially islands and remote areas. Current electricity conditions, people still rely on private generators for daily activities. However, with the Village Electricity project it is hoped that the electricity needs of the people in Tanamalala can be achieved. The electric power network in Tanamalala is obtained from independent generators owned by residents. So in this case of course generators are still very necessary. Related to research that was discussed in previous research with the title "Analysis of the Potential of Solar Power Plants in Indonesia" (Rahardjo & Fitriana, 2016). As well as previous research discussing development planning with the title "Planning and Analysis of Centralized Solar Power Plants (PLTS) in Independent Villages" (Winardi et al., 2019). The aim of this study is to see the capacity of solar modules in the PLTS that will be built in Tanamalala Village. To find out the capacity of the inverter and batteries that will be used in the construction of the Tanamalala Village PLTS. The method used in this research is a quantitative method, by conducting observations and interviews in Tanamalala Village. The results of this study show that the total energy needs of Tanamalala Village are 435.2 kWh/day. The concept for the Tanamalala Village Solar Power Plant is system capacity: 176.24 kWp. And to plan the PLTS Tanamalala Village requires an inverter capacity of 334 kWh, a PV module capacity of 368 kWp, and a battery capacity of 1,768 kWh.

Keywords: Inverter Capacity, Module Capacity, Battery Capacity and PLTS Plant



KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT, sebab Rahmat serta Hidayah, bahkan kemudahannya yang mana penulis bisa menyelesaikan proposal ini. Karya ini menjadi tugas akhir yang mana dalam ketentuan yang wajib ditempuh dalam rangka perolehan gelar pendidikan dalam jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Sebagaimana penelitian yang diambil berjudul: “Analisis Model Perbandingan Prakiraan Metode Linear Dengan Metode Eksponensial Menggunakan Data Jumlah Pelanggan Untuk Mendapatkan Prakiraan Pemakaian Daya Listrik ”

Penulis secara sadar jika pada penyusunan proposal ini terbilang jauh dari kesempurnaan, ini dikarenakan karean penulis sebagai manusia biasa yang tentunya tidak jauh dari kata salah, maka penulis menerima secara senang hati serta Ikhlas berbagai masukan serta kritikan yang membangun untuk perbaikan pada karya ini supaya nantinya bisa berguna terhadap penelitian berikutnya.

proposal ini tentunya tidak bisa terselesaikan tanpa ada bantuan dan do'a dari beberapa pihak. maka dengan tulus serta ikhlas, penulis memberikan pengorhamatan serta terimakasih banyak yang sebanyak-banyaknya kepada :

1. Ibu DR. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Ibu Adriani, ST, MT.,IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Andi Abd Halik Lateko Tj, S.T.,M.T, Ph.D sebagai Pembimbing I dan Ibu Ir. Adriani, S.T.,M.T.,IPM selaku Pembimbing II, yang sudah luar

biasa dalam memberikan waktunya ketika mengarahkan serta membimbing kepada peneliti.

4. Bapak serta ibu dosen bahkan staf karyawan di fakultas teknik atas semua waktu yang sudah melayani sepenuh hati ketika mengikuti berlangsungnya pendidikan di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan Ibunda yang tercinta, yang menjadi penyemangat penulis, serta dukungan luar biasa besarnya, do'anya tiada henti kepada penulis, yang mana peneliti dapat menyusun skripsi ini, peneliti ucapkan banyak terimakasih kepada keluarga.
6. Sahabat serta teman-teman mahasiswa fakultas teknik terutama angkatan 2019 yang sudah menjadi keluarga sendiri dan tentunya turut serta mendukung dalam penyusunan karya ini.

Diharapkan dari beberapa pihak tersebut bisa memperoleh pahala yang sebesar-besarnya dari Allah SWT, kemudian semoga karya ini bisa memberikan kebermfaatan terhadap penulis, teman-teman, penduduk bahkan bangsa serta negara. Aamiin.

Makassar, Mei 2023

PENULIS

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTACK	vi
KATA PENGANATAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Radiasi Energi Matahari Kepermukan Bumi	6
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)	7
2.3. Komponen PLTS	8
2.3.1. Modul Surya.....	8
2.3.2. Inverter	10
2.3.1. Baterai	22
2.4 Menentukan Komponen Utama PLTS.....	28
2.4.1. Menentukan Kapasitas Panel Surya	28
2.4.2. Menentukan Kapasitas Baterai.....	29
2.4.3. Menghitung Kapasitas Inverter	32

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1. Waktu dan Tempat	35
3.2. Alat dan Bahan.....	35
3.3 Metode Penelitian	36
3.2.1. Teknik Pengumpulan Data.....	36
3.2.2. Teknik Analisa Data.....	36
3.2.3. Alur Penelitian.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1. Kebutuhan Energi Harian	38
4.2. Konfigurasi PLTS Tanamalala.....	41
4.3. Menentukan Kapasitas Inverter	43
4.4. Menentukan Kapasitas PV Modul	44
4.5. Menentukan Kapasitas Baterai	46
BAB V PENUTUP	47
5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel surya	9
Gambar 2. 2 Jenis Modul Surya.....	10
Gambar 2. 3 Inverter dengan Trafo Frekuensi Rendah.....	18
Gambar 2. 4 Inverter dengan Trafo Frekuensi Tinggi	18
Gambar 2. 5 Inverter tanpa Trafo tanpa DC Chopper.....	19
Gambar 2. 6 . Inverter tanpa Trafo dengan DC Chopper.....	20
Gambar 2. 7 Batteray ACCU	23
Gambar 2. 8 Beberapa bentuk Gelombang AC hasil Inverter	33
Gambar 3. 1 Kantor PT PLN UID (Persero) Sulselrabar.....	35
Gambar 3. 2 Alur penelitian.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kapasitas Inverter	12
Tabel 2. 2 Baterai yang digunakan pada PLTS.....	23
Tabel 2. 3 Efisiensi Berbagai Jenis Baterai.....	25
Tabel 4. 1 Tabel Asumsi Langgan Beban Harian di Tanamalala	38
Tabel 4. 2 Peralatan Kebutuhan Energi Rumah Tangga	40
Tabel 4. 3 Kebutuhan Energi Fasilitas Umum.....	40
Tabel 4. 4 Informasi Sumber Lokasi Data Meteorologi	41
Tabel 4. 5 Peak Sun Hour	42
Tabel 4. 6 Kapasitas PV	42
Tabel 4.7 Energi yang Harus disuplai Baterai.....	44
Tabel 4.8 Kapasitas Baterai.....	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagian dari individu kerap menggunakan energi fosil dalam keperluan energi listrik, yang mana kemudian cadangan energi fosil di Indonesia makin menurun. Pada buku outlook energi Indonesia di tahun 2013, kenaikan penggunaan energi rata-rata pemanfaatannya sebanyak 4,7% per tahunnya mulai pada tahun 2011 hingga 2030. Secara masalah itu diutuhkan metode-metode pemberdayaan teknologi energi yang fresh serta diganti agar melengkapi keperluan energi listrik secara metode penggunaan energi baru serta terbarukan yang praktis. Energi terbarukan adalah energi yang terdapat pada sumber daya terbarukan berupa sinar UV, hujan, ombak, angin, bahkan panas geotermal. Energi terbarukan menyediakan energi yang salah satunya dapat dimanfaatkan menjadi pembangkit tenaga listrik. Perpres No. 5 Tahun 2006 mengenai Peraturan Energi Nasional menyoroti strategi pemerintah Indonesia untuk sektor energi. Peraturan ini menekankan perbedaan, ketahanan lingkungan, penggunaan maksimal sumber energi domestik. Peraturan ini direvisi pada tahun 2014, membuat target total energi campuran untuk EBT sebanyak 23% di tahun 2025. Angka ini merupakan peningkatan sepuluh kali lipat untuk energi terbarukan dibandingkan dengan yang ada saat ini. Kebanyakan fokus EBT di Indonesia adalah pada geotermal, air, dan biomass, sementara tenaga surya dianggap sebagai sebuah teknologi untuk sistem off-grid yang lebih kecil.

Secara geografis, Indonesia berada pada garis khatulistiwa, tepatnya dalam 11°LS - 6°LU serta 95°BT - 141°BB , sehingga potensi energi surya di Indonesia sangat tinggi secara temperature sinar UV kurang lebihnya 4,8 kWh/m² tiap harinya pada keseluruhan daerah di Indonesia. Negara Indonesia memiliki 2 cuaca yang yakni kemarau serta hujan dalam penyinaran sinar matahari berlangsung sepanjang tahun di seluruh wilayahnya oleh karena itu, disetiap wilayah di Indonesia memiliki potensi supaya ditumbuhkan PLTS. Indonesia mempunyai beberapa pulau yang system kelistrikan dibandingkan dengan lokal. Sekarang keperluan listrik di wilayah kepulauan memakai PLTD. Bentuk terhadap PLTS serta PLTD itu pada dasarnya dinamakan menjadi microgrid. Microgrid ini bisa diterangkan menjadi suatu system listrik yang terintegrasi terhadap daerah plosok secara sumbu pembangkit distribusi. Sekarang adanya berbagai instalasi *microgrid* yang merata di Indonesia, satu diantaranya berupa yang tercatat dalam pulau Tomia. Pulau Tomia memakai skema microgrid, yang mengintegrasikan PLTD pada PLTS. Sebelum dimanfaatkannya pola *microgrid*, penyaluran di pulau ini memakai PLTD yang kemudian BPP makin besar. Pengaplikasian microgrid ini bertujuan agar bisa menurunkan nilai BPP terlebih kemampuan energi surya yang begitu tinggi. Potensi ini harus digunakan secara bagus untuk akselerasi konstruksi PLTS di seluruh Indonesia, baik pada sistem on-grid maupun off-grid.

Sumber daya tenaga surya sangat berlimpah di Indonesia sehingga dapat menghasilkan produksi energi surya yang tinggi. Sistem tenaga surya dapat dibangun dengan cepat dan membutuhkan lebih sedikit pemeliharaan serta tidak menggunakan bahan bakar, sehingga konstruksi dapat dilakukan dengan cepat menggunakan tenaga kerja lokal yang tersedia. Pada banyak sistem jaringan di luar Jawa di Indonesia, biaya energi dari sistem tenaga surya membutuhkan biaya yang sama atau bahkan lebih rendah dibandingkan dengan biaya produksi listrik dari sumber daya pembangkit yang lain. Sistem surya dapat menyediakan jauh lebih banyak energi di berbagai lokasi di Indonesia dan dapat dibangun dengan tingkat kecepatan yang tinggi dibandingkan dengan EBT ataupun pembangkit tradisional lainnya.

Proyek listrik Desa PLTS Tanamalala direncanakan dibangun di Desa Tanamalala Pulau Bembe, Sulawesi Selatan. Pembangunan pembangkit ini merupakan upaya untuk meningkatkan kehandalan daya kelistrikan, rasio elektrifikasi, dan pemanfaatan energi terbarukan di Tanamalala . Ketersediaan listrik merupakan hal yang luar biasa urgent. Hal ini agar melengkapi keperluan penduduk, terutama pulau serta wilayah terpelosok. Kondisi kelistrikan saat ini masyarakat masih mengandalkan genset pribadi untuk aktivitas tiap harinya. namun, dalam adanya proyek Listrik Desa diharapkan dapat tercapainya kebutuhan listrik masyarakat di Tanamalala.

Jaringan tenaga listrik di Tanamalala diperoleh dari genset mandiri milik warga. Maka dalam hal ini tentu saja pembangkit masih sangat diperlukan. Kekhawatiran pada perubahan iklim, ketahanan dan keamanan energi telah

mendorong berkembangnya industri bertenaga EBT. Satu diantaranya sumber energi terbarukan seperti sinar surya, sangat berlimpah di Indonesia sehingga bisa dijadikan sumber energi untuk sistem PLTS.

Terkait penelitian yang telah dibahas pada penelitian sebelumnya dengan judul “Analisi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia”(Rahardjo & Fitriana, 2016). Serta penelitian sebelumnya membahas perencanaan Pembangunan dengan judul “Perencanaan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Desa Mandiri” (Winardi et al., 2019). Adapun penelitian ini membahas “Analisa Pembangunan Pembangkit PLTS Desa Tanamalala” dengan melakukan observasi terhadap objek yang diteliti serta menganalisa kapasitas komponen agar PLTS dapat beroperasi secara optimal.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana penentuan kapasitas modul surya pada PLTS di Desa Tanamalala ?
2. Bagaimana penentuan perhitungan kapasitas inverter dan baterai PLTS Desa Tanamalala ?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kapasitas modul surya pada PLTS yang akan dibangun di Desa Tanamalala.
2. Untuk mengetahui kapasitas inverter dan baterai yang akan digunakan dalam pembangunan PLTS Desa Tanamalala.

1.4. Batasan Masalah

Jika di tinjau pada judul kajian ini nantinya terdapat beberapa problem yang ada secara lebar. Kendati demikian ini menjadi penting dalam memberikan batasan masalah yang nantinya di kaji, diantaranya:

1. Batas penelitian sampai dengan tahap persiapan konstruksi kelistrikan PLTS di Desa Tanamalala.
2. Mengetahui besar kapasitas listrik yang bisa di hasilkan (PLTS) di Desa Tanamalala.
3. Mengetahui kapasitas inverter dan baterai yang akan digunakan dalam pembangunan PLTS.

1.5. Manfaat

1. Dengan dibangunnya kelistrikan di Desa Tanamalala agar diharapkan bisa mencukupi kebutuhan ketersediaan pasokan daya listrik .
2. Meminimalisir terjadinya pemadaman bergilir di desa Tanamalala agar warga tidak harus memakai genset pribadi yang terbilang cukup mahal.
3. Sebagai pembelajaran bagi kami mahasiswa agar dapat lebih memahami tata cara pembangunan klistrikan dan pengoperasiannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Radiasi Energi Matahari Kepermukaan Bumi

Matahari merupakan sumber energi yang jumlahnya tinggi serta bersifat terus menerus sampai siklus alam masih berlangsung. Penggunaan tenaga surya bisa dijalankan dengan metode mengubah sinar matahari dengan langsung sebagai energi panas menjadi energi panas atau listrik. Pemanfaatan energi surya tidak menggunakan pembakaran yang kemudian tidak memperoleh gas bang semacam gas rumah kaca yang berpengaruh negative untuk lingkungan. (Borrego, 2021)

Masuka dalam abad 21, stok gas bumi serta minyak makin menurun. Sedangkan keperluan pada energi makin pesat, terkhususnya pada negara industry yang nantinya tinggi hingga tujuh puluh persen kisaran di tahun 2000 hingg pada 2030. Di tahun 2015, keperluan energi listrik sebesar 19,5 sampai 20 Trilyun kWh. Akan tetapi sumber energi pokok sekedar bisa mendukung (12,4 Trilyun Kwh saja, ini sangatlah menyedihkan serta mencemaskan terlebih minyak serta gas bumi yang saat ini dihandalkan dikemudian nanti bisa kehabisan, di indonesai diasumsikan selama kurnag lebih 18 tahun mendtaang bisa kehabisan. Keadaan stok minyak dunia dikisarkan nantinya habis selama 23 tahun mendatang, gas nantinya habis hingga 62 tahun mendatang, sementara batu bara bisa 146 tahun tidak bisa ada Kembali. Energi surya adalah energi yang berpotensi ditumbuhkan di Indonesia, terlebih negara ini menjadi bangsa yang ada pada wilayah khatulistiwa.

Energi ini bisa ditumbuhkan pada semua daerah Indonesia yang memiliki lebar 2 juta km² yaitu sebanyak 5,10 mW atau 4,8 kWh/m²/hari serta sama pada 112.000 GWp yang disalurkan. Namun energi surya mempunyai kekuatan daripada energi fosil, sebagaimana:

- Pusat tenaga yang gampang diperoleh.
- Ramah lingkungan.
- Berdasarkan pada dalam beberapa keadaan geografis.
- Instalasi, penjalangan serta peninjauan secara gampang.

PLTS bisa berwujud konsep terpusat, sistem tersebar (*stand-alone*) serta sistem hibrida (*hybrid system*).

- Centralized PV sistem merupakan PLTS yang menyatukan tenaga dengan bersumber dalam beberapa tempat bersifat on grid ataupun off grid.
- Sistem stand alone menyatukan tenaga terutama dalam keperluan beban yang merata pada tiap-tiap tempat bahkan bersifat off grid.
- System hybrid, PLTS dipakai bersamaan secara konsep pembangkit yang lain pada menyalurkan tenaga.

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

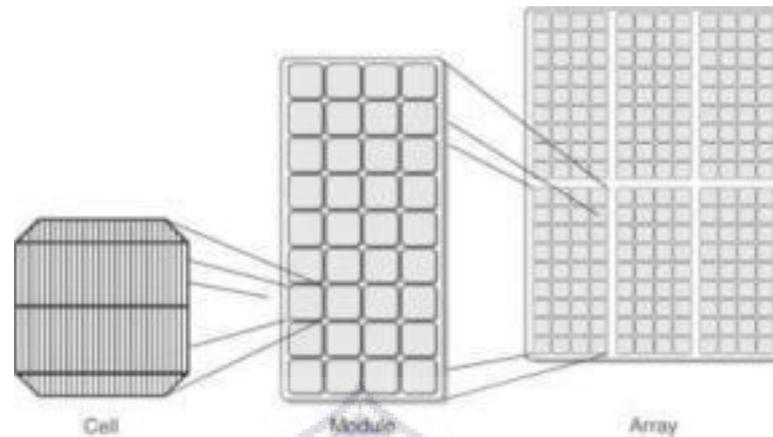
PLTS PV memanfaatkan tenaga surya yang bisa mengganti tenaga surya ke tenaga Listrik. Sementara PLTS solar thermal menyatukan panas dari sinar UV dalam memanaskan sebagian cairan sampai mendapatkan uap yang nantinya dimanfaatkan sebagai tenaga Listrik. Prinsip kerja sederhana dari PLTS solar thermal dipakai dalam pemanas air. PLTS PV jauh lebih besar dibanding PLTS solar thermal. (Muslim et al., 2020)

PLTS memiliki sistem yang ringkas. Yakni menggnati sinar UV sebagai energi kelistrikan. Sinar UV adalah satu diantaranya wujud energi oleh SDA. SDA matahari ini telah dipakai dalam menyuplai daya listrik pada satwilit interkasi dengan sel surya. Yang mana sel surya ini bisa memperoleh energi listi secara total yang tk terhingga dan diambil oleh matahari, tidak terdapat area yang berotasi serta tidak membutuhkan bahan bakar. Yang kemudian sistem sel surya kerap dinyatakan praktis. Dripada generator listrik, terdapat area yang berotasi serta membutuhkan bahan bakar agr bisa memperoleh listrik. Volumenanya berisik, dari pada itu gas buang yang diperoleh bisa menciptakan pengaruh *greenhouse gas* yang dampaknya bisa menghancurkan ekosistem di bumu ini.

2.3. Komponen PLTS

2.3.1. Modul Surya

Modul surya (*fotovolyaic*) merupakan keseluruhan sel surya yang disusun dengan pararel ataupun seri, dalam menaikan arus serta tegangan yang diciptakan yang kemudian untuk penggunaan sistem satu daya beban. Dalam memperoleh keluaran energi Listrik yang besar maka dataran modul surya wajib merujuk pada sinar matahari. Susunan pokok sistem surya photovoltaic merupakan modul yang menjadi item rakitan Sebagian sel surya photovoltaic. Dalam membbuat modul sel surya photovoltaic secar pabrikasi dapat memanfaatkan teknologi kristal serta thin film. Modul ini bisa dijadikan secara teknologi sederhana, sementara dalam mencitakan sel modul photovoltaic dibutuhkan teknologi yang tinggi.



Gambar 2. 1 Panel surya

Dengan teknologi, beberapa kategori sel photovoltaic sudah ditumbuhkan, akan tetapi dalam skema PLTS Photovoltaic di Indonesia pada dasarnya Cuma tiga kategori sel yang dipakai, yakni

1. Mono Kristal

kategori mono-crystalline diciptakan oleh kepingan silikon kristal yang diidentik pada rangkaian atom yang sistematis serta hanya memiliki satu tujuan kristal, yakni keseluruhan atom terstruktur dengan teratur. Daripada dalam kategori poli kristal, sel mempunyai kesesuaian yang relatif sangat besar, akan tetapi cenderung tidak murah.

2. Poli Kristal

Sel photovoltaic poli kristal diciptakan secara teknologi kasting berwujud balok silikon serta dipotong-potong kecil (tipis) dalam kepingan, dalam tebal kurang lebihnya 250 hingga 350 micrometer. Cara ini sangatlah tidak membutuhkan kedetilan serta modal besar, akan tetapi memperoleh sel surya secara efektif cenderung kecil.

3. Thin Film

Sel photovoltaic thin film diciptakan secara teknologi lapisan tertipis bahan semikonduktor. penciptaan sel fotofoltaic secara lapisan tipis bisa menerunkan modal produksi solar ael sebab cukup memakai setidaknya satu persen oleh material baku silicon apabila diperbandingkan dalam material baku dalam tipe silikon wafer. Daripada itu, sel *photovoltaic* thin film juga bisa diciptakan oleh bahan *semikonduktor* yang lain yang memiliki efisiensi solar sel besar berupa Cd Te serta CIGS.



Gambar 2. 2 Jenis Modul Surya

2.3.2. Inverter

Inverter adalah atribut pokok dalam mengganti Listrik diciptakan oleh moduk sel surya searah sebagai energi Listrik arus bolak-balik (AC) secara bentuk serta mutu yang dibutuhkan sebelum dikiri ke jaringan ataupun digunakan langsung oleh pelanggan. SFI menentukan jalinan diantara daya inverter serta daya modul sel surya SYC semacam dalam persamaan.(Burhandono et al., 2022)

kategori teknis inverter yang ditentukan dari SPLN D3.022-2 2012 yakni sebagaimana:

- a. Alat Pengendali serta Inverter yang dipakai wajib berdasarkan jenis
 - PLTS On Grid memanfaatkan inverter kategori On Grid Inverter;
 - PLTS Off Grid memanfaatkan inverter jenis Off Grid Inverter/ Bi-directional inverter;
 - PLTS Hibrid memanfaatkan inverter jenis Bi-directional serta digabungkan On Grid Directional nverter.
- b. Arus output Inverter wajib mempunyai mutu gelombang secara THD (Total HarmonicDistortion) optimum tiga persen. THD tegangan dalam grid connected 5%;
- c. Mempunyai sistem pengelolaan MPPT secara metode PMW
- d. Siap beroperasi dalam arus area hingga pada 45⁰ C;
- e. *Current Limited Ihsc* 3 kali In (arus hubung singkat tiga kali arus nominal);
- f. Efisiensi > 90% terberat beban penuh;
- g. Memiliki menu PQ mode dalam grid connected serta PV dalam stand alone.

Sementara pada kemampuan, yang harus diperbandingkan:

- a) Kemampuan serta daya inverter wajib bisa terhadap keadaan daya rata-rata, tipikal serta surya;

- b) Kemampuan inverter ketika kVA minim 1,2 kali kemampuan PV yang hubung;
- c) Kemampuan inverter tiap string berdasarkan pada kemampuan beban puncak secara pengolahan berdasarkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 1Kapasitas Inverter

Kapasitas (kWp)	Jumlah String	Kapasitas per unit (kW/string)
≤100	2-3	40-50
101-200	2-4	50-100
201-300	3-6	50-100
>300	≥3	100-300

Problem yang mana beban listrikan kebanyakan kategori material semacam kompresor serta motor, kemampuan inverter harus diperkirakan secara luas (2 serta 3 kali oleh kemampuan modul) dalam meminimalisir dorongan tegangan (surge curret) pada saat start.

A. Jenis dan Tipe Converter

Sebagai mengontrol atau mengelolah arus output penyearah bisa dijalankan secara memakai susuna pen sakelaran yang memperkirakan dalam mengelolahn arus ketika keluar. Arus keluar ini bisa di atur atau dikontrol secara menggabungkan tingginya area perlambatan layaan pada susunan .

Susunan pensakelaran thyristor dihidupkan secara metode membagikan arus pulsa sesaat (V_g) yang hanya terhadap kaki. Sedangkan berlansungnya pemamdmman dijalankan secara metode menyalurkan arus arah balik Vak (-) terhadap thyristor ketika arus anoda katoda sesuai pada nol. Penyearahan terkontrol dapat juga dinamakan dalam converter AC-DC terkontrol serta dipakai dengan lebar pada kegunaan indudtri.

Berdasarkan sumber sumber tegangannya maka konverter dibagi menjadi 2 bagian:

1) Konverter 1 Phasa

Konverter 1 fasa adalah konverter dengan sumber tegangan inputnya merupakan tegangan bolak - balik (AC) 1 fasa yang terdiri dari :

- Konverter ac-dc semi terkendali (*semiconverter*)
- Konverter ac-dc terkendali penuh (*fullconverter*)
- Konverter ac-dc ganda (*dual converter*)
- Konverter ac-dc seri (*series converter*)

2) Konverter 3 Phasa

Konverter 3 fasa adalah konverter dengan sumber tegangan inputnya merupakan tegangan bolak - balik (AC) 3 fasa yang terdiri dari :

- Konverter ac - dc setengah gelombang (*Half-wave converter*)
- Konverter ac - dc semi terkendali (*semiconverter*)
- Konverter ac - dc terkendali penuh (*full converter*)
- Konverter ac - dc ganda (*Dual Converter*)

terhadap konverter, dalam memperoleh arus output terkontrol yang dipakai thyristor (phase controlled-thyristor). Tegangan keluaran terkendali itu bisa digabungkan secara mengendalikan serta mengelolah area nyalanya thyristor bahkan aspek daya umumnya kecil, terkhususnya terhadap wilayah arus keluar rendah. Pada penyearahan terkontrol, arus keluaran converter nantinya menimbulkan keharmonisan terhadap sumber. Berbagai skema komutasi paksa thyristor ditumbuhkan dalam menambahkan aspek daya lini input serta menurunkan tingkat harmonisa. Teknik komutasi paksa menjadikan converter ac - dc menjadi menarik. Dengan perkembangan peralatan daya semikonduktor (diantaranya Gate turn - Off Thyristors) komutasi paksa dapat diimplementasikan dalam system praktis.

Berdasarkan Teknik komutasi paksa converter ac - dc dapat diklasifikasikan menjadi 4 yang terdiri dari:

- 1) Kontrol sudut pemadaman (*Extinction Angle Control*)
- 2) Kontrol sudut simetris (*Symmetrical Angle Control*)
- 3) Modulasi lebar pulsa (*Pulse Width Modulation*)
- 4) Modulasi lebar pulsa sinusoidal (*Sinusoidal Pulse Width Modulation*)

B. Jenis dan Tipe Inverter

Sesuai keseluruhan fasa keluaran tegangannya, inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis:

1. Inverter 1 fasa yakni inverter secara keluaran tegangannya 1 fasa,
2. Inverter 3 fasa yakni inverter secara keluaran tegangannya 3 fasa.

Setiap jenis dapat dibagi lagi menjadi 4 kategori:

1. Pulse Width Modulation (PWM) Inverter
2. Resonant Inverter
3. Auxiliary Commutated Inverter
4. Complementary Commutated Inverter

Sesuai wujud frekuensi keluarannya inverter bisa dikategorikan dalam:

1. Sine wave inverter, yakni inverter yang mempunyai arus keluar secara wujud gelombang sinus asli. Invenrter ini bisa membagikan penyaluran arus ke beban serta motor listrik secara efesiensi daya yang bagus.
2. Sine wave modified inverter, yakni inverter secara arus keluar berwujud gelombang persegi yang dihias menjadi gelombang sinus. Inverter kategori ini mempunyai keseuain daya yang kecil jika dipakai dalam meyelaurkan beban inductor.
3. Square wave inverter, yakni inverter secara keluaran berwujud gelombang persegi, inverter ini tidak bisa dipakai dalam menyalurkan arus dalam berat induktif serta mtoro listrik.

Inverter juga bisa dibedakan berdasarkan secara metode pengolahan tegangannya, yakni

1. VFI yakni inverter secara arus masuka yang dikelolah konstan.
 2. CFI yakni inverter secara tegangan masuk yang ditentukan konstan
 3. Variabel dc linked yaitu inverter secara arus masuk yang bisa dikelolah
- Dalam aplikasi di industri , diperlukan pengendalian pengaturan

tegangan keluaran pada inverter dimana pengendalian tersebut dibagi menjadi beberapa metode:

- a) Mengatasi dengan mengatur tegangan masukan input dc pada inverter
- b) For voltage regulation of inverter
- c) For the constant volt/frequency control requirement

Dari variasi metode tersebut maka diperlukan variasi penguatan (gain) pada inverter. Satu diantara cara pengendalian penguatan (arus output) inverter 1 fasa yakni secara memakai skema modul lebar pulsa (Pulse Width Modulation - PWM) oleh arus sumber dc sama. Cara yang kerap dipakai

1. Modulasi lebar pulsa tunggal (Single Pulse width modulation)
2. Modulasi lebar pulsa banyak (Multiple pulsa width modulation)
3. Modulasi lebar pulsa sinusoidal (Sinusoidal pulse width modulation)
4. Modulasi lebar pulsa sinusoidal modifikasi (Modified sinusoidal pulsa width modulation)
5. Kontrol pemindahan fasa (Phase -displacement control)

Inverter yang diperkenalkan pada pasar terdiri atas inverter dengan trafo dan inverter tanpa trafo. Dalam memilih inverter yang tepat perlu mempertimbangkan beberapa faktor. Kedua jenis inverter tersebut menggunakan konversi daya DC ke daya AC yang menyediakan proteksi untuk aplikasi gangguan. Dalam gilirannya inverter menyediakan sumber daya AC kontinu ke beban melalui input DC dari baterai. Perbedaan utama antara inverter dengan trafo dan inverter tanpa trafo akan dibahas selanjutnya.

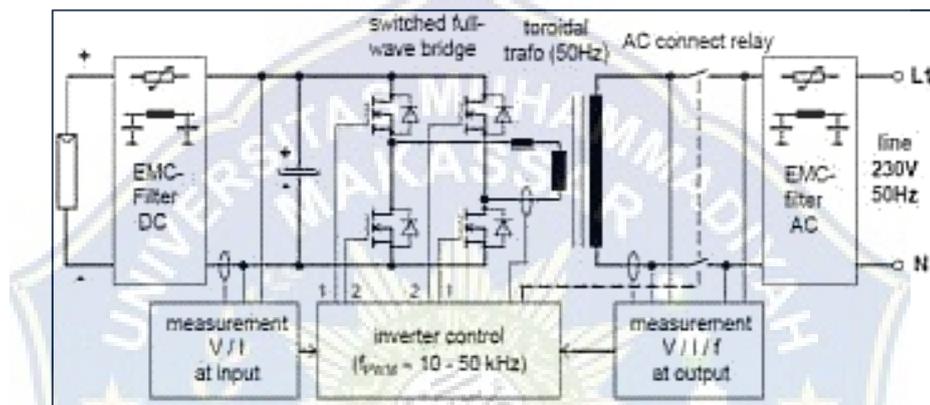
C. Inverter Dengan Trafo

Transformer elektronik yang digunakan dalam sirkuit inverter sering disebut inverter transformer. Teknologi utama inverter dengan trafo adalah dalam desain inverter dimana trafo dipasang setelah inverter untuk memperoleh tegangan AC yang sesuai dengan beban. Sistem penyimpanan energi DC (baterai) dalam desain inverter dengan trafo dihubungkan langsung dengan DC bus dimana merupakan masukan dari inverter, dengan sistem ini maka inverter akan menambah kontinuitas pelayanan keluaran daya jika sumber utama mengalami gangguan. Inverter dengan trafo relatif lebih sederhana komponen semikonduktornya, baik dan kuat. Sistem inverter dengan trafo akan menggunakan IGBT-PWM inverter dengan tegangan DC bus yang rendah. Keluaran inverter akan menggunakan filter pasif untuk menghasilkan keluaran tegangan pada beban dengan distorsi yang rendah, kerja filter pasif dengan impedansi trafo menghasilkan harmoni tegangan gelombang sinus rendah (<5 % THD) untuk kondisi operasi pada semua jenis beban. Keluaran AC inverter dengan sistem tiga fasa hubungan trafo delta - way menyediakan fleksibilitas kombinasi tegangan masukan/keluaran, dimana pada sisi sekunder terhubung bintang (way) dapat terdiri dari 4 kawat dimana konfigurasi tegangan dan netral dapat ditetapkan pada belitan sisi sekunder. Dengan adanya trafo maka akan menjamin isolasi magnet antara dc baterai dan keluaran AC inverter. Inverter dengan trafo dapat berupa:

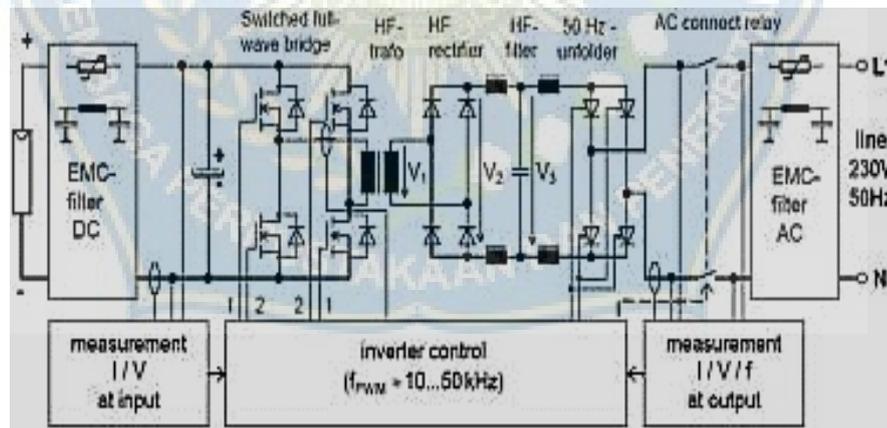
- Inverter dengan trafo frekuensi rendah (LF transformer), diperlihatkan pada gambar 3

- Inverter dengan trafo frekuensi tinggi (HF transformer), diperlihatkan pada gambar 4

Ada beberapa keuntungan inverter dengan trafo diantaranya keandalannya tinggi, DC injeksinya mudah didapat. Sedangkan kerugiannya adalah ukurannya besar, efisiensinya rendah, harganya lebih mahal, temperatur operasinya lebih tinggi.



Gambar 2. 3 Inverter dengan Trafo Frekuensi Rendah



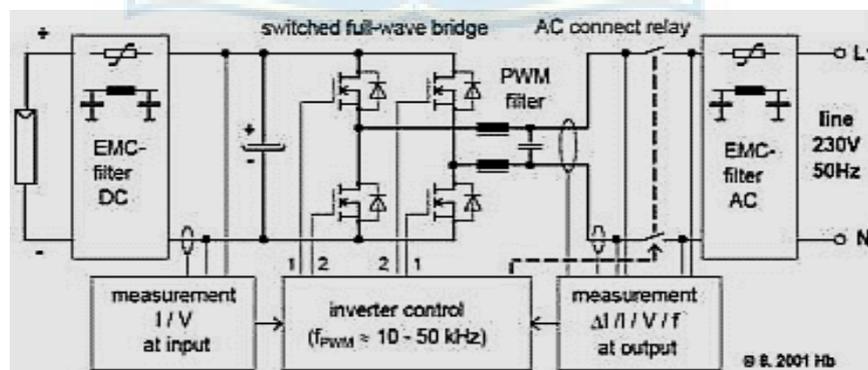
Gambar 2. 4 Inverter dengan Trafo Frekuensi Tinggi

D. Inverter Tanpa Trafo

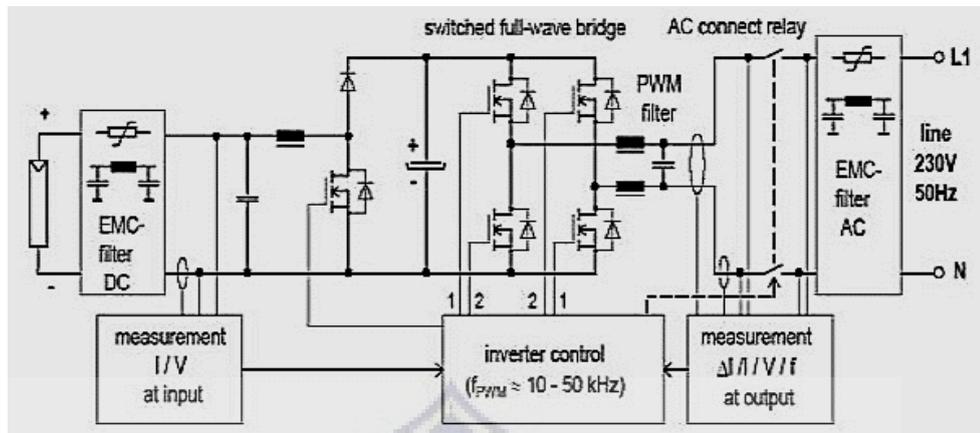
Inverter tanpa trafo didesain dengan menggunakan perkembangan teknologi elektronika daya dan kontrol, dimana teknologi ini dapat menggantikan trafo isolasi pada keluaran inverter. Kemajuan kontrol dan semikonduktor daya juga memungkinkan peralatan seperti PWM (Pulse Width Modulation) melakukan sistem pengsaklaran (switching) untuk melakukan pengaturan frekuensi dan tegangan keluaran inverter. Bagaimanapun dalam memilih suatu inverter perlu mempertimbangkan biaya dan manfaat dari teknologi inverter tanpa trafo dibandingkan dengan inverter dengan trafo. Inverter tanpa trafo terdiri dari 2 macam diantaranya:

- Inverter tanpa trafo tanpa dc Chopper diperlihatkan pada gambar 5
- Inverter tanpa trafo dengan DC Chopper diperlihatkan pada gambar 6

Adapun keuntungan menggunakan inverter tanpa trafo adalah efisiensi tinggi, temperatur operasinya lebih rendah, proteksi yang diperlukan lebih dasar dan sederhana, ukurannya lebih kecil, ringan dan biayanya lebih murah. Adapun kelemahannya adalah keandalannya kurang, range tegangan masukan lebih kecil, tanpa isolasi galvanic



Gambar 2. 5 Inverter tanpa Trafo tanpa DC Chopper



Gambar 2. 6 Inverter tanpa Trafo dengan DC Chopper

E. Komponen Sistem Inverter

Komponen utama Unit Inverter terdiri atas :

a) Digital Signal Processor card (DSP)

The DSP card berisi prosesor kontrol utama untuk sistem hybrid bersama-sama dengan 3-fase generasi PWM untuk modul inverter. DSP ini mencakup perangkat keras untuk komunikasi serial ke modem berdedikasi serta Modbus komunikasi berbasis port untuk Interface Keypad & Display termasuk serial lokal komunikasi. Ini menggunakan pemrosesan 12 bit sinyal untuk sangat cepat dan akurat sampling dan kontrol

b) Multi Interface Card (MIC)

Multi Interface Card (MIC) memonitor semua parameter sumber daya AC seperti tegangan, arus, dan frekuensi, dan DC parameter seperti tegangan dan arus dan temperatur batere, arus modul surya , dan berbagai input digital lainnya. Ini juga adalah portal digital utama I / O untuk semua sistem kontrol. Gain dan offset ditangani pada domain digital akan mempermudah

untuk menset card. Indikator LED menunjukkan status untuk semua tindakan dari kontrol hibrida untuk membantu dalam memperbaiki masalah pada sistem.

c) Input Extender Card (IEC)

IEC menyediakan interface yang cocok untuk pemantauan perangkat eksternal seperti radiasi matahari, kecepatan angin, bahan bakar dan aliran bahan bakar bersama dan kWh beban.

d) Keypad & Display Interface (KDI)

Keypad & Display Interface Modul beroperasi dalam kaitannya dengan panel depan membran tombol panel dan 40 x 4 karakter liquid crystal display (LCD) untuk menyediakan HMI (manusia- mesin-interface) ke dunia luar. Semua mode operasi, kondisi salah, parameter sistem sesaat, set poin dan kejadian sistem dapat diakses melalui media ini.

e) Kartu IGBTDriver Power (DRV-1, 2,3)

Setiap "half-bridge" Power IGBT Driver Card (PDC) menerima sinyal tegangan rendah PWM dari card DSP melalui Drive Interface Card (DIC) dan menyediakan gate drive terisolasi sampai dua paralel, dan modul IGBT "half-bridge". Proteksi arus puncak modul IGBT didapatkan oleh pemantauan saturasi tegangan batas atas dan bawah IGBT dan memperlambat drive jika tegangan melebihi batas preset. Semua sinyal drive untuk kartu ini adalah terisolasi secara optic untuk kedap terhadap kebisingan tinggi. Setiap fase inverter membutuhkan dua ini kartu. f) Solar Driver Card (SDC). SDC ini menyediakan drive terisolasi yang diperlukan

untuk mengendalikan IGBT dihubungkan yang dihubungkan seri dengan masukan PV ke link DC (*bank baterai*). Pada standar sistem PWM Solar Charge, mengatur aliran arus rata-rata Link ke DC (bank baterai) oleh pulsing IGBT ON dan OFF sekitar 100Hz berdasarkan sinyal drive terisolasi berasal dari MIC. Pada sistem pengisi MPPT terintegrasi, SDC menerima sinyal PWM 16kHz dari DSP untuk mengontrol MPPT.

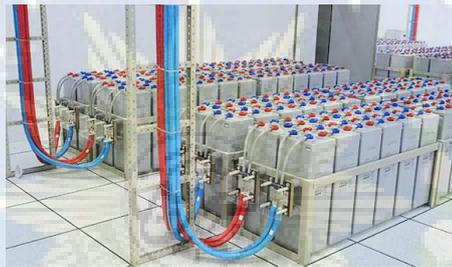
2.3.1. Baterai

Baterai merupakan susunan PLTS yang berguna dalam menyimpan energi Listrik yang diperoleh dari surya di siang hari, sehingga dimanfaatkan dalam malam hari bahkan ketika kondisi mendung. Baterai yang dipakai dalam PLTS terjadi proses siklus charge bahkan pengosongan, menyesuaikan ada ataupun tidaknya sinar UV. Jumlah baterai suatu komponen PLTS diakibatkan dari aspek DOD dan TFC.

Sesuai SPLN D3.022-3:2012 mengenai baterai sekunder untuk PLTS, kategori batri sekunde yang dipakai wajib mempunyai kategori dibawah ini:

- a) Baterai pada kategori deep cycle lead acid serta Nickel-cadmium, dalam Solar power system (Cyclic PV type)
- b) Supaya batrai kategori deep cycle lead acid wajib mempunyai regulasi sebagaimana:
 - Sistem mempunyai katup kendalian Valve Regulated Lead Acid (VRLA) battery, direkomendasikan mempunyai gabungan tingkat yang besar (> 70%)
 - Media elektrolit kategori cair, gel serta AGM.

- Elektrode kategori tubular.
- c) Baterai terbagi dalam 1 sel arus di tiap sel (VPC: voltage percell) pada lead acid 2 Vdc, dalam kategori Nickel 1,2 Vdc.
- d) Supaya mencegah pengaruh penyimpanan terhadap kategori NiCad, nantinya yang dipakai wajib pada model Sentered plate atau yang tipe fibre.
- e) Kemampun tiap sel batrai minim 1000 Ah terhadap C20 dis charge rate.
- f) Keseluruhan pola (cycle) batarai standar 1500 siklus (cycle) terhadap DOD 80%, C20 discharge rate.



Gambar 2. 7 Batteray ACCU

A. Perbandingan Teknologi Baterai pada PLTS

Tabel 2. 2 Baterai yang digunakan pada PLTS

Teknologi	Singkatan	Tipe Baterai
Lihium-Ion	Li-ion	Sealed
Sodium-sulphur	NaS	Zebra
Nickel-cadmium	NiCd	Flouded
Nickel-metal hydride	NiMH	Sealed
Lead-acid	PbA	Flouded
Polysulfide-bromida	PSB	Redox flow

Vanadium-redoks	VRB	Redox flow
Zink-bromide	ZnBr	Redox flow

Teknologi baterai yang telah ditunjukkan pada tabel di atas, umumnya PbA dan NiCd baterai yang paling banyak digunakan pada aplikasi PLTS. Baterai NiCd dan PbA untuk PLTS biasanya menggunakan electrolyte tipe flooded yang berfungsi untuk memberikan performa terbaik pada temperature yang tinggi. Pada temperature di atas 30 C, biasanya electrolyte jenis gel dapat mengering dimana cell yang jenis flooded mendapat service life yang lebih panjang karena kehilangan panas oleh dekomposisi air. Tetapi baterai PbA ber-electrolyte gel sekarang sudah lebih canggih dan mendapat kan performa yang lebih baik dalam iklim yang ekstrim pada temperature yang tinggi.

Juga menjelaskan tentang NiMH dan Li-ion baterai dimana penggunaannya banyak berkembang di skala kecil dan biaya produksi yang mahal membuat baterai jenis ini tidak dipakai sebagai storage di skala ratusan kWh. Kedua jenis baterai ini adalah tipe sealed yaitu dimana electrolytenya dapat dipindahkan dan mempunyai ventilasi keamanan sehingga electrolyte nya harus diisi on site di pabriknya.

Baterai NaS menggunakan electrolyte sodium ion solid, oleh karena itu untuk menjaga electrolytenya agar tetap cair dan berkonduktivitas maka harus beroperasi pada temperature 310-350, biasanya baterai jenis ini digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan power quality dan power supply yang konstan.

Baterai PSB, VRB, ZnBr adalah baterai jenis redox flow yang berbasis electrolyte cair dimana harus dipompa kedalam susunan baterai. Volume dari electrolyte tersebut menandakan kapasitas penampungan.

Baterai jenis PSB tidak pernah didemonstrasikan pada penggunaan komersial, pernah ada 2 pembangkit yang sedang dikonstruksi dengan power rating 12-15 MW dan kapasitas energi tetapi stop pada 2003.

Baterai jenis VRB pernah didemonstrasikan untuk menstabilkan beban atau load leveling pada PLTS dengan rating power sampai 1.5 MW dan kapasitas energy sampai 5 MWh.

Baterai jenis ZnBr telah digunakan pada PLTS dengan rating 50 kWh atau 100 kWh dan 250 kWh atau 500 kWh, dapat dikatakan bahwa baterai jenis redoxflow dapat disesuaikan sesuai kebutuhan baterai pada PLTS. Pada baterai jenis Li-ion, efisiensi charge-discharge adalah yang tertinggi, dan yang terendah adalah baterai PSB.

Tabel 2. 3 Efisiensi Berbagai Jenis Baterai

Komponen	Efisiensi
Li-ion	0,85-0,95
NaS	0,75-0,83
PbA	0,70-0,84
NiCd	0,65-0,85
NiMH	0,65-0,85
VRB	0,60-0,80

ZnBr	0,60-0,73
PSB	0,60-0,65

Masa akhir dari service life baterai adalah pada saat kapasitas baterai telah mencapai 80% dari kapasitas awal atau pada saat gagal berfungsi. Efek atau dampak dari ambient temperature pada kinerja dan service life dari jenis redox flow dan NaS adalah terbatas, karena temperature operasi jenis baterai tersebut bergantung pada electrolyte yang dipompa atau pada system

B. Perhitungan Kapasitas/Energi Baterai

Jumlah nomila ataupun Nominal Capacity, CNBat : total daya optimal yang bisa didapatkn oleh batrai yang berisi full. Ini digambarkan pada Ah serta Watt-jam (Wh). Tingginya daya yang dapat diperoleh pada batari menyesuaikan terhadap durasi Panjang nantinya memperoleh banyaknya daya daripada secara mengeluarkan daya batari pada kurun waktu yang cepat. Kemampuan batari maka dari tiu dikategorikan ketika wakru pengeluaran daya yang beda. Supaya apalikasi fotovoltaik, durasinya harus Panjang dibandingkan 100 jam (C100). Kemampuas batarai menjadi tingginya tegangan listrik, batarai yang bisa disalurkan pada susunan luar, pada kurun waktu khusus, agar membagikan arus lain.

Memory energi baterai bateari bisa dikatakan pada kilowatt-jam (kWh), yang bisa didekati secara menyalurkan kapsitas baterai ketika ampere-hours pada arus baterai nominal serta membelah secara 1000. Berikut Rumus kapasitas baterai:

$$C = I \times t \quad (2.1)$$

Dimana : c = Kapasitas baterai dalam ampere-jam (Ah)

I = Besar arus yang mengalir (A)

t = Waktu

kapasitas baterai adalah suatu size kapasitas bataraai dalam menghipun serta mengeluarkan daya, umumnya dikatakan pada satuan Ampere-Hour. Pada dasarnya kemampuasn dipilih secara jenjnag tegangan pengosongan khusus serta ketika kurun waktu tertentu. Kapsitas baterai bisa menyesuaikan terhadap asekl layout bataraai yang diakibatkan:

- Total bahan aktif
- Total baterai,
- Desain serta ruang fisik dari plate
- Beban kategori elektrolit.

Aspek operasional yang memberikan dampak kapasitas mencangkup:

- Tahapan penghapusan/pembersihan,
- ketajaman pengosongan,
- pembelahan arus (cut off voltage),
- Temperatur, umur
- history cycle pemenuhan serta pengosongan terhadap baterai.

2.4. Menentukan Kompoen Utama PLTS

Walaupun harga modul surya sebagai komponen utama PLTS mengalami penurunan pada tahun terakhir, biaya investasi PLTS masih lebih mahal dari biaya investasi jenis pembangkit lainnya. Oleh karena itu, perlu melakukan perhitungan yang hati-hati dalam menentukan kapasitas PLTS tidak akan beroperasi sesuai yang diharapkan. Bagian suatu PLTS sering dikelompokkan sebagai berikut:

- S komponen pokok yakni panel surya, baterai bahkan inverter.
- S komponen pendukung (Balance of system; BoS) yaitu: penyokong modul surya, kabel dan konektor, pensaklaran, lemari bagi, peralatan pengaman, bangunan control, dan lainnya.

2.4.1. Menentukan Kapasitas Panel Surya

Modul surya terbagi dalam komponen seri pararel surya. Dengan fakta PLTS merupakan pembangkit yang bisa dinyatakan tidak mempunyai intensitas radias matahari. PLTS sebenarnya sangat cepat dinyatakan menjadi saluran energi untuk jangka waktu tertentu, karena untuk emenrapkan jumlah panel suatu PLTS total energi yang ingin dibandingkan pada suatu periode khusus yang sebagai dasar kalkulasi. Jumlah panel dipengaruhi dari model operasi PLTS. Sebagian keadaan yang bisa mempengaruhi kalkulasi kapasitas panel surya ini diantaranya :

- Temperatur
- Derajat radiasi
- Kecerahan iklim
- Derajat keandalan atau pemyediaan system

Spesifikasi modul surya sering dikataka dalam keadan suhu 25°C serta derajat radianya 1 kW/m². Untuk menetapkan daya hasil dari modul surya yakni tentunya penting menetapkan temperature operasi dikalkulasi dari temperature sekitarsecara iradian G pada parameter yang dinamakan Nominal Operating Cell Temperatur (NOCT), yakni diantaranya:

Bertambah iridian akan menyebabkan bertambahnya temperature modul di atas temperature sekitar. Temperature modul akan menurun jika kecepatan angin bertambah. Untuk menghitung kapasitas suatau PV digunakan rumus:

$$W_p = W \times \text{Rasio DC/AC} \quad (2.2)$$

Dimana:

W_p: Kapasitas PV

W : Kapasitas inverter

Rasio DC/AC

2.4.2. Menentukan Kapasitas Baterai

Baterai adalah alat penyimpanan sementara energi listrik yang dalam suatu PLTS berfungsi mengkompensai ketidaksesuaian (unmet) suplai energi listrik terhadap energi listrik yang dibutuhkan. Kapasitas baterai yang dibutuhkan suatu PLTS tergantung pada pola operasai PLTS, operasi akan menentukan jumlah energi yang akan disimpan dan siap disalurkan oleh baterai saat diperlukan. Dari semua teknologi baterai, baterai masi yang paling banyak digunakan karena berdasarkan pertimbangan teknologi baterai basah dianggap “mature” sehingga secara ekonomi lebih efisien. Oleh karena itu pembahasan ini lebih berdasarkan pada penggunaan baterai basah (lead acid batteray).

Ketika menentukan kapasitas baterai untuk sebuah PLTS hal-hal berikut ini diperhatikan yaitu:

- 1) Temperatur
- 2) Charge atau discharge rate
- 3) Cycle
- 4) Depth of discharge
- 5) Autonomy days

Perhitungan kapasitas harus memperhatikan faktor-faktor di atas. Temperatur sangat mempengaruhi kinerja baterai yaitu akan bertambahnya kapasitas baterai (Ah) pada temperatur di atas idealnya, namun baterai yang ditempatkan pada temperatur yang tinggi akan menurunkan usia baterai. Selain temperatur, makin tinggi cycle baterai semakin berkurang usianya. Usia pakai baterai lebih ditentukan jumlah cycle. Faktor lain yang dapat mengurangi usia baterai adalah kedalaman pengosongan muatan baterai (DoD). Semakin dalam (DoD), maka akan mengurangi usia baterai. Itu sebabnya DoD baterai sering dibatasi pada sistem PLTS stand alone.

Untuk sistem PLTS off grid secara susunan PV + Baterie dimana tidak ada pembangkit lain seperti diesel, kapasitas batere perlu ditambah untuk mengantisipasi bila cuaca berawan berlangsung dalam waktu cukup lama yang disebut disebut days of autonomy. Kapasitas untuk autonomy days batere ini tergantung tingkat availability yang diinginkan dari pembangkit. Pada musim kemarau sekitar 2 hari dan pada musin hujan sekitar 2-3 hari. Tetapi ini tergantung pada seberapa tinggi tingkat keandalan sistem PLTS yan diinginkan.

Pada suatu PLTS off grid atau stand-alone system, karena sistem tidak dapat menggantungkan pada sumber daya lain, maka memperkirakan kapasitas batere harus lebih diperhatikan. Biaya ongkos batere untuk seluruh umur (life time costs) sistem sekitar 30%.

Sistem Batere pada PLTS off akan secara periodik mengalami proses charge dan discharge yang rutin setiap harinya. Untuk kondisi ini, sistem PLTS dengan pola operasi seperti ini disarankan muatan batere discharge maksimum 60% dari kapasitas penuhnya atau dengan DOD = 60%. Untuk menghitung kapasitas batere dapat digunakan sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Baterai} = \text{Reserve Factor} \times \left(\frac{\text{Energy konsumsi malam}}{\text{DoD} \times \eta_{\text{batt}} \times \eta_{\text{inv batt}}} + \right) \quad (2.3)$$

$$\text{Day of autonomy} \times \frac{\text{energy konsumsi 24 jam}}{\text{DoD} \times \eta_{\text{batt}} \times \eta_{\text{inv batt}}}$$

Keterangan :

Reserve Factor : Faktor cadangan.

Energi Konsumsi Malam : Jumlah energi yang dipakai dari jam 18:00 sampai jam 05:00.

DoD : Tingkat kedalaman kekosongan baterai.

η_{batt} : Ketahanan baterai.

$\eta_{\text{inv batt}}$: Kemampuan merubah tegangan masuk DC menjadi AC atau sebaliknya.

Day of Autonomy : Jumlah hari tanpa matahari.

Energi konsumsi 24 jam : Jumlah energi yang dipakai dalam 1 hari.

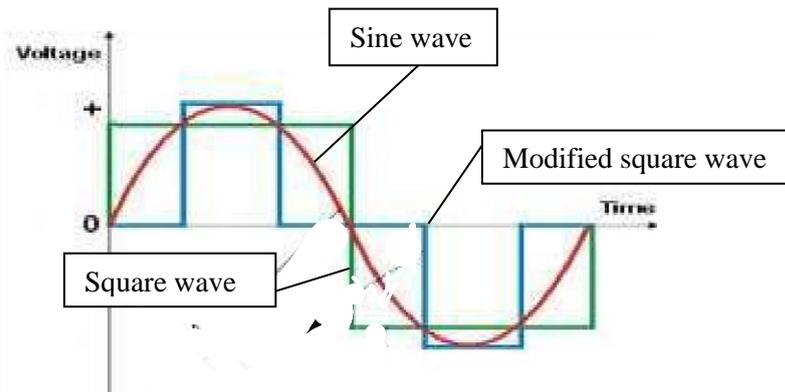
2.4.3. Menghitung Kapasitas Inverter

Inverter berfungsi untuk merubah arus dan tegangan DC (direct current) yang dihasilkan PV array menjadi arus dan tegangan listrik AC (alternating current) dengan frekuensi 50Hz/60Hz. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu, tergantung pada kebutuhan beban dan tergantung pada apakah inverter akan menjadi bagian dari sistem yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Berdasarkan bentuk gelombang yang dihasilkan, inverter. (Burhandono et al., 2022)

Pada beban yang memiliki faktor beban rendah, perlu diperhatikan agar inverter memiliki efisiensi relatif konstan pada beban rendah sampai tinggi. Secara fisik, inverter ada yang terlihat dihubungkan langsung ke panel surya yang dan ada yang dihubungkan ke keluaran suatu charge controller. Tidak seperti pada inverter kapasitas kecil yang mana inverter terlihat terhubung langsung ke kompartmen inverter hal tersebut karena fungsi charge controller telah ditempatkan dibagian dalam inverter. Pada inverter kapasitas besar skala utilitas publik, karena pertimbangan ukuran fisik, maka inverter tidak dilengkapi oleh charge controller. Charge controller disiapkan terpisah. Oleh karena itu, inverter akan menerima tegangan yang relatif lebih stabil.

Berdasarkan kualitas tegangan keluarannya, inverter dapat dibagi 3 jenis yaitu:

- Sine wave inverter.
- Modified square wave inverter
- Square Wave Inverter



Gambar 2. 8 Beberapa bentuk Gelombang AC hasil Inverter

Dalam sistem PLTD dengan skala besar untuk fasilitas publik yang digunakan adalah inverter jenis gelombang sinus murni. Pemilihan inverter untuk semua pola operasi/konfigurasi PLTS relative sama, kecuali dalam beberapa hal perlu dipertimbangkan sesuai dengan pola operasi atau konfigurasinya, yaitu Inverter On Grid, Inverter Off Grid dan Inverter Hybrid.

a) Inverter on grid

Inverter tipe "on grid" umumnya digunakan pada PLTS on grid (tanpa baterai). Inverter ini hanya memiliki arah aliran daya dari PLTS ke grid, dan harus mampu menyesuaikan dengan kondisi jaringan dimana PLTS dihubungkan. Inverter tipe on grid atau pemakaian PLTS on grid memiliki fasilitas islanding, yaitu inverter akan memutuskan aliran ke grid jika grid kehilangan tegangan. Inverter ini sering dinamai grid-tied inverter atau gridconnected inverter

b) Inverter off grid atau stand-alone.

Inverter tipe off grid untuk sistem PLTS yang tidak dihubungkan dengan grid atau pada sistem PLTS stand alone. Semua parameter dan pengaturan dilakukan oleh inverter tersebut. Beban pada sistem stand alone cenderung

memiliki faktor beban yang rendah, sehingga perlu memperhatikan range efisiensi inverter. Untuk PLTS skala besar atau skala utilitas publik inverter harus disiapkan beberapa unit inverter dengan kapasitas lebih kecil dari pada sebuah unit dengan kapasitas yang besar.

c) Inverter hybrid.

Inverter pada PLTS sistem hibrid sangat populer dengan sebutan inverter bidirectional. Pada sistem PLTS hibrid (PV+DG+Bat), aliran arus ke batere dapat terjadi dari panel surya atau dari diesel generator. Inverter bidirectional memungkinkan batere diisi dari kelebihan daya diesel. Namun penggunaan kombinasi inverter on grid dan bidirectional sering juga dipilih. Artinya pada sistem hibrid, konfigurasi menentukan penggunaan inverter.

Kapasitas inverter dapat ditentukan sebagai berikut:

$$W = \frac{EC}{PSH \times \eta_{system}} \quad (2.4)$$

Dimana:

W : Kapasitas inverter

EC : Konsumsi energi yang dibutuhkan

PSH: Waktu efektif untuk mendapatkan sinar matahari

η_{system} : Perkalian efisiensi system pv dan inverter

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Makassar pada PT PLN (Persero) UID Sulsebarbar pada tanggal 20-24 Juli 2023.



Gambar 3. 1 Kantor PT PLN (Persero) UID Sulsebarbar
(Sumber: Google Maps)

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian “Analisa Pembangunan Pembangkit PLTS Desa Tanamalala” antara lain yaitu:

1. Leptop
2. Microsoft Word 2021
3. Alat Tulis

3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini adalah metode kuantitatif dengan melakukan wawancara. Ada beberapa tahapan metode yang dilakukan seperti Teknik pengumpulan data, Teknik Analisa dan alur penelitian.

3.2.1 Teknik Pengumpulan Data

Ada beberapa Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang dibawah ini

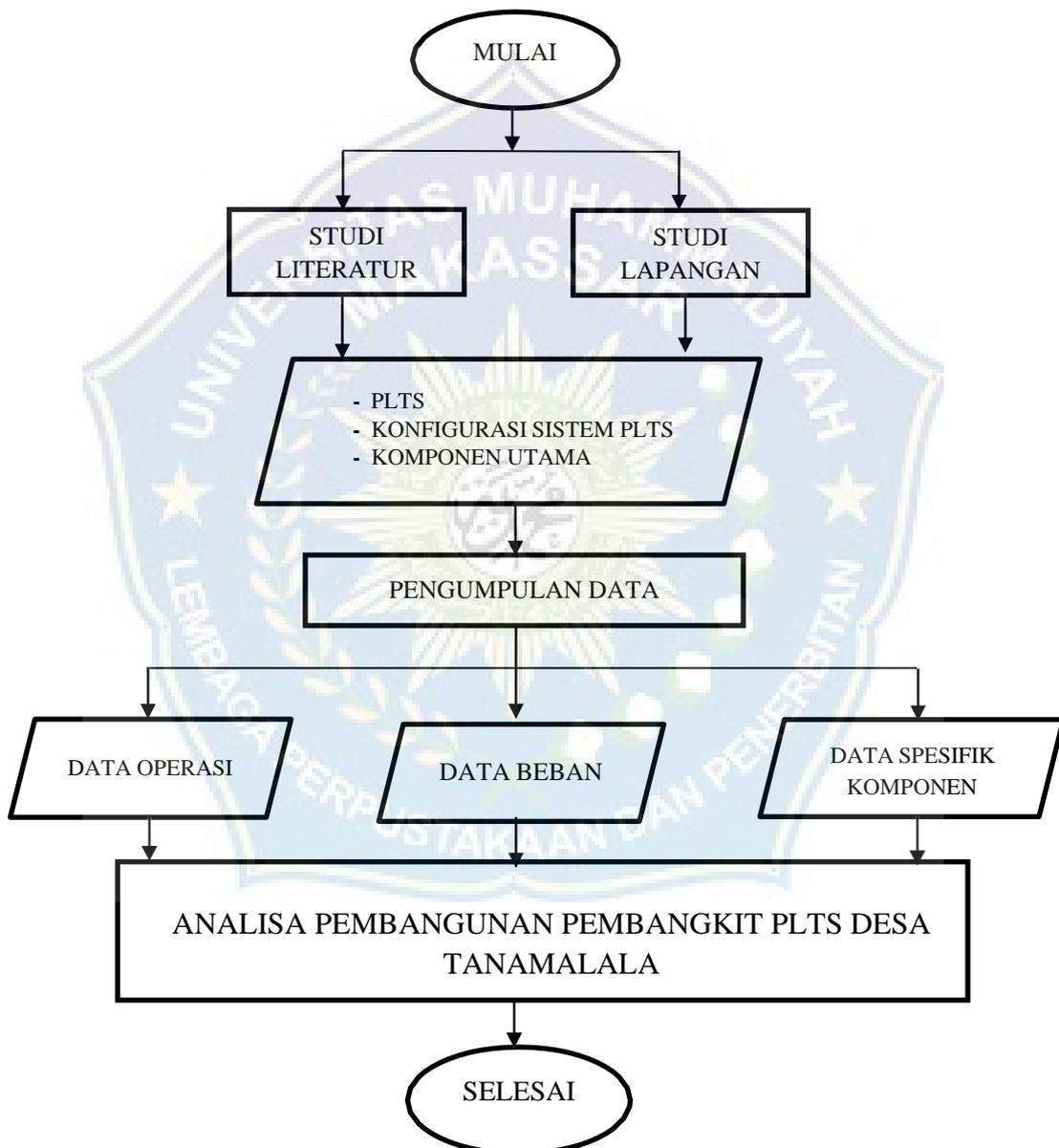
1. Wawancara, yaitu teknik pengumpulan data dengan cara melakukan wawancara dengan pihak PT PLN (Persero).
2. Data sekunder yaitu Teknik pengumpulan data yang diambil dengan cara perantara seseorang dan dokumen serta laporan yang ada.

3.2.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisa data pada penelitian ini dilakukan setelah pengumpulan data di PT PLN (Persero) UID Sulselrabar. Adapun data yang akan dikumpulkan berupa data ausmsi langgan beban Desa Tanamalala, jumlah calon pelanggan, dan estimasi kebutuhan energi per rumah dan fasilitas umum. Data yang ada akan diolah secara kuantitatif. Kemudian di Analisa sesuai dengan rumusan masalah yang ada agar mendapatkan hasil yang sesuai. Penelitian ini menggunakan beberapa rumus perhitungan sehingga data yang dihasilkan dari penelitian berupa kesimpulan dari rumusan masalah yang ada.

3.2.3 Alur Penelituian

Dalam melakukan penelitian ini terdapat alur penelitian yang harus dilakukan, berikut gambar 3.3 adalah gambaran umum alur penelitian yang akan dilakukan:



Gambar 3. 2 Alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kebutuhan Energi Harian

Tanamalala belum memiliki profil beban harian karena suplai listrik eksisting masih berupa genset mandiri. Namun terdapat data profil beban tipikal dari daerah yang memiliki karakteristik yang sama dengan Tanamalala. Kurva beban tersebut dapat digunakan sebagai referensi kurva beban di Tanamalala seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.1 dibawah.

Tabel 4. 1 Tabel Asumsi Langan Beban Harian di Tanamalala

Beban Harian Asumsi Langan Beban Tanamalala	
Jam	Beban Harian (kW)
23:00-00:00	18
00:00-01:00	19
01:00-02:00	18
02:00-03:00	18
03:00-04:00	18
04:00-05:00	18
05:00-06:00	18
006:00-07:00	17
07:00-08:00	16
08:00-09:00	16
09:00-10:00	16
10:00-11:00	15

11:00-12:00	17
12:00-13:00	15
13:00-14:00	15
14:00-15:00	15
15:00-16:00	15
16:00-17:00	16
17:00-18:00	20
18:00-19:00	23
19:00-20:00	22
20:00-21:00	22
21:00-22:00	21
22:00-23:00	20
Total Produksi	428
Max	23

(Sumber. PT PLN (Persero) IUW Sulselbar)

Kebutuhan energi harian di Desa Tanamalala terdiri atas dua kelompok, yaitu kebutuhan energi rumah tangga dan kebutuhan energi fasilitas umum. Kebutuhan total dari dua kelompok tersebut menjadi penentu besar kapasitas PLTS yang perlu disediakan di Tanamalala.

Desa Tanamalala terdiri atas 194 calon pelanggan. Estimasi kebutuhan energi per rumah sebesar 2.200 Wh. Ini berarti kebutuhan energi rumah tangga di Desa Tanamalala sebesar 426,8kWh/hari. Perhitungan kebutuhan energi rumah tangga dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Peralatan Kebutuhan Energi Rumah Tangga

No	Peralatan	Jumlah	Daya (Watt)	Jam Nyala (h)	Energi (Wh)
1	Lampu LED	3	10	12	360
2	TV LED	1	100	4	400
3	Kulkas	1	100	12	1200
4	Peralatan lain	1	60	4	240
Total					2.200
Total Calon Pelanggan			194	Pelanggan	426,800

Sedangkan kebutuhan energi fasilitas sarana umum diestimasikan sebesar 600 Wh per unit. Sehubungan dengan masih minimnya fasilitas umum yang terdapat pada desa Tanamalala, sehingga diasumsikan desa tersebut memiliki empat belas unit fasilitas umum, yaitu Balai Desa, PJU, fasilitas Kesehatan, fasilitas Pendidikan dan tempat ibadah. Ini berarti kebutuhan fasilitas kebutuhan umum Desa Tanamalala sebesar 8.400 Wh/hari. Perhitungan kebutuhan energi fasilitas umum Desa Tanamalala dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Kebutuhan Energi Fasilitas Umum

No	Jenis Fasum	Jumlah	Enrgi (Wh)
1	Balai Desa	4	2.400
2	PJU	4	2.400
3	Fasilitas Pendidikan	2	1.200

4	Fasilitas Kesehatan	2	1.200
5	Tempat Ibadah	2	1.200
Total load profile fasum			8,400

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 tersebut, dapat diketahui total kebutuhan energi Desa Tanamalala sebesar 435,2 kWh/hari.

4.2. Konfigurasi PLTS Tanamalala

Konsep pembangkit Listrik Tenaga Surya Tanamalala adalah: Kapasitas Sistem: 176,24 kWp. Spesifikasi Canadian solar CS3U-370MS-AG dan SMA Sunny Tripower, 20000TL sebagai moodul surya dan inverter pada pemodelan PLTS Tanamalala karena Canadia Solar CS3U-370MS-AG memiliki efesiensi relative tinggi (18,65%) pada kelasnya.

Dalam rencana pembagunan ini data iradiasi matahari juga di butuhkan. Data iradiasi matahari di ambil dari sumber data SolarGis. Pada PLTS Tanamalala kami memilih 1 sumber data meteorologi untuk penilaian. Tabel 4.4 memberikan informasi mengenai sumber data meteorologi dari lokasi yang akan dilakukan penilaian.

Tabel 4. 4 Informasi Sumber Lokasi Data Meteorologi

No	Lokasi	G. Lintang (Derajat)	G. Bujur (Derajat)	Sumber Data	Global Horizontal Irradiation (kWh/m2)
1	Tanamalala	-7.058664°	120.547917°	SolarGis	1945.5

Tabel 4. 5 Peak Sun Hour

Parameter	Nilai	Unit	Keterangan
GHI	1945,5	kWh/m ²	GHI adalah nilai konstanta yang didapatkan dari Global Solar Atlas setelah memasukkan titik koordinat lokasi
Jumlah hari	365	Hari	
PSH	5,3	Hour	Peak Sun Hour adalah rasio perbandingan antara GHI dengan jumlah hari

Berdasarkan tabel 4.5 hasil perhitungan PSH ini diperoleh dari rasio perbandingan antara GHI dengan jumlah hari dalam 1 tahun. Yang mana diketahui GHI 1945,5 kWh/m² dan jumlah hari 365. Untuk menentukan PSH :

$$\begin{aligned}
 \text{PSH} &= \text{GHI} : \text{Jumlah Hari} && (4.1) \\
 &= 1945,5 \text{ kWh/m}^2 : 365 \text{ Hari} \\
 &= 5,3 \text{ Hour}
 \end{aligned}$$

Jadi PSH atau kondisi ketika radiasi sinar matahari maksimal adalah 5,3 Jam.

1. Perhitungan Kapasitas PV

Tabel 4. 6 Kapasitas PV

Parameter	Nilai	Unit	Keterangan
Energy Consumption	1455	kWh	Diambil dari produksi asumsi dalam 1 tahun
Effisiensi Sistem	82%	%	Merupakan perkalian antareffisiensi sistem PV dan Inverter
Effisiensi Sistem PV	85%	%	Update referensi Global

Effisiensi Inverter	97%	%	Solar Atlas
Effisiensi Jaringan	99%	%	
PSH	5,3	Hour	
Kapasitas Inverter	334	kW	
Rasio DC/AC	1,1		
Kapasitas PV	368	kWp	

Berdasarkan hasil perhituga pada tabel 4.6 :

Efesiensi sistem dapat diperoleh dari pebandingan anatra Effisiensi Sistem PV, Effisiensi Inverter dan Effisiensi Jaringan. Dan untuk menentukan Effisiensi Sistem :

$$\begin{aligned}
 \text{Effisiensi Sistem} &= \text{Effisiensi Sistem PV} \times \text{Inverter} \times \text{Jaringan} \quad (4.2) \\
 &= 85\% \times 97\% \times 99\% \\
 &= 82\%
 \end{aligned}$$

Jadi effisiensi sistem adalah 82%

4.3. Menentukan Kapasitas Inverter

Mengacu pada tabel 4.6 untuk menentukan kapasitas inverter dengan EC 1455, PSH 5,3 Jam dan Effisiensi sistem 82%. Maka dari itu kapasitas inverter:

$$\text{Kapasitas Inverter} : \frac{EC}{PSH \times \eta_{system}} \quad (4.3)$$

Keterangan :

Energy Comsumtion : Konsumsi energi yang dibutuhkan.

Peak Sun Hours : Waktu efisien untuk mendapatkan sinar matahari.

η_{system} : Efisiensi sistem PV.

$$\text{Penyelesaian : } \frac{1455}{5,3 \times 82\%}$$

: 334 kWh

Jadi untuk merencanakan PLTS pulau Tanamalala yang membutuhkan kapasitas inverter sebesar 334 kWh.

4.4. Menentukan Kapasitas PV

Mengacu pada daya yang direncanakan pada PLTS, daya yang ditawarkan 368 kWp sehingga persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas PV : Kapasitas Inverter PV x Rasio DC/AC} \quad (4.4)$$

$$\text{Penyelesaian : } 334 \text{ W} \times 1,1$$

: 367,4 atau 368 kWp (dibulatkan)

Jadi untuk merencanakan PLTS pulau Tanamalala yang membutuhkan kapasitas Pv Modul sebesar 368 kWp.

Tabel 4. 7 Energi yang Harus disuplai Baterai

Parameter	Nilai	Unit	Keterangan
Total Beban	255	kWh	Diambil dari langgan beban malam

Pada tabel 4.7 dengan total beban 255 kWh yang mana data tersebut mengacu pada tabel 4.1 yang diambil dari Jam 18:00 sampai dengan Jam 06:00.

2. Kapasitas Baterai

Tabel 4. 8 Kapasitas Baterai

Parameter	Nilai	Unit	Keterangan
Energy Konsumsi	255	kWh	
η Batt (Lithium ion)	90%	%	
DoD	80,00%	%	Nilai DoD adalah 80% namun mempunyai masa aktif selama umur baterai (10 tahun), sehingga DoD rata-rata harian adalah $80\% : (365 \text{ hari} \times 10 \text{ tahun})$ setara dengan 99,98%
η Bidirectional Inverter	95%	%	
Total Energi kWh	298	kWh	
Reserve Factor (1.1-1.2)	1,1		
Day of Auotonomy	2	Day	Day of outonomy bernilai 2 sesuai buku FS
Total Kapasitas Baterai	1.786,70	kWh	

Dalam memperoleh total energi diambil dari energi konsumsi malam 255 kWh, η batt 90% dan η bid inverter 95%. Yang mana total energi :

$$\text{Total Energi kWh} = \text{Energi konsumsi malam} : \eta \text{ batt} : \eta \text{ bid inverter} \quad (4.5)$$

$$= 255 : 90\% : 95\%$$

$$= 298 \text{ kWh}$$

4.5. Menentukan Kapasitas Baterai

Energi listrik pada baterai tidak 100% dapat digunakan karena pada di inverter potensi kehilangan energinya bisa 5%. Untuk menentukan kapasitas baterai kita dapat mengacu data pada tabel 4.1 untuk energi konsumsi 24 jam, 4.7 untuk energi konsumsi malam dan 4.8 untuk Reserve factor, DoD, η_{batt} , $\eta_{inv batt}$, dan Day of Autonomy, sehingga menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kapasitas Baterai} : \text{Reserve Factor} \times \left(\frac{\text{Energy konsumsi malam}}{\text{DoD} \times \eta_{batt} \times \eta_{inv batt}} \right) + \quad (4.6)$$

$$\text{Day of autonomy} \times \left(\frac{\text{energy konsumsi 24 jam}}{\text{DoD} \times \eta_{batt} \times \eta_{inv batt}} \right)$$

Keterangan :

Reserve Factor : Faktor cadangan.

Energi Konsumsi Malam : Jumlah energi yang dipakai dari jam 18:00 sampai jam 05:00.

DoD : Tingkat kedalaman kekosongan baterai.

η_{batt} : Ketahanan baterai.

$\eta_{inv batt}$: Kemampuan merubah tegangan masuk DC menjadi AC atau sebaliknya.

Day of Autonomy : Jumlah hari tanpa matahari.

Energi konsumsi 24 jam : Jumlah energi yang dipakai dalam 1 hari.

$$\text{Penyelesaian} : 1,1 \times \left(\frac{255}{80\% \times 90\% \times 95\%} + 2 \times \frac{428}{80\% \times 90\% \times 95\%} \right)$$

$$: 1.786,70 \text{ kWh}$$

Jadi untuk merencanakan PLTS pulau Tanamalala yang membutuhkan kapasitas Baterai sebesar 1.786 kWh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan oleh peneliti, maka dapat disimpulkan bahwa total kebutuhan energi Desa Tanamalala sebesar 435,2 kWh/hari. Untuk konsep Pembangkit Listrik Tenaga Surya Desa Tanamalala adalah kapasitas system: 176,24 kWp.

Spesifikasi canandian solar CS3U-370MS-AG dan SMA Sunny Tripower, 20000TL sebagai modul surya dan inverter pada modelan PLTS Tanamalala karena Canadian solar CS3U-370MS-AG memiliki evisiensi relative tinggi (18,65%) pada kelasnya.

Dan untuk merencanakan PLTS Desa Tanamalala membutuhkan kapasitas inverter sebesar 334kWh, kapasitas PV modul sebesar 368 kWp, dan kapasitas baterai sebesar 1,786 kWh.

5.2 . SARAN .

1. Untuk melakukan penelitian dengan menganalisa pembangunan pembangkit listrik tenaga surya, perlu diketahui terlebih dahulu spesifikasi dan pola operasi dari PLTS yang ingin di buat.
2. Perlunya pemeliharaan komponen PLTS baik skala besar (pembangkit) maupun skala kecil (rumah) agar pengoperasiannya optimal.
3. Dalam menyelesaikan tugas akhir, diperlukan lebih banyak referensi untuk memudahkan penulisan. Dan perlunya disiplin waktu serta semangat untuk menyelesaikan tugas akhir tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aflan, & Rocky. (2015). *Rancang Bangun Penyediaan Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTSPLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal*. Banten: Universitas Sultan Ageng Tritayasa.
- Borrego, A. (2021). *Studin Sistem Tenaga Listrik Hybrid Untuk Penerapan Daerah Terisolir*. *Title*.10,6.
- Burhandono, A., Windarta, J., & Sinaga, N. (2022). Perencanaan PLTS Roof Top On-Grid Untuk Gedung Kantor PLTU Amurang Sebagai Upaya Mengurangi Auxiliary Power dan Memperbaiki Nilai Nett Plant Heat Rate Pembangkit. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(2), 61–79. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13051>
- Diantari, R. A., Erlina, & Widyastuti, C. (2017). Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS. *Jurnal Ilmiah*.
- Muslim, S., Khotimah, K., & Azhiimah, A. N. (2020). *ANALISIS KRITIS TERHADAP PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) TIPE PHOTOVOLTAIC (PV) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF MASA DEPAN*. 3(1). <https://doi.org/10.31869/r tj.v3i1.1638>

Pramana, P. A., Harsono, B. B., & Mangunkusumo, K. G. (2021). Revitalitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Sistem Microgrid Pulau Tomia. *Jurnal Technopreneur (JTech)*, 28-37.

PT PLN (persero) UID Sulselrabar. 2021. Final Report Feasibility Study. Makassar: PT Prima Layanan Nasional Enjiniring.

Rahardjo, I., & Fitriana, I. (2016). Strategi Analisa Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia. *Article, March 2016*, 43–51.

Suprianto. (2021). Analisa Perhitungan untuk Pemasangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Solar Home System. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 61-67.

Winardi, B., Nugroho, A., & Dolphina, E. (2019). Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri. *Jurnal Tekno*, 16(2),1-11. <https://doi.org/10.33557/jtekno.v16i1.603>

Yusuf, F. (2014). Makalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya. <https://elektro2013.blogspot.com/2014/12/makalah-pembangkit-listrik-tenaga-surya.html>

LAMPIRAN





MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl. Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : Afryan Wahyu Nardi

Nim : 105821108319

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	4 %	10 %
2	Bab 2	13 %	25 %
3	Bab 3	9 %	10 %
4	Bab 4	6 %	10 %
5	Bab 5	5 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 19 Januari 2024
Mengetahui,

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,

M. Sidiq, Hm., M.I.P.
NBM. 064 591

Jl. Sultan Alauddin no 259 makassar 90222
Telepon (0411)866972,881 593,fax (0411)865 588
Website: www.library.unismuh.ac.id
E-mail : perpustakaan@unismuh.ac.id

BAB I Afryan Wahyu Nardi 105821108319

by Tahap Skripsi

Submission date: 18-Jan-2024 10:40PM (UTC+0700)

Submission ID: 2273247558

File name: BAB_1_removed.docx (12.4K)

Word count: 840

Character count: 5427

BAB I Afryan Wahyu Nardi 105821108319

ORIGINALITY REPORT

4%

SIMILARITY INDEX



2%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Putu Pramana, Kevin Gausultan Hadith Mangunkusumo, Handrea Bernando Tambunan, Dhandis Rito Jintaka. "REVITALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PADA SISTEM MICROGRID PULAU TOMIA", Jurnal Technopreneur (JTech), 2021
Publication

2%

2

text-id.123dok.com
Internet Source

1%

3

sangpintarkelas.blogspot.com
Internet Source

1%

Exclude quotes Off

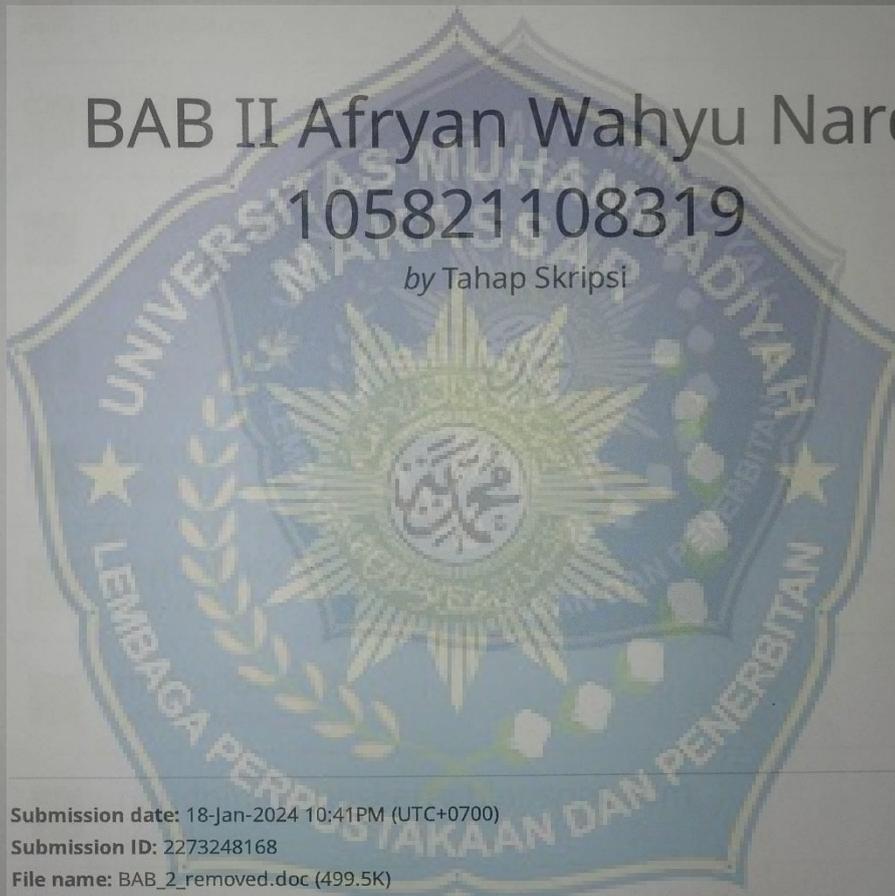
Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

BAB II Afryan Wahyu Nardi

105821108319

by Tahap Skripsi



Submission date: 18-Jan-2024 10:41PM (UTC+0700)

Submission ID: 2273248168

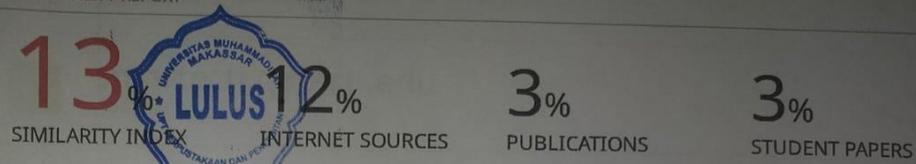
File name: BAB_2_removed.doc (499.5K)

Word count: 4731

Character count: 29130

BAB II Afryan Wahyu Nardi 105821108319

ORIGINALITY REPORT



PRIMARY SOURCES

Rank	Source	Percentage
1	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	5%
2	123dok.com Internet Source	1%
3	www.diva-portal.org Internet Source	1%
4	www.coursehero.com Internet Source	1%
5	Submitted to Universitas Sebelas Maret Student Paper	1%
6	repository.usu.ac.id Internet Source	1%
7	mafiadoc.com Internet Source	<1%
8	nandhininamaskerty.blogspot.com Internet Source	<1%
9	jom.unpak.ac.id Internet Source	<1%

10	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
11	smartech.gatech.edu Internet Source	<1 %
12	adoc.pub Internet Source	<1 %
13	Submitted to University of Bradford Student Paper	<1 %
14	edlnetmetering.com Internet Source	<1 %
15	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
16	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
17	www.jurnal.umsb.ac.id Internet Source	<1 %
18	docplayer.info Internet Source	<1 %
19	Markus Dwiyanto Tobi, Alimuddin Mappa. "SISTEM AUTOMATIC SWITCH REDUNDANT UPS UNTUK BEBAN ESSENSIAL", Electro Luceat, 2019 Publication	<1 %

Exclude quotes Off
Exclude bibliography Off

Exclude matches Off



BAB III Afryan Wahyu Nardi

105821108319

by Tahap Skripsi

Submission date: 18-Jan-2024 10:42PM (UTC+0700)

Submission ID: 2273248585

File name: BAB_3_removed.docx (251.81K)

Word count: 288

Character count: 1819

BAB III Afryan Wahyu Nardi 105821108319

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX



0%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.uindatokarama.ac.id

Internet Source

7%

2

Roby Panji, Yunus Winoto. "Pendayagunaan Alat Bantu Seleksi Koleksi di UPT, Perpustakaan Pusat UNPAD (Studi Tentang Pengembangan Koleksi di Perpustakaan Pusat Universitas Padjadjaran)", Pustablibia: Journal of Library and Information Science, 2018

Publication

2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On

BAB IV Afryan Wahyu Nardi 105821108319

by Tahap Skripsi

Submission date: 18-Jan-2024 10:42PM (UTC+0700)

Submission ID: 2273249026

File name: BAB_4_removed.docx (16.06K)

Word count: 885

Character count: 4833

BAB IV Afryan Wahyu Nardi 105821108319

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX



INTERNET SOURCES

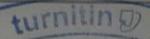
0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCE



1	repository.uin-malang.ac.id Internet Source	1%
2	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
3	eprints.radenfatah.ac.id Internet Source	1%
4	ebin.pub Internet Source	1%
5	123dok.com Internet Source	1%
6	eprints.umm.ac.id Internet Source	1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

BAB V Afryan Wahyu Nardi

105821108319

by Tahap Skripsi

Submission date: 18-Jan-2024 10:43PM (UTC+0700)

Submission ID: 2273249313

File name: BAB_5_removed.docx (8.41K)

Word count: 167

Character count: 1069

BAB V Afryan Wahyu Nardi 105821108319

ORIGINALITY REPORT

5% SIMILARITY INDEX
0% INTERNET SOURCES
0% PUBLICATIONS
0% STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 **docslide.us** Internet Source **5%**

Exclude quotes On Exclude matches < 2%
Exclude bibliography On



FINAL FEASIBILITY STUDY

Contract No: 0079.Pj/KIT.08.01/C16000000/2021

PT PLN (PERSERO)

LIW SULSEL, SULTRA DAN
SULBAR

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
MAKASSAR

**PEKERJAAN JASA KONSULTANSI PENYUSUNAN
FS, BIDDING DOCUMENT, HPE DAN
PENDAMPINGAN PENGADAAN PEMBANGUNAN
PLTS PROGRAM LISTRIK DESA DI PROVINSI
SULAWESI SELATAN, SULAWESI TENGGARA DAN
SULAWESI BARAT**

PLN ENJINIRING

PT Prima Layanan Nasional Enjiniring

Menara Enjiniring
Jalan Ciputat Raya No.123 – Jakarta 12310

2021