

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KONSUMSI ENERGI DAN PERHITUNGAN
PEMAKAIAN PLTS PADA PONDOK PESANTREN MODERN
MUHAMMADIYAH KWALA MADU**

Disusun Oleh :

FAJAR MAULANA

2007220032



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN 2024

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fajar Maulana

NPM : 2007220032

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Konsumsi Energi Dan perhitungan pemakaian PLTS
Pada Pondok pesantren Modren Muhammadiyah Kwala Madu

Bidang Ilmu : Energi Baru Terbarukan

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

Medan, 17 September 2024

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing

Noorly Hvalina S.T.,M.T

Dosen Penguji I

Faisal Irsan Rasaribu S.T.,M.T

Dosen Penguji II

Dr. M.Fitra Zambak ST.,M.SC

Program Studi Teknik Elektro

ketua



Faisal Irsan Rasaribu S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dbawah ini:

Nama : Fajar Maulana

Tempat/Tanggal Lahir : BINJAI/ 4 AGUSTUS 2002

NPM : 2007220032

Program Studi : Teknik Elektro

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

“Analisis Konsumsi Energi Dan perhitungan pemakaian PLTS Pada Pondok pesantren Modren Muhammadiyah Kwala Madu”

Bukan merupakan hasil plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan aterial dan nonmaterial, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik deprogram studi teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan 17 September, 2024

saya yang menyertakan ,



Fajar Maulana

ABSTRAK

Pembangkit tenaga surya merupakan pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan memanfaatkan energy baru terbarukan berupa matahari sebagai sumber energi. pembangkit listrik tenaga surya adalah hasil dari perkembangan teknologi dalam dunia ketenaga listrikan yang dapat mengkonversikan tenaga dn energy matahari menjadi tenaga listrik menggunakan sebuah media panel surya. penelitian ini membahas tentang “anlisis konsumsi energy dan perhitungan pemakaian plts pada pondok pesantren modern muhammadiyah kwala madu”. Adapun tujuan penelitian ini adalah Menganalisis beban listrik yang terpakai pada pondok pesantren yang dipasang PLTS, menganalisis kapasitas yang terpasang pada plts di pondok pesantren, menganalisis perbandingan biaya sebelum dan sesudah memakai plts, adapun beban listrik yang digunakan sebesar 8112 W dan perbandingan biaya tagihan listrik sesudah memakai plts dapat menghemat sebesar. Rp. 1.518.426

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Energi terbarukan.

Abstract

A solar power plant is an electric power plant that works by utilizing new, renewable energy in the form of the sun as an energy source. Solar power plants are the result of technological developments in the world of electricity which can convert solar power and energy into electrical power using solar panels. This research discusses "energy consumption analysis and calculation of PLTS usage at the modern Muhammadiyah Kwala Madu Islamic boarding school". The aim of this research is to analyze the electricity load used in Islamic boarding schools where PLTS is installed, analyze the capacity installed in PLTS in Islamic boarding schools, analyze the comparison of costs before and after using PLTS, the electricity load used is 8112 W and the comparison of electricity bill costs after using plts can save as much as. IDR 1,518,426.

Keywords: *Solar Power Plant. Renewable e*

KATA PENGHANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada kita semua sehingga saya dapat menyelesaikan tugas Metode Penelitian di Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl.Kapten Muckhtar Basri No.3 Medan.

Dimana penelitian ini adalah suatu mata kuliah yang harus dilaksanakan oleh mahasiswa/i Teknik Elektro dan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Dan hasil akhir penelitian ini dilampirkan pada sebuah laporan yang wajib diselesaikan untuk mahasiswa.

Dalam penulisan laporan ini kami menyadari masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam susunan kalimat yang mana saya mengharapkan saran dari berbagai pihak demi kesempurnaan laporan ini.

Dalam kesempatan yang berbahagia ini, dengan segenap hati. Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan motivasi kepada kami didalam penyusunan laporan ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada kami semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST,MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Noorly Evalina ST,MT. Selaku Pembimbing Akademik Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Seluruh staff pengajar dan Birokrasi fakutas teknik universitas muhammadiyah sumatera utara
6. Seluruh rekan-rekan mahasiswa teknik elektro atas segala bantuan dan saran yang berguna.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang relevansinya dengan penyempurnaan tugas akhir ini sangat penulis harapkan. Kritik dan saran sekecil apapun akan penulis perhatikan dan pertimbangkan guna penyempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini bagi pembaca siapa saja yang melihat isi bahan atau sebagai pembanding

Wassalamualaikum wr wb

Medan, 11 Desember 2023

Penyusun

FAJAR MAULANA

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGHANTAR	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan teori.....	4
2.2 Intensitas Cahaya	9
2.3 Sel Surya	10
2.4 Semi Konduktor Sel surya	13
2.5 Hubungan antara rangkaian seri dan paralel dalam solar sel.....	13
2.6 Direct Current Combiner Box.....	15
2.6 Inverter.....	17
2.7 Miniature Circuit Breaker	20
2.10 Current Transformator (CT).....	23
2.11 Panel ACDB.....	25
2.10 Panel pembagi PLTS dan PLN	27
2.12 Genset	28
2.13 Meteran Exim.....	29

2.14 Multitester	30
2.15 Perhitungan beban listrik yang terpasang	32
2.16 Menghitung konsumsi energi listrik	36
2.17 Daya listrik.....	37
2.18 Faktor daya.....	39
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1 Waktu Dan Tempat	44
3.1.1 Waktu.....	44
3.1.2 Tempat	44
3.2 Alat dan Bahan.....	44
3.3 Tahapan Penelitian.....	49
3.4. Bagan Air Penelitian	50
3.5 Blok Diagram Alat	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1 Deskripsi Umum	52
4.2 Analisis pemakaian beban listrik PLN sebelum menggunakan PLTS pada pesantren	52
4.3 Analisa beban listrik yang terpakai pada pesantren.	54
4.4 Panel surya yang harus digunakan	55
4.5 Data hasil PLTS	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Modul Surya.....	11
Gambar 2.2 plts rangkaian seri.....	14
Gambar 2.3 plts rangkaian Seri.....	15
Gambar 2.4 Lightning Protection Systems	16
Gambar 2.5 Fuse	17
Gambar 2.6 Inverter	17
Gambar 2.7 Prinsip Kerja Inverter 3phasa.....	18
Gambar 2.8 Bentuk gelombang tegangan.....	18
Gambar 2.9 MCB.....	21
Gambar 2.10 Current Transformator	24
Gambar 2.11 Panel ACDB.....	25
Gambar 2.12 Panel ACDB.....	27
Gambar 2.13 Panel Pembagi plts dan pln	28
Gambar 2.14 Genset.....	29
Gambar 2.15 kwh Exim	30
Gambar 2.16 Tang Ampere.....	32
Gambar 2.17 Beban Resistif	33
Gambar 2.18 Beban Induktif.....	34
Gambar 2.19 Beban Kapasitif.....	35
Gambar 2.20 Segitiga Daya	39
Gambar 2.21 Arus Sepasha Dengan Tegangan.....	40
Gambar 2.22 Arus Mendahului Tegangan Besar Sudut Phi	41
Gambar 2.23 Faktor Daya Leading.....	41
Gambar 2.24 Arus Tertinggal Dari Tegangan Sebesar Sudut.....	41
Gambar 2.25 Faktor Daya Lagging.....	42
Gambar 2.26 Prinsip Perbaikan Faktor Daya	42
Gambar 3.1 PLTS	45
Gambar 3.2 Genset.....	46
Gambar 3.3 Inverter	47

Gambar 3.4 Lux Meter.....	48
Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian.....	50
Gambar 3.6 Blok Diagram.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Persamaan Segitiga Daya.....	39
Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	44
Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya.....	45
Tabel 3.3 Spesifikasi Genset.....	46
Tabel 3.4 Spesifikasi Inverter	47
Tabel 3.5 Spesifikasi Lux Meter	48
Tabel 4.1 Beban Yang Digunakan	52
Tabel 4.2 Beban Terpanag Yang Memakai PLTS	54
Tabel 4.3 Beban Yang Menggunakan PLTS	55
Tabel 4.4 Data Hasil PLTS Pada Setiap 1 Jam Sekali	58
Tabel 4.5 Data Hasil PLTS Pada Setiap 1 Jam Sekali Error! Bookmark not defined.	
Tabel 4.6 Data Hasil PLTS Pada Setiap 1 Jam Sekali	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perubahan Intensitas cahaya.....	59
Grafik 4.2 Tegangan	59
Grafik 4.3 Arus	60
Grafik 4.4 Intensitas Cahaya.....	61
Grafik 4.5 Tegangan	62
Grafik 4.6 Arus	62
Grafik 4.7 Intensitas Cahaya.....	63
Grafik 4.8 Tegangan	64
Grafik 4.9 Arus	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah suatu teknologi pembangkit yang akan mengkonversikan energy foton dari surya menjadi energy listrik. Konversi ini terjadi pada pv modul yang terdiri dari sel surya, sel surya merupakan lapisan tipis dari silicon murni dan bahan semi konduktor lainnya. PLTS secara garis besar digolongkan menjadi dua berdasarkan system aplikasi diantaranya; system PLTS yang tidak terhubung dengan PLN (off grid) dan yang terhubung dengan PLN (on grid). (Bayu & Windarta, 2021)

Indonesia merupakan Negara yang beriklim tropis yang mempunyai potensi energy surya yang cukup besar. Berdasarkan data intensitas radiasi matahari di indonesia diperoleh data dengan distribusi dikawasan barat Indonesia sekitar 4,5 kWh/m/hari.dengan demikian, potensi intensitas radiasi matahari rata-rata di Indonesia yaitu sebesar 4,8 kWh/m/hari .(Abit Duka et al., 2018).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya sistem ini mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik, ia tergabung dalam beberapa komponen berupa panel surya (photovoltaic), pengecesan baterai (SCC). Inverter,Baterai dan aksesoris lainnya, besar daya yang dihasilkan oleh alat ini tergantung dengan kondisi dimana Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut dipakai, untuk meningkatkan kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut,maka alat tersebut harus selalu menerima cahaya matahari. Dengan keadaan dan posisi cahaya matahari yang berubah-ubah, mengakibatkan daya keluaran yang dihasilkan kurang maksimal (Wijayanto et al., 2022).

Untuk membuat ataupun menggunakan pembangkit listrik tenaga surya memerlukan biaya yang cukup mahal mulai dari batrai,panel surya,inverter,scs,kabel. Maka dari itu sebelum menggunakan pembangkit listrik tenaga surya alangkah baiknya untuk tempat lokasi pemasangan dianalisa terlebih dahulu potensi energy surya yang dihasilkan. Hal ini bertujua untuk menguji kelayakan lokasi tersebut untuk dipasang pembangkit tenaga surya.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan membahas rumusan masalah yang dapat diangkat pada tugas akhir adalah :

- 1) Bagaimana cara menghitung beban listrik di pondok pesantren modern kwala madu yang menggunakan PLTS?
- 2) Berapa beban kapasitas terpasang plts di pondok pesantren modern muhammadiyah kwala madu ?
- 3) Bagaimana perbandingan biaya sebelum pakai PLTS dan sesudah pakai PLTS ?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini akan membahas ruang lingkup penelitian yang dapat diangkat pada tugas akhir adalah :

- 1) Penulis hanya menganalisis beban listrik yang terpakai pada pondok pesantren yang terpasang 10KW.
- 2) Penulis hanya menganalisis konsumsi energi yang dihasilkan.

1.4. Tujuan Penelitian

- 1) Menganalisis beban listrik yang terpakai pada pondok pesantren yang dipasang PLTS.
- 2) Menganalisis kapasitas yang terpasang pada plts di pondok pesantren modern muhammadiyah kwala madu.
- 3) Menganalisis perbandingan biaya sebelum pakai PLTS dan sesudah pakai PLTS.

1.5. Manfaat penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah:

- 1) Bagi Penulis
Tugas akhir ini dapat menjadi pengetahuan yang positif untuk mendalami ilmu tentang PLTS.
- 2) Bagi UMSU
Tugas akhir ini dapat digunakan mahasiswa untuk menambah wawasan tentang PLTS dan dapat digunakan sebagai referensi jurnal bagi mahasiswa lain.

3) Bagi Industri

Tugas akhir ini dapat menjadi referensi bagi perusahaan untuk membangun energi terbarukan yang ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan teori

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Noorly Evalina et al., 2023) Indonesia mempunyai potensi energy surya yang sangat besar dan belum dimanfaatkan dengan baik, dengan potensi sebesar 207,8 GB, sangat mungkin untuk memanfaatkan energy matahari sebagai sumber energi berbagai elektronik, peralatan PLTS merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari melalui sel surya yang diubah menjadi energi listrik dari foton matahari sel surya sendiri merupakan lapisan tipis yang terbuat dari silikon (SI). Sel surya akan menghasilkan energy listrik pada siang hari dan baterai akan menyimpan energy listrik kedalam baterai dan dibantu dengan menggunakan solar charge controller untuk mencegah pengisian berlebihan yang dapat menyebabkan baterai rusak.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Kariangan, 2022) konsumsi energi yang saat ini terus meningkat, sehingga cadangan energy fosil suatu saat akan habis. Selain itu, energy fosil tidak ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang (CO₂) yang tinggi dan berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, penggunaan sumber energy terbarukan, misalnya energy surya. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan atap beton gedung RSUD kab. Mimika sebagai peletakan panel surya. PLTS yang akan dikembangkan ini direncanakan untuk dapat mensuplai 60% dari kebutuhan beban puncak sebesar 211,2 kWh dengan sistem on grid sebagai cadangan daya tambahan. Hasil dari perencanaan menghasilkan luas array seluas 375 m² dengan daya yang dibangkitkan 63.000 Wp. Menggunakan panel surya kapasitas 300 Wp sebanyak 210 buah tersusun tiga array kapasitas daya sebesar 21.000 W tiap array dengan kapasitas daya total 63.000 Wp, PLTS rooftop pada RSUD Kab. Mimika dapat menghasilkan energi listrik sebesar 242,874 kWh/hari dan 90.474 kWh/tahun. biaya energy (Cost Of Energy) PLTS rooftop RSUD Kab. Mimika sebesar Rp. 1.700,00/kWh.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Noorly Evalina, Faisal Irsan Pasaribu, et al., 2021) Matahari bersinar di Indonesia sekitar 10 hingga 12

jam setiap harinya, sehingga solar panel pembangkit listrik bisa di kembangkan di Indonesia. Pada penelitian ini menggunakan panel surya berkapasitas 200WP yang terdiri dari 2 panel surya yang dihubungkan secara paralel, pengontrol muatan surya, baterai, inverter dan yang sebagai beban adalah AC, Besi Solder dan Lampu Led. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keluarannya arus tegangan dan daya keluaran inverter bila diberi beban arus ac itu bersifat induktif, resistif dan kapasitif, cara yang digunakan adalah dengan mengukur intensitas sinar matahari suhu, tegangan, arus, faktor daya. Bila tegangan besar beban akan turun dan bila rendahnya efisiensi inverter dapat merusak peralatan listrik.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Harahap et al., 2021) Seperti yang kita ketahui, kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan energi listrik pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Peningkatan ini juga dipicu oleh laju pertumbuhan kebutuhan energi sebesar 6,86% per tahun. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa atap yang dirancang jaringan tersebut mempunyai tegangan dan arus rata-rata pada hari pertama sebesar 13 Volt dan arus sebesar 1,8 A, dan pada hari kedua 12,4 Volt dan arus 1,6 A, sedangkan pada hari ketiga 12,8 Volt dan arus sebesar 1,8 A. Apabila penggunaan 1 buah baterai menanggung beban 450 Watt selama 2,7 jam, kemudian untuk pengguna kurang dari 5 jam, kapasitas pengontrol solar charger adalah 12,12 A.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Troulis, 2020) Konsumsi energy listrik dan bahan bakar terus meningkat seiring dengan berkembangnya kehidupan manusia. Hal ini menyebabkan semakin berkurangnya stok energy yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan industry tersebut. Minyak, sebagai sumber energy utama, stoknya mulai berkurang. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi teknologi energy surya fotovoltaik untuk dapat digunakan sebagai sumber energy alternatif. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode literature review dengan melakukan studi literature terhadap jurnal yang berkaitan dengan penelitian kali ini. Dapat disimpulkan bahwa energy photovoltaic memiliki potensi untuk menjadi sumber energy alternatif.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Bayu Kusuma et al., 2020) Beberapa energi terbarukan di Indonesia yang saat ini manjadi ramai direncanakan

untuk dijadikan salah satu pembangkit listrik adalah energi matahari. Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang berlokasi Banjar Bukit Lambuh dengan kapasitas 20 KWP yang selesai pada tahun 2010, namun PLTS itu terbengkalai sejak tahun 2016 akibat tidak ada perusahaan yang mengelola dan merawat PLTS sehingga PLTS tersebut menjadi rusak. Terbengkalai PLTS 20 KWP menjadikan dinas tenaga kerja dan energy sumber daya mineral provinsi bali untuk mengalih fungsikan PLTS sebagai sumber listrik pompa air yang mengangkat air dari bak penampung dengan kapasitas 72000 liter air yang berada di dekat PLTS untuk warga

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Winardi et al., 2019) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana SPP jenis PV telah berkembang digunakan secara optimal. Penelitian dilakukan dengan metode kepustakaan pada beberapa hal perencanaan SPP di Indonesia. Tenaga surya On Grid pembangkit yang bermanfaat jika di integrasikan dengan jaringan PLN dan rasio daya yang dikeluarkan PLN sebesar 76,66% sedangkan panel surya sebesar 23,3%.(Winardi et al., 2019)

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Indra Saputra et al., 2019) Nelayan tradisional adalah nelayan yang menangkap ikan pada malam hari, menggunakan kapal sedang. Nelayan menggunakan lampu halogen yang dicatu dengan genet kecil, untuk menarik perhatian ikan. Kendala yang dihadapi nelayan yaitu harga minyak yang semakin mahal dan getaran suara berisik dari genset yang membuat ikan semakin takut mendekat, konsumsi energy yang tinggi dari lampu sorot halogen, Serta polusi udara. Tujuan penelitian ini yaitu mengganti genset dengan menggunakan PLTS. PLTS yang dirancang yaitu, 2×80 Wp modul surya yang dirancang dengan seri 10A harger controller dan 2×70 Ah baterai dirangkai seri untuk menyuplai 4×30 W lampu sorot LED. PLTS ini mampu memenuhi kebutuhan energi sebesar 174,52 kWh/tahun, dari 175,2 kWh/tahun, jadi sebanyak 99,6 % kebutuhan energi telah mampu disuplai. Investasi awal sistem PLTS ini yaitu 10.639.500 rupiah, dengan pengurangan emisi karbondioksida sebesar 63.291.569 kg/Tahun.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Wicaksana et al., 2019) Pemerintah provinsi Bali bekerja sama dengan keentrian ESDM dalam

pengembangan PLTS rooftop 158 kWp yang terhubung ke jaringan PLN. Energy yang dihasilkan hingga saat ini telah mengurangi suplai energy listrik dari PLN pada area kantor Gubernur Bali. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi energy yang dihasilkan oleh PLTS 158 KWP. Simulasi menghasilkan data energy total dalam satu tahun sebesar 249.764 kwh/tahun dengan energy tertinggi sebesar 24.172kwh.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Gunawan et al., 2019) Sistem Smart Microgrid Universitas Udayana merupakan hasil kerjasama Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dengan Universitas Udayana yang terdiri atas PLTS 26,4 kWp, PLTB 5 kWp, PLTD 20 kWp, baterai 192 kVAh serta terterkoneksi dengan jaringan distribusi tegangan rendah 220/380 V. Penelitian ini membahas unjuk kerja dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya tersebut dengan software HelioScope. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan produksi energi riil dari PLTS. Hasil simulasi produksi energi listrik PLTS sebesar 43.055,4 kWh per tahun.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sugiarto et al., 2020) PLTS on-grid merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sudah terjangkau oleh sistem pembangkit skala besar maupun skala kecil. PLTS on-grid ini memanfaatkan energi terbarukan berupa tenaga surya yang dikombinasikan dengan jaringan tenaga listrik yang sudah ada seperti diesel atau sumber energi yang sudah ada lainnya. Dari hasil penelitian Perbandingan Suplai Energi Panel Surya Polycrystalline pada PLTS on-Grid menggunakan smart grid inverter didapatkan Rata-rata energi listrik yang dihasilkan 4 panel surya 100 Wp yang dirangkai 2 seri- diparalel- 2 seri pada system on grid tie dalam berbagai cuaca 0.79 kWh/hari sedangkan untuk panel surya yang dirangkai 2 paralel-diseri-2 paralel adalah sebesar 0.87 kWh/hari. Grafik energi listrik yang dihasilkan panel surya pada rangkaian 2 seri-diparalel- 2 seri seimbang dibandingkan panel surya yang dirangkai 2 paralel-diseri-2 paralel, namun rangkaian 2 paralel-diseri-2 paralel cenderung lebih stabil. Perlu juga diingat pemasangan panel surya pada rangkaian ini batas tegangan yang diijinkan tidak melebihi batas tegangan smart grid inverter yang dipakai.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Awal & Irma, 2022) Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) Rooftop merupakan sebuah sistem pembangkit listrik yang dapat memanfaatkan sinar matahari selaku Renewable Energy. Penelitian kali ini mengkaji potensi pembangkit listrik yang menggunakan di atap gedung yang ada di daerah padang pariaman. Kegiatan dimulai dengan melakukan peninjauan pada lokasi yang terdapat pada atap gedung SD Negeri 23 V Koto Timur dengan menggunakan objek PLTS yang sudah terpasang secara on-Grid. Penelitian ini bertujuan untuk menguraingi biaya operasional sekolah dan menstabilkan biaya listrik pada sekolah. Metode pelaksanaan yang diberikan yaitu melakukan pemasangan Solar Cell di gedung sekolah dan pelatihan pemeliharaan dan perawatan Solar Cell serta pengenalan komponen-komponen dan hand tools.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sugirianta et al., 2019) Dalam penelitian ini, model PLTS on-grid dibangun untuk modul praktek yang langsung terhubung ke PLN serta tidak memerlukan baterai penyimpanan maupun charger sehingga mengurangi biaya investasi dan cocok diaplikasikan di masyarakat. Micro inverter berukuran kecil dapat dipasang langsung di bawah modul surya dan menghasilkan tegangan AC yang langsung dapat dimanfaatkan untuk dipakai sendiri maupun dijual ke PLN. Modul yang dibangun adalah sebuah PLTS on-grid 300wp dengan menggunakan micro inverter 300 watt dan dilengkapi dengan beban listrik berupa bola lampu dan stop kontak. Untuk pengambilan data, model ini dihubungkan dengan jaringan PLN melalui pelanggan listrik rumah tangga dengan daya 1.300 VA. Hasil pengukuran PLTS ini mampu membangkitkan daya tertinggi sebesar 142,37 watt dan berhasil mendistribusikan daya tertinggi ke jaringan PLN sebesar 115,41 watt.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rezky Ramadhana et al., 2022) dalam penelitian ini penelitian dilakukan untuk menganalisis sistem plts on-grid yang mana penggunaannya tidak memerlukan media penyimpanan. Melainkan langsung terhubung ke jaringan PLN untuk membagi daya terhadap beban bersama dengan jaringan PLN. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. penelitian yang dilakukan yaitu Metode Kualitatif dengan cara penelitian langsung atau disebut direct observation. Penelitian diawali dengan pengambilan data secara langsung

kemudian melakukan analisis. Dengan hasil Input inverter menghasilkan lebih besar 0.106 KWh/Day daripada output inverter yang menghasilkan 0,073 Kwh/Day. Dan besar daya PLN sebelum tersinkronisasi grid inverter 0,351 KWh/Day kemudian menurun atau menghemat 0.272 KWh/Day. Hal itu menyebabkan adanya selisih penghematan selama sehari penyinaran mencapai 0,079 KWh/Day. Terlihat bahwasanya antara daya output panel surya sangat mempengaruhi besar kecilnya daya output grid/PLN. Kapasitas panel surya menggunakan grid inverter dalam hal ini menghemat pengeluaran listrik dengan cara membagi beban bersama dengan PLN. Untuk mendalami kemampuan sistem plts on grid sebaiknya menggunakan Kwh Exim yang dapat mengetahui ekspor energi ke PLN.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Zainuddin, 2017) Pelajaran ini bertujuan untuk mengetahui dampak penerapannya PLTS di Jaringan terhadap kualitas tegangan dan rugi-rugi daya masuk sistem distribusi. Penelitian dilakukan pada penyulang LI.02, LK.01, dan LA.02 dalam diagram garis tunggal. Analisis dilakukan dengan menggunakan 4 skenario aliran beban pada pengumpan. Skenario-1 adalah kondisi pada feeder after PLTS on Grid (kondisi PLTMH Mongano Terisolasi). Skenario-2 merupakan kondisi penyulang setelah PLTS di Jaringan Listrik (PLTMH Interkoneksi Mongano). Skenario-3 adalah kondisi pasca PLTS di Grid dan Gardu Induk Anggrek interkoneksi ke sistem distribusi (PLTMH Kondisi Terisolasi Mongano), dan Skenario-4 adalah kondisi pasca PLTS di Grid dan Gardu Induk Anggrek ke dalam interkoneksi ke sistem distribusi (PLTMH Interkoneksi Mongano). Aliran beban analisis menggunakan metode Newton-Raphson. Dari keempatnya skenario, aliran daya mengalami peningkatan tegangan kualitas dan pengurangan kehilangan daya terjadi dalam kasus terbaik dari skenario-4. Dampak PLTS pada jaringan listrik dapat meningkatkan tingkat nominal tegangan pada batas operasi standar Jaringan distribusi 20 KV.

2.2 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya atau tingkat pencahayaan adalah besaran yang menggambarkan seberapa banyak cahaya yang jatuh pada suatu permukaan per

satuan luas. Satuan yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya adalah lux (lx), yang merupakan satuan SI atau Sistem Satuan Internasional. Satu lux sama dengan satu lumen per meter persegi. Lux meter dapat digunakan untuk mengetahui besaran intensitas cahaya pada ruangan yang diuji untuk mengetahui apakah penerangannya sudah cukup atau belum. Dengan mengetahui intensitas cahaya pada suatu ruangan, kita dapat menentukan lampu yang tepat untuk dipasang pada setiap ruangan.

$$i = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana:

I = Intensitas matahari (W/m²)

P = Daya matahari yang diterima oleh suatu luasan (W)

A = Luas area yang menerima radiasi matahari (m²)

Rumus ini menyatakan bahwa intensitas matahari (I) adalah rasio daya matahari (P) yang diterima oleh suatu area (A). Jika daya matahari diberikan dalam watt (W) dan luas area dalam meter persegi (m²), maka intensitas matahari diukur dalam watt per meter persegi (W/m²).

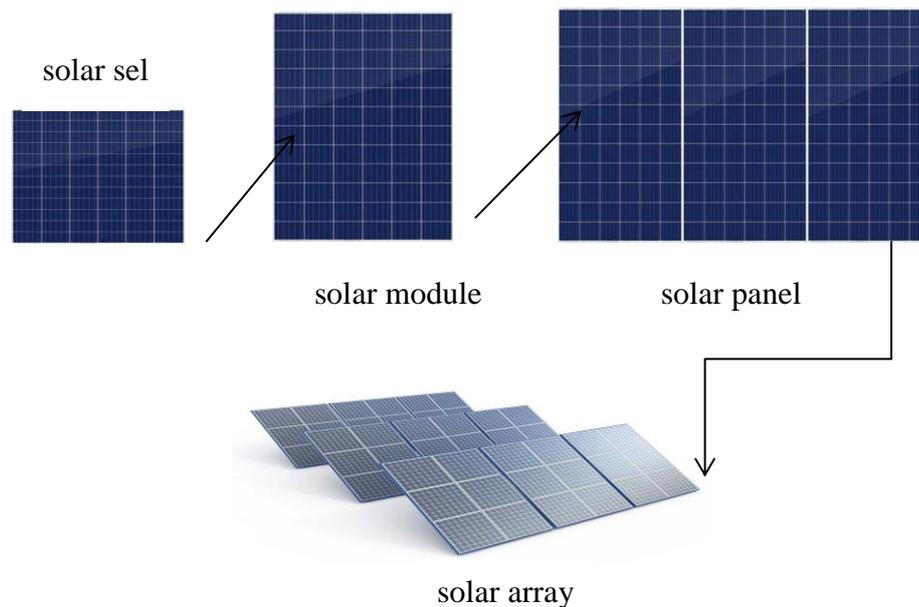
Rumus ini memberikan pandangan tentang seberapa kuat radiasi matahari yang mencapai suatu lokasi atau permukaan tertentu. Perlu diingat bahwa intensitas matahari dapat bervariasi tergantung pada lokasi geografis, waktu tahun, dan kondisi cuaca.

2.3 Sel Surya

Sel Surya adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari

yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Pada dasarnya, Sel Surya merupakan Dioda Foto yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas Sel Surya tersebut menjadikan perangkat Sel Surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan Arus yang lebih kuat dari Dioda Foto pada umumnya. Contohnya, sebuah Sel Surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena cahaya matahari.

Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan Positif (+). Modul sel surya ditunjukkan pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Modul Surya

Fotovoltaik, adalah teknologi yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Meskipun panel surya memiliki banyak kelebihan, ada juga beberapa

kekurangan yang perlu dipertimbangkan. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan panel surya:

Kelebihan Panel Surya:

1. Energi Bersih dan Ramah Lingkungan:

Panel surya menghasilkan energi listrik tanpa memancarkan polusi udara atau gas rumah kaca, sehingga membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

2. Sumber Energi Terbarukan:

Energi matahari adalah sumber energi terbarukan yang tak terbatas, yang dapat dimanfaatkan selama matahari bersinar, yang artinya selama sebagian besar waktu di sebagian besar wilayah.

3. Pemeliharaan yang Rendah:

Panel surya umumnya memerlukan sedikit pemeliharaan. Mereka tidak memiliki bagian yang bergerak, sehingga risiko kerusakan mekanis lebih rendah.

4. Pengurangan Tagihan Energi:

Dengan menggunakan panel surya, konsumen dapat mengurangi tagihan listrik mereka atau bahkan menghasilkan lebih banyak listrik daripada yang mereka konsumsi, yang dapat dijual kembali ke jaringan listrik.

5. Otonomi Energi:

Sistem panel surya dengan penyimpanan baterai dapat memberikan otonomi energi, memungkinkan pengguna untuk mengandalkan sumber energi mereka sendiri.

Kekurangan Panel Surya:

1. Biaya Awal Tinggi:

Biaya awal pemasangan panel surya cukup tinggi. Meskipun biaya telah menurun dalam beberapa tahun terakhir, investasi awal masih menjadi kendala bagi beberapa orang.

2. Pengaruh Cuaca:

Efisiensi panel surya dipengaruhi oleh cuaca. Mereka tidak dapat menghasilkan energi pada malam hari, dan kinerja mereka dapat berkurang saat cuaca mendung atau hujan.

3. Penggunaan Tanah yang Luas:

Untuk menghasilkan jumlah energi yang signifikan, dibutuhkan sejumlah besar panel surya dan area tanah yang luas, yang bisa menjadi tantangan di daerah dengan keterbatasan lahan.

4. Pembuangan Limbah Elektronik:

Proses produksi dan pembuangan panel surya dapat menghasilkan limbah elektronik yang sulit didaur ulang. Namun, upaya terus dilakukan untuk mengatasi masalah ini.

5. Ketergantungan pada Sumber Energi Surya:

Sistem panel surya sepenuhnya bergantung pada sinar matahari. Ketergantungan ini membuatnya kurang efektif di daerah dengan cakupan matahari rendah atau musim dingin yang gelap.

2.4 Semi Konduktor Sel surya

Semikonduktor adalah jenis bahan yang memiliki sifat listrik di antara konduktor dan isolator. Konduktor memiliki daya hantar listrik yang baik, sementara isolator memiliki daya hantar listrik yang rendah. Semikonduktor terletak di antara keduanya, memiliki sifat-sifat yang dapat diubah dengan mengontrol kondisinya, seperti suhu. semikonduktor yang umum digunakan adalah silikon (Si) dan germanium (Ge). Bahan semikonduktor ini banyak digunakan dalam industri elektronika untuk pembuatan komponen-komponen seperti transistor, dioda, dan sirkuit terpadu. Semikonduktor memiliki peran penting dalam pengembangan teknologi modern, terutama dalam bidang elektronika dan komputasi. Transistor, yang dibangun dengan menggunakan semikonduktor, merupakan elemen dasar dalam sirkuit terpadu dan mikroprosesor yang membentuk dasar dari perangkat elektronik seperti komputer dan perangkat pintar. Kemampuan semikonduktor untuk menghantar listrik dapat diperkuat atau dikendalikan dengan memanfaatkan proses doping, di mana sejumlah kecil atom tertentu ditambahkan ke dalam struktur semikonduktor.

2.5 Hubungan antara rangkaian seri dan paralel dalam solar sel

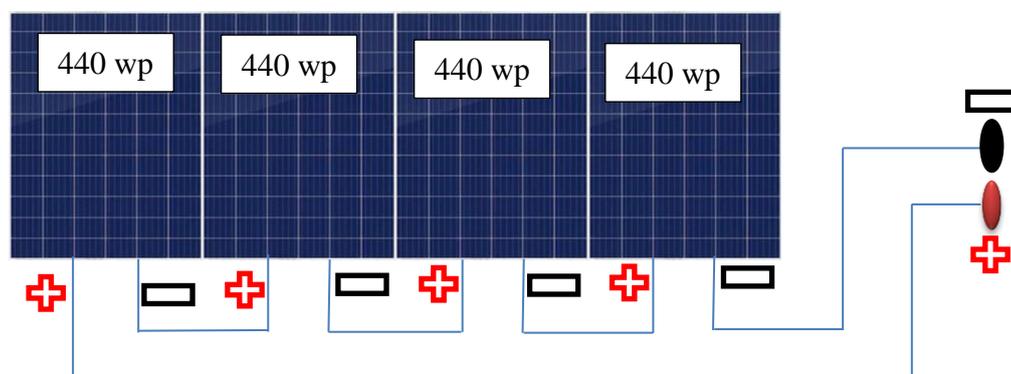
Sel surya merupakan energy terbarukan, dengan potensi energy matahari yang tidak ada habisnya. dimana radiasi surya rata-rata sekitar 4,5 kwh/m² dapat

dimanfaatkan sebagai pendukung kebutuhan energi listrik. Sel surya dapat dibagi menjadi dua rangkaian yaitu seri dan paralel, Jika sel surya yang dirangkai dengan seri tegangan akan selalu berubah sementara arus akan tetap, Tegangan total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari tegangan yang dihasilkan oleh modul ($V_{oc1}+V_{oc2}$), hal ini sesuai dengan hukum Kirchoff. Hubungan seri solar sel diperoleh dengan menghubungkan terminal positif (+) sel surya pertama dengan terminal negative (-) yang baru, untuk mempermudah pemahaman, solar sel dapat diibaratkan sebagai baterai yang dihubungkan seri, Dari hubungan seri ini didapat : Tegangan solar sel dijumlahkan apabila terhubung seri (untuk mendapatkan jumlah tegangan yang lebih besar). (Noorly Evalina, et al., 2021)

$$V_{total}=V_{sel1}+V_{sel2}+V_{sel3}$$

Arus sel surya sama apabila dihubungkan seri satu sama lain

$$I_{total}=I_1=I_2= I_3$$



Gambar 2.2 plts rangkaian seri

Sedangkan jika sel surya dihubungkan dengan paralel tegangan yang dihasilkan akan tetap sedangkan arus dapat berubah. karakteristik tersebut dipengaruhi oleh cahaya matahari. Perubahan tegangan sel surya yang dirangkai dengan seri jika cahaya cerah menghasilkan 39.6V. namun jika sel surya diparalel menghasilkan 19.8V. Sementara arus keluaran maksimal jika sel surya dirangkai paralel 2.45A dan jika diserikan 1.78A. Arus total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari arus yang dihasilkan modul ($I_1 + I_2$) hal merujuk pada hukum kirchoff. Rangkaian paralel sel surya di dapat apabila terminal kutub positif dan negative sel surya dihubungkan satu sama lain. Maka tegangan sel surya yang dihubungkan paralel sama dengan satu sel surya

$$V_{total} = V_1 = V_2 = V_3 = V_n$$

Arus yang timbul langsung dijumlahkan

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n$$

Apabila ketiga elemennya adalah resistansi, maka :

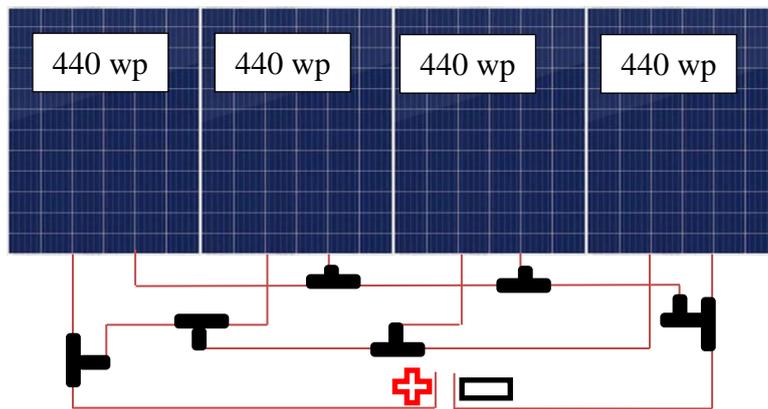
$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \dots\dots\dots(2.2)$$

V = Tegangan Listrik (Volt)

I = Arus Listrik (A)

R = Hambatan Listrik (Ω)

Dari data diatas disimpulkan bahwa selisih perbandingan antara tegangan sel surya yang dihubung seri terhadap paralel adalah 100.05% dimana tegangan pada hubungan seri lebih besar sedangkan selisih perbandingan arus antara seri dan paralel adalah 83.19% dimana arus pada hubungan paralel lebih optimal.



Gambar 2.3 plts rangkaian Seri

2.6 Direct Current Combiner Box

Direct Current combiner box adalah suatu perangkat yang digunakan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (solar power) untuk menggabungkan arus listrik yang dihasilkan oleh beberapa panel surya. Fungsi utama dari DC combiner box adalah untuk menyatukan output DC dari beberapa sumber energi terbarukan menjadi satu saluran DC yang dapat dihubungkan ke inverter atau konverter DC-AC. DC combiner box biasanya terletak di dekat lokasi di mana beberapa panel surya dan DC combiner box mengumpulkan semua arus ini menjadi satu jalur kabel DC yang dapat ditransmisikan lebih lanjut ke inverter. Adapun komponen yang terdapat didalam DC Combiner Box sebagai berikut

1. Lightning Protection Systems (LPS) adalah sebuah sistem yang dirancang untuk melindungi bangunan dan peralatan dari serangan petir. Sistem ini menggunakan saluran khusus untuk mengalirkan arus listrik dari petir ke bumi sehingga mengurangi resiko kerusakan akibat serangan petir. LPS juga dapat membantu mencegah terjadinya ledakan akibat serangan petir dengan cara memisahkan bagian-bagian bangunan yang rentan terhadap ledakan. Selain itu, LPS juga membantu mengurangi resiko arus listrik yang berbahaya akibat serangan petir. Sistem ini dapat mencegah bahaya lainnya seperti kebakaran atau kerusakan peralatan elektronik. LPS terdiri dari sistem pengamanan, penyimpangan kabel dan peralatan pendukung lainnya yang dirancang untuk mencegah arus listrik yang berbahaya.



Gambar 2.4 Lightning Protection Systems

2. Fuse memiliki fungsi untuk proteksi atau pemutus secara menyeluruh terhadap kelebihan beban atau korsleting, seperti melindungi sistem kabel dari kondisi terlalu panas dan terbakar. Misalkan, terjadi korsleting pada inverter AC/DC, *fuse* yang dipasang antara inverter dan baterai akan mencegah kemungkinan terjadinya ledakan pada baterai, kabel, dan secara aman AC/DC inverter akan dinonaktifkan atau diputus jalur listriknya oleh *fuse*.



Gambar 2.5 Fuse

2.6 Inverter

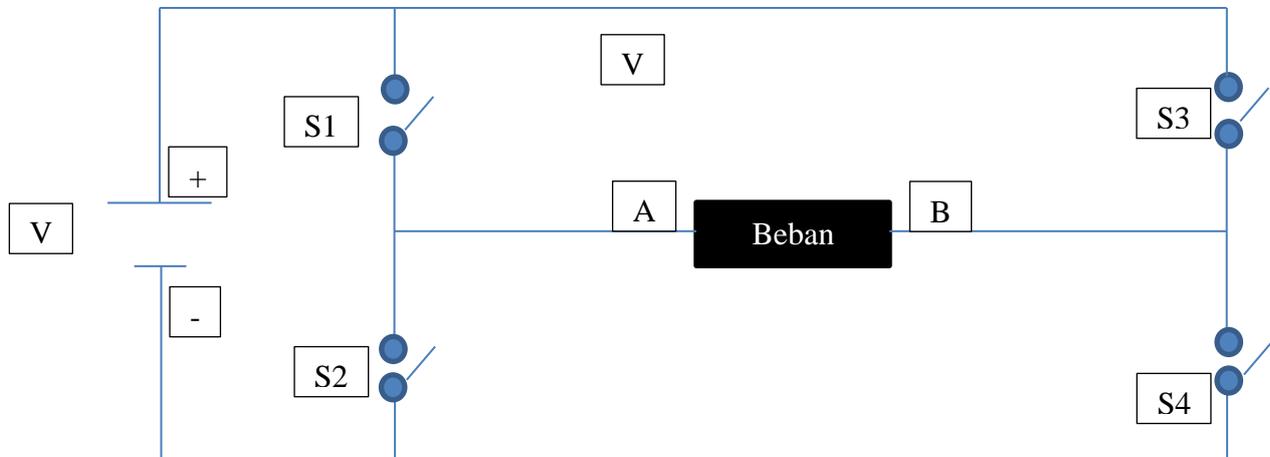
Inverter adalah suatu perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). inverter mengubah listrik yang mengalir dalam satu arah menjadi listrik yang berubah arah secara periodik. Inverter umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem tenaga surya, peralatan listrik rumah tangga, peralatan elektronik, dan sistem tenaga otomotif. Inverter juga dapat digunakan dalam sistem cadangan untuk menyimpan energi dari sumber daya seperti generator atau sumber daya listrik cadangan dan kemudian menghasilkan listrik saat dibutuhkan. Panel surya menyerap cahaya matahari dan menghasilkan energi listrik DC. Untuk kebutuhan elektronik di rumah, umumnya menggunakan energi listrik AC bukan DC. Panel surya menyerap energi radiasi dari cahaya matahari dan menghasilkan energi listrik DC, kemudian Solar Inverter berperan untuk mengubah energi listrik DC, menjadi energi AC untuk suplai ke arah beban. Hal ini menjadikan inverter sebagai hal yang esensial pada sistem PLTS. Inverter ditunjukkan pada gambar 2.4 Berikut:



Gambar 2.6 Inverter

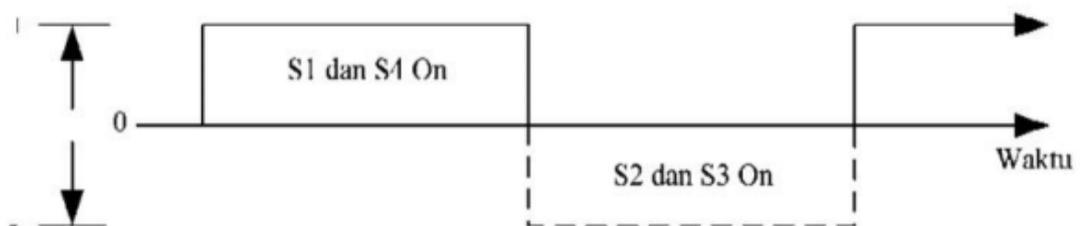
Pada dasarnya inverter merupakan sebuah alat yang membuat tegangan bolak-balik dari tegangan searah dengan cara pembentukan gelombang tegangan. Namun gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk

sinusoida melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Pembentukan tegangan AC tersebut dilakukan dengan menggunakan dua pasang saklar. Berikut ini merupakan gambar yang akan menerangkan prinsip kerja inverter dalam pembentukan gelombang tegangan persegi.



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Inverter 3phasa

Dari gambar 2.5 diatas, dapat dilihat bahwa untuk menghasilkan arus bolak-balik, maka kerja saklar S1 sampai S4 yang disuplay oleh tegangan DC harus bergantian. Ketika saklar S1 dan S4 hidup maka arus akan mengalir dari titik A ke titik B sehingga terbentuklah tegangan positif. Setelah itu gantian saklar S2 dan S3 yang hidup dan arus akan mengalir dari titik B ke titik A sehingga terbentuklah tegangan negatif. Pembentukan gelombang hasil ON-OFF keempat saklar tersebut dapat terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.8 Bentuk gelombang tegangan

Dengan mengubah arah arus yang mengalir ke beban (pada $\frac{1}{2}$ periode pertama arus mengalir dari titik A ke titik B dan pada $\frac{1}{2}$ periode kedua arus mengalir dari B ke A) maka akan didapatkan bentuk gelombang arus bolak-balik. Inverter

mengatur frekuensi keluarannya dengan cara mengatur waktu ON-OFF saklar-saklarnya. Sebagai contoh apabila S1 dan S4 ON selama 0,5 detik begitu juga dengan S2 dan S3 secara berganti-gantian maka akan dihasilkan gelombang bolak-balik dengan frekuensi 1 Hz. Pada dasarnya saklar S1-S4 dan S2-S3 dihidupkan dengan jangka waktu yang sama. Jadi apabila dalam satu periode $T_0 = 1$ detik, maka S1-S4 ON selama 0,5 detik dan S2-S3 ON selama 0,5 detik dan didapatkan frekuensi sebesar 1 Hz.

Menurut penelitian (N. Evalina et al., 2019) Inverter adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah input DC menjadi tegangan output AC dan frekuensi dapat diatur sesuai keinginan. Bentuk gelombang persegi tegangan bolak-balik dan khususnya penggunaan filter yang diperlukan untuk menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal. Pengaturan tegangan yang besar dapat dilakukan dengan 2 cara. Pertama dengan mengatur tegangan input DC dari luar tetapi waktu pengapian tetap lebar. Kedua, atur lebar waktunya untuk terhubung dengan tegangan input DC tetap. Inverter terdiri dari rangkaian utama yang dibentuk oleh rangkaian penyearah baik yang dikendalikan atau tidak mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) dan menghilangkan riak yang terkandung pada arus searah. Penyearah berfungsi sebagai pengisi tegangan pada baterai/akumulator ketika tegangan sumber inverter dari baterai telah habis. Untuk mencegah kerusakan pada baterai karena overcharger, maka Anda harus menambahkan rangkaian penyearah sirkuit otomatis yang akan memutuskan proses pengisian saat tegangan pada baterai sudah penuh.

Adapun kelebihan dan kekurangan inverter sebagai berikut:

Kelebihan Inverter:

1. Efisiensi Energi Tinggi: Inverter umumnya memiliki tingkat efisiensi energi yang tinggi, memungkinkan konversi daya listrik yang lebih efisien.
2. Kontrol Kecepatan Motor: Inverter digunakan untuk mengontrol kecepatan motor, sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan meningkatkan efisiensi operasional.
3. Reduksi Kerugian Energi: Dengan mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dan memanipulasi frekuensinya, inverter dapat mengurangi kerugian energi dalam sistem tenaga listrik.

4. **Fleksibilitas Penggunaan:** Inverter digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem tenaga surya, pengendalian motor, dan peralatan elektronik rumah tangga.
5. **Pengurangan Pemakaian Daya Puncak:** Dalam beberapa aplikasi, inverter dapat digunakan untuk mengurangi pemakaian daya puncak dengan mengoptimalkan penggunaan energi.

Kelemahan Inverter:

1. **Biaya Awal Tinggi:** Inverter seringkali memiliki biaya awal yang tinggi, terutama untuk sistem yang lebih canggih atau berdaya tinggi.
2. **Ketidak stabilan Tegangan:** Inverter dapat menyebabkan fluktuasi tegangan, terutama jika tidak diatur dengan baik, yang dapat merusak peralatan elektronik sensitif.
3. **Kerugian Daya Sendiri:** Inverter memiliki kerugian daya sendiri saat melakukan konversi energi, yang dapat mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan.
4. **Kemungkinan Peningkatan Kebisingan:** Beberapa inverter dapat menghasilkan kebisingan, terutama pada frekuensi tinggi, yang dapat mengganggu lingkungan atau pengguna di sekitarnya.
5. **Memerlukan Perawatan dan Perbaikan:** Seperti perangkat elektronik lainnya, inverter memerlukan perawatan dan perbaikan periodik untuk memastikan kinerja optimalnya.

Kelebihan dan kelemahan inverter dapat berbeda tergantung pada aplikasi dan spesifikasinya. Sebelum memilih inverter, penting untuk mempertimbangkan kebutuhan dan kondisi penggunaannya untuk memastikan bahwa inverter yang dipilih sesuai dengan kebutuhan spesifik.

2.7 Miniature Circuit Breaker

Miniature Circuit Breaker, adalah jenis pemutus sirkuit yang dirancang untuk melindungi sirkuit listrik dari arus berlebih dan gangguan arus hubung singkat.

MCB umumnya digunakan dalam instalasi listrik rumah tangga dan bangunan komersial kecil hingga menengah. MCB dalam PLTS berfungsi untuk melindungi sirkuit listrik dari arus berlebih dan gangguan arus hubung singkat. Ketika arus melebihi batas yang ditentukan, MCB akan memutuskan sirkuit secara otomatis untuk mencegah kerusakan pada peralatan elektronik atau kebakaran. MCB umumnya digunakan dalam instalasi listrik rumah tangga untuk melindungi sirkuit pencahayaan, stop kontak, dan peralatan rumah tangga lainnya dari arus berlebih. Beberapa MCB dilengkapi dengan indikator status yang menunjukkan apakah MCB dalam keadaan menyala atau dimatikan. Ini membantu dalam pemantauan dan pemeliharaan sirkuit. Fungsi MCB dalam PLTS melibatkan perlindungan terhadap arus berlebih dan konsistensi distribusi daya. MCB ditunjukkan pada gambar 2.5 Berikut:



Gambar 2.9 MCB

Adapun syarat-syarat mcb sebagai berikut:

1. Arus Nominal (Rated Current): MCB memiliki nilai arus nominal yang menunjukkan besarnya arus yang dapat dialirkan melalui sirkuit tanpa memicu pemutusan. Arus nominal ini diukur dalam ampere (A).
2. Tegangan Nominal (Rated Voltage): Ini menunjukkan tegangan nominal yang dapat ditangani oleh MCB. Misalnya, MCB yang umum digunakan untuk instalasi rumah tangga memiliki tegangan nominal sekitar 230V atau 400V, tergantung pada sistem listrik regional.

3. Kapasitas Pemutusan Arus (Breaking Capacity): Kapasitas pemutusan arus adalah jumlah maksimum arus yang dapat diputus oleh MCB tanpa merusak perangkat. Ini juga diukur dalam ampere.
4. Karakteristik Pemutusan (Breaking Characteristic): MCB memiliki karakteristik pemutusan tertentu, seperti tipe pemutusan cepat (Type B), tipe pemutusan lambat (Type C), atau tipe pemutusan sangat cepat (Type D). Pemilihan tipe ini tergantung pada karakteristik beban sirkuit.
5. Jumlah Kutub (Number of Poles): MCB dapat memiliki satu, dua, tiga, atau empat kutub, tergantung pada sirkuit yang akan dilindungi. Misalnya, MCB satu kutub digunakan untuk sirkuit tunggal, sedangkan MCB dua atau tiga kutub dapat digunakan untuk sirkuit tiga fasa.
6. Kemampuan Koneksi (Connection Capacity): Ini menunjukkan kemampuan MCB untuk menangani koneksi listrik yang memadai. Ini penting untuk memastikan kabel yang digunakan sesuai dengan kapasitas MCB.
7. Kelas Pemutusan (Tripping Class): MCB dapat memiliki berbagai kelas pemutusan, seperti tipe B, C, atau D, yang menggambarkan karakteristik respons terhadap arus lebih. Setiap kelas dapat digunakan untuk kondisi beban tertentu.
8. Ketahanan terhadap Arus Pendek (Short-Circuit Withstand Capacity): MCB harus mampu menahan arus pendek tanpa merusak dirinya sendiri. Ini penting untuk melindungi sirkuit dan peralatan di sekitarnya.
9. Ketahanan terhadap Panas (Temperature Resistance): MCB harus dapat beroperasi dalam berbagai kondisi suhu lingkungan dan tetap berkinerja baik.
10. Sertifikasi dan Kepatuhan Standar: MCB sebaiknya telah memenuhi standar keamanan dan kinerja tertentu yang diakui secara internasional.

MCB memiliki kemampuan untuk memutus aliran listrik dengan cepat dan efektif saat terjadi gangguan pada sirkuit. MCB membantu mencegah terjadinya kerusakan. Bila terjadi beban lebih terhadap mcb maka hal itu akan membuat mcb trip dan dapat menyebabkan panasnya suatu mcb. Maka dari itu pentingya kita memilih mcb dengan kemampuan kapasitas yang terpakai.

2.10 Current Transformator (CT)

Current Transformer (CT) adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus listrik tinggi menjadi arus yang lebih kecil dan sesuai untuk diukur. Fungsi utama dari current transformer adalah memberikan perlindungan dan pengukuran yang akurat dalam sistem tenaga listrik. Berikut adalah beberapa fungsi utama dari current transformer:

1. **Perlindungan Arus Lebih (Overcurrent Protection):** CT digunakan dalam sistem perlindungan listrik untuk mendeteksi arus lebih atau gangguan arus yang melebihi batas normal. Ketika arus melebihi ambang batas yang ditentukan, CT memberikan sinyal atau sinyal ke peralatan pemutus sirkuit atau rel perlindungan untuk memutuskan sirkuit dan mencegah kerusakan yang lebih lanjut.
2. **Pengukuran Arus Listrik:** CT digunakan untuk mengukur arus yang mengalir dalam suatu sirkuit. Arus yang diukur oleh CT dapat digunakan untuk memantau dan mengendalikan sistem tenaga listrik, serta menyediakan data yang diperlukan untuk analisis dan pemeliharaan.
3. **Instrumentasi dan Pengendalian:** CT menyediakan sinyal arus yang sesuai untuk digunakan dalam perangkat instrumen pengukuran dan pengendalian. Ini dapat mencakup pengendalian peralatan, indikasi arus, dan pengukuran energi listrik.
4. **Pemisahan dan Isolasi:** CT memberikan pemisahan galvanis antara sirkuit tinggi arus dan peralatan pengukuran atau kontrol yang mungkin beroperasi pada tingkat tegangan atau arus yang lebih rendah. Ini membantu dalam memastikan keselamatan personel dan peralatan.
5. **Distribusi Tenaga Listrik:** Dalam distribusi daya listrik, CT digunakan untuk mendapatkan data arus yang diperlukan untuk pengukuran dan analisis, memungkinkan operasi yang efisien dan aman dari sistem distribusi.
6. **Pemantauan Kinerja Motor:** CT digunakan untuk memantau arus motor listrik. Data ini dapat digunakan untuk menilai kinerja motor, mendeteksi masalah, dan merencanakan pemeliharaan yang diperlukan.

Penting untuk diingat bahwa CT adalah perangkat transformator, yang berarti bahwa rasio arus pada sisi sekunder (keluaran) dibandingkan dengan sisi primer (masukan) dapat diatur sesuai kebutuhan aplikasi tertentu. CT tersedia dalam berbagai rasio, sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan sistem di mana mereka digunakan.



Gambar 2.10 Current Transformator

Current Transformers (CTs) memiliki sejumlah kelebihan dan kekurangan tergantung pada konteks penggunaannya. Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan umum dari penggunaan CT:

Kelebihan CT:

1. **Perlindungan:** CT digunakan untuk mendeteksi arus lebih atau gangguan arus yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan atau sistem. Ini membantu melindungi peralatan dan mencegah kerusakan lebih lanjut.
2. **Pemisahan Galvanis:** CT menyediakan pemisahan galvanis antara sirkuit tinggi arus dan peralatan pengukuran atau kontrol, membantu melindungi peralatan dan meningkatkan keselamatan personel.
3. **Pengukuran Arus Akurat:** CT menghasilkan sinyal arus yang sesuai untuk digunakan dalam perangkat pengukuran dan pengendalian, memberikan data akurat untuk memantau dan mengelola sistem tenaga listrik.

4. Skalabilitas: CT tersedia dalam berbagai rasio yang memungkinkan penggunaannya dalam berbagai aplikasi dan rentang arus.

Kekurangan CT:

1. Keterbatasan Dinamis: CT memiliki keterbatasan dalam menangani arus dinamis yang sangat tinggi atau perubahan arus yang cepat. Ini dapat membatasi penggunaan mereka dalam aplikasi tertentu, seperti sistem daya tinggi yang melibatkan gangguan cepat.
2. Ketidakakuratan pada Arus Rendah: CT mungkin tidak memberikan hasil yang akurat saat digunakan pada tingkat arus yang sangat rendah. Untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran arus rendah, CT khusus dengan akurasi tinggi mungkin diperlukan.
3. Biaya dan Ukuran: CT dapat menjadi mahal terutama untuk aplikasi dengan kebutuhan spesifik tertentu. Selain itu, CT bisa memiliki ukuran fisik yang besar, terutama untuk arus yang tinggi.
4. Ketergantungan pada Kalibrasi: CT memerlukan kalibrasi yang tepat agar memberikan hasil yang akurat. Penggunaan yang tidak benar atau perubahan kondisi operasional dapat memengaruhi akurasi CT.

2.11 Panel ACDB



Gambar 2.11 Panel ACDB

Panel ACDB adalah bagian dari sistem distribusi daya listrik dan bertanggung jawab untuk mengatur dan mendistribusikan arus listrik dari sumber daya utama (biasanya panel listrik utama atau genset) ke berbagai beban atau sirkuit di dalam bangunan atau instalasi.

Beberapa fungsi umum dari Panel ACDB meliputi:

1. Distribusi Daya AC: Panel ACDB bertanggung jawab untuk mendistribusikan daya listrik AC dari inverter ke berbagai sirkuit atau beban di bangunan atau instalasi.
2. Pemutusan Sirkuit: ACDB dilengkapi dengan pemutus sirkuit udara (Air Circuit Breaker/ACB) atau pemutus sirkuit listrik lainnya untuk memutuskan aliran listrik jika terjadi gangguan atau kelebihan beban.
3. Proteksi dari Arus Lebih: Panel ACDB menyediakan perlindungan dari arus lebih atau gangguan arus yang dapat merusak peralatan listrik. Pemutus sirkuit yang terpasang di dalamnya bekerja untuk memutus aliran listrik jika terdeteksi arus lebih.
4. Monitoring dan Pengukuran: Beberapa panel ACDB dapat dilengkapi dengan perangkat pemantauan seperti pengukur arus dan tegangan untuk memonitor kinerja sistem dan memberikan informasi yang diperlukan untuk pemeliharaan.
5. Integrasi dengan Grid atau Sistem Tenaga Lainnya: Panel ACDB juga dapat dirancang untuk mengintegrasikan PLTS dengan grid listrik umum atau sistem tenaga lainnya, termasuk pengatur daya (power conditioner) jika diperlukan.

Penting untuk merancang dan menginstal panel ACDB sesuai dengan standar keselamatan listrik yang berlaku dan spesifikasi PLTS yang digunakan. Hal ini juga melibatkan pemilihan komponen yang sesuai dan pemahaman tentang kebutuhan distribusi daya AC di lokasi tertentu.



Gambar 2.12 Panel ACDB

2.10 Panel pembagi PLTS dan PLN

Panel pembagi PLTS berfungsi sebagai Panel pembagi pada sistem PLTS sering kali digunakan sebagai pengumpul arus DC dari beberapa panel surya. Fungsinya adalah menggabungkan arus DC yang dihasilkan oleh setiap panel surya ke dalam satu saluran DC yang lebih besar sebelum masuk ke inverter. Inverter kemudian mengonversi arus listrik DC menjadi arus listrik AC yang dapat digunakan di rumah atau disalurkan ke jaringan listrik umum. Untuk melindungi sistem dari gangguan atau kelebihan arus, panel pembagi PLTS dilengkapi dengan pemutus sirkuit. Pemutus sirkuit ini berfungsi untuk memutus aliran listrik jika terjadi masalah seperti korsleting atau kelebihan beban.

Panel pembagi PLN berfungsi sebagai pusat distribusi listrik di suatu lokasi atau gedung. Di dalamnya terdapat pemutus sirkuit untuk melindungi sistem dari berbagai masalah seperti korsleting, kelebihan arus, atau gangguan lainnya. Panel ini memungkinkan untuk mengalirkan daya listrik dari jaringan listrik umum (PLN) ke berbagai area atau peralatan di dalam gedung. Panel pembagi PLN biasanya dilengkapi dengan perangkat pengukuran dan pemantauan yang memungkinkan pengguna untuk melihat dan mengelola konsumsi listrik, serta memantau performa sistem secara keseluruhan.



Gambar 2.13 Panel Pembagi plts dan pln

Keduanya, baik panel pembagi PLTS maupun PLN, memiliki peran penting dalam memastikan distribusi listrik yang efisien, aman, dan dapat diatur sesuai kebutuhan. Perbedaan utama terletak pada sumber daya yang dikelola, yakni listrik yang dihasilkan dari PLTS (surya) atau yang disalurkan oleh PLN (listrik umum).

2.12 Genset

Genset (generator set) pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) on grid atau grid-tied berfungsi sebagai sumber daya cadangan atau back-up apabila pasokan listrik dari PLTS tidak mencukupi atau terdapat gangguan pada grid listrik umum. Berikut adalah beberapa fungsi utama genset pada PLTS on grid:

1. **Back-Up Power Supply:** Genset berfungsi sebagai sumber daya cadangan untuk memastikan pasokan listrik tetap tersedia ketika PLTS tidak dapat menghasilkan daya yang cukup, misalnya saat malam hari atau saat kondisi cuaca buruk yang mengurangi produksi energi surya.
2. **Penyelarasan dengan Grid:** Genset dapat membantu menyelaraskan pasokan daya dari PLTS dengan pasokan daya dari grid. Ketika PLTS menghasilkan lebih banyak energi daripada yang dibutuhkan, genset dapat dimatikan atau diperlambat untuk menghindari terjadinya pemborosan energi.
3. **Stabilitas Jaringan:** Genset dapat membantu menjaga stabilitas jaringan listrik dengan menyediakan daya tambahan atau menyesuaikan pasokan

daya sesuai kebutuhan, terutama jika ada fluktuasi dalam beban atau produksi daya surya.

4. Mengatasi Gangguan atau Kegagalan PLTS: Genset dapat mengambil alih pasokan daya secara otomatis jika terjadi kegagalan atau gangguan pada PLTS, memastikan keberlanjutan pasokan listrik ke beban kritis.
5. Peningkatan Ketersediaan Energi: Genset membantu meningkatkan ketersediaan energi dengan memberikan opsi untuk memperpanjang waktu operasional sistem listrik ketika PLTS tidak dapat menghasilkan daya yang cukup untuk memenuhi kebutuhan beban.
6. Optimasi Konsumsi Energi: Dengan memanfaatkan genset, PLTS on grid dapat mengoptimalkan konsumsi energi dengan menjalankan genset hanya saat diperlukan, sehingga mengurangi ketergantungan pada bahan bakar dan emisi gas buang.

Penting untuk merancang dan mengintegrasikan genset dengan sistem PLTS dengan hati-hati agar dapat beroperasi secara efisien dan efektif. Sistem otomatisasi dan kontrol yang baik diperlukan untuk memastikan transisi yang mulus antara sumber daya PLTS dan genset, serta meminimalkan dampak lingkungan dan biaya operasional.



Gambar 2.14 Genset

2.13 Meteran Exim

Meteran Exim merupakan meteran khusus yang dipasang oleh PLN kepada pelanggan PLN yang menggunakan PLTS dengan system on grid atau tersambung dengan listrik PLN. Meteran exim pelanggan dapat mengeksport kelebihan listrik yang dihasilkan oleh PLTS. Meteran ini menjalankan perintah dalam mengukur

arus listrik yang masuk dari jaringan distribusi PLN ke konsumen, sekaligus pengukur arus keluar dari system PLTS atap ke jaringan distribusi PLN. meteran exim juga terdapat beberapa fitur yang memungkinkan pemilik rumah untuk dapat melihat kapasitas daya yang digunakan, jumlah daya yang diekspor, jumlah daya yang diimpor dan informasi lainnya. Pada setiap akhir bulan, PLN akan menghitung tagihan listrik konsumen berdasar angka yang tertera pada meteran kWh Exim.



Gambar 2.15 kWh Exim

2.14 Multitester

Multitester adalah alat pengukur yang digunakan untuk mengukur beberapa parameter listrik dalam suatu sirkuit. Multitester dapat mengukur berbagai besaran listrik seperti tegangan (volt), arus (ampere), dan resistansi (ohm). Beberapa model multitester juga dapat digunakan untuk mengukur parameter lain seperti kapasitansi, frekuensi, dan temperatur.

Berikut adalah beberapa fungsi umum dari multitester:

1. Pengukuran Tegangan (Volt): Multitester dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik pada berbagai titik dalam suatu sirkuit.
2. Pengukuran Arus (Ampere): Dengan mengatur fungsi dan rentang yang sesuai, multitester dapat digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir melalui suatu rangkaian.

3. Pengukuran Resistansi (Ohm): Multitester dapat digunakan untuk mengukur resistansi atau hambatan suatu komponen atau rangkaian.
4. Pengukuran Kapasitansi: Beberapa model multitester memiliki kemampuan untuk mengukur kapasitansi dari kapasitor.
5. Pengukuran Frekuensi: Beberapa model canggih dari multitester dapat mengukur frekuensi sinyal listrik.
6. Pengukuran Temperatur: Multitester tertentu dapat dilengkapi dengan probe suhu untuk mengukur suhu suatu benda.
7. Pengukuran Komponen Semikonduktor: Beberapa multitester memiliki fungsi untuk menguji dan mengukur karakteristik komponen semikonduktor seperti transistor atau dioda.

Multi Tester terbagi 2 yaitu :

1. Multitester analog adalah multimeter yang menggunakan jarum petunjuk dan skala pengukuran. Prinsip kerja multimeter analog berdasarkan pada kumparan yang terhubung dan tersambung dengan jarum penunjuk. Letak kumparan berada di antara kutub magnet. Pengukuran besaran listrik dengan menggunakan multimeter analog memberikan pembacaan yang tidak stabil karena mengikuti perubahan tegangan listrik yang terjadi setiap saat. Syarat penggunaan multimeter analog ialah jarum penunjuk angka dalam keadaan nol (0) pada layar panel. Posisi jarum ini dipersyaratkan pada saat, kedua probe pada multimeter dihubungkan dan sakelar selektor telah diatur. Jenis pengukuran yang dapat dilakukan oleh multimeter analog sangat beragam. Multimeter analog dapat digunakan untuk mengukur tegangan listrik, arus listrik, hambatan listrik dan kapasitansi. Komponen multimeter analog juga menggunakan komponen aktif elektronika yang berfungsi sebagai penguat. Jenis multimeter analog yang menggunakan komponen aktif elektronika disebut multimeter elektronik analog.
2. Multimeter digital adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur besaran seperti tegangan, arus, dan hambatan dalam rangkaian listrik. Selain itu, juga sebagai alat uji elektronik yang mengukur tegangan AC/DC dengan memberikan pembacaan dalam mode numerik digital.

Multimeter memiliki ukuran kecil, ringan, dan juga menggunakan baterai. Multimeter digital ini memiliki akurasi yang tinggi dengan kegunaan yang lebih banyak. Multimeter ini biasa dipakai pada penelitian atau pekerjaan mengukur kecermatan tinggi. Namun kekurangannya adalah sulit memonitor tegangan yang tidak stabil.

Dengan menggunakan multimeter dengan benar, orang dapat menghemat waktu dalam mendeteksi masalah listrik, meningkatkan efisiensi perbaikan, dan meningkatkan pemahaman mereka tentang aspek listrik suatu sistem atau peralatan.



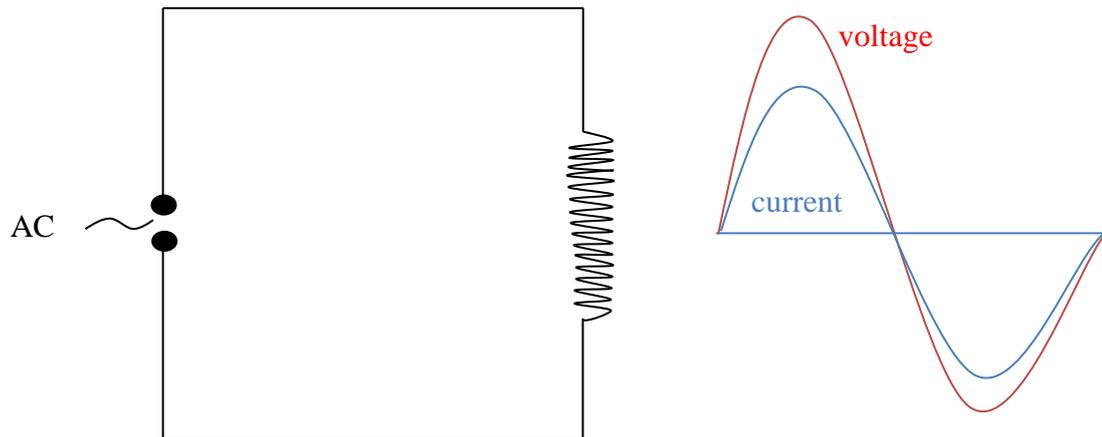
Gambar 2.16 Tang Ampere

2.15 Perhitungan beban listrik yang terpasang

Menghitung beban listrik melibatkan pemahaman terhadap konsep daya listrik dan penggunaan peralatan listrik dalam suatu sistem. Berikut adalah beberapa teori dasar yang terkait dengan menghitung beban listrik. Dalam prakteknya, perhitungan beban listrik dapat menjadi lebih kompleks tergantung pada jenis dan jumlah peralatan yang digunakan, serta karakteristik daya listrik dalam suatu instalasi. Perhitungan ini penting untuk merencanakan ukuran dan kapasitas sistem listrik, serta untuk memastikan efisiensi dan keandalan dalam penggunaan daya listrik. Didalam rangkaian listrik umumnya kita menjumpai 3 macam beban yaitu beban resistif, beban kapasitif dan beban induktif. Ciri-ciri beban tersebut adalah sebagai berikut:

1. Beban resistif

Jika alat ukur $\cos \phi$ dihubungkan dengan beban resistif maka harga $\cos \phi$ yang didapat sama dengan satu. Beban ini juga mempunyai ciri-ciri bahwa daya yang dikonsumsi adalah daya aktif, yang juga sekaligus merupakan daya nyata. Contoh dari beban resistif ini adalah elemen pemanas dan sebagainya



Gambar 2.17 Beban Resistif

Adapun rumus daya pada beban resistif yaitu:

$$P = V \times I$$

Keterangan :

P : Power / Daya (Watt)

V : Voltage / Tegangan (Volt)

I : Intensity / Arus (Ampere)

Untuk contoh penggunaannya sendiri bisa kita temukan pada peralatan listrik sehari-hari. Terutama peralatan yang memakai sistem beban resistif.

Diantara contoh alat-alat listrik dari beban resistif seperti :

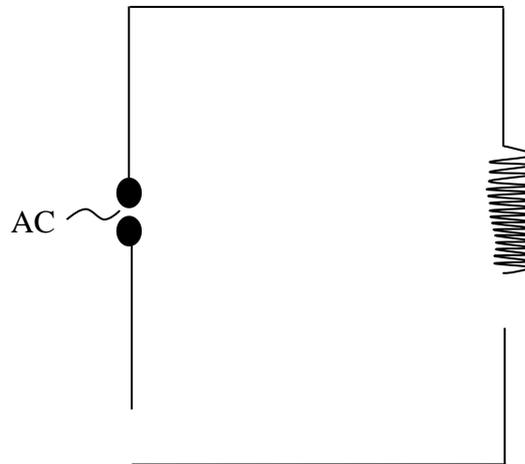
1. Setrika,
2. Solder listrik,
3. Mesin penanak nasi,
4. Lampu dan lainnya.

Mudahnya bisa dikenali dari peralatan yang beroperasi dengan menggunakan elemen pemanas.

2. Beban Induktif

Beban induktif adalah alat listrik yang menggunakan beban induktif biasanya beroperasi dengan prinsip kerja induksi. Tidak hanya itu saja, alat listrik yang menggunakan beban induktif juga memakai kawat penghantar. Umumnya kawat ini dililitkan pada bagian inti kumparan untuk menghambat laju arus pada

rangkaian instalasi listrik. Karakteristik lain dari alat yang menggunakan beban induktif yakni adanya daya harmonik yang dihasilkan. Daya ini nantinya bisa menyerap daya aktif sekaligus daya reaktif dalam rangkaian. Akhirnya daya cosphi pada rangkaian listrik tersebut juga akan mengalami penurunan.



Gambar 2.18 Beban Induktif

Maka, rumus untuk beban Induktif listrik 1 Phase yakni :

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

Keterangan :

P: Power / Daya (Watt)

V : Voltage / Tegangan (Volt)

I : Intensity / Arus (Ampere)

cos φ (Faktor daya)

Adapun rumus daya untuk Listrik Arus bolak balik 3 Phase yaitu :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3}$$

Keterangan :

P : Power atau Daya (Watt)

V : Voltage atau Tegangan (Volt)

I : Intensity atau Arus (Ampere)

$\cos \varphi$:(Faktor daya)

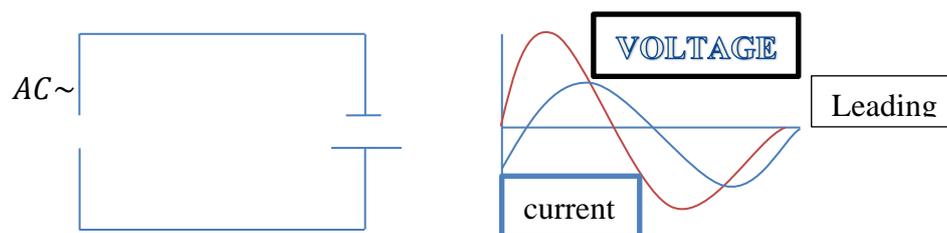
Contoh aplikasi beban induktif dalam peralatan listrik bisa ditemui pada :

1. Mesin las listrik,
2. Lampu hemat energi,
3. Trafo dan sejenisnya.

Ciri utamanya yaitu alat-alat yang bekerja dengan sistem induksi dalam rangkaianannya.

3. Beban Kapasitif

Beban kapasitif" mengacu pada beban yang bersifat kapasitif dalam rangkaian listrik. Komponen kapasitif dapat ditemukan dalam berbagai perangkat dan sistem listrik. Kapasitor adalah contoh umum dari komponen kapasitif. Kapasitor adalah suatu komponen elektronik yang mampu menyimpan muatan listrik. Beban kapasitif dalam suatu rangkaian dapat memberikan efek tertentu terhadap sifat-sifat listrik dalam sistem tersebut. Beban kapasitif dapat menyebabkan percepatan atau perlambatan arus listrik tergantung pada bagaimana kapasitor dihubungkan dalam rangkaian. Dalam analisis rangkaian listrik, beban kapasitif dapat diukur menggunakan satuan yang disebut farad (F). Kapasitor memiliki kemampuan untuk menyimpan energi dalam bentuk medan listrik antara platnya, dan energi ini dapat dilepaskan atau diserap sesuai dengan kebutuhan dalam suatu rangkaian. Perhitungan dan analisis beban kapasitif menjadi penting dalam desain dan pemeliharaan sistem listrik untuk memahami respons dan kinerja dari perangkat dan rangkaian yang melibatkan komponen kapasitif.



Gambar 2.19 Beban Kapasitif

Maka, rumus untuk beban kapasitif listrik 1 Phase adalah :

$$P = V \times I \times \cos \varphi$$

Keterangan :

P : Power / Daya (Watt)

V : Voltage / Tegangan (Volt)

I : Intensitas / Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ (Faktor daya) nilai <1

Adapun rumus daya untuk Listrik Arus bolak balik 3 Phase yaitu :

$$P = v \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3}$$

Keterangan :

P : Power atau Daya (Watt)

V : Voltage atau Tegangan (Volt)

I : Intensity atau Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ (Faktor daya) nilai <1

Sehingga alat-alat yang berkerja dengan sistem ini memang biasanya digunakan untuk memperbaiki faktor daya. Namun tentunya dalam kapasitas tertentu, justru alat yang beroperasi dengan beban kapasitif juga berfungsi untuk memperkecil nilai $\cos \varphi$.

Contoh alat listrik yang bekerja dengan sistem beban kapasitif adalah kapasitor.

2.16 Menghitung konsumsi energi listrik

Untuk menghitung konsumsi energi listrik dalam rupiah, Anda perlu memahami beberapa faktor kunci, termasuk tarif listrik, daya listrik (dalam kilowatt-hour atau kWh) yang digunakan, dan periode waktu konsumsi. Berikut adalah langkah-langkah umum yang dapat Anda ikuti:

1. Identifikasi Daya Listrik (P): Tentukan daya listrik (dalam watt) dari peralatan atau perangkat yang Anda gunakan. Anda dapat menemukan informasi ini pada label peralatan atau menggunakan alat pengukur daya.
2. Konversi Daya Listrik ke Kilowatt (kW): Bagi daya listrik (P) dengan 1000 untuk mengonversi dari watt ke kilowatt. Rumusnya adalah:

$$P_{kw} = \frac{P_{wat}}{1000}$$

3. Hitung Energi Listrik (E): Gunakan rumus energi listrik

$$E = P_{KW} \times t$$

di mana

E = Energy (Kwh)

P_{kw} = Daya (Kw)

t = waktu penggunaan

4. Identifikasi Tarif Listrik: Cari tahu tarif listrik yang dikenakan oleh penyedia layanan listrik Anda. Tarif ini biasanya dinyatakan dalam rupiah per kilowatt-hour $\frac{IDR}{KWH}$

Hitung Biaya Energi Listrik (C): Gunakan rumus berikut:

$$C = E \times \text{Tarif}$$

Dimana:

C = biaya dalam rupiah

E = Energi dalam Kwh

2.17 Daya listrik

Daya merupakan jumlah energy listrik yang digunakan untuk melakukan usaha didalam system tenaga listrik. Satuan daya listrik umumnya adalah watt. Daya pada suatu system tegangan bolak balik (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan symbol (Q) satuannya adalah volt ampere reactive (VAR) dan daya semu dengan symbol (S) satuannya adalah volt ampere (VA). Adapun macam-macam jenis daya listrik sebagai berikut:

1. Daya aktif

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh beban. Beberapa contoh dari daya aktif adalah energy panas, energy mekanik, cahaya dan dya aktif memiliki satuan berupa watt (W). berikut ini merupakan persamaan daya aktif menurut Von Meier Alexander:

$$P = v \times I \times \cos\varphi \text{ (1 phasas)}$$

$$P = 3 \times VL \times IL \times \cos\varphi \text{ (3 phasa)}$$

Dimana :

$P = \text{Daya aktif (watt)}$

$V = \text{Tegangan (volt)}$

$I = \text{Arus (ampere)}$

$\text{Cos } \varphi = \text{Faktor daya}$

$V_L = \text{Tegangan jaringan (volt)}$

$I_L = \text{ arus jaringan (ampere)}$

2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu dan lain-lain. Daya reaktif memiliki satuan volt ampere reactive (VAR). berikut ini merupakan persamaan daya reaktif menurut von meier alexander:

$$Q = V \times I \times \sin\varphi \text{(1phasa)}$$

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi \text{(3phasa)}$$

Dimana :

$Q = \text{Daya Reaktif (VAR)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I = \text{Arus (Ampere)}$

$V_L = \text{Tegangan jaringan (Volt)}$

$I_L = \text{Arus jaringan (ampere)}$

3. Daya semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ialah daya yang dikeluarkan sumber alternation current (AC) atau di serap oleh beban. Satuan dari daya semu yaitu volt ampere (VA). Berikut persamaan dari daya semu :

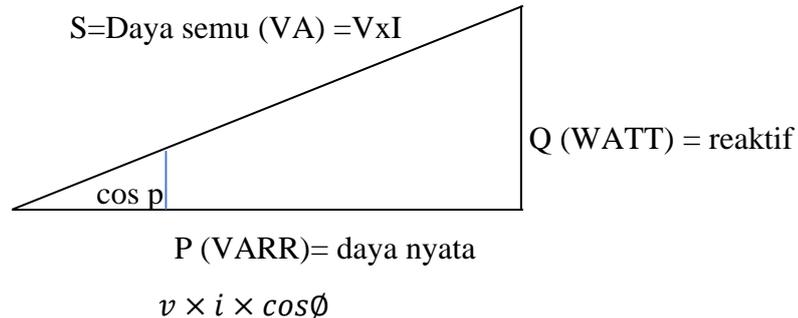
$$S = V \times I$$

Dimana : $S = \text{Daya Semu (VA)}$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I =$ Arus (Ampere)

Hubungan dari ketiga daya diatas disebut sistem segitiga daya dapat digambarkan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.20 Segitiga Daya

Hubungan daya pada gambar segitiga daya dapat dijelaskan dengan seperti table.

Tabel 2.1 Tabel Persamaan Segitiga Daya

No	Nama daya	Rumus	satuan
1.	Daya aktif (P)	$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$	Watt
2.	Daya reaktif (Q)	$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi$	VAR
3.	Daya semu (S)	$S = V \cdot I$	VA

2.18 Faktor daya

1. Faktor Daya

Faktor daya atau faktor kerja menggambarkan sudut phasa antara daya aktif dan daya semu. Daya aktif digunakan untuk mengoperasikan beban-beban pada pelanggan listrik. Daya semu dihasilkan oleh generator pembangkit yang ditransmisikan ke pelanggan listrik. Daya reaktif yang bertambah akan menyebabkan turunny faktor daya listrik. Cara yang mudah untuk mengantisipasi turunny faktor daya listrik dapat dilakukan dengan memilih beban-beban yang mempunyai faktor daya besar juga dapat dilakukan dengan memasang kapasitor. Kapasitor adalah komponen listrik yang justru menghasilkan daya reaktif pada jaringan dimana dia tersambung. Pemasangan kapasitor dapat memperbaiki faktor daya, jika faktor

daya di perbaiki maka daya reaktif dapat berkurang dan mendekati daya aktif. Suatu beban dengan faktor daya 1.0 merupakan beban yang hanya mengandung

nilai resistansi murni dan merupakan pembebanan yang paling efisiensi. Beban dengan faktor daya yang rendah (0.5) merupakan beban yang mengandung nilai induktansi

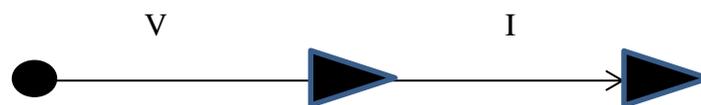
yang menyebabkan kerugian yang lebih tinggi dalam sistem suplai tenaga listrik. Faktor daya yang rendah berhubungan dengan beda fasa antara arus dan tegangan pada terminal beban. Sudut fasa arus beban yang rendah biasanya diakibatkan oleh penggunaan beban induktif seperti transformator, motor induksi, lampu TL dan beban

eleltronik lainnya.

Pada suatu system tenaga listrik memiliki 3 jenis faktor daya yaitu sebagai berikut:

1. Faktor daya unity

Faktor daya unity adalah keadaan saat nilai $\cos \phi$ adalah satu dan tegangan sephasa dengan arus. Faktor daya unity akan terjadi bila jenis beban adalah resistif murni.

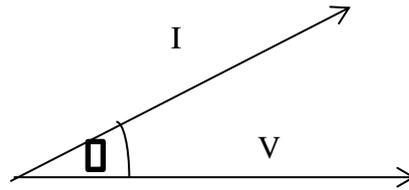


Gambar 2.21 Arus Sepasha Dengan Tegangan

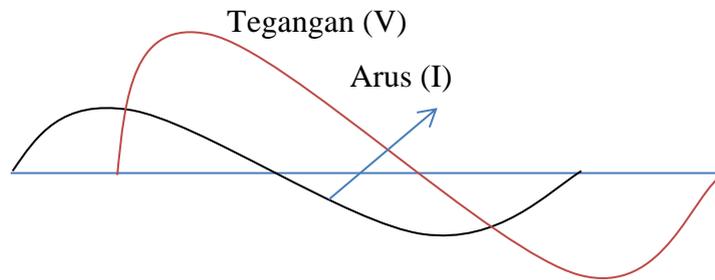
Pada gambar diatas terlihat nilai $\cos \phi$ sama dengan 1 yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

2. Faktor Daya Mendahului (Leading)

Faktor daya mendahului (leading) adalah keadaan faktor daya saat memiliki kondisi-kondisi beban atau peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif. Apabila arus mendahului tegangan maka faktor daya ini dikatakan “leading”.



Gambar 2.22 Arus Mendahului Tegangan Besar Sudut Phi



Gambar 2.23 Faktor Daya Leading

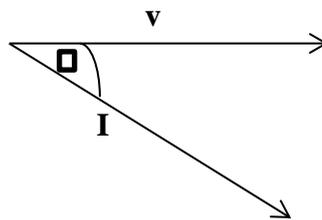
Berdasarkan gambar terlihat bahwa arus mendahului tegangan maka daya reaktif tertinggal dari daya semu, berarti daya reaktif kepada system.

3. Faktor Daya Terbelakang (lagging)

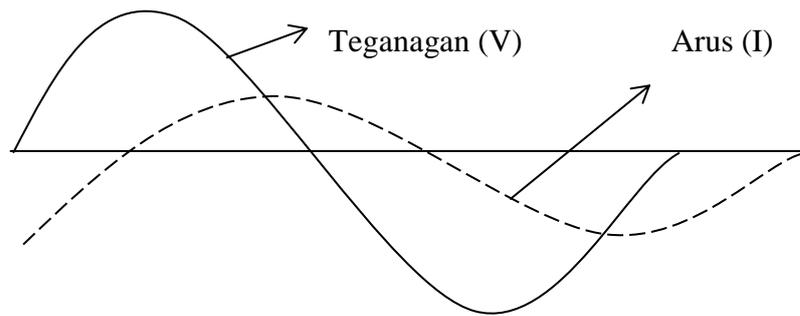
Faktor daya terbelakang (lagging) adalah keadaan faktor daya saat memiliki

kondisi-kondisi beban atau perlatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif. Apabila tegangan mendahului arus, maka

faktor daya ini dikatakan “lagging”



Gambar 2.24 Arus Tertinggal Dari Tegangan Sebesar Sudut

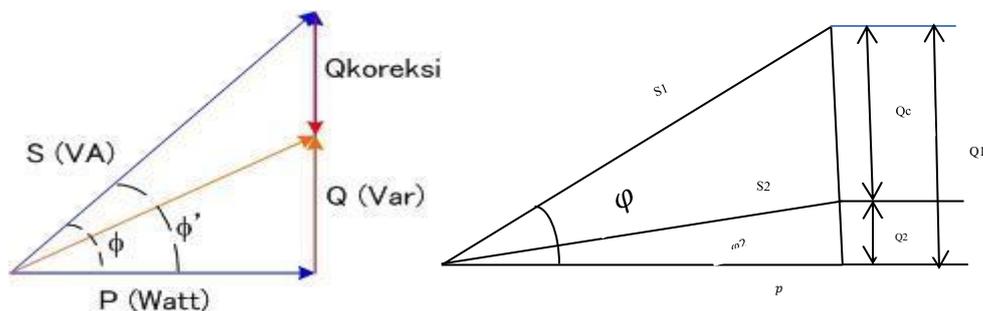


Gambar 2.25 Faktor Daya Lagging

Berdasarkan gambar terlihat bahwa arus tertinggal dari tegangan maka daya reaktif mendahului daya semu, berarti beban membutuhkan atau menerima daya reaktif dari system.

2. Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya untuk memperbesar harga $\cos \phi$ (pf) yang rendah, hal yang mudah di lakukan adalah dengan cara memperkecil sudut ϕ_1 sehingga menjadi ϕ_2 berarti $\phi_1 > \phi_2$. Usaha untuk memperkecil sudut phi itu hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR) Komponen daya reaktif yang bersifat rinduktif harus dikurangi dan pengurangan tersebut dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor atau lebih dikenal dengan istilah kapasitor bank. Perbaikan faktor daya dapat diilustrasikan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.26 Prinsip Perbaikan Faktor Daya

Dalam menentukan kapasitansi kapasitor bank dilakukan terlebih dahulu perhitungandaya reaktif kompensator (Q_c). Pada prinsipnya, dalam perbaikan PF agar nilai $PF \approx 1$, sebuah kapasitor daya ac (kapasitor bank) harus mempunyai nilai daya reaktif kompensator Q_c yang sama dengan nilai daya reaktif Q dari sistem yang akan diperbaiki faktor daya nya, atau dapat ditulis dengan

$$Q_c = \frac{v^2}{X_c}$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat

3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu selama 7 hari terhitung dari tanggal 4 desember 2023 sampai 10 Desember 2023. Dimulai dari persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian diawali dengan kajian awal (Tinjauan Pustaka), analisis konsumsi energy, pemakaian beban dan terakhir kesimpulan dan saran, Rincian dai penelitian ini seperti pada table berikut,

3.1.2 Tempat

Penelitian analisa teknis dan ekonomi pembangkit listrik tenaga surya rooftop PV system grid-connected pada pondok pesantren modern muhammadiyah kwala madu yang berada di Jl. Tj. Pura No.Km 32, Kwala Begumit, Kec. Stabat, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara 20374.

3.2 Alat dan Bahan

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

NO	Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Trafo		1
2	Kwh Exim		1
3	Genset		1
4	Panel PLN		1
5	Panel PLTS		1
6	Kabel	10mm ²	20 M
7	Panel Surya	440WP	23
8	DC Combiner		1
9	Inverter	10KWP	
10	Panel ACDB		1

11	MCB	10A	4
12	Current Transformator	250/5A	3
13	Lux Meter	As803	1
14	Multi Meter		1

Alat PLTS untuk mengambil data yaitu:

1. Solar Cell yang digunakan adalah merek ISGEN 440wp, tegangan yang dihasilkan bisa sampai 1500VDC.



Gambar 3.1 PLTS

Solar sel ini mempunyai spesifikasi yakni

Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya

Spesifikasi Panel Surya Monocrystalline	
Peak Power (pmax)	440 WP
Open Circuit Voltage (Voc/V)	48,09 V
Short Circuit Current (Isc)	11,46 A
Max Power Voltage (Vpmax)	41,01 V
Max Power Current (Ipmax)	10,71 A
Lebar	1038mm
Panjang	2094 mm
Tebal	40 mm
Berat	26 kg
Max System Voltage	1500 VDC
Jenis Panel	Monocrystalline

2. Genset yang digunakan sebagai back up pada plts dengan merek Perkins 1106A-70TAG2 (150KVA).



Gambar 3.2 Genset

Spesifikasi genset yang digunakan padapesantren sebagai berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi Genset

Spesifikasi Genset perkins	
Mesin	Perkins 1106A-70TAG2
Generator	Stamford UCI274F
KVA	150
KW	120
No. Of Cylinder	6
Bore x Stroke	105 x 135 mm
Piston Disp.	7.010 Ltr
Fuel Consumption	24.70 (75% Load) & 33.40 (100% Load)
Oil Capacity	16.5 Ltr
Dimension	3 610 x 1 360 x 1 800 mm

3. Inverter yang digunakan pada panel surya merk SUNGROW model SG10RT



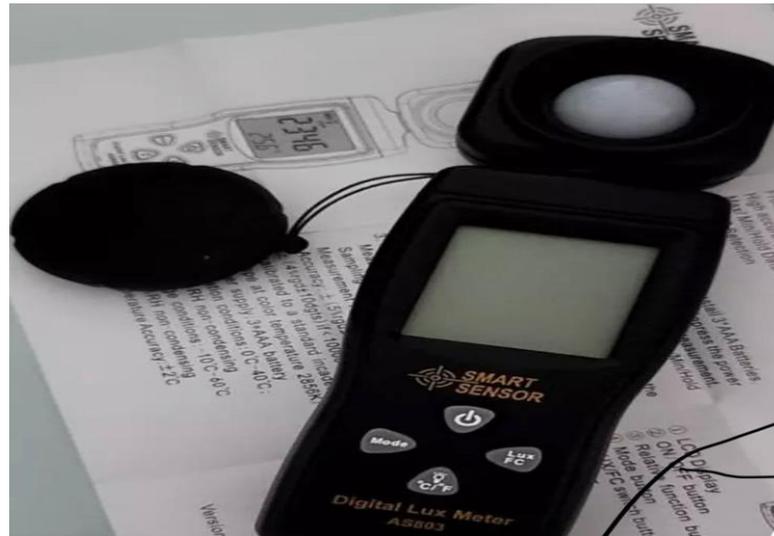
Gambar 3.3 Inverter

Adapun spesifikasi inverter yang digunakan pada plts sebagai berikut

Tabel 3.4 Spesifikasi Inverter

Spesifikasi Inverter	
Tegangan masuk maksimal	DC 1100 V
Min power Point voltage	DC 160 V
Max power point Voltage	DC 1000 V
Max input current	DC25A/12,5A
Short Circuit Current	DC 32A/16A
tegangan keluaran terukur	3/N/PE AC 230/440V
Tegangan keluaran frekuensi	50/60HZ
Max output Current	AC 15,2A/16,7A
daya keluaran terukur	10 kw
kekuatan semu maksimal	10 KVA/11KVA

4. Lux Meter yang digunakan untuk intensitas cahaya merek smart sensor AS803.



Gambar 3.4 Lux Meter

Lux meter memiliki spesifikasi sebagai berikut

Tabel 3.5 Spesifikasi Lux Meter

Spesifikasi Lux meter	
Brand	SMART SENSOR
Name	AS803
tem weight	85g
Measuring Range	1 to 200.000lux
Sampling rate	1.5 times/sec
Accuracy	$\pm 4\% + 10$
Unit Selection	Unit Selection
Operation condition	0~50°C
Storage conditions	-10°C-50°C
Repeatability	$\pm 2\%$

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian uji kelayakan pada PLTS 240 WP pada rumah ibadah taqwa desa sei litur ini yaitu :

1. Studi Pendahuluan

Mengadakan bimbingan dengan dosen pembimbing mengenai judul dan topik pembahasan yang diarahkan untuk penelitian yang dilakukan ini.

2. Data Kepustakaan

Pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur, tulisan- tulisan, dan bahan- bahan kuliah yang diperoleh selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berkaitan dengan materi yang menjadi pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini.

3. Penelitian Lapangan

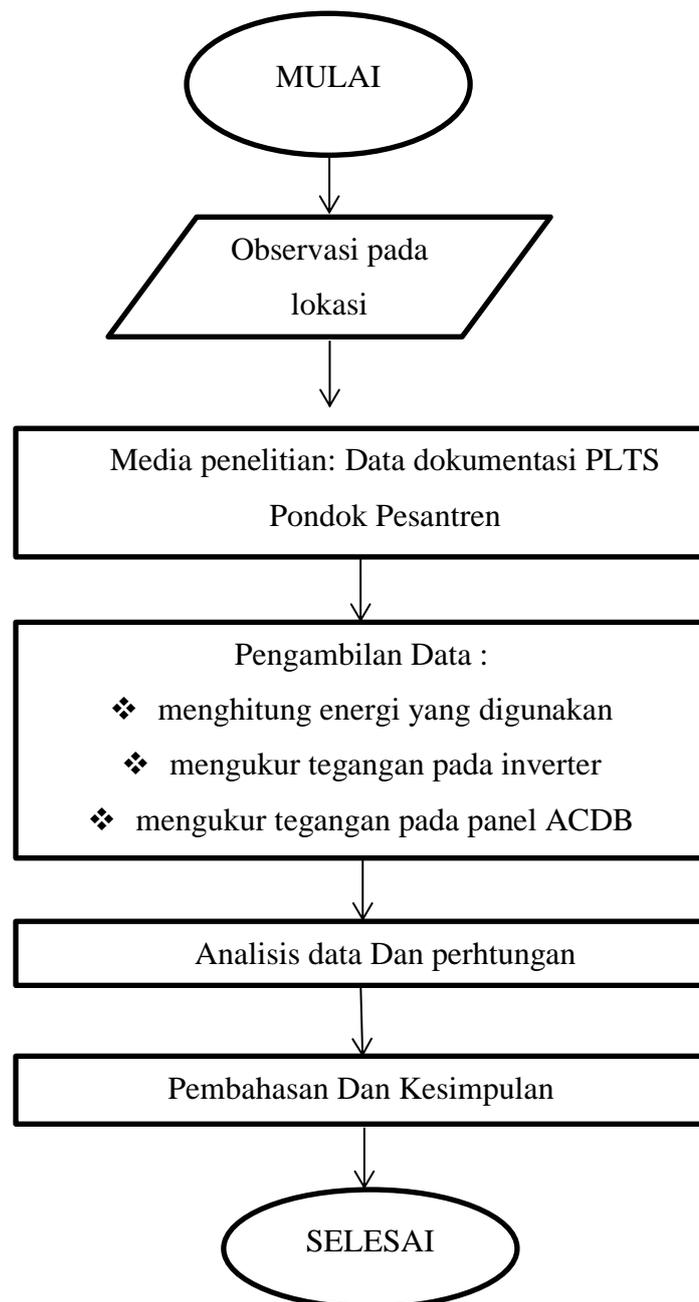
Penelitian yang dilakukan secara langsung dengan cara melakukan pengukuran pada terminal-terminal keluaran panel surya. Untuk mendapatkan tegangan panel surya. Untuk pengukuran intensitas cahaya matahari pengukuran dilakukan diluar rangkaian. Setelah itu mengukur pemakaian tegangan, arus dan daya yang digunakan didalam beban

4. Tahap Analisa

Adapun tahapan analisa yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- a) Analisis Menganalisis beban listrik yang terpakai pada pondok pesantren yang dipasang PLTS.
- b) Menganalisis konsumsi energi pada PLTS.
- c) Menganalisis perbandingan biaya sebelum pakai PLTS dan sesudah pakai PLTS.

3.4. Bagan Air Penelitian

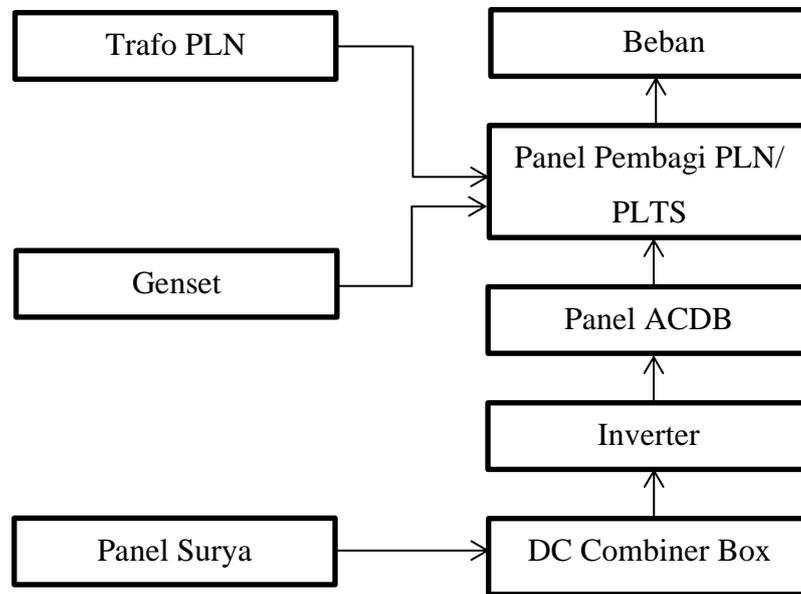


Gambar 3.5 Bagan Alir Penelitian

Pertama dilakukan studi pendahulua dalam mengumpulkan pembahasan topik yang akan dibahas tentang panel surya. Mengambil data dai panel surya 10 kw yang terpasang pada pondok pesantren tersebut. Dimana data meliputi arus dan tegangan keluaran panel surya kemudian disuusul data total beban yang dibuthkan

untuk menghidupkan beban yang terpasang di pesantren. Setelah data lengkap dan valid maka mengambil hasil ujianalisa dan selesai tahapan penelitian

3.5 Blok Diagram Alat



Gambar 3.6 Blok Diagram

Panel sel surya menangkap sinar matahari untuk diubah menjadi energy listrik dan mengukur intensitas cahaya matahari. Kemudian mengukur energi listrik dihasilkan panel surya dengan menggunakan Ampere meter. Kabel dialirkan ke Dc kombiner sebagai control pembagi anatar plts dan pln, kemudian disalurka ke inverter untuk diubah dari tegangan dc ke ac.kemudian kabel di salurkan ke panel acdb yaitu sebagai pusat control antara plts dengan genset, kemudian disalurkan ke panel beban

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Umum

Tugas akhir ini bertujuan sebagai untuk melihat hasil pengukuran yang dapat menggunakan analisis penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada pondok pesantren muhammadiyah kwala madu. Hasil yang dilihat adalah tegangan dan arus pada keluaran yang didapat dari analisis Analisis Konsumsi Energi dan Perhitungan Pemakaian PLTS Pada Pondok Pesantren Modern Muhammadiyah Kwala madu. Hasil pengukuran diperoleh dengan mengamati hasil keluaran daya yang terpasang.

4.2 Analisis pemakaian beban listrik PLN sebelum menggunakan PLTS pada pesantren

Tabel 4.1 Beban Yang Digunakan

NO	Beban	Jumlah unit	Daya (W)	Total beban	Jam pemakaian (WH)	Daya
1	Lampu laundry	8	20	160	8	1.280
2	Lampu tempat strika	8	20	160	8	1.280
3	Lampu Kantin	4	20	80	8	6.40
4	Kipas angin laundry	4	64	256	8	2.048
5	Kipas angin tempat strika	2	64	128	8	1.024
6	Kipas angin kantin	2	64	128	8	1.024
7	Lampu kantor	5	20	100	14	1400
8	Lampu Kamar mandi	100	20	2000	8	16.000
9	Kipas angin kamar	42	64	2688	9	24.192
10	Mesin cuci	18	400	7200	8	57.600
11	Kipas angin masjid	7	210	1470	10	14.700
12	AC kantor	5	600	3000	12	36.000
13	AC perpustakaan	3	600	1800	12	21.600
14	Lampu ruang belajar	62	20	1240	7	8.680
15	Kipas ruang belajar	32	64	2048	7	14.336
16	Lampu masjid	12	20	2560	6	1.200
17	Pompa air	25	250	6,250	9	56250
18	Sound system masjid	6	500	3000	5	1500
19	Komputer perpustakaan	2	500	1000	8	8000
20	Tv perpustakaan	1	150	150	8	1200
21	Ac kelas	5	400	1000	8	8000

22	Lampu Klinik	3	20	60	10	600
23	Ac perpustakaan	2	400	800	8	2400
24	Lampu perpustakaan	3	20	60	8	480
26	Lampu pondok	3	20	60	12	720
27	Lampu ruang makan Pria	15	20	300	6	1800
28	Kipas ruang makan Pria	10	64	640	6	2.688
29	kulkas	2	80	160	8	1.280
30	komputer kantor guru	5	90	450	9	4.410
31	TV ruang belajar	2	70	140	5	700
32	Lampu Pos Satpam	4	20	80	12	960
33	Lampu toilet umum	10	20	200	16	3200
34	AC masjid	3	400	1200	10	12.000
36	Ac thafis	3	400	1200	6	7.200
37	Infokus	6	180	1080	6	6.480
38	cctv	20	224	4480	24	107.520
39	print	12	50	600	8	4.800
40	Mesin fotokopi	1	1500	1500	8	12.000
41.	AC Tata usaha	2	400	800	8	6400
42	Print Tata usaha	5	50	250	8	2000
43	Komputer Tata Usaha	5	200	1000	8	8000
44.	Lampu Tata Usaha	4	20	80	8	640
45	AC UKS	2	400	800	8	6400
46	Lampu UKS	4	20	80	8	640
47	Pompa air Tata Usaha	1	250	250	8	2000
48	Sound system Pesantren	1	900	900	2	1800
49	Rice cooker	10	390	3900	10	39.000
50	Blander	6	150	900	3	2.700
51	Kulkas dapur	4	150	600	24	14.400
52	Lampu Ruag makan wanita	15	20	300	6	1800
53	Lampu Ruang makan pria	10	64	640	6	2688
54	Lampu Kamar pria	100	20	2000	14	28.000
55	Lampu kamar wanita	122	20	2440	14	34.160
56	Kipas kamar pria	44	80	3520	14	49.280
57	Kipas kamar wanita	60	80	4800	14	67.200
58	Lampu thafiz	10	20	200	8	1600
59	Wifi	5	18	90	24	2.160
60	Dispenser	10	400	4000	12	48.000
61	Charger Hp	20	10	400	4	1600
62	Mesin Doorsmer	1	650	650	9	5.850
63	Jam digital masjid	2	20	40	24	960
64	Mesin air kamar cewe	12	150	18000	10	18000
TOTAL		1126				688.232

Dari hasil penelitian yang di analisis di pondok pesantren daya yang terpasang sebesar 105000 VA dengan pemakaian beban pada tabel diatas dan pondok pesantren ini juga memakai plts on grid sebesar 10 kwp yang berfungsi untuk menghemat biaya tagihan listrik. adapun biaya tagihan listrik sebelum memakai plts sebagai berikut.

Biaya tagihan listrik sebelum memakai PLTS

Berapakah biaya yang harus dibayar selama 1 hari ?

$$\text{energi perhari} = \text{Daya} \times \frac{1}{1000} \times \text{harga listrik perkwh} \times \text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{energi perhari} &= 688.232 \times \frac{1}{1000} \times 900 \\ &= 0.688232 \times 900 \\ &= \text{Rp. 619.408} \end{aligned}$$

Jadi biaya listrik sealama satu hari yang digunakan pada pesantren sebesar Rp.656.212. dan adapun biaya penggunaan listrik selama sebulan sebagai berikut

Biaya selama 26 hari adalah

$$\begin{aligned} &= \text{Daya} \times \frac{1}{1000} \times \text{harga listrik 1 kwh} \times \text{hari} \\ &= 688232 \times \frac{1}{1000} \times 900 \times 26 \\ &= 0.688232 \times 900 \\ &= \text{Rp. 619.408} \times 26 \\ &= \text{Rp 16.104.608} \end{aligned}$$

jadi biaya yang harus dibayar dalam 26 hari adalah sebesar Rp 16.104.608

4.3 Analisa beban listrik yang terpakai pada pesantren.

Tabel 4.2 Beban Terpanag Yang Memakai PLTS

No	Beban	Jumlah unit	Daya (WH)	Total Beban (W)
1.	Lampu	20	20 watt	400
2.	Kipas angin	8	64 watt	512
3.	Mesin cuci	18	400 watt	7200

4.4 Panel surya yang harus digunakan

Tabel 4.3 Beban Yang Menggunakan PLTS

No	Beban	Total beban (Watt)	Jam pemakaian (hour/day)	Daya (WH)
1.	Lampu	400	8	3200WH
2.	Kipas angin	512	8	4096 WH
3.	Mesin cuci	7200	8	57600WH
Total		8112Watt		6489 WH

Dari tabel diatas total konsumsi daya perhari pada pesantren adalah 64.896 kwh/Day untukantisipasi mendung (tanpa sina matahari), sehingga perlu adanya penambahan 30% dari 64.896 WH maka menjadi 84364 WH waktu optimal dimulai dari jam 9 sampai 16:00wib.

Banyaknya panel yang digunakan pada pondok pesantren

$$\text{modul surya} = \frac{\text{Total Daya}}{\text{Waktu Ideal panel beroperasi}}$$

$$\text{modul surya} = \frac{84,364}{8}$$

$$\text{Modul Surya} = 10545 \text{ wp}$$

untuk mendapatkan daya yang di inginkan, maka menggunakan panel sebesar 440Wp, maka panel yang dibutuhkan :

$$\text{jumlah panel surya} = \frac{\text{Modul surya yang harus disediakan}}{\text{kapasitas modul surya}}$$

$$\text{jumlah modul surya} = \frac{10545}{440}$$

$$\text{Jumlah modul surya} = 23 \text{ buah}$$

Dari perhitungan diatas menggunakan modul surya sebanyak 23 buah dan masing-masing modul suryanya sebesar 440wp dan penggunaan plts ini idealnya menggunakan selama 8 jam setiap harinya. PLTS ini setiap bulannya wajib dibersihkan agar terhindar dari debu yang mengakibatkan kurangnya tegangan

yang dihasilkan oleh matahari. Adapun pengurangan biaya listrik saat menggunakan biaya listrik selama sebulan sebagai berikut.

Biaya tagihan listrik selama 26 hari menggunakan PLTS.

$$\begin{aligned} & \text{Daya} \times \text{tarif listrik} \times \text{hari} \\ & = 6489 \times 900 \times 26 \\ & = 58.401 \times 26 \\ & = \text{Rp. 1.518.426} \end{aligned}$$

jadi tagihan listrik yang harus dibayar jika menggunakan plts selama 26 hari sebesar Rp. 1.518.426. Adapun pengurangan tagihan listrik sebelum memakai plts dan sesudah memakai plts sebagai berikut.

Dari total penghematan biaya tagihan selama 26 hari sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{tagihan listrik sebelum memakai PLT} \\ & \quad - \text{tagihan listrik sesudah pakai plts} \\ & \text{Rp. 16.104.608} - 1.518.426 \\ & \text{Rp. 14,586,182} \end{aligned}$$

Biaya listrik yang harus dibayar setelah menggunakan plts selama 26 hari sebesar Rp.15,543,242. hal ini berpengaruh terhadap biaya tagihan listrik setelah memakai plts.

adapun biaya tagihan listrik yang dikenakan ppn sebesar Rp. 1.457.100 jadi biaya tagihan listrik yang harus dibayar untuk pondok pesantren sebesar $\text{Rp. 14.586.182} + \text{Rp. 1.457.100} = \text{Rp. 16.043.682}$.

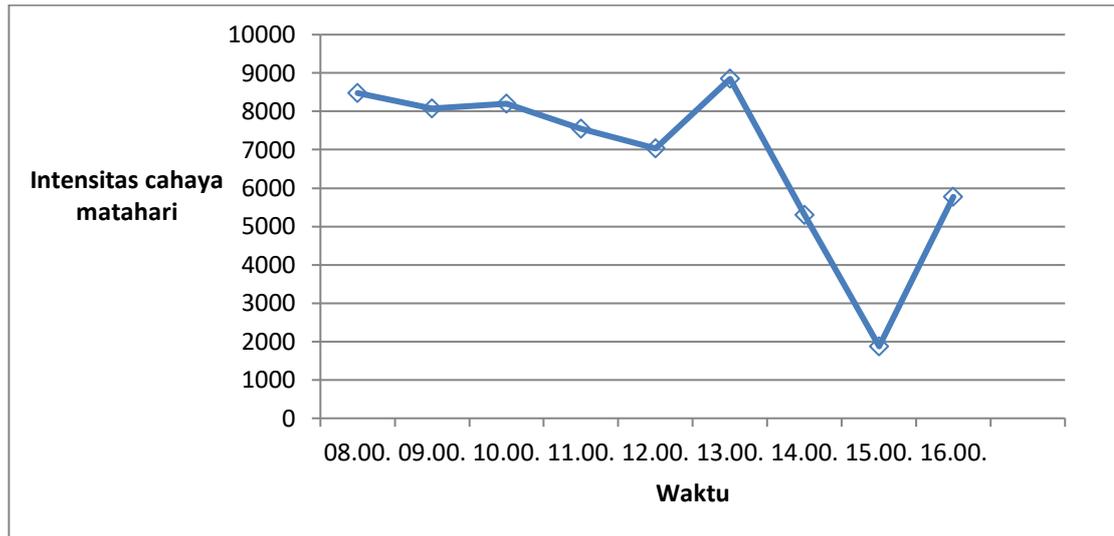
 PT. PLN (PERSERO) UJW SUMATERA UTARA UP3 BINJAI ULP BINJAI KOTA		INFORMASI TAGIHAN LISTRIK PT. PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO) Jl. Trunojoyo Blok M 1 / 135, Melewa Kebayoran Baru - Jakarta Selatan NPWP : 01.001.629.3-051.000			
Kepada Yth : PESANTREN MUHAMADIYA JL. MELATI DS.SIDOMULYO		Id Pelanggan : 122010206217 Rekening Bulan : 05-2024 Tarif / Daya : S2 / 105.000 VA Tarif / Daya Lama : S2 / 105.000 VA FKM kWh/kVarh : 40 / 40 FKM kWh/kVarh LM : 40 / 40 Jam Nyala / Fak K : 154 Kapasitas Output : 10.000 VA Inverter Runden PI TR : kWh Ril offset : 16.190 kWh RMeMin Lama : 0 kWh			
No Invoice : 122010206217-0524 NPWP : 00.000.000.0-000.000 Nama Sesuai NPWP : Alamat Sesuai NPWP : NIK :					
Catatan Meter Import (PLN ke Pelanggan)					
	Tanggal	LWBP	WBP	TOTAL	KVARH
Sl Akhir	01-05-2024	6.684.040	0,000		0,000
Sl Awal	01-04-2024	6.278.680	0,000		0,000
Selish Stand (st akhir - st awal) * FKM		16.214,000	0,000		
Pemakaian kWh Total		16.214,000	0,000	16.214,000	0,000
Biaya pemakaian sebelum subsidi				Rp	1.772,23
Total Pendapatan Biaya Pemakaian sebelum subsidi di luar biaya beban dan lainnya				Rp	28.734,937
Catatan Meter Export (Pelanggan ke PLN)					
	Tanggal	LWBP	LWBP 65%	Offset	
Sl Meter Akhir	01-05-2024	1,050			
Sl Awal	01-04-2024	0,120			
Selish Stand (st akhir - st awal) * fkm		37,200	24,000	24,000	
Pemakaian kWh Total		37,200			
I Penyerahan Listrik					
1. Pendapatan Biaya Beban				Rp	0
2. Pendapatan Biaya Pemakaian				Rp	
Subsidi				Rp	14.163,937
	LWBP	WBP		kVarh	
	Pemk kWh	Biaya Pemk	Sub Total	Pemk kWh	Biaya Pemk
A	16.190	900	14.571.000	0	0
B					
C					
D					
3. Rupiah PTL Bruto *				Rp	14.571.000
Rupiah 0% Relaksasi				Rp	0
4. Rupiah Komposisi TMP				Rp	0
5. Jumlah PTL Netto				Rp	14.592.600
6. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL) yang ditagihkan				Rp	14.571.000
7. Tagihan Lainnya				Rp	0
8. Jumlah Rupiah Pemakaian Tenaga Listrik (PTL)				Rp	14.571.000
9. PPN				Rp	1.602.810
Total Penyerahan Listrik				Rp	14.571.000
PPN DIBEBASKAN SESUAI PP NOMOR 49 TAHUN 2022					
II Pajak Barang dan Jasa Tertentu atas Tenaga Listrik (PBJT-TL) (...% X PTL Netto)					
PTL				Rp	1.457.100
10,00 (%) x 14.571.000				Rp	1.457.100
III Penyerahan Non Listrik					
1. Sewa Trafo / Pemakaian Trafo / Sewa Kapasitor / Operasi Paralel / Layanan UAP, dll				Rp	0
2. PPN				Rp	0
3. Renewable Energy Certificate / 0 unit x Rp 0				Rp	0
4. PPN Renewable Energy Certificate				Rp	0
Total Penyerahan Non Listrik				Rp	0
IV Jumlah Tagihan (I + II + III)				Rp	16.028.100
TERBILANG					
Enam Belas Juta Dua Puluh Delapan Ribu Seratus Rupiah					
Data Saldo PLTS Atas :					
a. Saldo Awal (dalam kWh)	a				0,00
b. kWh Export Bulan Berjalan	b				24,00
c. Offset Net kWh Export Bulan Berjalan	c				24,00
d. Saldo Akhir (dalam kWh)	d = (a+b) - c				0,00
Batas Akhir Masa Bayar 20 Mei 2024 Status : LUNAS (11) Tanggal Bayar : 15/05/2024 Biaya Keterlambatan (BK) : Rp. 0 Bea Meterai Lunas : Rp. 10.000 Total Tagihan yang sudah ditunasi Rp. 16.038.100					
BINJAI KOTA, 21-08-2024 MANAJER					
Keterangan : A = Tarif/Daya Baru TTL Baru B = Tarif/Daya Lama TTL Baru C = Tarif/Daya Baru TTL Lama D = Tarif/Daya Lama TTL Lama					
SITI ASIYAH MUTIA					
1. Informasi Tagihan Listrik ini berlaku sebagai dokumen tertentu yang kedudukannya dipersamakan dengan Faktur Pajak sesuai dengan Peraturan Direktur Jenderal Pajak No. PER-16/PJ/2021. * Jika Pemakaian kWh setelah offset kurang dari batas RMeMin, maka akan dikenakan pemakaian kWh sebesar batas RMeMin. * Sudah termasuk stimulus/relaksasi					

4.5 Data hasil PLTS
pada hari ke 1

Tabel 4.4 Data Hasil PLTS Pada Setiap 1 Jam Sekali

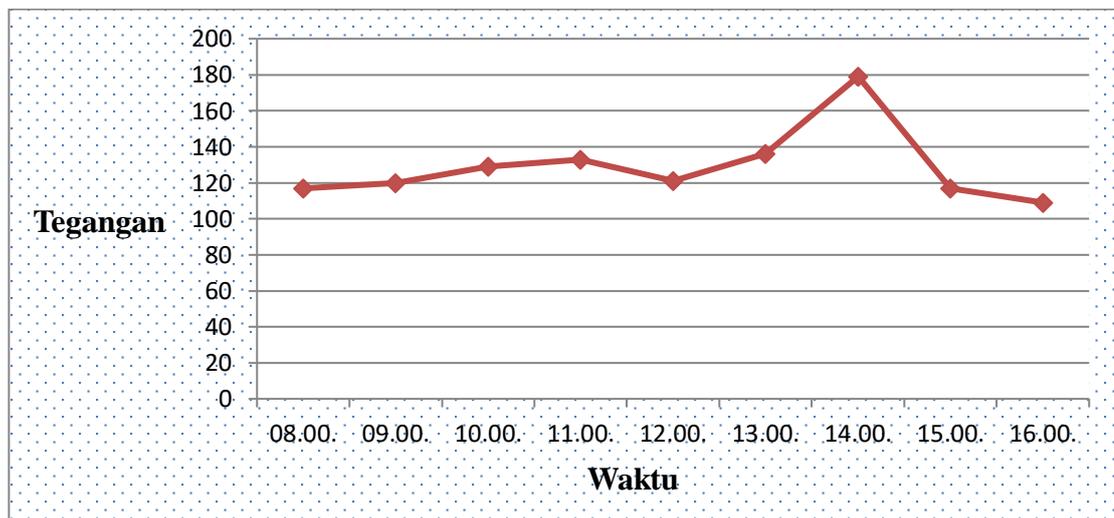
Jam	Intensitas Cahaya matahari (Lux)	Intensitas Cahaya matahari (w/m)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Suhu (°c)	Panel AC (V)	Inverter V
08.00.	84750	669.52	117,7	12,2	29	226.6	12,1
09.00.	80770	638.08	120,3	10,2	31	221.1	12.0
10.00.	82030	648.03	129,3	13,7	32	225,1	12,7
11.00.	75460	596.13	133,5	14,1	31	223,2	13.0
12.00.	70350	555.76	121,1	13,3	34	226,7	12,3
13.00.	88480	698.99	136,1	13,5	35	225,6	12,5
14.00.	53040	419.01	139,1	11,6	37	223,2	12,2
15.00.	59310	468.54	117,1	12,3	37	224,3	12,5
16.00.	57710	455.90	109,1	14,1	35	221,6	12,4
Hasil	651900		1144	142			

pada tabel 4.4 diatas menjelaskan pengukuran plts setiap 1 jam sekali. pada hasil pengukuran dihari pertama menunjukkan intensitas cahaya minimum yang dihasilkan pada pukul 14:00 wib lux yang dihasilkan 5304 suhu yang dihasilkan 37°C dan intensitas cahaya maksimum yang dihasilkan pada pukul 13:00 wib lux yang dihasilkan sebesar 8848 suhu yang dihasilkan 35°C. dan hasil lux meter rata-rata 651900 dan tegangan yang dihasilkan 1144 V dan hasil rata-rata arus 142 dari hasil pengukuran ini dapat disimpulkan bahwasannya intensitas yang diukur setiap jamnya dapat berubah semakin tinggi lux yang dihasilkan maka semakin bagus energi yang dihasilkan untuk digunakan.



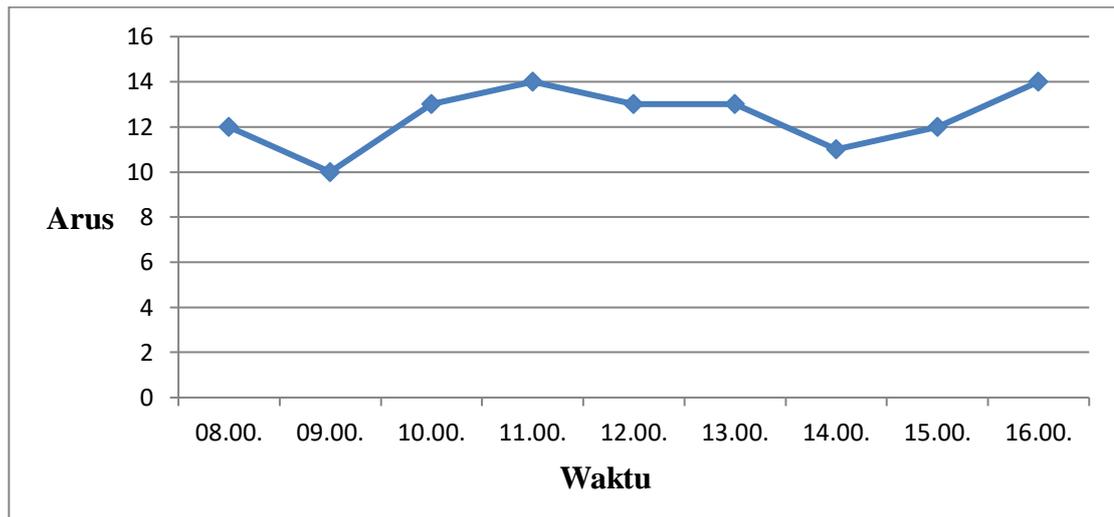
Grafik 4.1 Perubahan Intensitas cahaya

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa setiap intensitas cahaya yang dihasilkan dapat berubah setiap 1 jam sekali yang dapat di ukur menggunakan lux meter.



Grafik 4.2 Tegangan

Dari data grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan dapat berubah setiap 1 jam sekali dan bergantung pada energi yang dihasilkan.



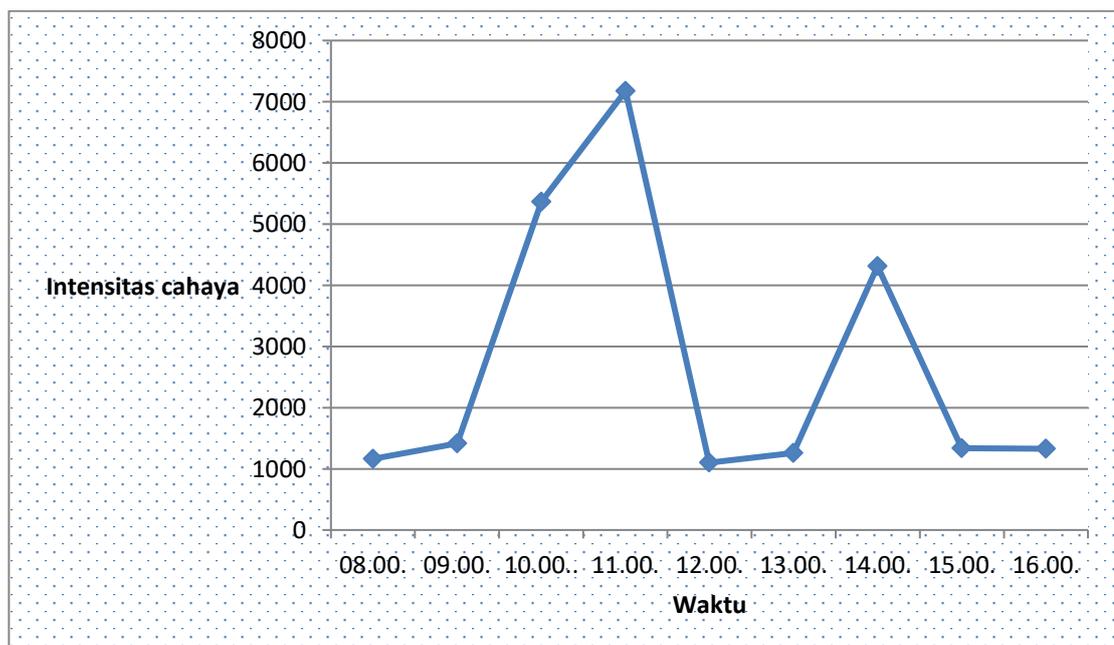
Grafik 4.3 Arus

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa Arus yang dihasilkan dapat berubah dan bergantung pada kondisi cuaca

Tabel 4.5 Data Hasil PLTS Pada Setiap 1 Jam Sekali

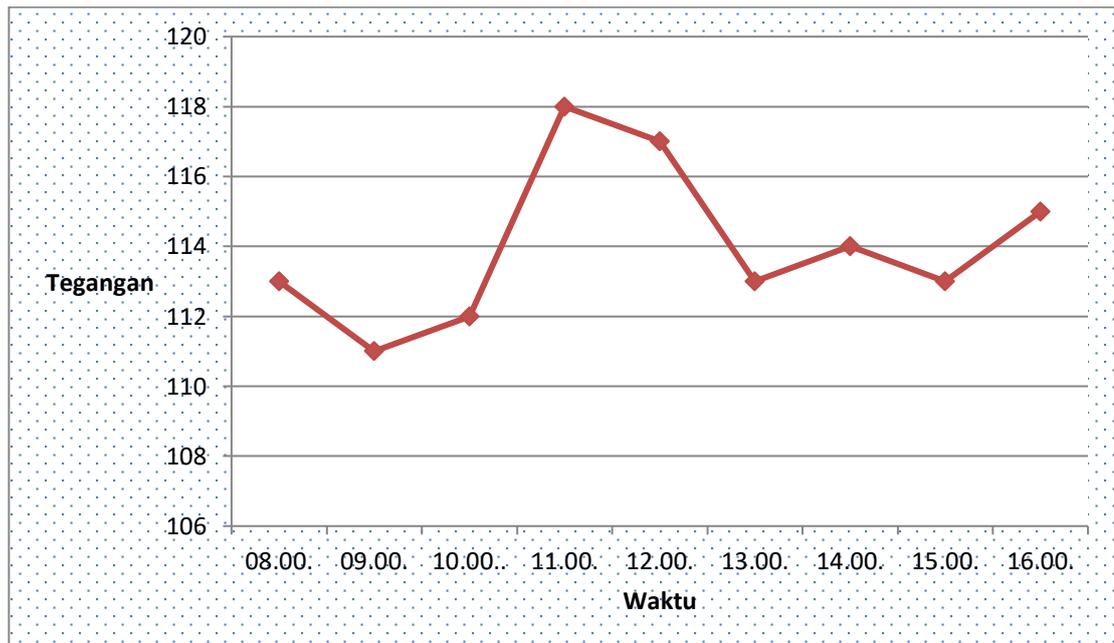
Jam	Intensitas Cahaya matahari Lux	Intensitas Cahaya matahari (w/m)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Suhu (°c)	Panel AC (V)	Inverter V
08.00.	75160	593.76	113,3	11,8	32	226.6	115,4
09.00.	73260	578.75	111,7	16,6	34	221.1	110,7
10.00..	53690	424.15	112,3	11,3	33	225,1	12,7
11.00.	71760	566.90	118,9	16,9	34	222,2	13.0
12.00.	70520	557.10	117,4	12,8	35	223,7	12,3
13.00.	71350	585.78	113,9	14,7	33	222,6	12,5
14.00.	71850	563.66	114,0	15,4	34	224,2	12,2
15.00.	69850	567.61	113,7	13,3	32	223,3	12,5
16.00.	70950	551.81	115,1	13,1	31	221,6	12,4
Hasil	628390		1069	170			

Data pada hari ke 2 pada tabel 4.3 diatas menjelaskan pengukuran plts setiap 1 jam sekali. pada hasil pengukuran dihari pertama menunjukkan intensitas cahaya minimum yang dihasilkan pada pukul 12:00 wib lux yang dihasilkan 1100 suhu yang dihasilkan 35°C dan intensitas cahaya maksimum yang dihasilkan pada pukul 11:00 wib lux yang dihasilkan sebesar 7176 suhu yang dihasilkan 35°C. hasil lux meter rata-rata 628390 dan hasil rata-rata tegangan 1069 V dan hasil arus 170 A dari hasil pengukuran ini dapat disimpulkan bahwasannya intensitas yang diukur setiap jamnya dapat berubah semakin tinggi lux yang dihasilkan maka semakin bagus energi yang dihasilkan untuk digunakan.



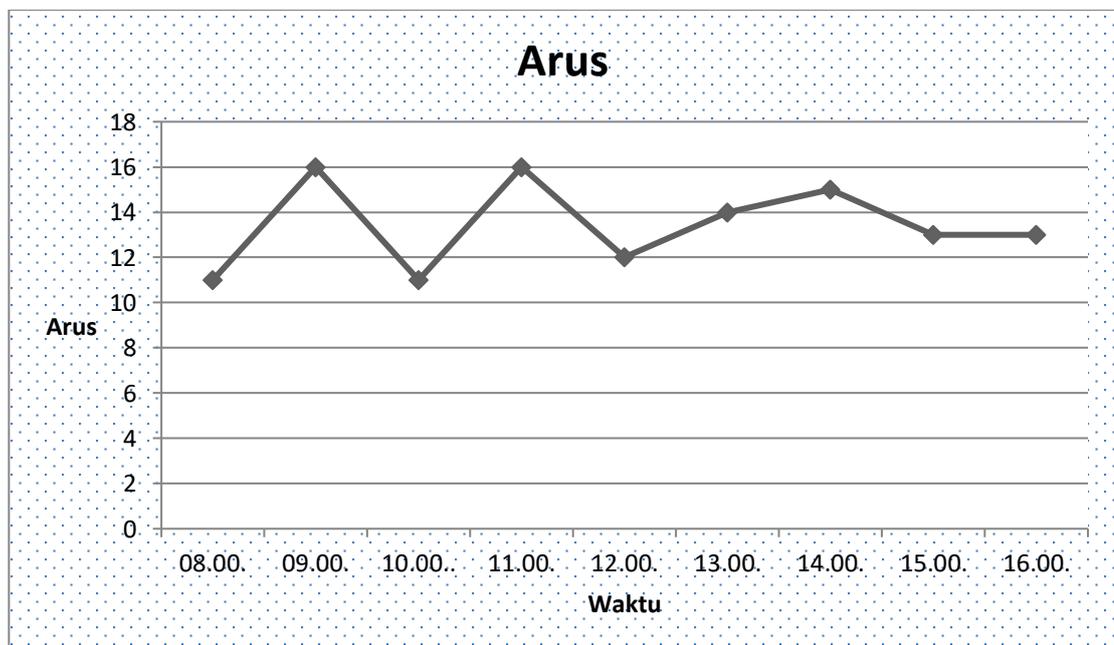
Grafik 4.4 Intensitas Cahaya

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa setiap intensitas cahaya yang dihasilkan dapat berubah setiap 1 jam sekali yang dapat di ukur menggunakan lux meter.



Grafik 4.5 Tegangan

Dari data grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan dapat berubah setiap 1 jam sekali dan bergantung pada energi yang dihasilkan.



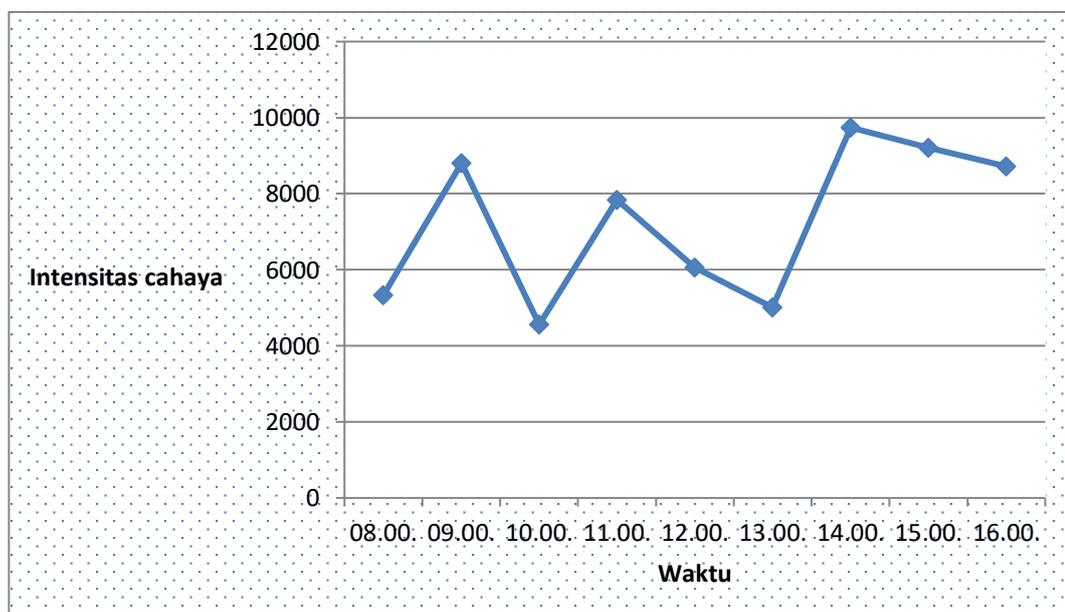
Grafik 4.6 Arus

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa Arus yang dihasilkan dapat berubah dan bergantung pada kondisi cuaca.

Tabel 4.6 Data Hasil PLTS Pada Setiap 1 Jam Sekali

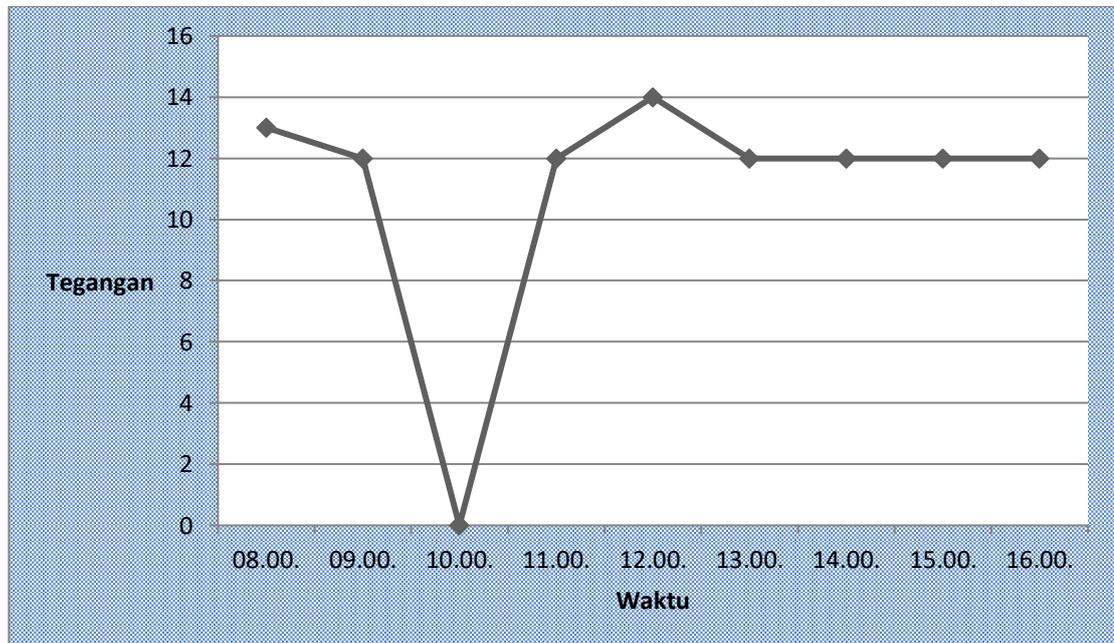
Jam	Intensitas Cahaya matahari Lux	Intensitas Cahaya matahari (w/m^2)	Tegangan (Volt)	Arus (A)	Suhu ($^{\circ}C$)	Panel AC (V)	Inverter V
08.00.	53300	421.07	130,1	12,7	29	224,0	115,4
09.00.	87970	694,963	127,1	13,0	31	226,8	110,7
10.00.	45590	360.16	125,1	13,2	31	223,4	114,7
11.00.	78350	618.96	128,1	12,8	30	222,1	116,8
12.00.	60670	479,293	147,1	13,3	32	227,1	112,3
13.00.	50120	395,948	127,5	12,2	3	223,4	12,5
14.00.	97390	769.38	124,2	18,0	35	224,2	118,5
15.00.	92160	728.06	121,7	13,5	34	225,3	117,8
16.00.	87130	688.327	123,5	12,1	33	221,3	115,7
Hasil	652680		1176	146			

Data pada hari ke 3 pada tabel diatas menjelaskan pengukuran plts setiap 1 jam sekali. pada hasil pengukuran dihari pertama menunjukkan intensitas cahaya minimum yang dihasilkan pada pukul 15:00 wib lux yang dihasilkan 1875 suhu yang dihasilkan $34^{\circ}C$ dan intensitas cahaya maksimum yang dihasilkan pada pukul 14:00 wib lux yang dihasilkan sebesar 8848 suhu yang dihasilkan $35^{\circ}C$. dari hasil rata-rata lux meter menghasilkan 652680 dan hasil rata-rata pada tengangan 1176 V dan hasil arus rata-rata 146 A. dari hasil pengukuran ini dapat disimpulkan bahwasannya intensitas yang diukur setiap jamnya dapat berubah semakin tinggi lux yang dihasilkan maka semakin bagus energi yang dihasilkan untuk digunakan.



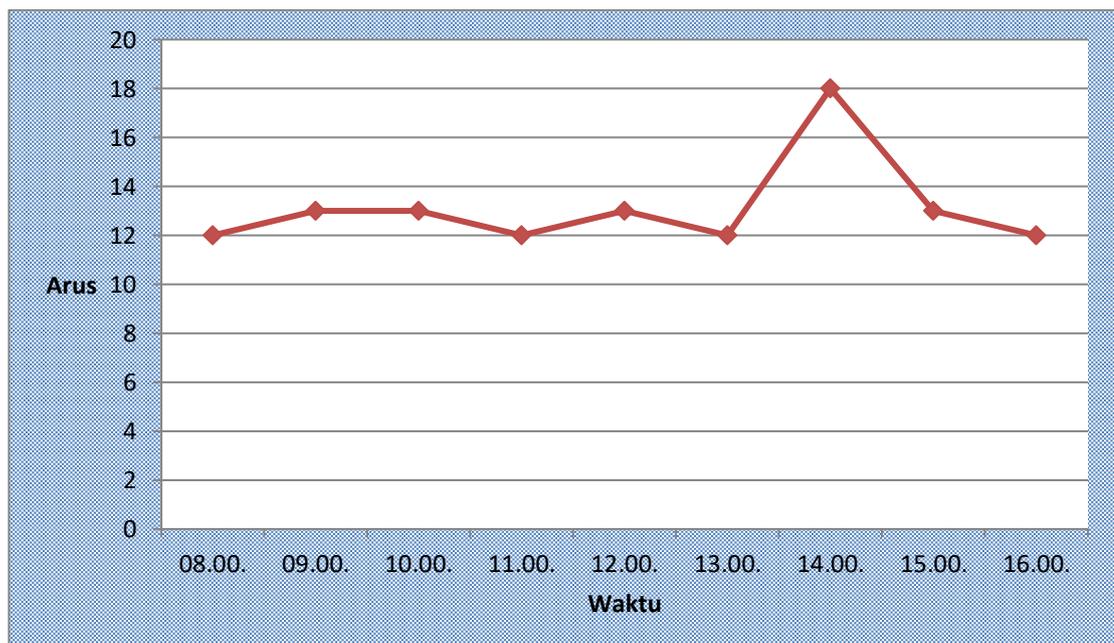
Grafik 4.7 Intensitas Cahaya

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa setiap intensitas cahaya yang dihasilkan dapat berubah setiap 1 jam sekali yang dapat di ukur menggunakan lux meter.



Grafik 4.8 Tegangan

Dari data grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan dapat berubah setiap 1 jam sekali dan bergantung pada energi yang dihasilkan.



Grafik 4.9 Arus

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa Arus yang dihasilkan dapat berubah dan bergantung pada kondisi cuaca.

Foto hasil penelitian di pondok pesantren modern muhammadiyah kwala madu





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian saya terkait “Analisis konsumsi energi dan perhitungan pemakaian plts pada pondok pesantren modern muhammadiyah kwala madu” plts ini dapat menampung beban sebesar 8112 W dengan penggunaan daya 6489 WH
2. Plts yang digunakan adalah plts on-grid yang dimana plts ini tidak menggunakan batrai dan apabila terjadi pemadaman listrik dari pln peralatan yang menggunakan plts juga ikut padam. PLTS yang digunakan sebesar 10 wp menggunakan panel sebanyak 23 buah dan masing-masing panel menghasilkan tegangan 440 kwp.
3. Sebelum pemakaian plts biaya tagihan listrik Rp.17.061.668 dan sesudah memakai plts menjadi Rp.15.543.242. dari total tagihan listrik tersebut mempunyai selisih Rp.1.518.426. ini artinya plts sangat mmbantu dalam menghemat tagihan listrik.

5.2 Saran

1. Plts yang digunakan seharusnya menggunakan plts of-grid agar apabila terjadi pemadaman listrik dari pln plts tetap berfungsi dan dapat menghemat biaya tagihan listrik.
2. Sebaiknya pemasangan panel surya berada di tempat yang aman dan mempunyai space yang lebar agar dapat bisa dilewati saat terjadi gangguan pada panel surya
3. Tigkat kerapian pada plts perlu ditingkatkan lagi agar tidak membahayakan dan mendapat hasil yang bagus

DAFTAR PUSTAKA

- Abit Duka, E. T., Setiawan, I. N., & Ibi Weking, A. (2018). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung. *Jurnal SPEKTRUM*, 5(2), 67. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2018.v05.i02.p09>
- Awal, H., & Irma, I. (2022). Penerapan Panel Surya Untuk Aktifitas Pendidikan di SD Negeri 23 V Koto Timur. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 29(1), 73–78. <https://doi.org/10.35134/jmi.v29i1.112>
- Bayu, H., & Windarta, J. (2021). Tinjauan Kebijakan dan Regulasi Pengembangan PLTS di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 123–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.10043>
- Bayu Kusuma, K., Indra Partha, C. G., & Sukerayasa, I. W. (2020). PERANCANGAN SISTEM POMPA AIR DC DENGAN PLTS 20 kWp TIANYAR TENGAH SEBAGAI SUPLAJ DAYA UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN AIR MASYARAKAT BANJAR BUKIT LAMBUH. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(2), 46. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2020.v07.i02.p7>
- Evalina, N., Azis H, A., Rimbawati, & Cholish. (2019). Efficiency analysis on the inverter using the energy-saving lamp. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 674(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012034>
- Evalina, Noorly, Cholish, Abdullah, & Zainul Haq, M. (2021). Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan. *Teknik Elektro*, 3(2), 94–100. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/v3i2.6492/5248>
- Evalina, Noorly, Faisal Irsan Pasaribu, & Abdul Azis H. (2021). The Use of Inverters in Solar Power Plants for Alternating Current Loads. *Britain International of Exact Sciences (BioEx) Journal*, 3(3), 151–158. <https://doi.org/10.33258/bioex.v3i3.496>
- Evalina, Noorly, Irsan, F., & Azis, A. (2023). *The Use of Solar Power in Liquid Spraying Robots. 1*(2), 131–135.
- Gunawan, N. S., Kumara, I. N. S., & Irawati, R. (2019). Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) 26,4 Kwp Pada Sistem Smart Microgrid Unud. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 1. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p01>
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., Siregar, C. A. P., & Oktrialdi, B. (2021). Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic. *Journal of Electrical Technology UMY*, 5(1), 26–31. <https://doi.org/10.18196/jet.v5i1.12089>
- Indra Saputra, I. P., Satya Kumara, I. N., & Indra Partha, C. G. (2019).

- Perancangan Plts Untuk Perahu Nelayan Tradisional Sebagai Pengganti Genset. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(4), 102. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2019.v06.i04.p15>
- Kariongan, Y. dan J. (2022). Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6, 3763–3773. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/3453>
- Rezky Ramadhana, R., Iqbal, M. M., Hafid, A., & Teknik Elektro, J. (2022). Analisis Plts on Grid. *Jurnal Teknik Elektro UNISMUH*, 14(1), 12–25.
- Sugiarto, I. N., Suparta, I. N., & Teresna, I. W. (2020). Perbandingan Suplai Energi Panel Surya Polycrystalline Pada Plts on-Grid. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6 ISAS Publishing Series: Engineering and Science*, 6(1), 285–292.
- Sugirianta, I., Saputra, G., & Sunaya, G. (2019). Modul Praktek PLTS On-Grid Berbasis Micro Inverter. *Jurnal Matrix*, 9(1), 19–27. <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/matrix/article/view/1168>
- Troulis, M. (2020). 叶青松 1, 2, 3 1. *Jornada Científica de Farmacología y Salud I LAS*, 28(1), 1–11.
- Wicaksana, M. R., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. . (2019). Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 Kwp Pada Kantor Gubernur Bali. *Jurnal SPEKTRUM*, 6(3), 107. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2019.v06.i03.p15>
- Wijayanto, D., Haryudo, S., Wrahatnolo, T., & Nurhayati, D. (2022). Rancang Bangun Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Plts Sistem On Grid Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Aplikasi Telegram. *Jurnal Teknik ...*, 11(3), 447–453. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/49288%0Ahttps://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/download/49288/41004>
- Winardi, B., Nugroho, A., & Dolfina, 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>
- Zainuddin, M. (2017). Pengaruh Masuknya PLTS on Grid Skala Besar Pada Sistem Distribusi 20 KV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya. *Fortei*, October 2017, 7.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Fajar Maulana

Tempat/Tanggal Lahir : Binjai / 4 Agustus 2002

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Umur : 22 Tahun

Agama : Islam

Status ; Belum Menikah

Tinggi Badan / Berat Badan : 166 cm / 51 Kg

kewarganegaraan :Indonesia

Alamat ; JL. Sei Bahorok Binjai selatan

No Hp : 081370563710

Email : fjrrmaulana0408@gmail.com

Latar Belakang Pendidikan

Play Group Aries Jakarta Barat : Tahun 2006-2008

SD N 027950 Binjai : Tahun 2008-2014

SMP N 7 Binjai : Tahun 2014-2017

SMA N 1 Binjai : Tahun 2017-2020

Universitas Muhammadiyah : Tahun 2020-2024

Sumatera Utara