

**ANALISA KESTABILAN ALIRAN DAYA PADA PLTU DAN
SIMULASI PENAMBAHAN PV PADA KELISTRIKAN
PT.SSL BERBASIS ETAP**

SKRIPSI

OLEH:

**SYAHRIL GUNAWAN MUNTHE
188120009**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 10/11/23

Access From (repository.uma.ac.id)10/11/23

**ANALISA KESTABILAN ALIRAN DAYA PADA PLTU DAN
SIMULASI PENAMBAHAN PV PADA KELISTRIKAN
PT.SSL BERBASIS ETAP**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Oleh:

SYAHRIL GUNAWAN MUNTHE

188120009

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area


Document Accepted 10/11/23

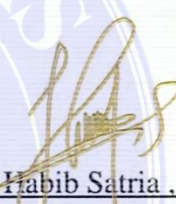
Access From (repository.uma.ac.id)10/11/23


HALAMAN PENGESAHAN


Judul Skripsi : Analisa Kestabilan Aliran Daya Pada PLTU Dan Simulasi Penambahan PV Pada Kelistrikan PT. SSL Berbasis ETAP
Nama : Syahril Gunawan Munthe
NPM : 188120009
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Moranain Mungkin, S.T, M.Si
Pembimbing I


Ir. Habib Satria, M.T, IPP
Pembimbing II


Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom
Dekan


Ir. Habib Satria, M.T, IPP
Ka. Prodi

Tanggal Lulus : 08 September 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 01 September 2023



Syahril Gunawan Munthe

188120009

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syahril Gunawan Munthe
NPM : 188120009
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: **Analisa Kestabilan Aliran Daya Pada PLTU Dan Simulasi Penambahan PV Pada Kelistrikan PT. SSL Berbasis ETAP**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal: 01 September 2023
Yang Menyatakan

(Syahril Gunawan Munthe)

ABSTRAK

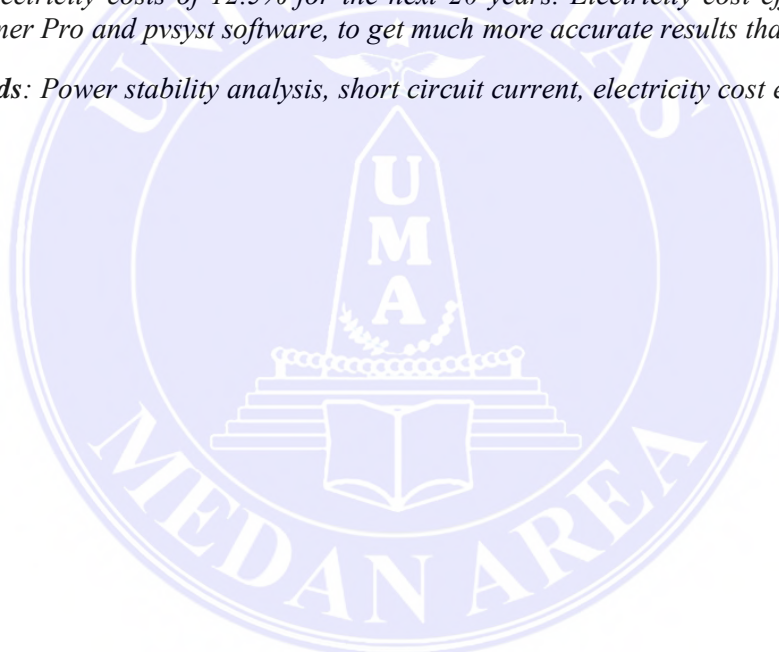
Kebutuhan listrik pada suatu industri sangat besar, maka dari itu tak jarang industri membuat pembangkit listrik PLTU. Namun masih jarang ditemukan industri yang menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Penelitian ini akan mensimulasikan bagaimana sebuah industri menggunakan *Photovoltaic* (PV) dengan sistem On-Grid, yang akan disimulasikan dengan menggunakan *software* ETAP versi 19.0.1. dan melakukan analisa kestabilan aliran daya, hubung singkat dan efisiensi biaya, dengan perbandingan sebelum dan sesudah penambahan PV. Metode yang dilakukan adalah observasi dan wawancara pada tempat penelitian. Hasil yang didapat dari simulasi pada *software*, PLN hanya mensuplai sebesar 1.52 kW dan PV sebesar 25.7 kW, dimana sebelumnya PLN mensuplai 27.1 kW. Dan mengalami losses voltage sebesar 28.7 kW. Setelah penambahan PV pada bus perumahan simulasi arus hubung singkat 3 fasa simetrisnya adalah 1.273 A (I''_k), puncaknya adalah 2.067 A (I_p) dan tidak simetrisnya adalah 1.133 A (I_k). Arus hubung singkat fasa ke tanah simetrisnya adalah 0.800 A (I''_k), puncaknya adalah 1.298 A (I_p) dan tidak simetrisnya adalah 0.800 A (I_k). Transient stability didapat frekuensi pada bus 7 tidak stabil, dan bus 1 stabil. Pada plot tegangan pada bus 1 mengalami drop tegangan hingga 310 Volt selama 0.5 detik. Efisiensi biaya listrik menghabiskan biaya penambahan PV sebesar Rp.538.250.000 untuk satu tahun pertama. Waktu pengembalian modal investasi awal adalah 4.5 tahun, setelah itu hemat biaya listrik 12.5% hingga 20 tahun ke depan. Efisiensi biaya listrik sebaiknya menggunakan *software* Homer Pro dan pvsyst, untuk mendapatkan hasil yang jauh lebih akurat dari pada ETAP.

Kata Kunci : Analisa kestabilan daya, arus hubung singkat, efisiensi biaya listrik, etap 19.0.1

ABSTRACT

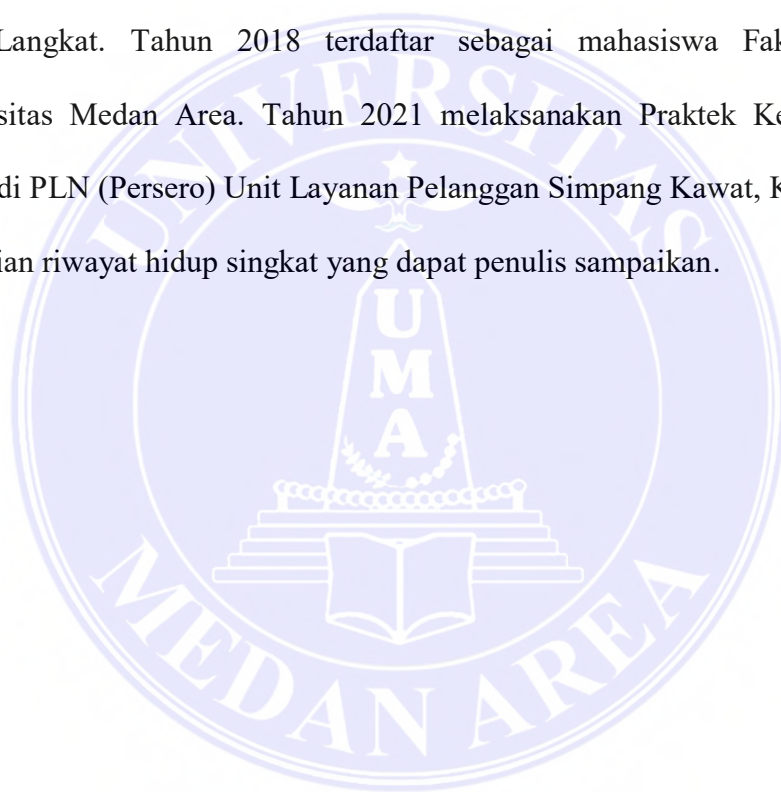
The need for electricity in an industry is very large, therefore it is not uncommon for industries to build PLTU power plants. However, it is still rare to find industries that use Solar Power Plants (PLTS). This research will simulate how an industry uses Photovoltaic (PV) with an On-Grid system, which will be simulated using ETAP software version 19.0.1. and analyzing power flow stability, short circuit and cost efficiency, with a comparison before and after adding PV. The method used was observation and interviews at the research site. The results obtained from the simulation in the software, PLN only supplies 1.52 kW and PV 25.7 kW, where previously PLN supplied 27.1 kW. And experienced voltage losses of 28.7 kW. After adding PV to the residential bus, the symmetric 3 phase short circuit current simulation is 1,273 A ($I''k$), the peak is 2,067 A (I_p) and the unsymmetrical is 1,133 A (I_k). The symmetrical phase-to-ground short circuit current is 0.800 A ($I''k$), the peak is 1.298 A (I_p) and the unsymmetrical is 0.800 A (I_k). Transient stability is obtained by the frequency on bus 7 being unstable, and bus 1 being stable. In the voltage plot on bus 1 there is a voltage drop of up to 310 Volts for 0.5 seconds. Electricity cost efficiency costs the additional PV cost of IDR 538,250,000 for the first year. The payback period for the initial investment is 4.5 years, after which it saves electricity costs of 12.5% for the next 20 years. Electricity cost efficiency should use Homer Pro and pvsyst software, to get much more accurate results than ETAP.

Keywords: *Power stability analysis, short circuit current, electricity cost efficiency, stage 19.0.1*



RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Syahril Gunawan Munthe, dilahirkan di Sinar Pagi pada tanggal 15 Mei 1998, dari ayah Muktar Munthe dan ibu Nurida Ritonga. Penulis merupakan anak kelima dari enam bersaudara. Penulis beralamat di Jalan Tangguk Bongkar No.32 Tegal Sari Mandala II, Kec. Medan Denai, Kota Medan. Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA Negeri 1 Kualuh Selatan dan melanjutkan kerja sebagai security di Perusahaan PT. Perkebunan Nusantara II Tanjung Jati, Kab. Langkat. Tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Tahun 2021 melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Simpang Kawat, Kab. Asahan. Demikian riwayat hidup singkat yang dapat penulis sampaikan.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi penelitian ini dengan baik dan tepat waktu, adapun judul penelitian yang dipilih ialah “Analisa Kestabilan Aliran Daya Pada PLTU Dan Simulasi Penambahan PV Pada Kelistrikan PT. SSL Berbasis ETAP” Dalam penyelesaian skripsi ini penulis banyak melibatkan orang-orang yang sudah membantu dalam pengerjaan skripsi ini, dan pada kesempatan ini penulis ucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberi do'a dan dukungan secara moral maupun material.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, selaku dekan fakultas Teknik.
4. Bapak Ir. Habib Satria, M.T, IPP Selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Moranain Mungkin, S.T, M.Si, selaku Dosen Pembimbing I, yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga, pikiran, memberikan saran, kritik, bimbingan dan pengarahan yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Habib Satria, M.T, IPP, selaku Dosen Pembimbing II, yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Seluruh staff pengajar maupun IT support Universitas Medan Area khususnya Program Studi Teknik Elektro.

8. Ketua dan anggota Badan Kenajiran Masjid (BKM) Silaturahmi di Jalan Tangguk Bongkar No. 32 Tegal Sari Mandala II, yang telah memberikan saya tempat tinggal selama kuliah.
9. Arbain, yang menjadi teman terbaik dan teman-teman Teknik Elektro angkatan 2018 atas kerjasama dan kebersamaanya selama menjalani studi.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, masih banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa yang membacanya, baik itu kalangan pendidikan maupun masyarakat umum. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



Syahril Gunawan Munthe

2.5.1 Kestabilan Aliran Daya	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 <i>Flowchart</i> Diagram Alir Penelitian	19
3.2 Prosedur Penelitian	20
3.2.1 Studi Literatur	20
3.2.2 Pengumpulan Data	20
3.2.3 <i>Single Line</i> Diagram PT. SSL Dengan <i>Software</i>	20
3.2.4 Pengolahan Data	21
3.3 Tahapan Yang Dilakukan Dalam Simulasi	21
3.4 Tempat Penelitian	22
3.4.1 Titik Kordinat Wilayah PT. SSL.....	22
3.5 Merancang <i>Single Line</i> Diagram Menggunakan <i>Software</i> ETAP 19.0.1	23
3.5.1 <i>Single Line</i> Diagram Tanpa Menambah PV	23
3.5.2 <i>Single Line</i> Diagram Dengan Menambah PV	23
3.5.3 Tampilan <i>Input</i> Data Spesifikasi Pada ETAP	22
3.6 Spesifikasi Peralatan Yang Digunakan	23
3.6.1 Spesifikasi Trafo Distribusi Yang Digunakan Pada PT. SSL	24
3.6.2 Spesifikasi Turbine Generator	25
3.6.3 Spesifikasi PV Yang Digunakan Dalam Simulasi	25
3.6.4 Spesifikasi Inverter Yang Digunakan Dalam Simulasi	26
3.6.5 Saluran Sistem Jaringan Listrik Pada PT. SSL.....	27
3. 7 Jadwal Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Sistem Kelistrikan Pada PT. SSL	29
4.1.1 Data Beban Pengolahan Beserta Daya Semu, Aktif dan Reaktif.....	31
4.1.2 Data Beban Perumahan Beserta Daya Semu, Aktif dan Reaktif.....	33

4.1.3 Data Beban Penerangan dan Kantor Beserta Daya Semu, Aktif dan Reaktif.....	33
4.1.4 <i>Load Flow Report</i>	35
4.2 Potensi Matahari Pada Lokasi Penelitian	35
4.2.1 Potensi Matahari Dengan <i>Website</i> NASA	35
4.2.2 Potensi Matahari Dengan Software ETAP 19.0.1.....	37
4.3 Kestabilan Aliran Daya	38
4.3.1 <i>Load Flow Analysis</i> Sebelum Penambahan PV	38
4.3.2 <i>Load Flow Analysis</i> Setelah Penambahan PV	39
4.3.3 <i>Alert View</i>	40
4.3.4 <i>Losses Voltage</i>	41
4.4 Gangguan Hubung Singkat Sebelum Penambahan PV	42
4.5 Gangguan Hubung Singkat Sesudah Penambahan PV.....	43
4.6 <i>Transient Stability</i> Sebelum Penambahan PV	46
4.7 <i>Transient Stability</i> Sesudah Penambahan PV.....	48
4.8 Analisa Efisiensi Biaya Listrik.....	49
4.7.1 Biaya Listrik Sebelum Penambahan PV	50
4.7.2 Biaya Listrik Setelah Penambahan PV	50
4.7.3 Biaya Perencanaan Pembangunan	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem PV Yang Terintegrasi Dengan Jaringan Listrik PLN..	6
Gambar 2.2 Jenis Panel Surya <i>Monocrystalline</i>	8
Gambar 2.3 Jenis Panel Surya <i>Polycrystalline</i>	9
Gambar 2.4 inverter Jenis <i>Pure Sine Wave Inverter</i>	10
Gambar 2.5 kWh Meter <i>Expor-Impor (exim)</i>	11
Gambar 2.6 Rangkaian Ekuivalen <i>Photovoltaic</i>	12
Gambar 2.7 Kurva Karakteristik I-V dan P-V pada Sel <i>Photovoltaic</i>	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2 PT. SSL Tampak Dari Atas Dengan Bantuan Google Maps Satelit.....	20
Gambar 4.1 Single Line Diagram Kelistrikan Di PT. SSL	29
Gambar 4.2 Hasil <i>Run Load Flow</i>	35
Gambar 4.3 Penambahan Titik Kordinasi Pada ETAP	38
Gambar 4.4 <i>Running Load Flow Analysis</i> Tanpa PV	39
Gambar 4.5 <i>Running Load Flow Analysis</i> Dengan Penambahan PV	39
Gambar 4.6 Banyaknya Panel Yang Disimulasikan	40
Gambar 4.7 <i>Alert View</i>	40
Gambar 4.8 <i>Losses Voltage</i>	41
Gambar 4.9 Hasil Arus Gangguan Bus 1 Dan Bus 7 Sebelum Penambahan PV	42
Gambar 4.10 Hasil Arus Gangguan Bus 1 dan Bus 7 Sesudah Penambahan PV.....	43
Gambar 4.11 Perbandingan Arus Gangguan Sebelum dan Sesudah Penambahan PV.....	46

Gambar 4.12 Plot Frekuensi Ketika Gangguan 3 Fasa	46
Gambar 4.13 Plot Tegangan Ketika Gangguan 3 Fasa	47
Gambar 4.14 Plot Frekuensi Ketika Gangguan Fasa ke Tanah	47
Gambar 4.15 Plot Tegangan Ketika Gangguan Fasa ke Tanah	48
Gambar 4.16 Plot Frekuensi dan Tegangan Ketika Gangguan Fasa ke Tanah	48
Gambar 4.17 Plot Frekuensi dan Tegangan Ketika Gangguan Fasa ke Fasa	49



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Spesifikasi Trafo Distribusi Pada PT. SSL.....	24
Tabel 3.2 Spesifikasi Turbin Generator Pada PLTU	25
Tabel 3.3 Data Spesifikasi Panel Surya Dalam Simulasi.....	25
Tabel 3.4 Data Spesifikasi Inverter Dalam Simulasi	27
Tabel 3.5 Data Saluran Kabel Jaringan Listrik Pada PT. SSL	27
Tabel 3.6 Jadwal Penelitian.....	28
Tabel 4.1 Besaran Daya Pembangkit Pada <i>Single Line</i> Diagram.....	30
Tabel 4.2 Data Beban Pada <i>Single Line</i>	31
Tabel 4.3 Data Besaran Daya Dengan Perhitungan Manual.....	33
Tabel 4.4 Data Perhitungan Daya Dengan Simulasi <i>Software</i>	33
Tabel 4.5 Data Besaran Daya Dengan Perhitungan Manual.....	34
Tabel 4.6 Data Besaran Daya Dengan Perhitungan Simulasi <i>Software</i>	34
Tabel 4.7 Data Beban Penerangan Dan Kantor Pabrik Dengan Perhitungan Manual.....	34
Tabel 4.8 Data Beban Penerangan Dan Kantor Pabrik Dengan Perhitungan Simulasi <i>Software</i>	34
Tabel 4.9 Data Radiasi Sinar Matahari Pada Lokasi Penelitian.....	37
Tabel 4.10 Arus Gangguan Pada Bus 1 dan Bus 7 Sebelum Penambahan PV.....	42
Tabel 4.11 Arus Gangguan Pada Bus 1 dan Bus 7 Sesudah Penambahan PV	44
Tabel 4.12 Biaya Investasi Awal	51
Tabel 4.13 Biaya Pemeliharaan Komponen PLTS	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, dengan menggunakan teknologi yang dapat mempermudah pekerjaan manusia, pertumbuhan barang elektronik yang sangat pesat, menyebabkan semakin banyak pula konsumsi energi listrik yang akan dibutuhkan, pembangkit listrik fosil dan batu bara akan semakin habis, maka dari itu perlunya energi baru terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). *Photovoltaic (PV)* adalah pembangkit listrik dengan menyerap energi matahari menjadi energi listrik yang bebas dari polusi (Fachrizal et al., 2021). Energi listrik, mekanik, elektromagnetik, kimia, nuklir, dan panas adalah semua bentuk energi yang membutuhkan energi (daya) untuk beroperasi. Saat abad kedua puluh satu dimulai, sumber daya minyak dan gas menjadi langka. Permintaan energi meningkat, terutama di negara maju, dan antara tahun 2000 dan 2030 akan meningkat sebesar 70%. Jumlah kebutuhan energi listrik pada tahun 2017 sebesar 25,4 triliun kWh. Namun sumber energi utama seperti minyak dan gas hanya mampu menyediakan 14,5 triliun kWh.(Hariyati et al., 2019)

Salah satu bentuk energi terbarukan yang lebih baru, sistem pembangkit tenaga surya memanfaatkan energi matahari, yang relatif mudah diakses, selain energi matahari merupakan energi yang sangat besar, penggunaan energi matahari dengan PV tidak berdampak negatif pada lingkungan. Letak kawasan Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, kira-kira antara 10 dan 12 jam sinar matahari diterima setiap hari di Indonesia..

Pada rancangan penelitian ini nantinya hanya akan menggunakan *software* simulasi *Electrical Transient Analyzer Program* (ETAP), *software* ini dapat menjalankan berbagai simulasi jaringan listrik, diantaranya analisa aliran daya, analisa kestabilan aliran daya dan analisa pembangkit listrik lainnya (Sugirianta et al., 2019). Model PLTS *on-grid* dibuat untuk modul simulasi dunia nyata pada penelitian ini yang terhubung ke PLN secara langsung, tidak memerlukan baterai penyimpanan atau pengisi daya, dan cocok untuk digunakan di masyarakat dan industri hanya dengan simulasi di *software* ETAP.

Di PT. Sinar Sawit Lestari (SSL) menggunakan energi listrik dari PLN dan pembangkit listrik tenaga uap dengan generator, suplai energi listrik yang dibutuhkan PT. SSL bisa dikatakan sangat besar, dimana terdapat perumahan karyawan, kantor dan tempat pengolahan kelapa sawit menjadi *Crude Palm Oil* (CPO). Simulasi panel surya sebagai tambahan suplai energi listrik untuk mengurangi tagihan listrik pada PLN. Maka dari itu penelitian ini akan mensimulasikan penambahan panel surya sebagai energi baru terbarukan yang akan mengurangi biaya bulanan pada sistem jaringan listrik di PT. SSL tersebut, dengan menggunakan simulasi melalui *software* ETAP. Penelitian ini nantinya akan menganalisa efek yang ditimbulkan dari penambahan PV terhadap sistem kelistrikan pada perumahan di PT. SSL, menghitung jumlah pemakaian energi listrik, gangguan hubung singkat dan menganalisa aliran daya pada PLTU yang digunakan pada pengolahan CPO. Spesifikasi panel surya yang akan digunakan dalam simulasi nantinya akan didapatkan secara langsung yang tersedia di pasaran,

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi aliran daya pada kelistrikan PT. SSL.
2. Bagaimana melihat gangguan hubung singkat pada kelistrikan PT. SSL
3. Bagaimana cara menentukan efisiensi biaya listrik dengan merencanakan pemasangan panel surya pada perumahan PT. SSL

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah tujuan penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa kestabilan aliran daya melalui simulasi pada *software* ETAP versi 19.0.1
2. Dengan melakukan simulasi arus gangguan pada bus beban, baik itu bus beban perumahan sebelum dan sesudah penambahan PV maupun bus beban pada PLTU.
3. Menghitung efisiensi biaya listrik dengan menghitung tagihan listrik perumahan sebelum menggunakan PV. Dan menghitung daya yang masuk dari PV pada simulasi ETAP.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Simulasi dilakukan hanya di *software* ETAP 19.0.1

2. Pengambilan data beban listrik tidak mendata semua spesifikasi peralatan yang digunakan pada PT. SSL, namun hanya beban daya yang terpasang.
3. Tidak menganalisa bahan bakar dan juga proses pembangkit listrik pada PLTU.
4. Pada simulasi ini hanya menggunakan panel surya sebagai perencanaan simulasi energi baru terbarukan.
5. Baterai tidak digunakan untuk menyimpan energi listrik.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui pengaruh yang terjadi terhadap penambahan PV pada sistem jaringan listrik di PT. SSL dengan menganalisa hasil output pada simulasi *software* ETAP 19.0.1
2. Sebagai bahan pertimbangan bagi industri lain dengan sistem jaringan listrik yang serupa.
3. Sebagai penerapan energi baru terbarukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Kerangka proses penulisan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu sebagai berikut: :

BAB I PENDAHULUAN

Konteks penelitian, penciptaan topik penelitian, deskripsi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan proses penulisan semuanya dijelaskan secara singkat dalam bab ini..

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Untuk mencapai temuan yang lebih efektif, bab ini membahas teori-teori yang terkait dengan topik penelitian untuk proyek akhir..

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat tentang analisa dan metode yang akan dilakukan, dengan penambahan PV pada sistem jaringan listrik di PT. SSL yang dilakukan pada simulasi *software* ETAP.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi inti dari semua pembahasan dalam penelitian tugas akhir, yang menjelaskan tentang kegunaan, efisiensi dan manfaat dari penelitian penambahan PV pada jaringan listrik

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

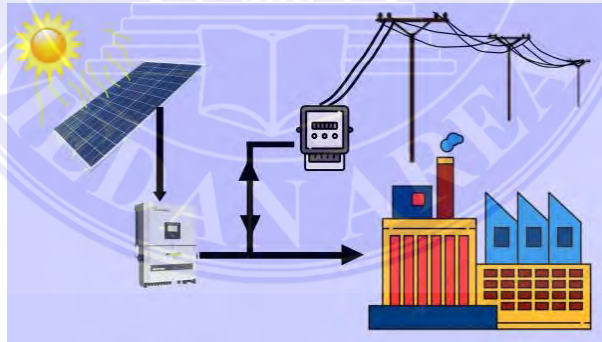
LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem PV Dengan Jaringan Listrik PLN

Penerapan *Photovoltaic* (PV) berperan penting pada sistem jaringan listrik, dengan penyerapan energi radiasi matahari mengubahnya menjadi energi listrik, pertumbuhan teknologi panel surya sangat pesat karena sifatnya yang bersih dan bebas dari polusi, maka dari itu banyak peneliti mengembangkan cara penggunaan panel surya menjadi lebih efektif dan efisien, diantaranya dengan *grid connected photovoltaic system* (sistem PV yang terintegrasi dengan jaringan listrik PLN). Sistem *On-Grid* seperti ini harus dilakukan secara signifikan, dengan penggunaan inverter dan kWh meter tertentu. inverter yang bisa mengubah listrik DC menjadi listrik AC dan dapat mengoptimalkan tegangan yang dihasilkan PV (Zeb et al., 2018).



Gambar 2.1 Sistem PV Yang Terintegrasi Dengan Jaringan Listrik PLN

Sumber: (Penulis)

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.1, Cara kerja dari sistem PV yang terintegrasi dengan jaringan listrik PLN adalah jika pada kondisi siang hari PV akan menghasilkan listrik searah (DC) yang kemudian akan dikonversi menggunakan inverter menjadi arus bolak balik (AC). Lalu kemudian dapat digunakan untuk

mensuplai peralatan listrik yang menggunakan listrik bolak balik (AC). (Faisal. Fauzi, 2013)

Pada saat kondisi mendung atau malam hari maka PV tidak dapat bekerja, sebagai ganti suplai daya listrik menggunakan jaringan listrik PLN. Hal ini terjadi karena sistem jaringan listrik pada PT. SSL terhubung dengan PLN.

Adapun keuntungan menggunakan PV sistem jaringan listrik yang terintegrasi dengan PLN (*On-Grid*), yaitu:

1. Tidak membutuhkan bahan bakar karena hanya menggunakan sinar matahari secara gratis dan mudah didapatkan.
2. Biaya lebih sedikit dari pada menggunakan baterai.
3. Tidak membutuhkan konstruksi yang lebih dan menetap, karena dapat dibongkar pasang sesuai titik tempat yang dibutuhkan.
4. Kebutuhan listrik dapat disesuaikan dengan cara merangkai seri maupun paralel.
5. Dapat digunakan secara otomatis maupun operator yang bekerja dibidang sistem kelistrikan energi terbarukan.
6. Dapat menciptakan lingkungan yang nyaman tanpa polusi dan tanpa asap.
7. Sistem yang tidak bergerak mempermudah dalam pemeliharaan.
8. Memiliki umur yang panjang diatas 25 tahun (Faisal. Fauzi, 2013)

2.2 Komponen yang Dibutuhkan Dalam Software

Komponen yang dibutuhkan meliputi alat yang akan digunakan dalam pembuatan dan penambahan PV pada sistem jaringan listrik dengan tujuan meminimalisir biaya tagihan listrik dalam bentuk simulasi pada software ETAP.

2.2.1 Panel Surya

Panel surya adalah peralatan yang terbuat dari sel surya, yang beroperasi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, terbuat dari bahan semikonduktor dengan kualitas efek fotolistrik. (Faisal. Fauzi, 2013). Panel surya memiliki berbagai macam jenis, diantaranya:

1. *Monocrystalline Silicon*

Panel surya monocrystalline memiliki peringkat efisiensi sekitar 24% dan terbuat dari silikon jenis kristal tunggal yang dihasilkan sebagai hasil peleburan silikon menjadi bentuk lonjong. (Harahap, 2020).



Gambar 2.2 Jenis Panel Surya *Monocrystalline*

Sumber: (Google Image)

2. *Polycrystalline Silicon*

Panel surya jenis *polycrystalline* terbuat dari hasil peleburan silikon dengan menggunakan tungku berbahan keramik, campuran silikon, yang akan naik di atas lapisan silikon, kemudian didinginkan. Jenis panel *polycrystalline* kurang efektif dibandingkan dengan jenis panel *monocrystalline*, tetapi memiliki biaya yang lebih murah dibandingkan dengan jenis panel *monocrystalline*. Efektifitas yang dihasilkan adalah sebesar 18%.



Gambar 2.3 Jenis Panel Surya *Polycrystalline*

Sumber: (Google Image)

2.2.2 Inverter

Dengan penggunaan trafo, *switching*, dan manajemen sirkuit yang efektif, arus bolak-balik (AC) dapat diubah dari arus searah (DC) ke tegangan dan frekuensi yang diinginkan. Konverter daya listrik ini dikenal sebagai power inverter. Power inverter menerima listrik dari sumber arus searah (DC), yang dapat berupa baterai atau akumulator, dan tidak menghasilkan listrik sendiri. Hasil output tegangan dapat bernilai tetap atau berubah-ubah dan dapat dihasilkan dengan memvariasikan tegangan input DC dan menjaga penguatan inverter agar mengeluarkan nilai yang tetap. Sebaliknya jika tegangan input tidak terkontrol dan input tegangan tetap, maka output tegangan yang berubah-ubah dapat diperoleh dengan memvariasikan penguatan dari inverter. Variasi yang digunakan pada penguatan inverter biasanya dengan menggunakan pengendali *Pulse-Width-Modulation* (PWM) dan *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) yang terdapat dalam inverter. (Y. S. Martn, 2010).

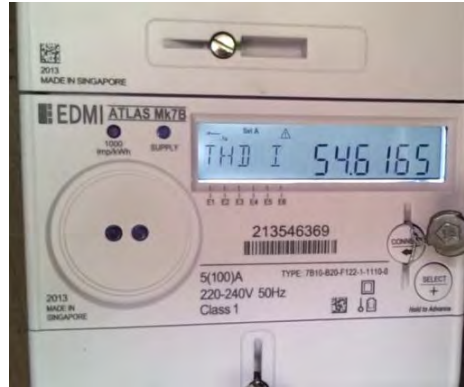


Gambar 2.4 inverter Jenis *Pure Sine Wave Inverter*.

Sumber: (teknikinformatika.com, 2022)

2.2.3 KWh Meter

Penggunaan kWh meter pada sistem PLTS yang terintegrasi dengan jaringan listrik PLN (On-Grid) yaitu menggunakan jenis kWh meter ekspor-impor (exim) yang mana kWh meter jenis ini dapat mengembalikan atau menjual kembali listrik apabila listrik diperoleh dari (PV) berlebih, tergantung bagaimana mekanisme dan ketentuan yang berlaku pada jaringan listrik PLN pada masing-masing kelas tarif listrik (Hariyati et al., 2019). Dengan bantuan exim meter, pemilik rumah dapat melacak berapa kapasitas daya yang mereka ekspor ke PLN dan berapa kapasitas daya yang mereka gunakan dari PLN. PLN akan melacak dan menghitung selisih antara kelebihan listrik panel surya dan daya konsumsi. Rata-rata pelanggan PLN yang menggunakan meteran exim mampu menghemat tagihan listrik 40-60%.



Gambar 2.5 Kwh Meter *Expor-Import* (Exim)

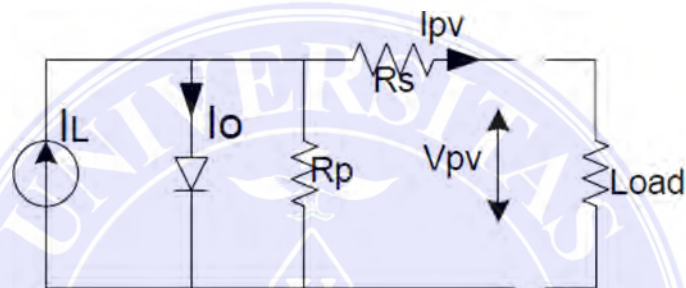
sumber: (<https://m.icasolar.com/support/blog/eximmm>)

2.3 *Photovoltaik*

Photovoltaic merupakan sebutan untuk sistem kerja panel surya, dimana panel surya tersusun dari sel-sel surya yang disatukan yang terbuat dari silikon bersifat semikonduktor yang sering digunakan untuk pembuatan sel surya. Terdapat dua lapisan semikonduktor, dimana pada umumnya lapisan atas bermuatan negatif sedangkan lapisan bawah bermuatan positif. Sebutan *photovoltaic* diambil dari kata “*photo* = foton = cahaya” dan “*voltaic* = voltase = tegangan listrik” yang berarti proses terjadinya energi cahaya (radiasi matahari) berubah menjadi energi listrik. (Paisal. Fauzi, 2013)

Bahan dasar kristal silikon (Si) diperoleh dengan cara memanaskan dengan suhu yang telah ditentukan hingga silikon berubah menjadi sifat penghantar, ketika Si dipotong setebal 0,3 mm maka akan berbentuk sel-sel yang disebut sel surya, sel-sel silikon tersebut disusun dengan cara seri/sejajar yang disusun pada plat yang tidak bisa berkarat, biasanya berbahan baja maupun aluminium lalu diberi sambungan listrik, kemudian dibalut dengan plastik maupun kaca yang transparan. Besarnya arus listrik yang diperoleh dari proses PV tergantung dari intensitas cahaya dan banyaknya sel-sel yang terpasang.

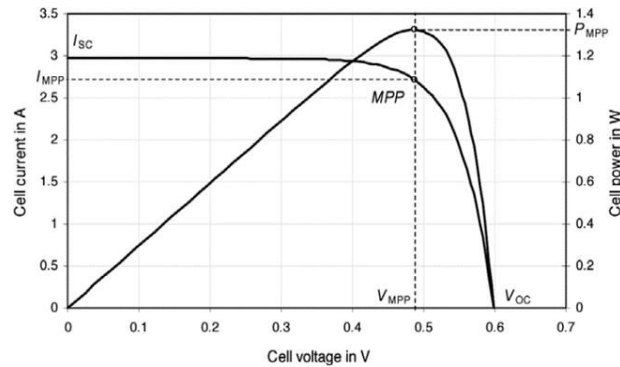
Umumnya PV merupakan dioda semikonduktor yang bekerja tidak seimbang, dalam hal itu biasanya 0,5–1 volt dihasilkan oleh sel surya tergantung pada jenis semikonduktor dan besarnya cahaya yang diperoleh sel surya. Biasanya panel surya yang baru mampu menghasilkan energi listrik dari matahari hanya 25% dimana energi matahari tiba di bumi sekitar 1000 watt, maka maksimal daya yang diperoleh dari PV sel surya memiliki luas permukaan yang berukuran satu meter persegi adalah hingga 250 watt (Bachtiar, 2006).



Gambar 2.6 Rangkaian Ekuivalen *Photovoltaic*

Sumber: (Bachtiar, 2006)

Pada gambar 2.6 terlihat sel *photovoltaic* mendapatkan sinar matahari dalam satu hari. Yang bervariasi. Ini dikarenakan oleh matahari yang menghasilkan intensitas cahaya yang bervariasi pada saat siang dan sore hari. Pengukuran arus (I) dan tegangan (V) dilakukan pada konfigurasi sel surya yang dikenal sebagai modul untuk menghitung kapasitas listrik yang dihasilkan. Dua terminal modul dihubungkan pendek untuk membuat tegangan nol dan arus maksimal untuk mengukur arus maksimum. Arus maksimum yang dapat diukur dengan ammeter dikenal sebagai arus hubung singkat, atau ISC. Dengan tidak menyambungkan solar cell ke komponen lain, pengukuran terhadap tegangan (V) dilakukan pada terminal positif dan negatif modul solar cell. Pengukuran tegangan sirkuit terbuka (VOC) adalah istilah yang digunakan untuk itu. (Audrey, 2016)



Gambar 2.7 Kurva Karakteristik I-V Dan P-V Pada Sel *Photovoltaic*

Sumber: (Audrey, 2016)

Kurva tersebut memperlihatkan bahwa arus dan tegangan saat ini berada pada titik operasi maksimumnya, maka akan menghasilkan daya keluaran maksimum (PMPP). Kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam watt peak (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu *Standard Test Condition* (STC). STC merupakan keadaan agar modul *Photovoltaic* dapat menghasilkan daya maksimumnya. Standar ini menyinggung intensitas radiasi matahari sebesar 1000 W/m² yang diarahkan tegak lurus terhadap sel surya pada suhu 25 °C. Kurva I-V menggambarkan hubungan antara arus dan tegangan pada modul surya. Resistansi variabel tidak terbatas (rangkaiannya terbuka), arusnya nol, dan tegangan rangkaian terbuka, atau tegangan maksimum dalam sel, tercapai pada titik ini. (Rohmana, 2014).

2.4 Sistem Kelistrikan

Secara umum beban ketenagalistrikan terdiri dari sektor industri, komersial dan rumah tangga. Hal ini menyebabkan masing-masing sektor memiliki karakteristik listrik yang berbeda-beda. Pada sektor industri fluktuasi konsumsi energi listrik sepanjang hari hampir sama dengan sektor perumahan/rumah tangga, dimana konsumsi puncak perumahan berada pada malam hari, sedangkan industri

kecil berada pada siang hari dan industri besar biasanya bekerja selama 24 jam. (Akbar, 2018). Namun pada umumnya pabrik kelapa sawit menggunakan listrik dengan pembangkit tenaga uap milik mereka sendiri, untuk menunjang kebutuhan listrik pada pengolahan kelapa sawit menjadi CPO, dimana pabrik menghasilkan bahan bakar cangkang dan serabut sisa pengolahan, yang di klaim lebih efektif karena dapat mengurangi penumpukan sampah limbah sisa pengolahan

Karena banyak industri yang beroperasi siang dan malam, konsumsi daya di industri akan lebih merata. Karena kurva beban akan lebih merata, jelas konsumsi daya di industri akan lebih menguntungkan. Permintaan fasilitas umum, sementara itu, lebih besar di malam hari. Meskipun pelanggan bisnis jauh lebih sedikit daripada pelanggan perumahan, beberapa lokasi operasional tenaga listrik memiliki fitur unik, seperti tujuan wisata, di mana konsumen bisnis berdampak pada penjualan kWh.

2.4.1 Kelistrikan Pada Panel Surya Berdasarkan Intensitas Matahari

Pada dasarnya panel surya memiliki arus, tegangan dan daya dalam listrik searah (DC) walau panel masih di dalam ruangan. Energi kalor yang terdapat pada sinar matahari diberikan atau dipancarkan pada panel, maka elektron valensinya akan menghasilkan energi yang lebih tinggi. (Pahlevi, 2014).

Pada penelitian Oki Petrus Hutauruk, Takdir Tamba, Tua Raja Simbolon (2013), Jurusan Fisika Bidang Keahlian Elektronika & Instrumentasi Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara, mengatakan jika panel yang bergerak mengikuti arah matahari dengan permukaan lurus, maka akan menghasilkan energi optimasi 0,191 Wh lebih besar dari pada panel yang diam.

Menurut (Siregar et al., 2021) yang telah meneliti potensi matahari pada Sumatera Utara, bahwa potensi matahari berbeda beda pada setiap Kabupaten, seperti PT. SSL yang terletak di wilayah Kabupaten Labuhanbatu Utara menghasilkan rata-rata 502,8022 W/m² total radiasi selama 1 tahun, dimulai dari Januari sampai Desember.

Untuk mencari daya pada sumber DC dinyatakan sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \quad (2.1)$$

Dimana: P = Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

Daya dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Daya aktif merupakan daya yang terpakai pada energi yang sebenarnya, baik itu dalam penerangan maupun penggerak. Adapun rumus daya aktif sebagai berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.2)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.3)$$

Dimana P = daya aktif dan $\cos \varphi$ = power faktor. *Langging* (tertinggal) untuk rangkaian induktif dan *Leading* (mendahului) untuk rangkaian kapasitif.

Daya reaktif adalah daya total yang digunakan untuk menciptakan medan magnet, yang menghasilkan fluks medan magnet pada perangkat seperti motor, transformator, dan lampu pijar. Var adalah satuan rumus reaktif. Berikut rumus daya reaktif::

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2.4)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2.5)$$

Dimana: Q = daya reaktif (Var), jika beban induktif maka Q adalah positif (+), namun jika kapasitif maka Q adalah negatif (-).

Tegangan rms jaringan dan arus rms dikalikan untuk menghasilkan daya semu, atau daya aktif dan daya reaktif digabungkan secara trigonometri untuk menghasilkan daya semu. Satuan daya semu disebut VA:

$$S = V \cdot I \text{ (VA)} \quad (2.6)$$

Rumus faktor daya dapat dinyatakan sebagai berikut. Faktor daya (cos) adalah rasio daya aktif (W) dengan daya semu (VA) yang digunakan dalam rangkaian AC atau perbedaan sudut fasa antara V dan I , yang sering diberikan dalam

$$\cos \phi = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya} &= \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \\ &= \frac{kW}{kVA} \\ &= V \cdot I \cdot \cos \phi / V \cdot I \\ &= \cos \phi \end{aligned} \quad (2.7)$$

Faktor daya mempunyai *range* antara nol (0) sampai dengan satu (1), dapat juga dinyatakan dalam bentuk persen (%). (Sugiyanto 2017).

2.5 Software ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*)

Perangkat lunak yang disebut ETAP digunakan untuk membantu sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat digunakan untuk mengoperasikan sistem secara real-time atau untuk mensimulasikan tenaga listrik secara offline. Itu juga dapat menangani data real-time online. Ini memiliki berbagai kemampuan, termasuk alat untuk menganalisis pembangkit listrik, jaringan transmisi, dan sistem distribusi listrik. ETAP awalnya didirikan dan dikembangkan untuk meningkatkan

keamanan situs nuklir di AS; namun, kemudian berkembang menjadi sistem pemantauan real-time untuk manajemen energi, serta alat pemodelan, kontrol, dan optimalisasi untuk sistem tenaga listrik (Awaluddin, 2007). Diagram satu garis dan rute sistem pembumian dapat dibuat menggunakan ETAP untuk mewakili proyek sistem tenaga listrik untuk berbagai jenis analisis, seperti aliran daya, hubung singkat, motor starter, stabilitas historis, koordinasi relai pelindung, dan harmonisasi sistem.

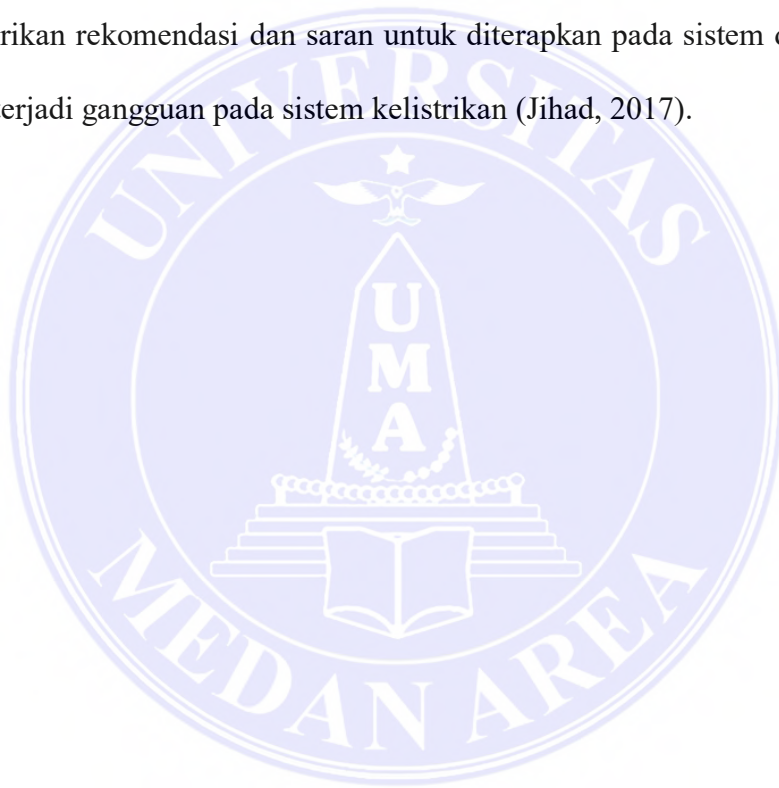
2.5.1 Kestabilan Aliran Daya

Salah satu penelitian yang dilakukan dalam analisis sistem kelistrikan adalah analisis kestabilan aliran daya pada ETAP. Prosedur yang digunakan untuk memeriksa kestabilan aliran daya pada ETAP adalah sebagai berikut:

1. Analisis aliran daya: Untuk menetapkan kondisi operasi yang stabil pada sistem kelistrikan, analisis aliran daya adalah tahap pertama dalam studi stabilitas aliran daya. Untuk memastikan aliran daya dan tegangan sistem dalam kondisi pengoperasian yang lembut, analisis aliran daya dilakukan.
2. Analisis hubung singkat Tahap kedua adalah melakukan analisis hubung singkat untuk memastikan kondisi sistem yang ada pada saat terjadinya hubung singkat.
3. Analisis koordinasi proteksi: Tahap ketiga adalah melakukan analisis koordinasi proteksi untuk menentukan apakah sistem proteksi saat ini memenuhi persyaratan sistem dan dapat beroperasi secara normal jika terjadi gangguan.

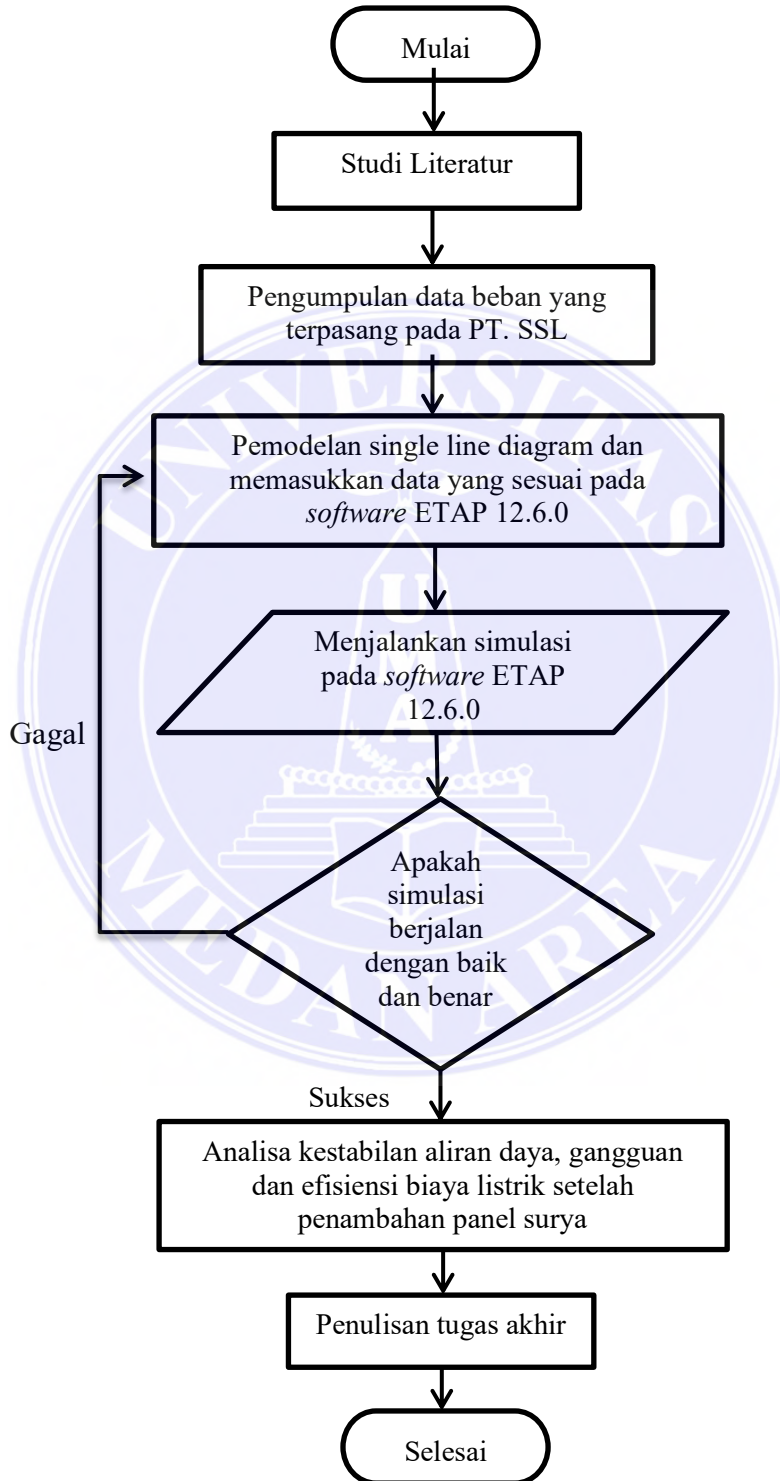
4. Tahap terakhir adalah melakukan studi stabilitas transien untuk melihat apakah sistem kelistrikan dapat kembali beroperasi normal setelah terjadi gangguan.

Dalam melakukan analisis kestabilan aliran daya pada ETAP, digunakan perangkat lunak atau software yang memiliki license yaitu *Electrical Transient Analysis Program* (ETAP) (Jihad, 2017) (A. Hasibuan., M. Isa., M.I. Yusofi., 2020) Hasil dari simulasi dan analisa yang dilakukan pada ETAP dapat memberikan rekomendasi dan saran untuk diterapkan pada sistem distribusi PLN ketika terjadi gangguan pada sistem kelistrikan (Jihad, 2017).



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flowchart Diagram Alir Penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

Pada bagian ini penulis menjelaskan tentang tahapan yang akan dilakukan selama proses penelitian di PT. SSL.

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari berbagai literatur baik melalui buku-buku, jurnal artikel, website dan laporan yang berkaitan dengan sistem tenaga listrik maupun dengan aliran daya kelistrikan menggunakan panel surya.

3.2.2 Pengumpulan Data

Adapun data yang akan dibutuhkan dan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Data titik lokasi kordinat PT. SSL.
2. Data potensi energi radiasi matahari pada lokasi PT. SSL.
3. Data beban pemakaian harian pada sistem jaringan listrik PT. SSL.
4. Data spesifikasi Trafo yang digunakan pada jaringan listrik PT. SSL.
5. Data spesifikasi panel surya.

3.2.3 *Single Line Diagram* PT. SSL Dengan *Software* ETAP

Dengan membuat *single line* diagram pada *software* ETAP dapat mensimulasikan LFA (*Load Flow Analysis*) pada sistem jaringan listrik PT. SSL. Ada dua macam rancangan model *single line* diagram yang akan disimulasikan pada *software* ETAP, yaitu *single line* diagram sebelum dan sesudah menggunakan panel surya.

Hasil simulasi LFA yang akan diperoleh nantinya dari besaran daya trafo distribusi yang disalurkan ke beban sebelum dan sesudah penambahan PV panel surya pada seistem jaringan listrik PT. SSL, yang nantinya dapat menentukan berapa biaya tagihan listrik dari PLN sebelum dan sesudah pemasangan PV panel surya dan simulasi arus gangguan pada bus, baik pada bus PLN maupun bus PLTU

3.2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data yang akan didapatkan dari hasil analisa penambahan PV pada sistem jaringan listrik PT. SSL dapat menganalisa besaran beban yang disalurkan dari trafo distribusi, serta dapat mensimulasikan aliran daya dengan penambahan PV maupun sebelum penambahan PV

3.3 Tahapan Yang Dilakukan Dalam Simulasi

Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam mensimulasikan penambahan PV panel surya pada sistem jaringan listrik PT. SSL adalah sebagai berikut:

1. Memahami tinjauan pustaka dari berbagai referensi yang diperoleh, baik dari buku, *website*, artikel, jurnal maupun laporan.
2. Melakukan pendataan beban listrik melalui observasi dan wawancara dengan teknisi maupun karyawan PT. SSL.
3. Merancang *single line* diagram sebelum dan sesudah penambahan panel surya.
4. Melakukan simulasi pada *software* ETAP 19.0.1.
5. Menganalisa kestabilan aliran daya.

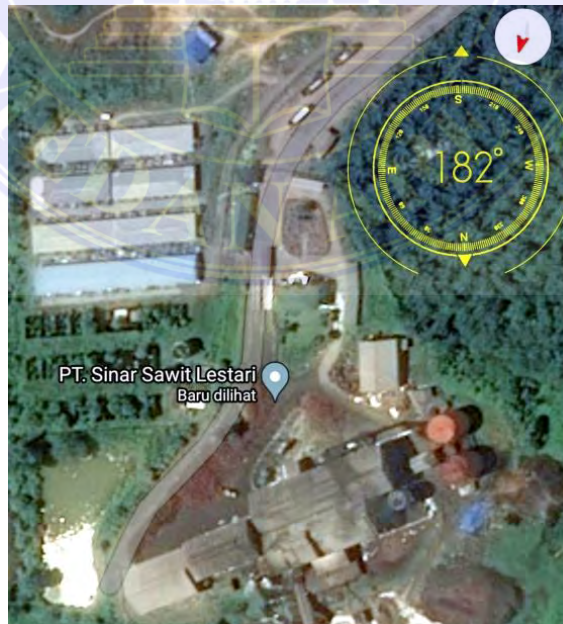
6. Menghitung efisiensi daya dan biaya listrik dalam perencanaan penambahan panel surya.
7. Kesimpulan dan saran.

3.4 Tempat Penelitian

Penelitian ini nantinya akan dilaksanakan pada lingkungan area PT SSL, Desa Gunung Melayu, Kecamatan Kualuh Selatan, Kabupaten Labuhanbatu Utara, Sumatera Utara. dimana menggunakan jaringan listrik dari trafo milik PLN ke beban-beban perumahan karyawan.

3.4.1 Titik Kordinat Wilayah PT. SSL

Menurut data dari google *maps*, PT. SSL terletak di wilayah Sumatera Utara yang berada pada titik Garis Lintang (*latitude*) 2.4593 Garis bujur (*longitude*) 99.6521



Gambar 3.2 PT. SSL Tampak Dari Atas Dengan Bantuan Google Maps Satelit

Sumber: (Google Maps)

3.5 Merancang *Single Line* Diagram Menggunakan *Software* ETAP 19.0.1

Dalam mendesain *single line* diagram menggunakan *software* ETAP akan melakukan 2 skenario, yang pertama tanpa menggunakan PV, dan yang kedua akan menggunakan PV pada jaringan listrik PLN yang mensuplai PT. SSL.

3.5.1 *Single Line* Diagram Tanpa Menambah PV

Skenario yang pertama akan dilakukan pada simulasi *software* ETAP tanpa menggunakan PV pada sistem jaringan listrik di PT. SSL, tujuannya untuk melihat *single line* diagram asli dari pabrik dan melihat besaran daya yang terpasang pada masing-masing beban, kemudian melihat besaran aliran daya yang terjadi pada simulasi *software* ETAP.

3.5.2 *Single Line* Diagram Dengan Menambah PV

Skenario yang kedua disimulasikan pada *software* ETAP dengan menggunakan PV pada sistem jaringan listrik di PT. SSL, tujuannya untuk melihat pengaruh aliran daya akibat penambahan PV.

3.6 Spesifikasi Peralatan Yang Digunakan

Adapun data peralatan yang akan dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Data spesifikasi transformator *step-down* yang digunakan pada sistem jaringan listrik di PT. SSL.
2. Data beban keseluruhan yang terpasang pada sistem kelistrikan PT. SSL.
3. Data panel surya yang mudah didapatkan atau yang sesuai dengan jalannya simulasi pada *software* ETAP 19.0.1
4. Data spesifikasi kabel yang digunakan.

5. Data spesifikasi inverter yang sesuai dengan jalannya simulasi pada *software* ETAP 19.0.1

3.6.1 Spesifikasi Trafo Distribusi Yang Digunakan Pada PT. SSL

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Trafo Distribusi Pada PT. SSL

Tansformator	3 Fasa 50Hz	
No	1511009	Dibuat Tahun 2015
Daya Nominal (kVA)	25	25
	Primer	Sekunder
Hubungan	D	Yn
Tegangan Nominal (Volt)	1	21000
	2	20500
	3	20000
	4	19500
	5	19000
	400	
Arus Nominal (Ampere)	0,72	35,00
Tegangan Hubung Singkat	3.5%	
Pendingin Dengan Minyak	Mineral-Oil	
Kenaikan Suhu (°C)	Minyak	50
	Kumparan	55
Tingkat Isolasi Dasar	125 kV	
Jumlah Berat	330 Kg	
Volume Minyak	110 Lt	

3.6.2 Spesifikasi Turbin Generator

Tabel 3.2 Spesifikasi Turbin Generator Pada PLTU

Sspesifikasi	Keterangan
Model	RB 4
Output	1080 kW
Steam Press	20Kg/cm ²
Steam Temperature	214°C
Exhaust Press	3.5/cm ²
Turbine Speed	5294 rpm
Output Shaft	1500 rpm

3.6.3 Spesifikasi PV Yang Digunakan Dalam Simulasi

Modul panel surya yang akan digunakan pada simulasi ini adalah jenis panel *polycrystalline* Q.CELLS model QQ..BBAASSEE 215-230 dengan kapasitas daya 230 W, yang berada dikisaran harga satuan Rp4.700.000,00-, untuk spesifikasi lengkap dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut,

Tabel 3.3 Data Spesifikasi Panel Surya Dalam Simulasi

Spesifikasi	Keterangan
<i>Maximum Power (Pmax)</i>	230 W
<i>Tolerance of Pmax</i>	+6.9%
<i>Type of Cell</i>	<i>Polycrystalline silicon</i>
<i>Open Circuit Voltage (Voc)</i>	36.08 V
<i>Maximum Power Voltage (Vpm)</i>	29.32 V
<i>Short Circuit Current (Isc)</i>	8.27 A
<i>Maximum Power Current (Ipm)</i>	7.82 A
<i>Module Efficiency (%)</i>	13.8 %
<i>Maximum System (DC) Voltage</i>	470 V
<i>Series Fuse Rating</i>	7 A
<i>Standar Test Conditions (STC)</i>	25°C, 1000 W/m ² insolation, AM =1.5
<i>NOCT</i>	47°C
<i>Dimensions</i>	65.75 x 39.37 x 1.97 in
<i>Weight</i>	46.3 kg

3.6.4 Spesifikasi Inverter Yang Digunakan Dalam Simulasi

Inverter yang akan digunakan dalam simulasi adalah merk *Grid Tie Solar Inverter Suoer 1000W GTI-1000W*, yang berada dikisaran harga Rp2.300.000.00- tabel 3.4 dengan informasi spesifikasi inverter dapat ditemukan di bawah ini.,

Tabel 3.4 Data Spesifikasi Inverter Dalam Simulasi

Spesifikasi	Keterangan
<i>Power Output</i>	1000 W – 220 V AC (tolerance: +/- 3%)
<i>Network phases</i>	<i>Single phases</i>
<i>Input voltage range</i>	20-45V DC
<i>Output voltage</i>	230 V AC
<i>DC max</i>	60 A
<i>Power factor</i>	>97.5%
<i>Dimensions (H x W x D)</i>	310x165x530 mm
<i>Weight</i>	30 kg
<i>Peak efficiency</i>	87%
<i>Stable efficiency</i>	85%
<i>Working temperatur(°C)</i>	25 - 70
<i>Frequency</i>	50Hz/60Hz (<i>Auto control</i>)

3.6.5 Saluran Sistem Jaringan Listrik Pada PT. SSL

Tabel 3.5 Data Saluran Kabel Jaringan Listrik Pada PT. SSL

Saluran	Jenis Kabel	Total Panjang Saluran (m)	Freq. (Hz)	Type
Pabrik Pengolah CPO	Rubber/JTR 4 x 120 mm ²	300	50	Aluminium
Perumahan Karyawan	SPLN/JTR 4 x 70 mm ²	500	50	Aluminium

3.7 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.6 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan Penelitian	Bulan Ke											
		I				II				III			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Analisis Kebutuhan dan Perancangan	■	■										
2.	Pengumpulan Alat dan Bahan		■	■									
3.	Pembuatan Alat			■									
4.	Pengujian Alat				■	■	■						
5.	Pengumpulan Data							■					
6.	Analisa Data								■	■	■		
7.	Penulisan Laporan									■	■	■	■

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada bab IV, maka dapat disimpulkan:

1. Radiasi sinar matahari pada lokasi penelitian per tahun 2021 rata-rata daya yang dapat dihasilkan jika kondisi langit cerah adalah $6,82 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$.
2. Dari hasil simulasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada bus transmisi turbin generator mendapatkan suplai sebesar 937 kW kemudian di distribusikan pada bus beban sebesar 935 kW.
3. Panel yang digunakan pada simulasi sebanyak 132 panel dengan besaran 230 Wp, total Volt DC yang didapatkan sebesar 179.92 V, 30.27 kW, 172A,

5.2 Saran

Analisis ini hanya menggunakan *software* ETAP 19.0.1 yang pembahasannya meliputi aliran daya, analisa hubung singkat dan simulasi penambahan panel surya. Masih banyak analisa yang dapat dijalankan *Software* ETAP, seperti *relay cordination*, *load forecasting*, *load sheddin*. Untuk pengembangan energi baru terbarukan di masa depan, diperlukan analisis turbin angin, turbin mikrohidro, dan pemantauan online yang lebih besar.

Untuk analisa efisiensi biaya listrik sebaiknya menggunakan *software* homer pro dan pvsyst untuk hasil analisa lebih nyata dan mendapatkan hasil penelitian yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Hasibuan., M. Isa., M.I. Yusofi., & S. R. R. (2020). Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap. *Teknik Elektro*.
- Aditya. (2020, June 23). *Mengenal Perbedaan Sistem Panel Surya On Grid dan Off Grid*. XURYA. <https://www.xurya.com/news/7>
- Akbar, Y. (2018). *Analisa Efek Penambahan Photovoltaic Dalam Rangka Mengurangi Beban Harian Pada Sistem Jaringan Listrik Fakultas Teknik Universitas Andalas*.
- Audrey, F. (2016). Studi Efek Pengintegrasian Photovoltaic Pada Sistem Jaringan Listrik Fakultas Teknik Universitas Andalas. *Universitas Andalas*. <http://scholar.unand.ac.id/6746/>
- Bachtiar, M. (2006). Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Perumahan (Solar Home System). *Jurnal SMARTek*, 4(3), 176–182. <https://media.neliti.com/media/publications/221906-prosedur-perancangan-sistem-pembangkit-1.pdf>
- Badaruddin, B. (2017). Analisa Gangguan Hubung Singkat Dengan Menggunakan Etap 12.6.0 Pada Pt X. *Jurnal Teknik*, 5(1). <https://doi.org/10.31000/jt.v5i1.338>
- Chowdhury, A. S. K., Shehab, M. S., Awal, M. A., & Razzak, M. A. (2013). Design and implementation of a highly efficient pure sine-wave inverter for photovoltaic applications. *2013 International Conference on Informatics, Electronics and Vision, ICIEV 2013*. <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2013.6572634>
- Efendi, J. (2018). Analisa Aliran Beban Pada Sistem Tenaga Listrik di Pusat Penampung Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu Menggunakan Software ETAP 12.6. *Publikasi Ilmiah*, 1–17.
- Fachrizal, R., Ramadhani, U. H., Munkhammar, J., & Widén, J. (2021a). Combined PV–EV hosting capacity assessment for a residential LV distribution grid with smart EV charging and PV curtailment. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2021.100445>
- Fachrizal, R., Ramadhani, U. H., Munkhammar, J., & Widén, J. (2021b). Combined PV–EV hosting capacity assessment for a residential LV distribution grid with smart EV charging and PV curtailment. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.segan.2021.100445>
- Faisal. Fauzi, M. F. M. (2013). Studi Sistem Photovoltaic Pada Gedung Yang Terinterkoneksi Dengan Sistem Grid Tugas Akhir. file:///D:/REF.

SKRIPSI/STUDI SISTEM PHOTOVOLTAIC PADA GEDUNG.pdf

- Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 73–80. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4420>
- Hariyati, R., Qosim, M. N., & Hasanah, A. W. (2019). Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN. *Energi Dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 11(1), 17–26.
- Iskandar, H. R., Taryana, E., & Syaidina, S. (2018). Perancangan Kebutuhan Energi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Hanggar Delivery Center Pt. Dirgantara Indonesia. *Proseding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 018*(Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah jakarta), 1–11.
- Jihad, H. . (2017). *Analisa Kestabilan Transien dan Koordinasi Proteksi pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 3 MW yang Terhubung ke PLN 20 KV*.
- Laksono, Y. T. (2022). Evaluasi Setting Rele Proteksi Differensial pada Generator Unit 2 PLTP Kamojang POMU menggunakan Simulasi ETAP. *Fti*, 1–12. <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fti/article/view/938>
- Pahlevi, R. (2014). *Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya*. 139.
- Pambudi, W. S., Firmansyah, R. A., Suheta, T., & Wicaksono, N. K. (2023). Analisis Penggunaan Baterai Lead Acid dan Lithium Ion dengan Sumber Solar Panel. *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(2), 392. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i2.392>
- Pratomo, L. H., Riyadi, S., Matitaputty, S. J., & Wibisono, A. (2022). Pelatihan Teknologi Tepat Guna Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mandiri. *JPPM (Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 5(2), 253. <https://doi.org/10.30595/jppm.v5i2.11254>
- Rohmana, R. A. (2014). Analisa Performansi Dan Monitoringsolar Photovoltaic System (Sps) Padapembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur. *Repository.Its.Ac.Id*. [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:4YWZ0tQmc54J:scholar.google.com/+Analisa++Performansi+dan+Monitoring+Solar+Photovoltaic+System+\(SPS\)+Pada++Pembangkit+Listrik&hl=id&as_sdt=0,5](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:4YWZ0tQmc54J:scholar.google.com/+Analisa++Performansi+dan+Monitoring+Solar+Photovoltaic+System+(SPS)+Pada++Pembangkit+Listrik&hl=id&as_sdt=0,5)
- Setiaji, B., Dwiono, W., & Tamam, M. T. (2020). Rancang Bangun Pengisi Baterai Lead Acid Dan Li-Ion Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroler PIC 16F877A Bersumber Energi Matahari Dengan Pengendali PI. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 1(2), 79–85. <https://doi.org/10.30595/jrre.v1i2.5187>

- Siregar, C. A., Siregar, A. M., & Daud, M. (2021). Pemetaan Potensi Radiasi Matahari Berdasarkan Perhitungan Matematika Di Sumatera Utara. *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Dan Humaniora*, 1, 72–77.
- 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>
- Sulistiawati, E., & Yuwono, B. E. (2019). Analisis Tingkat Efisiensi Energi Dalam Penerapan Solar Panel Pada Atap Rumah Tinggal. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 1(2), 325–330. <https://doi.org/10.25105/psia.v1i2.6658>
- teknikinformatika.com. (2022, June 13). *Power inverter - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas*. Wikipedia. https://id.wikipedia.org/wiki/Power_inverter
- Thowil Afif, M., & Ayu Putri Pratiwi, I. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 95–99. <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1>
- Y. S. Martn, D. C. C. L. W. Y. L. J. S. L. (2010). Transaction on Power Electronic. *IEEE*, 25(1), 13–20.
- Zeb, K., Uddin, W., Khan, M. A., Ali, Z., Ali, M. U., Christofides, N., & Kim, H. J. (2018). A comprehensive review on inverter topologies and control strategies for grid connected photovoltaic system. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 94, pp. 1120–1141). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.053>