

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISA ALIRAN DAYA PEMBANGKIT HYBRID PHOTOVOLTAIC DAN DIESEL DI PULAU PANDANG**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Serjana Program  
Strata-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara*

**Disusun Oleh:**

**YUSRIL IHZA MAHENDRA  
1707220049**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA  
MEDAN  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini di ajukan oleh :

Nama : Yusril Ihza Mahendra

NPM : 1707220049

Program Studi : Teknik Elektro

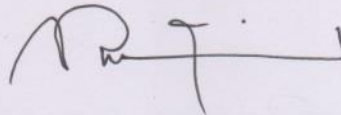
Judul Skripsi : Analisa Aliran Daya Pembangkit Hybrid Photovoltaic  
Dan Diesel Di Pulau Pandang

Bidang Ilmu : Sistem Tenaga Listrik

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 Sumatra Utara.

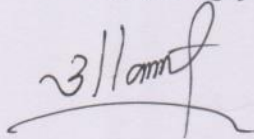
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



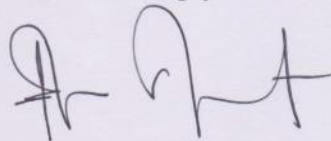
Rimbawati, S.T, M.T

Dosen Penguji I



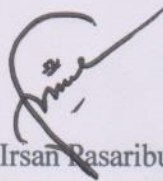
Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T, M.Sc

Dosen Penguji II



Elvy Sahnur Nasution, S.T, M.Pd

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanggung jawab di bawah ini :

Nama Lengkap : YUSRIL IHZA MAHENDRA  
Tempat/Tanggal Lahir : Pematang Rambai/ 14 Februari 1999  
NPM : 1707220049  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul “ **ANALISA ALIRAN DAYA PEMBANGKIT HYBRID PHOTOVOLTAIC DAN DIESEL DI PULAU PANDANG** ” Bukan merupakan plagiatisme, pencurian hasil karya ilmiah orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang hakekatnya, bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas Teknik yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran diri sendiri dan tidak ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun dengan menegakan intergeritas akademik di program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 11 April 2022  
Saya yang Menyatakan



YUSRIL IHZA MAHENDRA

## ABSTRAK

Studi analisa aliran daya dimaksudkan untuk memperoleh informasi mengenai aliran daya atau tegangan pada suatu sistem tenaga listrik. Seiring berjalannya waktu dan berkembangnya jumlah wisatawan di Pulau Pandang khususnya disektor pembangunan dan pembaharuan, yang berarti bertambah pula jumlah beban yang ditanggung, akibatnya desain konfigurasi awal yang awalnya baik bisa jadi tidak sesuai lagi dengan pembebanan saat ini. Untuk itu diperlukan analisa aliran daya agar bisa mengetahui kondisi sistem tenaga listrik. Manfaat penelitian ini juga untuk evaluasi perencanaan kedepan jika nantinya ada inovasi penambahan beban. Dalam penelitian ini digunakan *Software ETAP Power Station 19.0* menggunakan newton raphson untuk simulasi aliran daya. Hasil yang didapat pada simulasi Etap adalah besar pembebanan pembangkit 37 % dengan daya aktif beban keseluruhan 10,35 KW, Daya reaktif 6,85 Kvar, dan daya semu 12,42 KVA. Penelitian ini juga melakukan simulasi penambahan beban sebesar 4,800 watt yang mana pembangkit pada photovoltaic harus dilakukan penambahan kapasitas photovoltaic dari sebelumnya sebesar 10,26 kw menjadi 13,29 kw, maka dari itu panel solar cell akan di tambah sebanyak 8 buah panel.

**Kata Kunci : Aliran Daya, Newton Rapshon, ETAP**

## **ABSTRACT**

*Study of power flow analysis to obtain information about the flow of power or voltage in an electric power system. As time goes by and the number of tourists on Pandang Island, especially in the development and change sector, will also increase, the amount of burden incurred will also increase, so that a good initial design is no longer suitable for the current load. For this reason, it is necessary to analyze the power flow in order to determine the condition of the electric power system. The benefits of this research are also for planning evaluation if there will be additional burden innovations. In this study, ETAP Power Station 19.0 software was used using Newton Raphson for power flow simulation. The results obtained in the Etap simulation are 37% generating load with a total active power of 10.35 KW, reactive power of 6.85 Kvar, and apparent power of 12.42 KVA. This research also increases the load by 4,800 watts, where the photovoltaic generator must increase the photovoltaic capacity from the previous 10.26 kw to 13.29 kw, therefore solar cell panels will be added as many as 8 panels.*

**Keywords: Power Flow, Newton Rapshon, ETAP**

## KATA PENGANTAR

Dengan rahmat Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Aliran Daya Pembangkit Hybrid Photovoltaic dan Diesel di Pulau Pandang” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua saya yang telah mendukung saya dalam keadaan apapun untuk menuliskan studi tugas akhir ini.
2. Ibunda Rimbawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M,T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2017
9. Teman-teman Asisten Laboratorium Fisika Dasar Periode 2018-2020

10. Teman-teman Asisten Laboratorium Elektronika Dasar Periode 2018-2020

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektroan.

Penulis

MEDAN, 11 April 2022

Yusril Ihza Mahendra

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumus Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metode Penelitian .....	3
1.7 Sistem Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	5
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Aliran Daya .....	7
2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid .....	11
2.2.3 Photovoltaic .....	12
2.2.4 Diesel .....	15
2.2.5 Operasi Sistem Tenaga Listrik .....	18
2.2.6 Newton Rapshon .....	20
2.2.7 Aplikasi ETAP .....	21
2.2.8 Inverter .....	28
2.2.9 Maximum Power Tracking .....	30
2.2.10 Solar panel .....	31
2.2.11 Busbar .....	36



BAB III METODELOGI PENELITIAN .....	37
3.1 Tempat dan Waktu .....	37
3.1.1 Tempat Penelitian .....	37
3.1.2 Waktu Penelitian .....	37
3.2 Alat dan Bahan .....	37
3.3 Metode Penelitian .....	38
3.4 Prosedur Penelitian .....	38
3.5 Metode Pengumpulan Data .....	40
3.6 Data Parameter .....	40
3.7 Simulasi Aliran Daya ETAP 19.0 .....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	46
4.1 Analisa Aliran Daya .....	46
4.1.1 Hasil Nilai Aliran Daya Yang Meliputi Daya aktif, Daya reaktif, dan Daya semu Pada Pembangkit Hybrid Menggunakan ETAP .....	46
4.1.2 Hasil Rangkaian Simulasi Aliran Daya Menggunakan ETAP19.0.....	47
4.2 Analisa Simulasi Penambahan Beban Menggunakan Soware ETAP 19.0 .....	48
4.2.1 Percobaan Simulasi Pertama Beban Bertambah .....	48
4.2.2 Percobaan Kedua Simulasi Beban Bertambah .....	49
4.2.3 Hasil Nilai Daya Aktif, Reaktif, Saat Beban Bertambah Pada Simulasi Menggunakan ETAP 19.0 .....	50
BAB V PENUTUP .....	51
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	52
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.1 Segitiga Daya.....	10
Gambar 2.2.2 Flowchat Rangkaian Hybrid.....	12
Gambar 2.2.3 Sistem Instalasi Photovoltaic.....	14
Gambar 2.2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya .....	15
Gambar 2.2.5 Siklus Diesel Diagram .....	16
Gambar 2.2.6 Gambar Pembangkit Listrik Tenaga Diesel .....	18
Gambar 2.2.7 Gambar Segaris Suatu Sistem Tenaga Listrik .....	19
Gambar 2.2.8 Tampilan Awal Software ETAP 19.0 .....	22
Gambar 2.2.9 AC toolbar di ETAP.....	24
Gambar 2.2.10 Simbol generator di ETAP .....	25
Gambar 2.2.11 Simbol beban statis pada ETAP .....	25
Gambar 2.2.12 Simbol Photovoltaic di ETAP .....	26
Gambar 2.2.13 Simbol Busbar .....	26
Gambar 2.2.14 Toolbar load flow di ETAP .....	27
Gambar 2.2.15 Inverter .....	28
Gambar 2.2.16 Skema Rangkaian Inverter .....	29
Gambar 2.2.17 Grafik daya maksimum .....	30
Gambar 2.2.18 Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambun .....	32
Gambar 2.2.19 Setelah dua jenis semikonduktor ini disambung .....	32
Gambar 2.2.20 Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan p .....	33
Gambar 2.2.21 Adanya Perbedaan Muatan Positif Dan Negatif Di Daerah Deplesi .....	33
Gambar 2.2.22 Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi .....	34
Gambar 2.2.23 Fotogenerasi Electron .....	34
Gambar 2.2.24 Arus listrik timbul akibat pergerakan elektron.....	35
Gambar 2.2.25 Busbar .....	36
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	39
Gambar 3.2 Run Simulasi .....	44
Gambar 3.3 Edit study case.....	44
Gambar 3.4 Pemilihan Metode Newton Rapshon .....	45

Gambar 3.6 Run Load Flow .....	45
Gambar 4.1 Rangkaian Line Aliran Daya Menggunakan ETAP .....	47
Gambar 4.2 Rangkaian percobaan pertama Simulasi Beban Bertambah.....	48
Gambar 4.3 Percobaan Simulasi Kedua .....	49
Gambar 4.4 Menu kapasitas penambahan photovoltaic.....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jumlah Beban Yang Terpasang.....	42
Tabel 3.2 Estimasi Beban Bertambah.....	42
Tabel 4.1 Hasil nilai daya aktif, daya reaktif, dan daya semu pada Etap.....	46
Tabel 4.2 Hasil nilai daya aktif, reaktif, setelah beban bertambah pada simulasi ETAP .....	50

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas 5.193.252 km<sup>2</sup> , dua pertiganya merupakan lautan, yaitu sekitar 3.288.683 km<sup>2</sup> . Secara geografis, Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah ekuator tepatnya berada pada 11° LS- 6° LU dan 95° BT-141° BT. Indonesia memiliki iklim tropis yang hanya mempunyai 2 musim sepanjang tahunnya yaitu musim kering (kemarau) dan musim hujan (Walangare et al., n.d.).

Kebutuhan akan listrik baik untuk kalangan industri, perkantoran, maupun masyarakat umum dan tempat pariwisata sangat meningkat. Tetapi, peningkatan kebutuhan listrik ini tidak diiringi oleh penambahan pasokan listrik. (Panggayuh & Kurniawan, 2020). Sistem pembangkit listrik hybrid (sel surya dan diesel generator) merupakan salah satu alternatif solusi dari dampak negatif sistem pembangkit konvensional pada kapal – kapal di Indonesia (Hayatullah et al., 2021).

Untuk menunjang bertambahnya permintaan energi listrik harus diimbangi dengan peningkatan kualitas energi listrik yang disalurkan. Dengan melakukan suatu analisa terhadap sistem tenaga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan kualitas energi listrik, dikarenakan analisa sistem tenaga mencakup beberapa permasalahan utama dalam sistem tenaga.(Nigara & Primadiyono, 2015). kSalah satunya yaitu aliran daya, studi aliran daya dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya dan tegangan sistem dalam kondisi operasi lunak. (Hasibuan et al., 2020).

Lokasi Pulau Pandang terletak di Desa Bogak Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batubara Provinsi Sumatera Utara dengan luas wilayah lebih kurang 16 ha. Letak koordinat Pulau ini yaitu : 990 45' 27,775'' BT dan 030 25' 17,924''LU. Aktivitas ekonomi masyarakat bertumpu pada perikanan. Pemerintah Batu Bara juga menetapkan Pulau Pandang sebagai salah satu daerah tujuan pariwisata (Destrinanda et al., 2018). Yang memiliki pembangkit listrik tenaga fotovoltaic dan pembangkit listrik tenaga diesel untuk memenuhi kebutuhan

energi listrik dipulau tersebut. Berdasarkan permasalahan yang diuraikan diatas maka penulis akan melakukan “Analisa Aliran Daya Pembangkit *Hibrida Photovoltaic* Dan Diesel Di Pulau Pandang”.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Berapa besar nilai aliran daya yang meliputi daya aktif, daya reaktif dan daya semu pada jaringan pembangkit listrik tenaga *hybrid photovoltaic* dan diesel pulau pandang tersebut.
2. Bagaimana pelayanan daya untuk memenuhi kebutuhan listrik, jika beban kebutuhan listrik bertambah.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian “Analisa Aliran Daya Pembangkit *Hybrid Photovoltaic* Dan Diesel Di Pulau Pandang” yaitu:

1. Untuk mengetahui besar nilai daya aktif, daya reaktif dan daya semu pada jaringan pembangkit listrik tenaga *hybrid photovoltaic* dan diesel di pulau pandang menggunakan simulasi aplikasi ETAP 19.0.
2. Untuk mengetahui tingkat pelayanan dari pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel di pulau pandang jika beban bertambah. Menggunakan simulasi ETAP 19.0.

### **1.4. Ruang Lingkup Penelitian**

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

1. Ruang lingkup penelitian ini hanya dilakukan di Pulau Pandang Desa Bogak Kecamatan Tanjung Tiram Kabupaten Batu Bara Sumatra Utara.
2. Analisa aliran daya ini memanfaatkan data dari sistem pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel di Pulau Pandang.
3. Metode aliran daya yang digunakan pada ETAP *power station* adalah metode Newton Raphson.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi pengolah wisata pulau pandang, penelitian ini bermanfaat sebagai referensi kelistrikan dan aliran daya listrik yang ada di pulau tersebut.
2. Bagi Lembaga Pendidikan, penelitian ini bermanfaat sebagai referensi untuk penelitian yang lebih lanjut.
3. Bagi penulis sendiri, penelitian ini bermanfaat sebagai tambahan ilmu yang ada di lapangan, terutama tentang aliran daya pada suatu pembangkit *hybrid*.

### **1.6. Sistematis Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumus masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama dalam penelitian ini.

#### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi alat dan bahan penelitian, tahap-tahap yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian.

#### **BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang analisa hasil dan penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat dalam penelitian ini.

#### **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Energi listrik merupakan kebutuhan primer masyarakat dengan mulai menipisnya sumber energi tak terbarukan muncul permasalahan krisis energy listrik. Energi terbarukan menjadi solusi pembangkitan listrik dengan potensi alam di Indonesia yang mencukupi. Ketersediaan energy surya menjadi solusi pembangkitan listrik tenaga surya dengan potensi penyinaran di Indonesia yang sangat memungkinkan namun masih kurang pemanfaatannya. Analisa aliran daya ini akan dilakukan berdasarkan pengujian secara langsung sehingga dapat mengetahui kinerja peralatan. Hasil Analisa aliran daya PLTS bertujuan untuk mengoprasikan peralatan sistem informasi yang terdiri dari peralatan amplifier dan pengeras suara sebagai sarana aktivitas masyarakat. Data potensi penyinaran matahari di Yogyakarta mencapai rata-rata 7 jam/hari. Besarnya nilai pengukuran tegangan tertinggi 18,73 volt dan arus 4,52 amper, intensitas matahari 118500 lux pada cuaca cerah dan nilai terendah dengan menghasilkan daya sebesar 3.05 watt tegangan 13,26 volt dan arus 0,23 amper, intensitas cahaya 25000 lux pada cuaca mendung. Daya maksimal hasil perhitungan sebesar 83.40 watt dan daya rata – rata panel surya yang dihasilkan mencapai 371,07 watt dan besarnya efisiensi konversi sebesar 97%. Daya charger dari peralatan solar charger controller jenis PWM memiliki rata – rata 227,44 watt dan daya total discharger beban sebesar 167.96 watt memiliki hasil efisiensi 89% (Wisnu, 2016).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi pembangkit listrik dengan energi terbarukan yang dapat diaplikasikan baik secara komunal maupun bersifat mandiri. Peran utama storage system khususnya baterai menjadi dasar keberlangsungan energi yang dapat disalurkan dalam sistem PLTS jenis off-grid. Penelitian ini sistem PLTS off-Grid merupakan bahasan utama terlebih pada penggunaan baterai sebagai tempat menyimpan energi, dimana baterai memiliki performa yang tidak selalu berada pada kondisi 100% selama penggunaan berkala dalam jangka waktu tertentu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah

dengan memodelkan baterai jenis Valve Regulated Lead Acid (VRLA) yang terhubung ke dalam sistem PLTS 1 kWp di Laboratorium Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani. Pengujian operasi baterai dilakukan dengan penggunaan beban lampu 1000 W selama 24 jam dengan berbagai karakteristik output antara lain nilai arus baterai saat charging dan discharging, kemudian siklus baterai selama 1 tahun, rasio state of charge (SOC) terhadap depth of discharge (DOD), efisiensi siklus baterai dan performa baterai saat hari otonom. Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian pada baterai Volta 6FMX100 dengan spesifikasi 12 V/100Ah yang dilakukan, nilai charging baterai rata – rata dalam 1 tahun 90603,9 A dan discharging baterai 85834,3 A. Nilai DOD baterai ideal berdasarkan spesifikasi 2,4%. Usia baterai mengalami penyusutan 10% akibat pemakaian selama 1 tahun. Hasil pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini bergantung data meteorologi di site PLTS yang dimasukkan pada karakteristik panel surya pada PLTS 1 kWp (Iskandar et al., 2021).

Generator set di pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM Migas) merupakan pembangkit listrik utama untuk menyuplai daya ke kilang dan utilitasnya. Dalam pengoperasiaannya, generator set mengalami variasi energi yang dibangkitkanberbanding lurus terhadap beban-bebannya. Dalam penulisan ini, peneliti ingin memahami fenomena yang terjadi pada generator set KTA 38G5. Metode yang digunakan adalah observasi lapangan dengan mengambil data langsung. Peneliti juga mengamati dan mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan objek penelitian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa potensi beban total yang tercatat di lapangan sebesar 1826 kW. Data pengukuran di lapangan menunjukkan beban aktif sebesar 314.29 kW atau 392.86 kVA yang dilayani oleh satu genset yang beroperasi. Kosumsi bahan bakar sebesar 1140 liter solar per 24 jam dan 0.2844 liter/kWh n demikian mesin diesel PLTD masih bekerja dengan optimal karena beban yang ditanggung tidak melebihi batas daya maksimal. Faktor utama optimalnya kerja mesin ini yakni perawatan preventive dan maintenance harian serta setiap 250 jam (Hayatullah et al., 2021).

Pulau Tunda mempunyai jumlah penduduk 2000 jiwa, dimana sistem kelistrikannya disuplai oleh genset dengan kapasitas 100 kW yang beroperasi selama 13 jam setiap hari. Dengan sumber daya Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dapat dikembangkan yaitu energi surya dengan potensi rata-rata sebesar 5,08 KWh/m<sup>2</sup>/hari. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kapasitas pembangkit hibrid dari PLTD-PLTS, yang berdasarkan Net Present Cost (NPC) dan hasil analisis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melakukan simulasi dengan menggunakan software HOMER. Berdasarkan hasil simulasi tersebut kemudian akan dilakukan analisis untuk mengukur seberapa layak sistem pembangkit hibrid ini apabila diterapkan. Dari hasil simulasi sistem pembangkit hibrida PLTD-PLTS yang direncanakan didapat hasil total produksi listrik 206.961 kWh/tahun dengan kontribusi PLTD 81,3 % dan kontribusi PLTS 18,7 %, dimana NPC sebesar \$ 2.180.000, biaya listrik \$0.919 per kWh, kelebihan listrik sebesar 42.711 kWh/tahun, emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada sistem ini adalah sebesar 147 ton pertahun, terjadi penurunan jumlah emisi CO<sub>2</sub> sebesar 27 ton pertahun atau 15,5 % (Chamdareno & Hilal, 2000).

## **2.2. Landasan Teori**

### **2.2.1 Aliran Daya**

Studi aliran daya merupakan sebuah analisa yang berguna untuk mengetahui tegangan, arus, dan daya yang mengalir pada sistem kelistrikan. Studi aliran daya juga dapat berguna untuk mengetahui bagaimana peran peralatan kelistrikan berfungsi dan memenuhi batas yang ditentukan untuk menyalurkan daya yang diinginkan. Metode yang sering digunakan dalam penyelesaian studi aliran daya adalah metode Gauss-Seidel dan Newton Raphson. Untuk mendapatkan nilai konvergen dan iterasi yang sedikit maka metode yang dapat digunakan adalah Newton Raphson. Aliran beban bisa diartikan juga sebagai aliran daya, dimana beban dapat dikategorikan menjadi dua yaitu beban statis dan dinamis. Pada bus sistem terdapat empat parameter besaran yaitu, daya aktif, semu, tegangan, dan sudut fasa, sehingga untuk menganalisa aliran daya perlu menghitung nilai tegangan pada bus dan aliran daya di tiap saluran (Mohammad Wirandi, 2020).

Ada tiga studi yang sangat penting dalam sistem tenaga, yaitu studi aliran daya, studi hubung singkat dan studi stabilitas. Ketiga macam studi tersebut saling terkait dan perlu untuk dilaksanakan secara berkala untuk menjamin kelangsungan pembangkitan dan penyaluran maupun pengoperasian yang terbaik. Studi aliran daya adalah penentuan atau perhitungan tegangan, arus dan faktor daya atau daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik dalam suatu jaringan listrik pada keadaan normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi dimasa yang akan datang. Studi aliran daya sangat penting dalam perencanaan pengembangan suatu sistem untuk masa yang akan datang, karena pengoperasian yang baik banyak tergantung pada diketahuinya efek interkoneksi dengan sistem tenaga yang lain, beban yang baru terpasang, stasiun pembangkit baru, serta saluran transmisi baru sebelum semuanya itu dipasang (Irawati et al., 2012).

Definisi studi aliran daya atau *load flow study* adalah analisis numerik aliran tenaga listrik dalam sebuah sistem kelistrikan. Studi aliran daya – kadang disebut juga studi aliran beban – juga merupakan analisa dan asesmen terhadap kondisi *steady-state* sistem listrik. Sasarannya adalah untuk mengetahui aliran tenaga, arus, tegangan, daya nyata (*real power*) dan daya reaktif (*reactive power*) dalam suatu sistem dalam kondisi beban apa pun. Studi aliran daya diperlukan selama fase desain proyek baru atau ketika mengevaluasi perubahan dan ekspansi sistem kelistrikan yang ada. Aliran tenaga listrik dalam setiap sistem kelistrikan disebut sebagai “Aliran Daya”. *Engineering* adalah konsultan yang melayani studi dan analisis aliran daya. Jika mencari konsultan analisa dan studi aliran tenaga (beban) listrik atau konsultan *load flow study* menggunakan software analisis seperti ETAP. Studi aliran daya merupakan salah satu studi tersulit pada kelompok studi sistem tenaga. Studi ini mengevaluasi kemampuan sistem untuk memasok beban dengan memadai sambil tetap berada dalam rentang tegangan dan arus yang tepat. Laporan studi aliran daya akan menentukan tegangan dan faktor daya di semua bus, serta arus atau aliran daya di semua feeder. (Penambahan Daya Pln et al., 2017).

Melalui analisa aliran beban kita dapat mendapat informasi tentang level tegangan ( $V$ ) dan sudut fasa tegangan ( $\delta$ ) di setiap bus dalam kondisi *steady-state*. Ini penting karena besarnya tegangan bus harus dipertahankan dalam batas yang

ditetapkan. Setelah sudut dan level tegangan bus dihitung menggunakan aliran daya, besar dan deviasi daya reaktif (Q) dan nyata (P) yang melalui setiap saluran dapat dihitung. Juga berdasarkan perbedaan antara aliran daya di ujung pengirim dan penerima, rugi-rugi di jalur tertentu juga dapat dihitung. Selain itu, kita juga dapat mengetahui status beban lebih dan kurang. Solusi aliran daya sangat penting untuk evaluasi berkelanjutan atas kinerja sistem tenaga sehingga tindakan pengendalian yang sesuai dapat diambil jika diperlukan. (Djalal et al., 2014).

Daya nyata disebut juga dengan daya aktif (P) disebut dengan *real power* dan memiliki satuan Watt. Daya nyata sederhananya adalah daya yang diperlukan oleh beban resistif murni. Daya nyata dimanfaatkan untuk mengubah suatu energi listrik menjadi bentuk energi lain. Contoh penggunaannya adalah pada perangkat elektronik misalnya pada setrika listrik untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas. Sebenarnya rumus daya nyata mirip dengan rumus daya pada arus DC, perbedaannya adalah melibatkan faktor daya ( $\cos \phi$ ) (Penambahan Daya Pln et al., 2017).

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \dots \dots \dots (2.1)$$

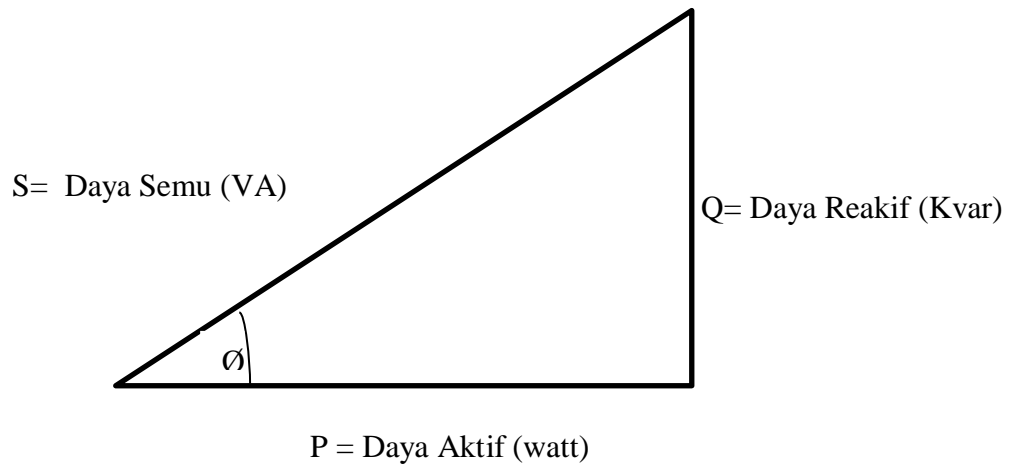
Daya reaktif (Q) cukup sulit untuk didefinisikan, secara sederhana daya reaktif adalah daya imajiner (khayal) yang menunjukkan adanya pergeseran arus dan tegangan listrik akibat adanya beban reaktif. Beban reaktif tersebut bisa berupa beban induktif atau beban kapasitif, contohnya kipas angin, mesin cuci, pompa dll. Daya reaktif diukur dengan satuan Var (Wisnu, 2016).

$$Q = V \cdot I \sin \phi \dots \dots \dots (2.2)$$

Daya semu atau disebut juga dengan daya total (S), adalah *apparent power*. Daya total tersebut ada yang dihamburkan atau diserap kembali pada rangkaian arus bolak balik (AC). Daya semu juga merupakan hasil kali dari Tegangan rms (root mean square) dan Arus rms (Hafid et al., 2017).

$$S = V_{rms} \times I_{rms} \dots \dots \dots (2.3)$$

Faktor daya yang dinotasikan  $\cos \phi$  didefinisikan sebagai perbandingan antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA) (Rizal, 2012).



Gambar 2.2.1 Segitiga Daya

Dimana :

P : Daya Aktif ( kW )

Q : Daya Reaktif ( kVAR)

S : Daya Semu (kVA)

Hubungan ketiga jenis daya adalah sebagai berikut :

$$S^2 = P^2 + Q^2 \dots \dots \dots (2.4)$$

$$kVA^2 = kW^2 + kVAR^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$kW = kVA \cos \phi \dots \dots \dots (2.6)$$

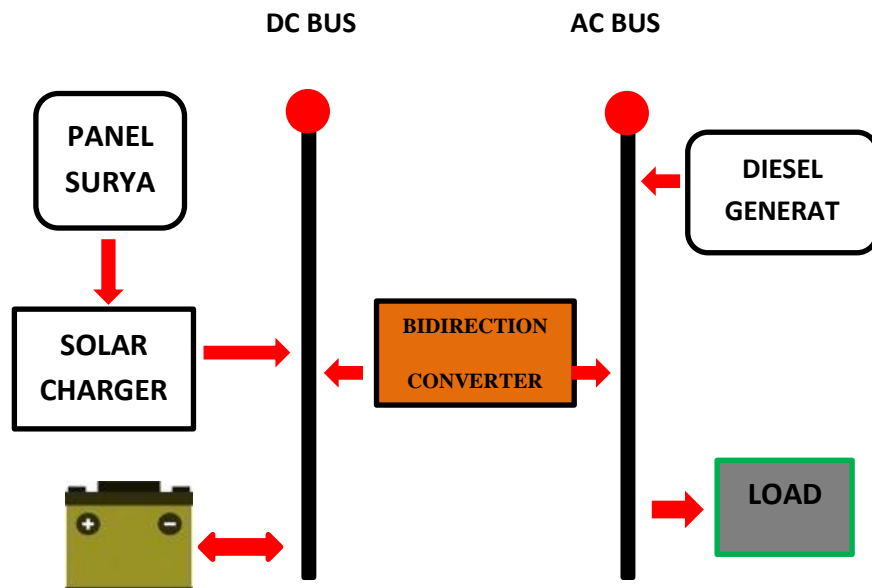
$$kVAR = kVA \sin \phi \dots \dots \dots (2.7)$$

### **2.2.2 Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid***

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) merupakan perpaduan atau integrasi antara beberapa jenis pembangkit listrik berbasis bahan bakar dengan pembangkit berbasis energi baru terbarukan. Secara umum sistem pembangkit listrik yang banyak digunakan untuk PLTH adalah pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), pembangkit listrik, dan pembangkit listrik tenaga surya. pembangkit listrik tenaga angin (PLTB), dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH)(Wisnu, 2016)

Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) didefinisikan sebagai sistem pembangkit tenaga listrik yang menggabungkan dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk jaringan terisolasi, sehingga diperoleh sinergi yang memberikan manfaat ekonomis dan teknis. Kontribusi daya spesifik masing-masing generator setiap saat tidak sesuai, sehingga PLTS sangat bergantung pada kondisi alam. Pada siang hari saat cuaca cerah, PLTS dapat beroperasi secara maksimal dan pada malam hari PLTS tidak beroperasi sama sekali, melainkan digantikan oleh baterai yang menyimpan energi listrik PLTS sepanjang hari. Sedangkan PLTD merupakan pembangkit instan yang dapat beroperasi penuh selama 24 jam. Namun sesuai dengan tujuan PLTH, menghemat bahan bakar dan mengurangi emisi CO<sub>2</sub>, pengoperasian PLTD merupakan variabel terakhir yang mengikuti perubahan pasokan daya PLTS, sehingga kontribusi dayanya tergantung pada pasokan daya PLTS. . Dengan beroperasinya PLTS yang terintegrasi dengan PLTD, penggunaan bahan bakar dan dan emisi CO<sub>2</sub> dapat dikurangi(J. T. Elektro et al., 2011).

Pada PLTS dan PLTD yang menggunakan sistem paralel, beban disuplai baik dari generator diesel maupun inverter secara paralel. Konverter dua arah digunakan untuk menjembatani antara baterai dan sumber AC. Dalam sistem ini, generator dan inverter harus dirancang untuk melayani beban puncak. Dalam sistem ini, sejumlah besar energi yang dihasilkan dilewatkan melalui Baterai, siklus bank Baterai meningkat dan mengurangi efisiensi sistem, daya listrik dari generator ditransfer dan diubah kembali menjadi arus AC sebelum disuplai ke beban sehingga tidak signifikan. kerugian terjadi (J. T. Elektro et al., 2011).



Gambar 2.2.2 Contoh Rangkaian *Hybrid*

Pada gambar di atas, pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga diesel menggunakan sistem paralel, beban disuplai baik dari generator maupun inverter secara paralel. Sebuah konverter dua arah digunakan untuk menjembatani kesenjangan antara baterai dan sumber AC. Pada rangkaian hibrid terdapat dua jenis rangkaian lagi yang dapat digunakan yaitu rangkaian seri dan rangkaian sakelar (Dedisukma et al., 2015).

### 2.2.3 *Photovoltaic*

*Photovoltaic* adalah suatu teknologi atau penelitian mengenai penggunaan energi matahari dengan cara mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. *Cell photovoltaic* merupakan suatu peralatan non mekanik yang saat ini umumnya terbuat dari campuran silicon. Upaya penggunaan tenaga matahari ini hingga kini masih terus dalam tahap pengembangan. Namun demikian dengan terus melonjaknya harga minyak maka insentif untuk mengembangkan *photovoltaic* menjadi semakin tinggi. Saat ini komersialisasi teknologi energi matahari sudah meluas (Eriyanto, 2017).



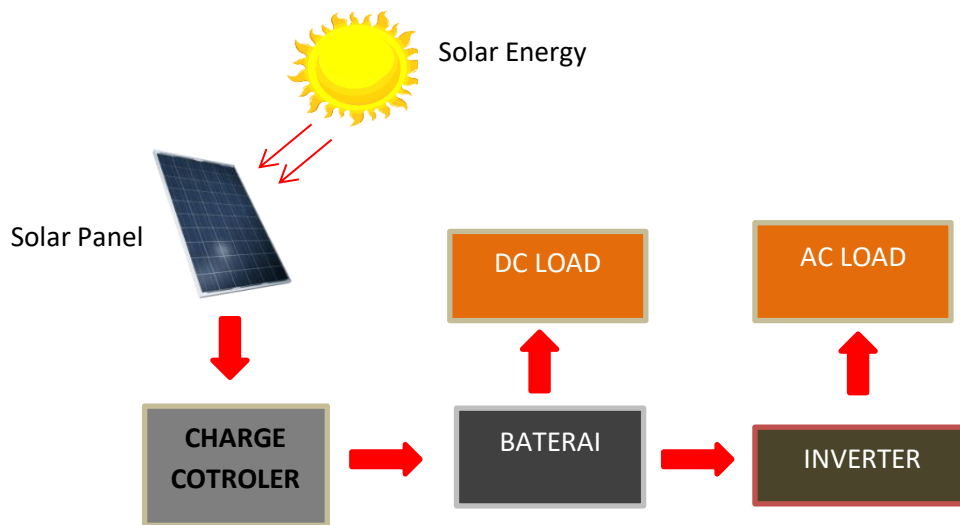
*photovoltaic* yang digunakan pada *Solar cell* juga memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis mengingat tidak membutuhkan transmisi karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan. *photovoltaic* yang digunakan pada solar cell memiliki kemudahan, hampir disetiap tempat di Indonesia *solar cell* mampu dan cocok dalam pemasangannya dibandingkan dengan teknologi terbaru seperti turbin angin (pembangkit listrik tenaga angin) yang hanya cocok pada tempat tertentu. Hingga saat ini total energi listrik yang dibangkitkan dengan *solar cell* di seluruh dunia baru mencapai sekitar 12 Giga Watt (bandingkan dengan total penggunaan listrik dunia sebesar 10 Tera Watt) (Subarkah et al., 2020).

Ada beberapa karakteristik penting pada energi matahari yang merupakan kunci untuk menentukan bagaimana cahaya tersebut berinteraksi dengan sebuah converter photovoltaic atau benda lainnya. Karakteristik penting dari energi matahari adalah:

- a. Konten spektral dari cahaya
- b. Rapat daya pancaran matahari
- c. Sudut data saat radiasi matahari mengenai modul photovoltaic
- d. Energi radiasi dari matahari sepanjang tahun atau sepanjang hari untuk sebuah permukaan tertentu.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah peralatan pembangkit listrik yang mengubah daya matahari menjadi listrik. PLTS sering juga disebut *Solar Cell*, atau *Solar Photovoltaic*, atau Solar Energi. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik. DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS dapat menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada dasarnya adalah percatuan daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk mencatu kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri, maupun dengan *Hybrid* (dikombinasikan dengan sumber energi lain, seperti PLTS-Genset) (Teknik et al., 2019).

Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan.(Ari et al., 2018).



Gambar 2.2.3 Sistem Instalasi PLTS

Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material *adhensive transparan* yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan kemudian material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P *type* dan N-*type* (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi

perubahan sigma gaya- gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor, menyebabkan aliran medan maknetlistrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik (Syukri & Kunci, 2017).



Gambar 2.2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

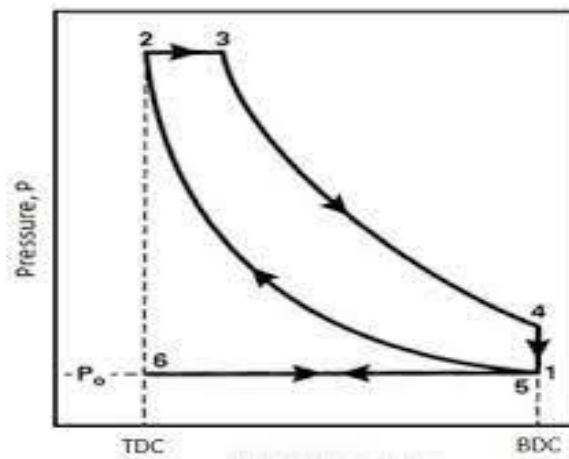
Gambar 2.2.4 menunjukkan salah satu pembangkit listrik tenaga surya yang terletak di pesisir pantai, yang mana pembangkit seperti *sollar cell* sangat cocok dikarenakan di pesisir pantai rentan mendapatkan energi panas yang cukup memadai untuk pengisian batrai yang berfungsi menyimpan energi dari *sollar cell* (Elektro et al., 2016).

#### **2.2.4 Diesel**

Salah satu penggerak utama yang banyak digunakan adalah mesin kalor, yaitu mesin yang menggunakan energi panas untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Energi itu sendiri dapat diperoleh dengan proses pembakaran, proses fisi bahan bakar nuklir atau proses lainnya. Dilihat dari cara memperoleh energi panas ini, mesin kalor dibagi menjadi dua kelompok, yaitu mesin pembakaran luar dan mesin pembakaran dalam. Pada mesin pembakaran luar, proses pembakaran terjadi di luar mesin dimana energi panas dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin melalui beberapa dinding pemisah (Dedisukma et al., 2015). Konsep pembakaran pada motor diesel adalah melalui proses penyalaan udara tekan pada tekanan tinggi. Pembakaran ini dapat terjadi karena udara dimampatkan di dalam ruangan

dengan perbandingan kompresi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan mesin bensin (7-12), yaitu antara (14-22). Akibatnya, udara akan memiliki tekanan dan temperatur yang melebihi temperatur penyalaan dan tekanan bahan bakar. Hal ini berbeda untuk mesin penyalaan percikan seperti mesin bensin yang menggunakan busi untuk menyalakan campuran bahan bakar-udara. Mesin dan siklus termodinamika keduanya dikembangkan oleh Rudolph Diesel pada tahun 1892 (Horizontal & Horizontal, 2020).

Siklus diesel adalah siklus teoritis untuk mesin penyalaan kompresi atau mesin diesel. Perbedaan antara diesel dan siklus Otto adalah penambahan panas pada tekanan konstan. Untuk alasan ini siklus Diesel kadang-kadang disebut siklus tekanan tetap. Pada diagram P-v, siklus diesel dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2.5 Siklus Diesel Diagram P-v

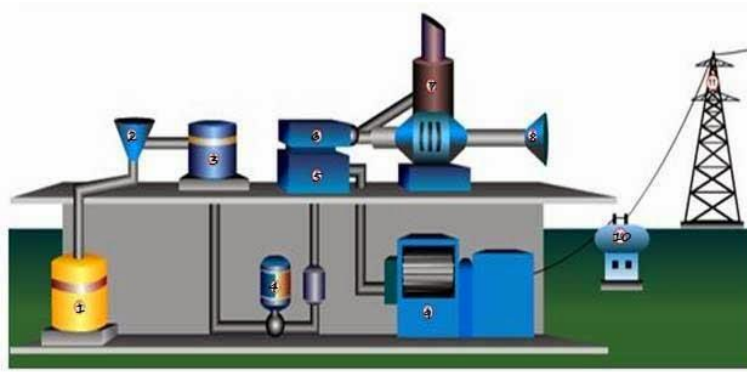
Proses dari siklus tersebut yaitu:

- 6-1 = Langkah Hisap pada  $P = c$  (isobarik)
- 1-2 = Langkah Kompresi,  $P$  meningkat,  $Q = c$  (isentropis / adiabatik reversibel)
- 2-3 = Pembakaran, pada tekanan konstan (isobarik)
- 3-4 = Langkah Kerja  $P$  meningkat,  $V = c$  (isentropik / adiabatik reversibel)
- 4-5 = Pengeluaran panas sisa pada  $V = c$  (isokhorik)
- 5-6 = Langkah Buang di  $P = c$

Motor diesel empat langkah bekerja ketika melakukan empat gerakan (dua putaran engkol) untuk menghasilkan satu kerja. Secara skematis prinsip kerja motor diesel empat langkah dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Langkah masuk Pada langkah ini katup masuk membuka dan katup buang menutup. Udara mengalir ke dalam silinder.
2. Langkah Kompresi Pada langkah ini kedua katup menutup, piston bergerak dari titik TBM ke TMA menekan udara di dalam silinder. 5 setelah mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan.
3. Langkah Ekspansi Karena injeksi bahan bakar ke dalam silinder pada suhu tinggi, bahan bakar terbakar dan memuai sehingga menekan piston untuk melakukan kerja hingga piston mencapai TMB. Kedua katup ditutup pada langkah ini.
4. Langkah buang Ketika piston hampir mencapai TMB, katup buang terbuka, katup masuk tetap tertutup. Saat piston bergerak menuju TMA, sisa pembakaran terbuang keluar dari ruang bakar. Akhir dari langkah ini adalah saat piston mencapai TMA. Siklus kemudian berulang.

Langkah buang Ketika piston hampir mencapai TMB, katup buang terbuka, katup masuk tetap tertutup. Saat piston bergerak menuju TMA, sisa pembakaran terbuang keluar dari ruang bakar. Akhir dari langkah ini adalah saat piston mencapai TMA. Siklus kemudian berulang. Kemudian bahan bakar dari nozzle (jika menggunakan BBM) atau dari kit konversi (jika menggunakan (BBG) disuntikkan ke dalam ruang bakar. Karena menggunakan udara yang memiliki tekanan dan temperatur tinggi maka mesin diesel akan hidup secara otomatis. Hal ini terjadi karena udara dengan tekanan dan temperatur yang tinggi akan membuat temperatur di dalam silinder juga naik, dan pada saat itu bahan bakar akan disemprotkan ke dalam silinder sehingga dapat menyebabkan ledakan bahan bakar dan membuat mesin diesel hidup. poros rotor generator yang akan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Agar energi listrik yang telah dibangkitkan mencapai beban maka tegangan yang dibangkitkan oleh generator akan dinaikkan tegangannya dengan menggunakan trafo step up. pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) (T. Elektro et al., n.d.).



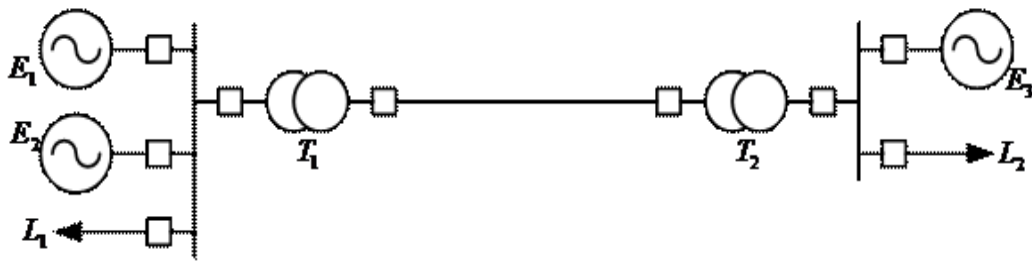
2.2.6 Gambar Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (Herlina,2009)

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dalam jumlah kecil. Biasanya digunakan di daerah terpencil yang belum mendapat suplai listrik dan digunakan untuk menyuplai kebutuhan listrik di sebuah pabrik.

### 2.2.5 Operasi Sistem Tenaga Listrik

Distribusi beban pembangkit dalam suatu operasi suatu sistem tenaga listrik merupakan hal yang penting untuk mencapai suatu operasi yang optimal. Diperlukan koordinasi yang baik dalam menjadwalkan besaran daya listrik yang dihasilkan oleh masing-masing pembangkit, agar diperoleh biaya pembangkitan yang minimum. Dalam pengoperasian pembangkit diperlukan suatu metode untuk menekan biaya operasi suatu generator. Pengoperasian unit-unit pembangkit pada suatu kebutuhan daya tertentu di suatu stasiun dilakukan dengan mendistribusikan beban di antara unit-unit pembangkit di dalam stasiun tersebut. Pada beban dasar, misalnya, untuk mengoptimalkan operasi pembangkit, sistem hanya disuplai dengan generator yang paling efisien pada beban ringan. Jika terjadi peningkatan beban, maka daya akan disuplai oleh stasiun yang paling efisien sampai tercapai titik utilisasi maksimum dari stasiun tersebut. Langkah pertama untuk menentukan optimasi pengoperasian generator adalah dengan mengetahui distribusi output yang paling ekonomis dari suatu stasiun antar generator generator, atau antar unit pembangkit di dalam stasiun. Pada umumnya perluasan pembangkitan sistem akibat penambahan kebutuhan daya pada beban dilakukan dengan menambah unit

pembangkit pada stasiun-stasiun yang ada. Biasanya setiap unit pembangkit dalam suatu stasiun memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sehingga perlu dilakukan penjadwalan pengoperasian setiap unit pembangkit untuk pembebanan tertentu pada sistem tanpa mempertimbangkan rugi-rugi daya pada saluran transmisi. operasi generator yang optimal diperoleh untuk mengurangi biaya operasi (Penambahan Daya Pln et al., 2017).



Gambar 2.2.7 Diagram segaris suatu sistem tenaga listrik

Untuk mengetahui kelakuan suatu sistem tenaga listrik dalam keadaan berbeban atau pada saat terjadi sistem mengalami gangguan, diagram segaris harus diubah terlebih dahulu menjadi diagram impedansi yang menunjukkan setara dari setiap komponen sistem tersebut dengan berpedoman pada salah satu sisi yang sama pada transformator. Operasi sistem tenaga listrik dikaitkan dengan biaya operasi yang tinggi dan kualitas yang diberikan oleh produsen kepada konsumen. Operasi pembangkitan merupakan biaya terbesar dalam sistem tenaga listrik sehingga sangat diperlukan cara pengoperasian generator yang efisien. Salah satu solusi untuk produsen listrik untuk mengurangi biaya operasi adalah untuk menentukan aliran daya optimal. Operasi sistem tenaga listrik pada *frekuensi* tetap dikatakan dalam kondisi “daya seimbang” jika daya nyata total yang dibangkitkan sama dengan total beban sistem. Pengoperasian pembangkit listrik termal secara ekonomis dipengaruhi oleh karakteristik generator, batas keluaran daya pembangkit, dan biaya bahan bakar untuk mengoperasikan pembangkit.(Jurnal, 2018).

Secara keseluruhan dalam operasi Pengoptimalan aliran daya merupakan salah satu permasalahan dalam analisis sistem tenaga listrik yang memegang peranan penting dalam analisis perencanaan sistem tenaga listrik baik dalam pengadaan sistem baru dan pengembangan sistem yang ada. Optimalisasi aliran daya sebagai studi tentang sistem tenaga yang menyediakan banyak informasi termasuk berupa sudut fasa tegangan masing-masing bus dalam sistem, daya pembangkitan dan beban aktif dan reaktif pada setiap bus dan informasi lainnya. Aliran daya dapat digunakan untuk mendapatkan kondisi awal untuk analisis stabilitas. Dua langkah Perhitungan utama optimasi aliran daya sistem tenaga listrik adalah perhitungan aliran listrik dan optimalisasi biaya operasi pembangkit sebagai sumber listrik. Biaya bahan bakar merupakan faktor utama dalam pembangkitan yang menggunakan Bahan bakar fosil perlu diminimalkan melalui beban ekonomi. Tingkat total biaya sistem adalah jumlah dari masing-masing biaya bahan bakar unit pembangkit.(Science, 2020).

### 2.2.6. Newton Raphson

Metode Newton Raphson memiliki perhitungan lebih baik daripada metode Gauss-Seidel bila untuk sistem yang besar karena lebih efisien dan praktis. Jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk memperoleh pemecahan ditentukan berdasarkan ukuran sistem. Dalam metode ini persamaan aliran daya dirumuskan dalam bentuk polar.

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j \dots\dots\dots(10.1)$$

Persamaan diatas bila ditulis dalam bentuk polar adalah :

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \dots\dots\dots(10.2)$$

Daya kompleks pada bus  $I$  adalah :

$$P_i - jQ_i = V_i * I_i \dots\dots\dots(10.3)$$

Substitusi dari persamaan (10.2) untuk  $I_i$  ke dalam persamaan menghasilkan:

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle - \delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j \dots\dots\dots(10.4)$$

Pisahkan bagian real dan imajiner :

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \dots\dots\dots(10.5)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \dots\dots\dots(10.6)$$



Persamaan (10.5) dan (10.6) membentuk persamaan aljabar nonlinier dengan variable sendiri. Besarnya setiap variable dinyatakan dalam satuan per unit dan untuk sudut fasa dinyatakan dalam satuan radian.

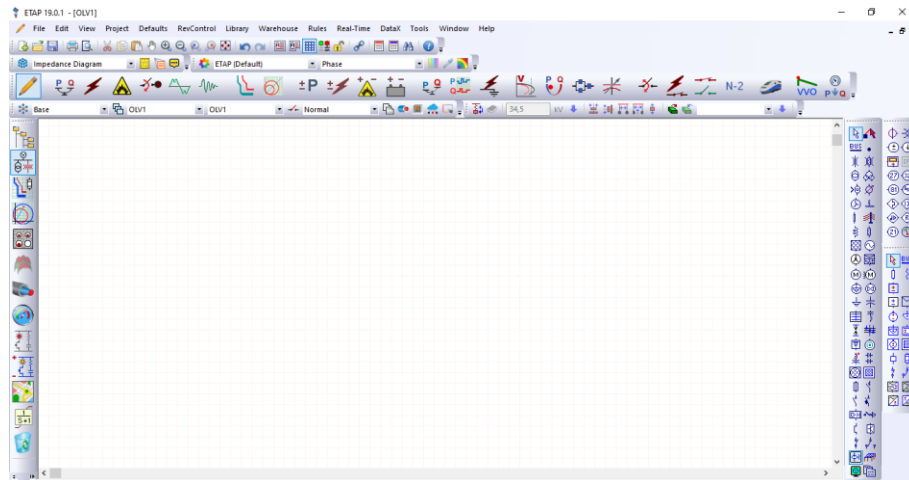
### **2.2.7 Aplikasi ETAP**

Perangkat lunak ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung pemecahan masalah pada sistem tenaga listrik. ETAP adalah alat analisis paling komprehensif untuk perancangan dan pengujian sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam kondisi offline atau online. Kondisi offline dapat digunakan untuk berbagai simulasi daya listrik. Sedangkan kondisi online digunakan untuk pengelolaan data secara real-time atau untuk pengolahan data mengontrol sistem secara real-time. Dengan menggunakan modul standar dalam simulasi offline, ETAP dapat memanfaatkan data operasi waktu nyata untuk pemantauan lanjutan, simulasi real-time, optimasi, sistem manajemen energi dan pelepasan beban yang cepat (Rahayu & Aryani, 2015).

ETAP telah dirancang dan dikembangkan untuk menangani beragam sistem tenaga listrik yang berbeda dalam satu paket terintegrasi dengan berbagai tampilan antarmuka. ETAP memungkinkan Anda untuk dengan mudah membuat dan mengedit diagram garis tunggal (SLD), sistem kabel bawah tanah, sistem kabel tiga dimensi, dan skema sistem informasi geografis (Syukri & Kunci, 2010)

Software ETAP dapat digunakan untuk menganalisis beberapa permasalahan di bidang sistem tenaga listrik diantaranya:

- a) Analisa aliran daya
- b) Analisa hubung singkat
- c) Arc Flash Analysis
- d) Starting motor
- e) Koordinasi proteksi
- f) Analisa kestabilan transien, dll.



## 2.2.8 Gambar tampilan awal *software* ETAP

Kelebihan dari software ini adalah penggunaannya cukup mudah, bisa mensimulasi, mengoptimasi suatu data aliran daya yang kemudian bisa menemukan konfigurasi yang cukup akurat. Dalam perangkat lunak ETAP ada dua standar internasional yang digunakan, yaitu: standar ANSI dan IEC. Pada dasarnya kedua standar tersebut memiliki perbedaan nilai frekuensi, menghasilkan spesifikasi yang berbeda untuk beberapa peralatan listrik digunakan. Selain itu, simbol elemen listrik dari kedua standar berbeda pada perangkat lunak ETAP.

Etap Power Station memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis . Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:

### 1. *Virtual Reality Operasi*

Sistem operational yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika Anda membuka atau menutup sebuah sirkuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.

## 2. *Total Integration Data*

Etap *Power Station* menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensinya, tapi juga memberikan informasi melalui *raceways* yang dilwati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (*load flow analysis*) dan analisa hubung singkat (*short circuit analysis*) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan *ampacity derating* suatu kabel -yang memerlukan data fisik routing.

## 3. *Simplicity in Data Entry*

Etap *Power Station* memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah dimasukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.

ETAP *Power Station* dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), motor starting, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating*.

ETAP *Power Station* juga menyediakan fasilitas *Library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP PowerStation adalah :

1. *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.

2. *Library*, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
3. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
4. *Study Case*, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

a. Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Komponen elemen AC pada *software power station ETAP* dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Semua data elemen AC dimasukkan dalam editor yang telah dipertimbangkan oleh para ahli teknik. Daftar seluruh elemen AC pada *software power station ETAP* ada pada *AC toolbar* ditunjukkan pada gambar 2.2.8.

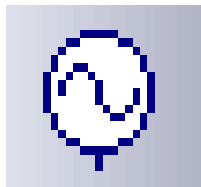


Gambar 2.2.9 : Gambar AC toolbar di ETAP

b. Elemen-elemen AC di ETAP

1. Generator

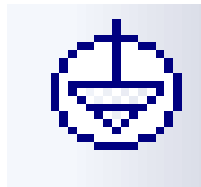
Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station* ETAP berupa rating KV, rating MW, dan mode kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.2.9.



Gambar 2.2.10 : Simbol Generator di ETAP

2. Load

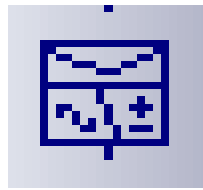
Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station* ETAP berupa rated kV dan MVA yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor load. Di ETAP terdapat dua macam beban, yaitu beban statis dan beban dinamis. Simbol load pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.2.10.



Gambar 2.2.11 : Simbol beban statis dan dinamis di ETAP

### 3. Photovoltaic Array

*Photovoltaic array* serangkaian modul yang dirangkai dengan kombinasi seri ataupun paralel yang ada pada *software station* ETAP 19.0 untuk mendapatkan besar arus dan tegangan tertentu, dan mode kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor *photovoltaic array*. Simbol generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.2.11.



Gambar 2.2.12 : Simbol Photovoltaic Array di ETAP

### 4. Busbar

Bus AC atau *node* sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station software* ETAP. Editor bus sangat membantu untuk pemodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor dan beban statik adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan. Simbol bus pada *power station software* ETAP ditunjukkan gambar 2.2.12.



Gambar 2.2.13 : Simbol Busbar di ETAP

a. Elemen-elemen di ETAP

Suatu sistem tenaga terdiri atas sub-sub bagian, salah satunya adalah aliran daya dan hubung singkat. Untuk membuat simulasi aliran daya dan hubung singkat, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain:

1. Data Generator
2. Data Photovoltaic
3. Data Beban
4. Data Kawat Penghantar
5. Data Bus

b. Elemen Aliran Daya

Program analisis aliran daya pada *software* ETAP dapat menghitung tegangan pada tiap-tiap cabang, aliran arus pada sistem tenaga listrik, dan aliran daya yang mengalir pada sistem tenaga listrik. Metode perhitungan aliran daya dapat dipilih untuk efisiensi perhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran daya pada *software* ETAP ada tiga, yaitu: Newton Raphson, Fast-Decouple dan Gauss Seidel seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Elemen toolbar aliran daya ditunjukkan pada gambar 2.2.13.



Gambar 2.2.14 : *Toolbar Load Flow* di ETAP

### 2.2.8 Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk mengubah atau mengkonversi tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC). Karena itulah rangkaian daya ini disebut juga inverter karena sesuai dengan fungsinya. Saat ini, inverter elektronika daya banyak digunakan di berbagai aplikasi sebagai fase tunggal dan tiga fase inverter. Inverter dapat beroperasi sebagai unit yang berdiri sendiri yang menghubungkan Daya DC ke beban AC, seperti motor AC. . Inverter juga dapat digunakan sebagai UPS , AVR, dan banyak lainnya sistem. Biasanya, inverter tiga fase lebih disukai untuk aplikasi tingkat menengah hingga tinggi . Dalam sistem yang terhubung ke jaringan utilitas, inverter digunakan sebagai perangkat antarmuka untuk memberi makan daya DC ke jaringan. Dalam hal ini, komponen seperti relai atau sakelar diperlukan untuk mengaktifkan sistem untuk terhubung ke jaringan. Desain inverter sederhana dengan tegangan input dan beban tetap. Namun, fluktuasi PV keluaran dan berbagai gangguan beban mempengaruhi kinerja dari inverter.(Hannan et al., 2019).



Gambar 2.2.15 Inverter (Hasanah et al., 2019)

1. Jenis-jenis inverter
  - a. UPS (*Interruptible Power Supply*)

UPS adalah perangkat elektronika yang tersusun atas gabungan rectifier dan inverter. Keduanya mempunyai fungsi yang berlawanan.



Berbeda dengan inverter yang mengubah arus DC menjadi arus AC, *rectifier* pada *Interruptible Power Supply* justru mengubah arus AC menjadi DC.

b. Solar Inverter

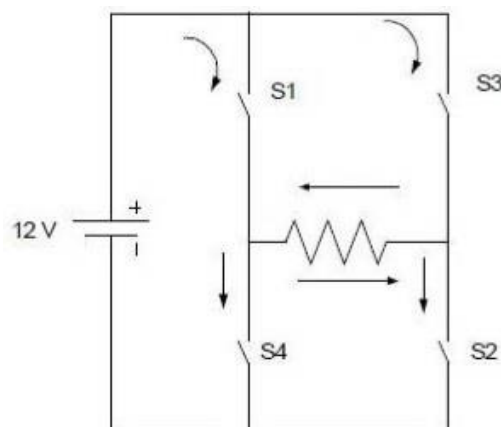
Untuk jenis solar inverter, biasanya dimanfaatkan untuk melakukan perubahan terhadap tegangan DC yang bersumber dari solar panel ataupun aki menuju aliran listrik AC. Kini, inverter ini telah menggunakan charger baterai, sehingga bisa dimanfaatkan untuk mengisi daya.

c. Portable/ Car Inverter

Dengan adanya tegangan arus AC pada sebuah mobil menyebabkan bertambahnya fungsi, yakni dapat digunakan untuk mencharge laptop. Biasanya car inverter mempunyai daya yang cukup kecil, bahkan tidak sampai di atas 200 W.

d. VSD (*Variable Speed Drive*)

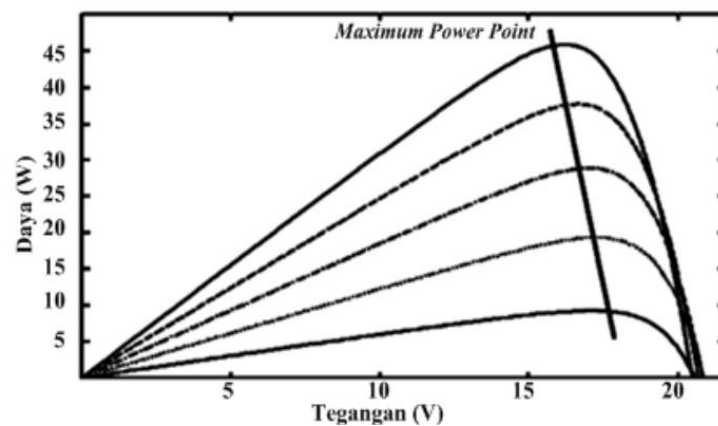
Sama seperti UPS, VSD juga merupakan gabungan *rectifier* dan inverter. Hanya saja pada VSD tidak disertai dengan baterai seperti pada UPS. Konversi tegangan pada jenis inverter yang satu ini sejatinya adalah untuk melakukan proses digit izing.



Gambar 2.2.16 Skema Rangkaian Inverter

### 2.2.9 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah sebuah sistem elektronik yang harus ada pada sebuah sistem PV agar sistem dapat menghasilkan daya maksimal. Di dalam sistem PV, rangkaian MPPT berada pada sisi *Charge Controller* dan *Inverter*. MPPT bukanlah sebuah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari untuk mendapatkan energi maksimum. Di dalam sistem Photovoltaic. Merancang sistem pv yang efisien tentunya tidak lepas dari penjejak (*tracker*) *maximum power point* (MPP) yang berada pada kurva karakteristik daya keluaran sel PV. Titik di mana output power yang dihasilkan oleh sistem PV paling maksimum. (Otong & Bajuri, 2017).



Gambar 2.2.17 Grafik Titik daya maksimum

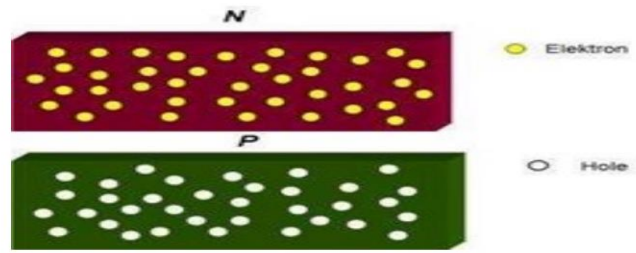
Teknik-teknik yang digunakan dalam MPPT antara lain, *protrude and observe*, *incremental conductance*, *fractional open-circuit voltage*, *fuzzy logic control*, *jaringan syaraf tiruan*, *ripple correlation control*, *current sweep*. Tegangan maximum power point ( $V_{mpp}$ ), bervariasi terhadap suhu dan intensitas cahaya matahari. Sebuah converter DC–DC dapat dipasang diantara panel surya dan beban. *Converter* ini digunakan untuk memaksimalkan transfer daya dari panel surya ke beban. Converter DC–DC yang digunakan tergantung dari spesifikasi panel surya dan beban yang dipasang.

### 2.2.10 Solar Panel (*Solar cell*)

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami.(Effendi & Yuana, 2016) Di dalam semikonduktor alami ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p-n atau dioda p-n. Istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi (metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut.( Hidayanti & Dewangga, 2020).

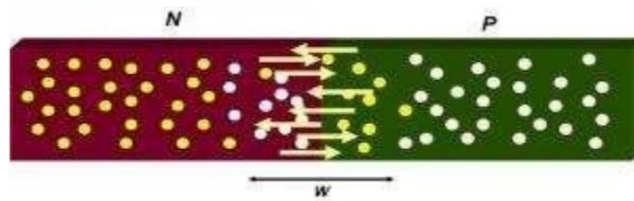
*Solar Cell* biasa disebut dengan panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau “sol” karena matahari merupakan sumber cahaya yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel Fotovoltaik, Fotovoltaik dapat diartikan sebagai “cahaya listrik”. Sel surya bergantung pada efek Fotovoltaik untuk menyerap energi. Proses pengubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor.(Tharo & Andriana, 2019) Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis n dan jenis p. Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (n = negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ( p = positif) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.(Hakim et Christiana and Stuart Bowden Honsberg, 2016al., 2018).

1. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



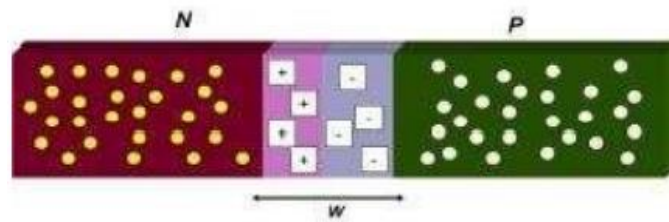
Gambar 2.2.18 Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambun  
(Hidayanti & Dewangga, 2020)

2. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan hole dari semikonduktor p menuju semikonduktor n.



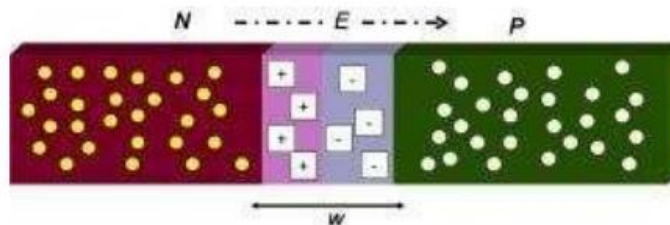
Gambar 2.2.19 Setelah dua jenis semikonduktor ini disambung  
(Hidayanti & Dewangga, 2020)

3. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan *hole* pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah *hole* pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama, hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



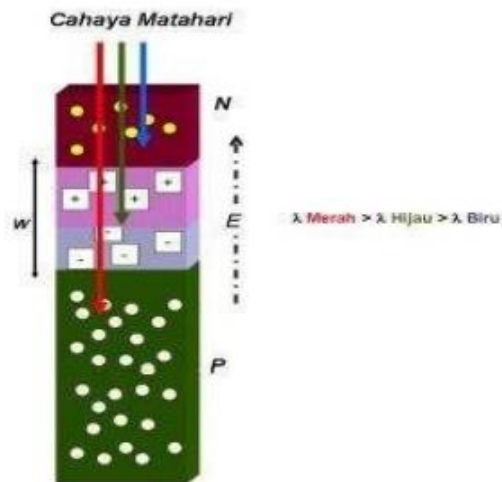
Gambar 2.2.20 Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p (Hidayanti & Dewangga, 2020)

4. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal  $E$  dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali hole ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan hole maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi.



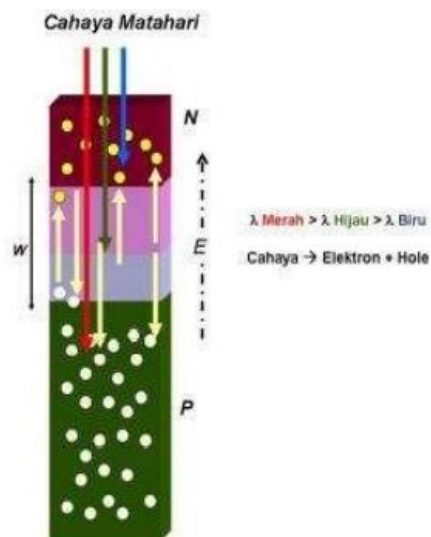
Gambar 2.2.21 Adanya Perbedaan Muatan Positif Dan Negatif Di Daerah Deplesi (Hidayanti & Dewangga, 2020)

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. (Zakri et al., 2014) Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.2.22 Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi (Hidayanti & Dewangga, 2020)

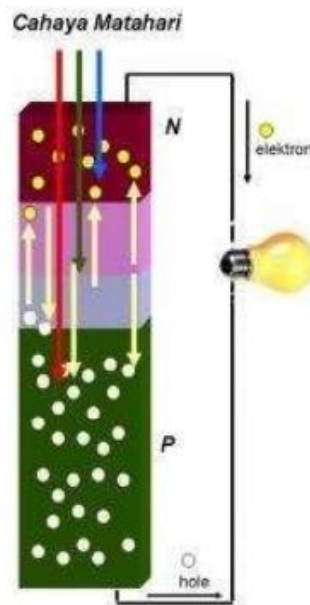
Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi electron hole yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.(Zakri et al., 2014).



Gambar 2.2.23 Fotogenerasi Electron (Hidayanti & Dewangga, 2020)

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lamda” sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n.

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p. Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar 2.2.24 Arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron. ( Hidayanti & Dewangga, 2020)

### 2.2.11 Busbar

Busbar adalah strip atau bar logam yang dalam sistem distribusi tenaga listrik ditempatkan dalam panel listrik/distribusi yang berfungsi sebagai penghubung antara source dengan bebannya. Dimana fungsi busbar itu sendiri untuk penghantar arus listrik yang terbuat dari tembaga atau logam lainnya seperti alumunium, namun keumuman banyak digunakan tembaga. Karena busbar memiliki fungsi yang sama dengan kabel sebagai penghubung. Maka busbar memiliki kemampuan hantar Arus, sesuai dengan dimensinya. (Anggriana, 2015)



Gambar 2.2.25 Busbar

Untuk mendapatkan ukuran busbar yang sesuai ditentukan berdasarkan arus yang mengalir pada busbar tersebut dan harus sesuai dengan standar yang berlaku pada pabrik pembuatnya. Arus listrik nominal yang mengalir dapat dicari dengan menggunakan rumus (Anggriana, 2015).

$$I_{\text{Nominal}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot \eta \cdot \cos \cdot \phi}$$

Maka arus busbarnya menjadi :

$$I_{\text{busbar}} = 1,5 \times I_{\text{nominal}}$$



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

##### 3.1.1 Tempat

Untuk melaksanakan kegiatan penelitian Analisa Aliran Daya Pembangkit *Hybrid Photovoltaic* dan Diesel ini dilakukan di Pulau Pandang Desa Bogak, Kecamatan Tanjung Tiram, Kabupaten Batu Bara, Provinsi Sumatra Utara.

##### 3.1.2 Waktu

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dimulai dari 01 Desember 2021 sampai dengan 14 Februari 2022.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### 3.2.1 Alat

Alat dalam penelitian analisa aliran daya pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel di pulau pandang sebai berikut:

1. *Laptop Acer*
2. *Software Station ETAP*
3. *Microsoft word*

##### 3.2.2 Bahan

Dalam penelitian Analisa Aliran Daya Pembangkit *Hybrid Photovoltaic* dan Diesel di Pulau Pandang menggunakan data Beban dan Data Pembangkit yang saat ini digunakan di lokasi studi penelitian.

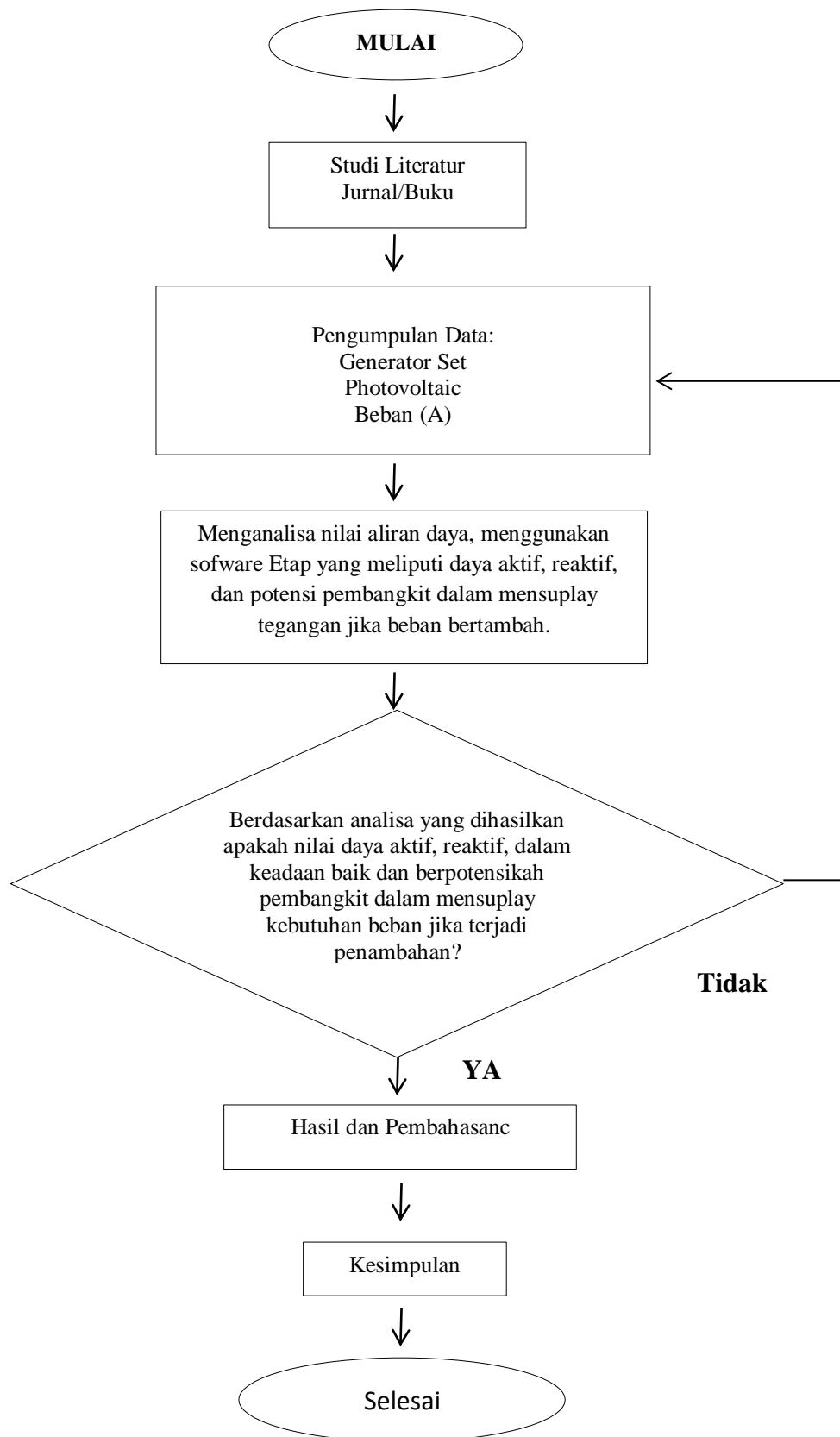
### **3.3 Metode Penelitian**

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan cara pengumpulan data literatur dari penelitian yang telah ada untuk selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan software yang mendukung dalam pelaksanaan penelitian Analisa Aliran Daya Pembangkit *Hybrid Photovoltaic* dan Diesel Di Pulau Pandang, agar dapat diketahui hasil yang akan diperoleh dari data penelitian sebelumnya. Dari Penelitian ini diharapkan memperoleh data Aliran Daya Pembangkit Hybrid di Pulau Pandang tersebut.

### **3.4 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian di lakukan beberapa tahap, penelitian akan dilaksanakan pada bulan Desember 2021 sampai dengan bulan Februari 2022 bertempat di Pulau Pandang Desa Bogak, Kecamatan Tanjung Tiram, Kabupaten Batu Bara Provinsi Sumatra Utara. Adapun tahapan yang harus dilakukan dan diketahui dalam pelaksanaan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Menentukan tema dengan cara melakukan studi literatur untuk memperoleh berbagai sumber teori dan konsep untuk mendukung penelitian yang akan dilaksanakan.
2. Menyiapkan alat dan bahan penelitian
3. Melakukan pengumpulan data penelitian
4. Melakukan simulasi data menggunakan ETAP
5. Melakukan pengolahan data yang dihasilkan dari ETAP
6. Membuat penjelasan dari simulasi yang telah ada
7. Menarik kesimpulan
8. Selesai



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan bagian yang penting dalam sebuah penelitian Arikunto (2010) menyatakan bahwa penyusunan instrumen adalah pekerjaan yang penting dalam penelitian akan tetapi pengumpulan data jauh lebih penting. Adapun metode pengumpulan data dalam penelitian Analisa Aliran Daya Pembangkit *Hybrid* Photovoltaic dan Diesel Di Pulau Pandang ini sebagai berikut:

#### 1. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan teknisi, penjaga sekaligus pengurus pembangkit tenaga *Hybrid* di pulau pandang tersebut.

#### 2. Observasi

Observasi langsung dilakukn di lokasi penelitian yang bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan.

#### 3. Studi Pustaka

Studi pustaka yaitu informasi yang diperoleh dengan cara membaca beberapa jurnal, dan mencatat sistematis, yang berkaitan dengan analisa aliran daya yang mana di dapat dari sumber yang tertentu.

#### 4. Analisa

Menganalisa perhitungan aliran daya data-data yang diperoleh dari penelitian menggunakan metode Newton Rapshon dan melakukan simulasi aliran daya menggunakan ETAP 19.0.

### 3.6 Data Penelitian

Sumber data merupakan subjek dari mana data didapat. Dalam penelitian ini, sumber datanya adalah dari sistem pembangkit *hybrid* Photovoltaic dan diesel di pulau pandang yang meliputi :

#### 1. Sumber Tenaga Listrik

- a. Besar daya pada Generator : 17,5 KVA/ 14 KW
- b. Besar Daya Pada PLTS : 10,2 KW
- c. Frekuensi : 50 Hz

2. Generator 1 Stamford type p.1044H1 3 Unit
  - a. Besar Daya : 17, 5 KVA
  - b. Frekuensi : 50 Hz
  - c. Tegangan : 220/380 V
  - d. *Power Factor* : 0.85
  - e. Rpm : 1500
  - f. Arus : 26.59 A
  
3. Panel Solar Sell Adyasolar Type SP300
  - a. Jumlah Panel : 27 panel
  - b. *Rated Maximum Power* (Pmax) : 380wp
  - c. *Current at Pmax* (Imp) : 9.47 A
  - d. *Voltage at Pmax* (Vmp) : 40.15 V
  - e. *Short Circuit Current* (Isc) : 10.2 A
  - f. *Maximum Sytem Voltage* : 1000 V
  
4. Baterai Kijo type OPZV2-1000
  - a. *Nominal Voltage* : 2 V
  - b. *Nominal Capacity* : 1000 ah
  - c. Jumlah Baterai : 24 unit
  
5. Inverter *LEONICH*
  - a. Model : Leonich VA-170000
  - b. *Type* : Inverter 3 phase
  - c. *Capacity* : 360 V
  
6. Maximum Power Poin Trecking (MPPT)
  - a. Model : ML 100A
  - b. *Current* : 100 A
  - c. *Max Charger Power* : 48V/18000W

## 7. Jumlah Beban Yang Terpasang

NO	Jenis Beban	Besar Watt/Unit	Jumlah Unit	Jumlah Watt
1.	Lampu LED	5 watt	60	300 watt
2.	Lampu	18 watt	15	270 watt
3.	Lampu	45 watt	2	90 watt
4.	Kipas Angin	125 watt	12	1500 watt
5.	Pompa Air	300 watt	2	600 watt
6.	Sound System	550 watt	1	550 watt
7.	Lampu Mercusuar	2500 watt	1	1500 watt
8.	Lampu Jalan	45 watt	8	360 watt
			Jumlah Beban	5.170 watt

Tabel 3.1. Jumlah Beban Yang Terpasang

Pada tabel 3.1 data yang diperoleh ialah jumlah beban yang telah terpasang dan beroperasi, dari keseluruhan data tersebut didapat dari lokasi penelitian yaitu di pulau pandang.

## 8. Estimasi Beban Akan Bertambah

NO	Jenis Beban	Besar Watt/Unit	Jumlah Unit	Jumlah Watt
1.	Lampu LED	5 Watt	60	300 Watt
2.	Lampu Aula	18 Watt	10	180 Watt
3.	Lampu Dermaga	45 watt	35	900 Watt
4.	Pendingin/AC	550 Watt	4	2200 Watt
5.	Kipas Angin	125 Watt	5	625 Watt
6.	Pompa Air	300 Watt	2	600 Watt
			Jumlah Beban	4800 Watt

Tabel 3.2 : Data Estimasi Beban Yang akan bertambah

Berdasarkan nilai beban pada tabel 3.2 berjumlah 4800 watt. Estimasi data beban diatas sesuai dengan hasil observasi dengan pengurus pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel yang ada di pulau pandang tersebut. Dimana pengolah pulau memaparkan akan ada perencanaan penambahan beban yang mana kurang lebih sama seperti beban yang saat ini telah terpasang. Maka selanjutnya apakah pembangkit saat ini dapat melayani beban yang akan bertambah, jika tidak langkah apa yang harus dilakukan, berikut percobaan simulasi pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel dipulau pandang menggunakan *software* ETAP 19.0.

### **3.7 Simulasi Aliran Daya Di ETAP 19.0**

Data-data sistem tenaga listrik yang diperoleh dari hasil wawancara dan observasi kemudian disimulasikan menggunakan *software* ETAP 19.0. Dalam menggunakan *software* ETAP 19.0 terlebih dahulu menggunakan *single* diagram atau garis tertutup dari sistem tenaga listrik Pembangkit *Hybrid Photovoltaic* dan Diesel Di Pulau Pandang. Masukan parameter data setiap komponen sistem tenaga listrik tersebut, jika input data sudah lengkap kemudian pilih metode aliran daya pada pada menu *study case* yaitu metode Newton Raphson. Untuk lebih jelasnya, maka tahap-tahap untuk analisa aliran daya menggunakan ETAP 19.0 adalah sebagai beriku :

1. Membuat *Line Diagram*

Tahap awal untuk memulai simulasi aliran daya adalah dengan membuat gambar *line diagram* di ETAP 19.0

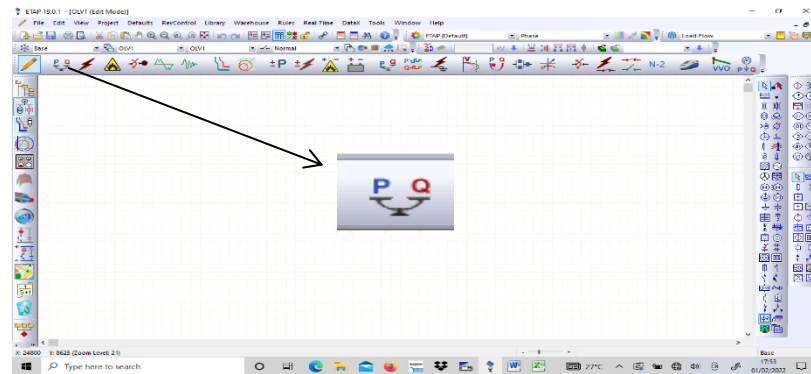
2. Data Masukan

Setelah *line diagram* digambar dengan selesai, maka tahap selanjutnya adalah memasukan data dari setiap komponen yang ada.

3. Laksanakan Program

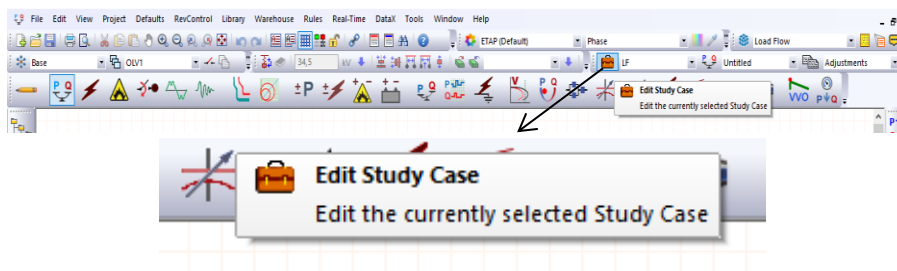
Tahap selanjutnya setelah *line diagram* selesai dibuat dan semua data tiap komponen sudah dimasukan langkah slanjutnya adalah jalankan program. Langkah-langkah untuk menjalankan program ETAP 19.0 adalah sevagai berikut :

- a. Pilih *load flow analysis* pada menu toolbar program seperti ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.2 Run Simulasi

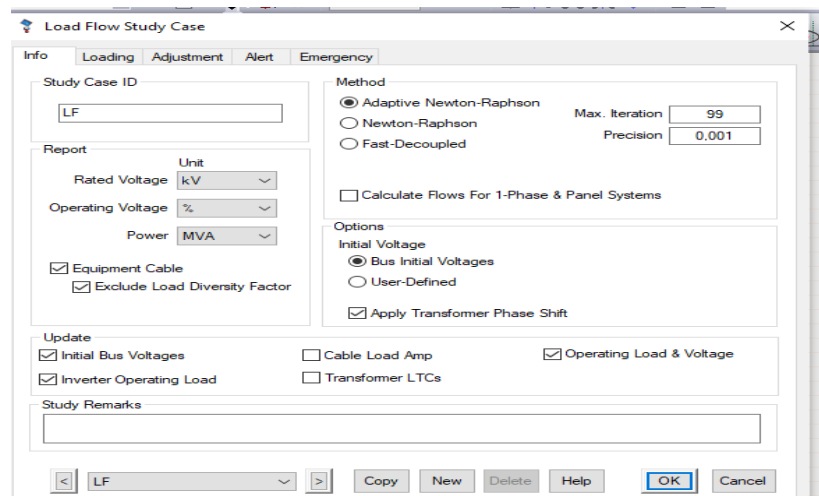
- a. Pilih edit study case seperti ditunjukkan pada gambar 3.4



Gambar 3.3 Edit *study case*

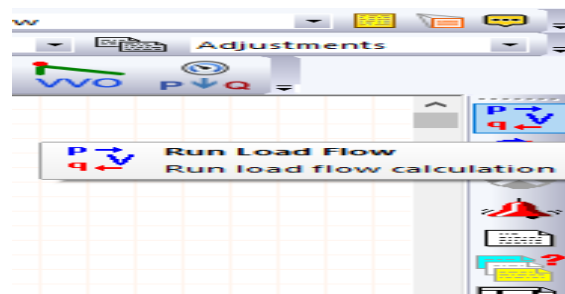
Kemudian akan muncul menu lampiran *Load Flow study case*, kemudian pilih metode Newton Raphson seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.5 :





Gambar 3.4 *Load flow* metode newton rapshon

- a. Setelah metode selesai dipilih silahkan *run load flow* seperti yang di tunjukan pada gambar 3.6.



Gambar 3.5 *Run load flow*

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Aliran Daya

Analisa aliran daya yang dilakukan di Pembangkit *Hybrid Photovoltaic* dan Diesel Pulau Pandang. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kondisi sistem tenaga listrik, sehingga dapat mengetahui aliran daya yang meliputi daya aktif, daya reaktif dan daya semu pada pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel di pulau pandang tersebut. Berikut hasil aliran daya menggunakan simulasi ETAP 19.0.

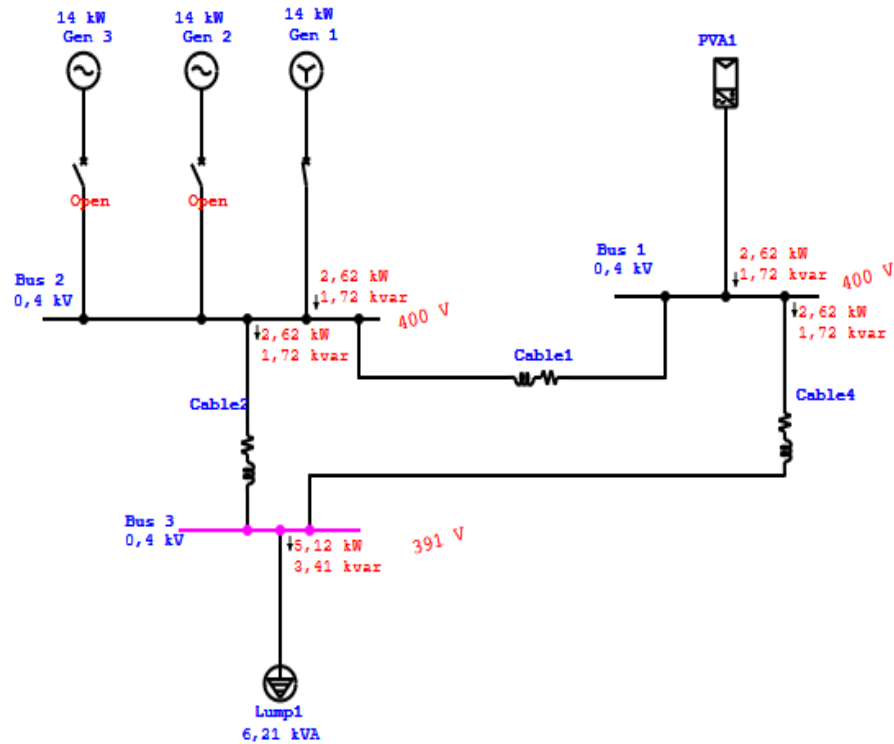
4.1.1 Hasil daya aktif dan reaktif menggunakan ETAP pada tabel 4.1 :

<b>Bus</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Daya Aktif (Kw)</b>	<b>Daya Reaktif (Kvar)</b>	<b>Daya Semu (Kva)</b>	<b>% PF</b>
<b>Bus 1</b>	4,5	2,62	1,72	3,13	83,6
<b>Bus 2</b>	4,5	2,62	1,72	3,13	83,6
<b>Bus 3</b>	9,1	5,12	3,41	6,16	83,6

Tabel 4.1 Hasil nilai daya aktif, daya reaktif, dan daya semu pada Etap

Hasil aliran daya pada ETAP seperti pada tabel 4.1 terlihat nilai dari setiap Bus yang meliputi daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Aliran daya yang paling besar terlihat pada bagian bus 3 dimana nilai dari aliran dayanya sebesar 5,12 daya aktif (kw), 3,41 daya reaktif (kvar) dan pada daya semunya 6,16 (kva). Besarnya arus yang mengalir 9,1 Ampere dengan power factor 0,83.

#### 4.1.2 Hasil Rangkaia Simulasi Menggunakan ETAP



Gambar 4.1 Rangkaian Line Aliran Daya Menggunakan ETAP 19.0

Terlihat pada gambar 4.1 rangkaian simulasi aliran daya pembangkit *hybrid* photovoltaic dan diesel menggunakan ETAP 19.0 Menunjukkan hasil nilai aliran daya. Dengan menginput data pada setiap komponen yang sesuai berdasarkan hasil dari observasi penelitian. Pada gambar 4.1 berupa simulasi besar pembangkit dan beban saat ini yang telah terpasang di pulau pandang tersebut.



Pada gambar 4.2 setelah melakukan penginputan data dengan menambahkan beban, dan tidak mengubah kapasitas pembangkit terlihat pada *photovoltaic* mengalami perubahan warna saat *Run* dilakukan pada ETAP 19.0. Hal itu terjadi dikarenakan sistem pada pembangkit *photovoltaic* tidak mampu melayani beban, sedangkan pada generator sendiri masih dalam kapasitas kemampuan untuk melayani beban dan tidak terjadi kondisi kritis pada bus seperti pada *phovoltaic*. Maka pada percobaan simulasi selanjutnya akan dilakukan penambahan kapasitas pembangkit, dan melihat hasil dari nilai yang di tampilkan *software* ETAP 19.0.

#### 4.2.2 Simulasi Kedua Pada ETAP

Sebelum melakukan simulasi kedua pada ETAP tentunya harus melakukan perhitungan antara beban *existing* dan beban akan bertambah. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui berapa modul *pv array* yang akan bertambah, dan berapa kapasitas baterai yang akan ditambahkan, yang sesuai setelah penambahan beban terjadi. Sesuai dengan hasil observasi data dilapangan beban *existing* dan beban yang akan bertambah sebesar 9,970 watt ( 9,97 kw). Maka dilakukanlah perhitungan kebutuhan pembangkit *photovoltaic* seperti di bawah ini.

##### a. Pendataan Daya Listrik

Dari data yang didapatkan total penggunaan daya listrik dri beban *existing* dan beban akan bertambah berjumlah 9,97 kw. Listrik yang dihasilkan dari *pv array* tidak 100 % dapat digunakan, karena selama masa transmisi dari panel surya hingga pada akhirnya ke beban ( alat elektronik) terdapat hingga 40% energi yang hilang.

$$\begin{aligned} \text{Total daya} &= \text{Daya listrik pulau pandang} : ( 100\% - 40\% ) \\ &= 9.97 \text{ Kw} : 60 \% \\ &= 16.6 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Jadi total dayanya sebesar 16.6 Kw.

b. Menentukan Kebutuhan *Pv Array* Yang Akan Ditambahkan

Di indonesia proses *photovoltaic* optimalnya hanya berlangsung selama 5 jam saja, sehingga untuk menghitung banyaknya panel surya yang digunakan dapat dilakukan seperti berikut:

$$\begin{aligned}\text{Panel Surya} &= \text{Total daya} : \text{Waktu Optimal} \\ &= 16.6 \text{ Kw} : 5 \text{ Jam} \\ &= 3.320 \text{ Watt Peak}\end{aligned}$$

Jadi, untuk mendapatkan daya yang di inginka perlu menggunakan panel surya 3.320 watt peak. Namun karena modul panel tidak ada sebesar itu dilakukanlah penggunaan panel 380 watt peak yang sama dengan panel surya saat ini yang digunakan di pulau pandang.

$$\begin{aligned}3.320 \text{ Watt Peak} &: 380 \text{ Watt Peak} \\ &= 8,7 \text{ panel surya} \\ &= 9 \text{ panel surya ( dibulatkan)}\end{aligned}$$

c. Menentukan Penggunaan Baterai

Pada siang hari, baterai selain digunakan langsung, tetapi juga melakukan pengisian dari panel surya, sehingga pada malam hari tetap bisa menggunakan energi listrik tanpa menggunakan diesel yang ada di pulau pandang tersebut. Namun, energi listrik pada baterai tidak 100 % dapat digunakan. Karena pada saat di inverter potensi kehilangan energinya bisa sebesar 5 %, sehingga perlu adanya cadangan 5 % yang harus ditambah.

$$\begin{aligned}\text{Cadangan} &= \text{Daya kebutuhan di pulau} : ( 100 \% - 5 \% ) \\ &= 9.97 \text{ Kw} : 95 \% \\ &= 10.4 \text{ Kw}\end{aligned}$$

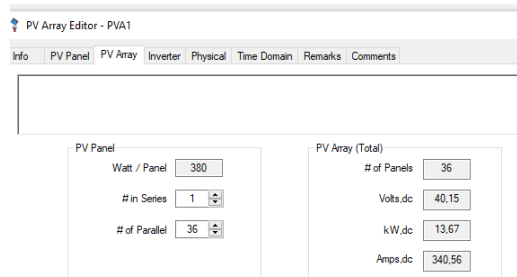
Jadi acuan daya listrik yang digunakan untuk menentukan baterai adalah 10.4 Kw.

Selanjutnya memilih spesifikasi baterai yang tepat. Dikarenakan dipulau pandang menggunakan baterai dengan spesifikasi 2 volt dengan kapasitas penyimpanan 1000 Ah, digunakan pula dengan jenis baterai yang sama pada pembangkit *photovoltaic*.

$$\begin{aligned}\text{Jumlah baterai} &= \text{Daya listrik} : \text{Kapasitas baterai} \\ &= 10.4 \text{ Kw} : 2 \text{ v} \times 1000 \text{ Ah} \\ &= 10.4 \text{ Kw} : 2 \text{ Kw} \\ &= 5.2 \text{ Kw} \\ &= 6 \text{ buah baterai ( Dibulatkan)}\end{aligned}$$

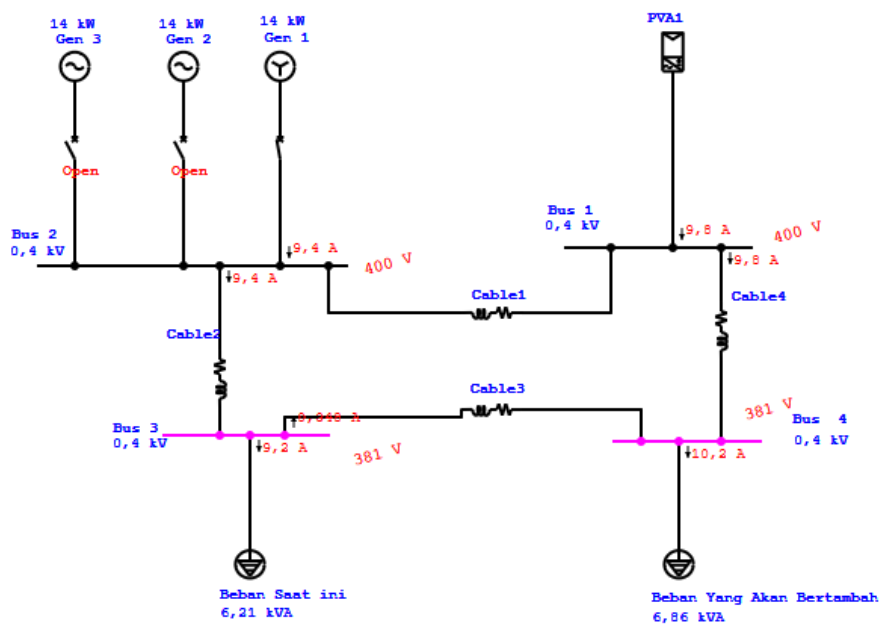
Penggunaan baterai tidak boleh sampai habis karena membuat baterai cepat rusak. Maka digunakan setara 50 %. Jadi hasil perhitungan diatas dikalikan dua supaya mendapatkan hasil yang maksimal, maka  $6 \times 2 = 12$  buah baterai sehingga untuk kebutuhan baterainya sebanyak 12 buah. Namun dalam simulasi menggunakan ETAP harus ditambahkan 4 buah baterai lagi agar durasi baterai tetap bertahan selama 8 jam sewaktu digunakan jika keadaan baterai terisi dengan maksimal jadi jumlah keseluruhan 16 buah batrai.

Setelah melakukan perhitungan penambahan kapasitas pada pembangkit *photovoltaic* maka selanjutnya input data yang telah dianalisa kedalam *software* ETAP terlihat pada gambar dibawah ini, dan lakukan perhitungan aliran daya setelah beban bertambah dan penambahan kapasitas pembangkit *photovoltaic*.



Gambar 4.2 Menu kapasitas *Photovoltaic*

#### 4.2.3 Rangkaian simulasi Setelah Pembangkit Photovoltaic Ditambahkan



Gambar 4.3 Percobaan Simulasi Kedua

Dalam percobaan kedua ini terlihat pada gambar 4.3 photovoltaic tidak mengalami kritis pada bus pada saat run dilakukan dikarenakan kapasitas photovoltaic array yang telah ditambah. Berikut pada gambar 4.2 kapasitas dari photovoltaic telah di tambah dari 10.2 kw menjadi 13.68 kw.



#### 4.2.3 Hasil daya aktif dan reaktif pada Simulasi ETAP Saar Beban Bertambah

<b>Bus</b>	<b>Arus (A)</b>	<b>Daya Aktif (Kw)</b>	<b>Daya Reaktif (Kvar)</b>	<b>Daya Semu (Kva)</b>	<b>% PF</b>
<b>BUS 1</b>	9,8	5,75	3,6	6,78	83,6
<b>BUS 2</b>	9,4	5,52	3,52	6,55	83,6
<b>BUS 3</b>	9,2	5,08	3,38	6,1	83,6
<b>BUS 4</b>	9,2	5,69	3,6	6,73	83,6

Tabel 4.2 Hasil daya aktif dan reaktif pada Simulasi ETAP Saar Beban Bertambah

Hasil dari analisa aliran daya yang dilakukan menggunakan *software* ETAP pada pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel dipulau pandang, ketika nilai aliran daya beban *existing* dan setelah penambahan beban terjadi nilai faktor daya yang dihasilkan pada ETAP sebesar 0,83 dimana faktor daya dengan nilai tersebut terbilang bagus dan optimal dalam sebuah transmisi pembangkit.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil Analisa Aliran Daya Pembangkit *Hybrid Photovoltaic* dan Diesel di Pulau Pandang. Maka dapat di ambil beberapa kesimpulan dalam penelitian ini ialah:

1. Dari analisa aliran daya terlihat pada nilai bus tiga lebih besar, daya aktif 5,12 Kw, daya reaktif 3,41 Kvar, dan daya semu 6,16 Kva. Bahwa pada nilai aliran daya yang di hasilkan oleh pembangkit dan beban berdasarkan data saat ini dan di input kedalam simulasi *soware* ETAP 19.0 masih dalam nilai normal. Dapat disimpulkan bahwa kapasitas pembangkit yang digunakan masih sesuai standar SPLN No.50 Tahun 1997 dengan batas maksimal pembebanan sebesar 80%.
2. Dalam Simulasi Kedua pada ETAP 19.0 dilakukanlah penambahan kapasitas *photovoltaic* yang mana sebelumnya 10,26 kw menjadi 13,68 setelah data di *run photovoltaic* tidak menunjukkan kondisi kritis pada bus pada *photovoltaic*. Kesimpulannya ialah bahwa pada pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel di pulau pandang harus menambahkan lagi kapasitas sebesar 3,42 kw pada pembangkit *photovoltaic* dan menambahkan Baterai sebanyak 13 buah jika akan melakukan penambahan beban sebesar 4,8 Kw.

#### 5.2 Saran

Dalam penelitian ini disarankan untuk menambahkan kapasitas pembangkit *hybrid photovoltaic* dan diesel apabila kedepannya akan melakukan pengembangan yang lebih besar lagi. Dan dalam penelitian ini disarankan pula untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga ombak, mengingat di kawasan pesisir pantai pulau pandang memiliki gelombang ombak yang cukup berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggriana, K. (2015). Analisis Perencanaan Dan Pengendalian Persediaan Busbar Berdasarkan Sistem Mrp (Material Requirement Planning) Di Pt. Tis. *Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri*, 9(3), 320–337.
- Ari, D. P., Kurniasih, N., Yogiarto, A., & ElektSro, T. (2018). Kajian Perencanaan PLTS Terhubung Ke Grid Untuk Melayani Suplai Daya Listrik Di Menara STT - PLN. *Jurnal Sutet*, 8(1), 13–20.
- Chamdareno, P. G., & Hilal, H. (2000). *Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten*. 1(1), 37–44.
- Dedisukma, D., Sunanda, W., & Gusa, R. F. (2015). PEMODELAN SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID DIESEL GENERATOR DAN PHOTOVOLTAIC ARRAY MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER (Studi Kasus di Pulau Semujur Kabupaten Bangka Tengah). *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 2(2), 10–17. <https://doi.org/10.33019/ecotipe.v2i2.35>
- Destrinanda, H., Yoswaty, D., & Zulkifli. (2018). Kajian Potensi Ekowisata Bahari Di Pulau Pandang Kecamatan Tanjung Tiram Provisi Sumatera Utara. *Fakultas Perikanan Dan Ilmu Keluautan Universitas Riau. Riau.*, 5, 1689–1699.
- Djalal, M., Chandra, Y., Yunus, M., & Nauwir, H. (2014). Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus Dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kV Sulawesi Selatan). *Jurnal Teknik Mesin SINERGI*, 12(1), 35–49.
- Elektro, J. T., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, S. (2011). *Desain Pembangkit Listrik Hybrid ( Plts / Diesel ) Untuk Meningkatkan Pelayanan Kesehatan*. 10(1), 15–21.
- Elektro, T., Elektro, T., & Brawijaya, U. (n.d.). *Studi analisis pembangkit listrik hybrid (diesel- angin) di pulau karimun jawa*. 1–8.
- Eriyanto, E. (2017). Evaluasi Pemanfaatan PLTS Terpusat Siding Kabupaten Bengkayang. *Elkha*, 9(1), 35. <https://doi.org/10.26418/elkha.v9i1.21676>
- Hafid, A., Abidin, Z., Husain, S., Umar, R., Prodi, D., Elektro, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., Prodi, D., Elektro, T., Negeri, P., & Makassar, U. (2017). *ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PULAU BALANG LOMPO*. 14(1), 6–12.
- Hakim, L., Suyono, H., & Dachlan, H. S. (2018). Analisis Injeksi Pembangkit Hybrid Tenaga Surya-Angin pada Sistem GI Sengkaling Penyulang Pujon. *Jurnal EECCIS*, 11(1), 14–19.
- Hamzah, S. R., Irianto, C. G., & Kasim, I. (2019). Sistem PLTS Untuk Pompa Air Irigasi Pertanian di Kota Depok. *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 17(1),

- Rimbawati, Azis Hutasuhut, A., & Chaniago, Y. (2018). Analysis of Hybrid Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.7), 481. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.7.27364>
73. <https://doi.org/10.25105/jetri.v17i1.4788>
- Hannan, M. A., Ghani, Z. A., Hoque, M. M., Ker, P. J., Hussain, A., & Mohamed, A. (2019). Fuzzy logic inverter controller in photovoltaic applications: Issues and recommendations. *IEEE Access*, 7, 24934–24955. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2899610>
- Hasanah, A. W., Koerniawan, T., & Yuliansyah, Y. (2019). Kajian Kualitas Daya Listrik Plts Sistem Off-Grid Di Stt-Pln. *Energi & Kelistrikan*, 10(2), 93–101. <https://doi.org/10.33322/energi.v10i2.211>
- Hasibuan, A., Isa, M., Yusoff, M. I., Rafidah, S., & Rahim, A. (2020). *Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap*. 3(1).
- Hayatullah, W., Pratama, S. P., Yakut, F. M., & Rachman, M. (2021). *Analisis Performa Generator Set Diesel PLTD Terhadap Perubahan Beban di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi*. 15–27.
- Horizontal, V., & Horizontal, V. (2020). *Penerapan Predictive Maintenance Pada Lubrication System Berdasarkan Analisa Getaran Mesin Caterpillar 3512b Unit 15 Pltd Bengkalis Jurusan Teknik Mesin , Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Politeknik Negeri Bengkalis , Jl . 1(1), 9–15*.
- Irawati, R., Ketenagalistrikan, P., Baru, E., Energi, K., Ciledug, J., Kav, R., & Lama, C. K. (2012). *HYBRID POWER PLANT ANALYSIS TO FULFILL THE ELECTRICITY NEED IN PRAMUKA ISLAND*. 11(2), 81–92.
- Iskandar, H. R., Elysees, C. B., & Ridwanulloh, R. (2021). Analisis Performa Baterai Jenis Valve Regulated Lead Acid pada PLTS Off-grid 1 kWp. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 13(2), 129–140. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/7624>
- Jurnal, R. T. (2018). Analisis Strategi Teknologi Plts Fotovoltaik Di Indonesia Terhadap Nilai Ekvivalensi Dan Pemanfaatan Perwilayah. *Power Plant*, 5(1), 51–55. <https://doi.org/10.33322/powerplant.v5i1.108>
- Mohammad Wirandi, J. (2020). *Analisis Aliran Daya Pada Jalur Kelistrikan Gedung ( Studi Kasus Gedung Program Studi Teknik Listrik Dan Instalasi Politeknik Industri Logam Morowali )*. 978–979.
- Nigara, A. G., & Primadiyono, Y. (2015). Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4 . 0. *Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 2–5.

- Otong, M., & Bajuri, R. M. (2017). Maximum Power Point Tracking (MPPT) Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Buck-Boost Converter. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 5(2), 103. <https://doi.org/10.36055/setrum.v5i2.1563>
- Panggayuh, B. G., & Kurniawan, I. H. (2020). *Perancangan Dan Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 27 kWp Di Kota Cilacap*. 2(1).
- Penambahan Daya Pln, T., Mohammad Amir, I. H., Muharam Somantri Konsentrasi Teknik Tenaga Listrik, A., & Teknik Elektro, J. (2017). Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Memenuhi Penambahan Beban 300 kVA. *Sinusoida*, XIX(1), 33–44.
- Rahayu, M., & Aryani, Y. A. (2015). Pemahaman Guru Akuntansi Tentang Sak- Etap, Prestasi Belajar Dan Penyerapan Lulusan Sesuai Bidang Akuntansi: Bukti Empiris Dari Kota Madiun. *Assets: Jurnal Akuntansi Dan Pendidikan*, 4(2), 99. <https://doi.org/10.25273/jap.v4i2.679>
- Subarkah, R., Heryana, G., & Widiawaty, C. D. (2020). *The Development of Photovoltaic Application in Indonesia: A Review*. *Asais 2019*, 108–113. <https://doi.org/10.5220/0009906101080113>
- Syukri, M., & Kunci, K. (2010). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 9(2), 77–80. <https://doi.org/10.17529/jre.v9i2.167>
- Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., & Manado, R. (2019). *Optimasi penjadwalan menggunakan metode algoritma genetika pada proyek rehabilitasi puskesmas minanga*. 7(12).
- Walangare, K. B. A., Lumenta, A. S. M., Wuwung, J. O., & Sugiarso, B. A. (n.d.). Rancang Bangun Alat Konversi Air Laut Menjadi Air Minum Dengan Proses Destilasi Sederhana Menggunakan Pemanas Elektrik. *E-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 1–11.
- Wisnu, A. (2016). Perencanaan Pembangkitan Listrik Tenaga Surya (Plts) Berkapasitas 1200 Watt Untuk Mengoperasikan Peralatan Sistem Informasi Aktifitas Masyarakat Desa Singosaren Imogiri Bantul Yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*, 3(1), 59–71. <https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/elektrikal/article/view/2482>

Lampiran I

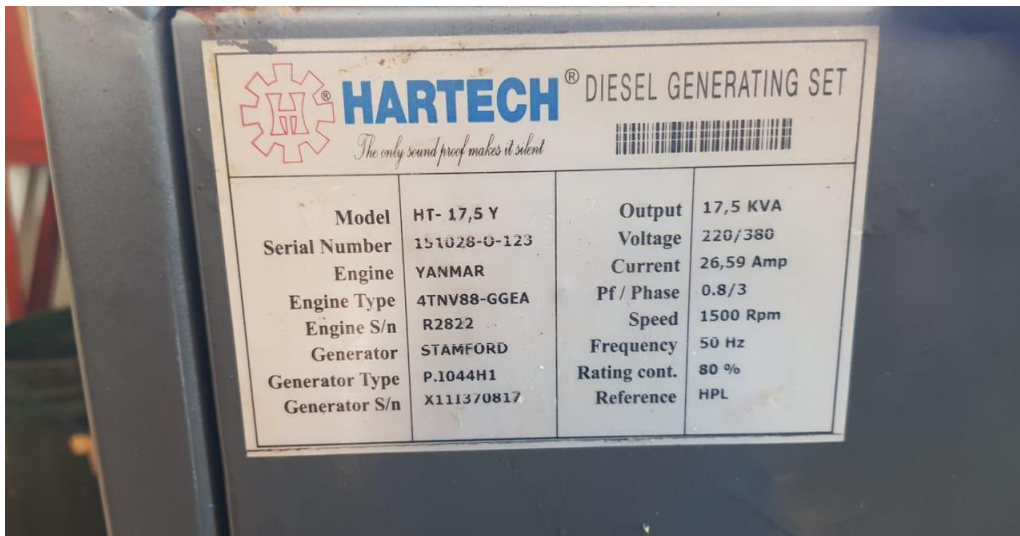


Photovoltaic Array



Baterai DC

## Lampiran 2



## Spesifikasi Generator set



## Generator Set



Lampiran 3



*Maximum Power Poin Trecking (MPPT)*



Inverter



## Lampiran 4



Panel Control

## RIWAYAT HIDUP



## DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : YUSRIL IHZA MAHENDRA, S.T  
Nama Panggilan : YUSRIL  
NPM : 1707220049  
Tempat/Tanggal Lahir : Pematang Rambai 14 Februari 1999  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Agama : ISLAM  
Status : Belum Kawin  
Alamat Sekarang : Desa Pematang Rambai, Batu Bara  
No. Telepon/ Whatsapp : 0823 6176 7804  
E-mail : [ihzamahendraa14@gmail.com](mailto:ihzamahendraa14@gmail.com)

## RIWAYAT PENDIDIKAN

SD 010169 LIMA LARAS (2004-2011)  
SMP NEGERI 2 TANJUNG TIRAM (2011-2014)  
SMK NEGERI 1 TANJUNG TIRAM (2014-2017)  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATRA UTARA (2017-2022)



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<http://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [f umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [i umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [t umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan) [u umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 1067/11L.3AU/UMSU-07/F/2021**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Elektro Pada Tanggal 15 September 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : YUSRIL IHZA MAHENDRA  
Npm : 1707220049  
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO  
Semester : VIII (DELAPAN)  
Judul Tugas Akhir : ANALISA ALIRAN DAYA PEMBANGKIT HYBRID PHOTOVOLTAK  
DAN DIESEL DI PULAU PANDANG

Pembimbing : RIMBAWATI ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Elektro
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 08 Shafar 1443 H

15 September 2021 M

Dekan



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202



**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

NAMA : YUSRIL IHZA MAHENDRA  
 NPM : 1707220049  
 JUDUL SKRIPSI : ANALISA ALIRAN DAYA PEMBANGKIT HYBRID  
 PHOTOVOLTAIC DAN DIESEL DI PULAU PANDANG

NO.	Hari / Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	17/08/21	Tambahan materi	<i>[Signature]</i>
2.	23/08/21	Perbaiki penulisan.	<i>[Signature]</i>
3.	20/08/21	Ukuran Judul huruf. di kecilkan.	<i>[Signature]</i>
4.	4/09/21.	Lanjut BAB 3.	<i>[Signature]</i>
		Ute seminar proposal 6/10 2021	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing

*[Signature]*

RIMBAWATI S.T., M.T



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA : YUSRIL IHZA MAHENDRA  
NPM : 1707220049  
JUDUL SKRIPSI : ANALISA ALIRAN DAYA PEMBANGKIT HYBRID  
PHOTOVOLTAIC DAN DIESEL DI PULAU PANDANG

NO.	Hari / Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	5/1 22	Perbaiki Penulisan.	<i>[Signature]</i>
2.	12/1 22	Rapikan Rujukan	<i>[Signature]</i>
3.	17/1 22	Tambahan literatur	<i>[Signature]</i>
4.	22/1 22	BAB 3 Tambahan Data.	<i>[Signature]</i>
5.	8/2 22	Rapikan Daftar Pustaka	<i>[Signature]</i>
6.	16/2 22	Abstrak tonele kumyus.	<i>[Signature]</i>
7.	20/2 22	Daftar Isi Rujukan.	<i>[Signature]</i>
		ACC seminar Hasil 23/2 22	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing



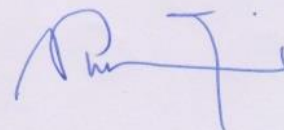
RIMAWATI S.T., M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA : YUSRIL IHZA MAHENDRA  
NPM : 1707220049  
JUDUL SKRIPSI : ANALISA ALIRAN DAYA PEMBANGKIT HYBRID  
PHOTOVOLTAIC DAN DIESEL DI PULAU PANDANG

NO.	Hari / Tanggal	Kegiatan	Paraf
	14/02 2022	Penambahan Analisa	Prof.
	25/02 2022	Perubahan gambar	Prof.
	17/03 2022	Cambuhan line diagram	Prof.
		Au sidang sarjana 25/3 2022	Prof.

Dosen Pembimbing



RIMBAWATI S.T., M.T