

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS PENGARUH FAKTOR DAYA TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PLTBg PASIR MANDOGGE**

*Diajukan untuk memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**NADILA RIYANTI**

**2007220047**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Nadila Riyanti  
Npm : 2007220047  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar  
PLTBg Pasir Mandoge  
Bidang Ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Oktober 2024

Mengetahui dan Menetujui :

**Dosen Pembimbing**



**Rimbawati S.T., M.T.**

**Dosen Penguji I**



**Muhammad Adam S.T., M.T.**

**Dosen Penguji II**



**Noorly Evalina S.T., M.T.**

**Program Studi Teknik Elektro**



**Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T.**

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Nadila Riyanti  
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 27 Maret 2002  
NPM : 2007220047  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar PLTBg Pasir Mandoge”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksamaan antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 Oktober 2024

Saya yang menyatakan



Nadila Riyanti

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis besar perubahan daya aktif dan daya reaktif PLTBg Pasir Mandoge jaringan distribusi 20 kV PT. PLN, dengan fokus pada analisis aliran daya menggunakan software ETAP 19.0.1. Alat dan bahan yang digunakan meliputi laptop, software ETAP 19.0.1, data peralatan faktor daya, dan diagram single line jaringan distribusi Pasir Mandoge. Teknik pengumpulan data dilakukan berdasarkan daya keluaran dari 2 generator di PLTBg yang berupa daya aktif dan daya reaktif. Proses penelitian meliputi simulasi aliran daya untuk memodelkan jaringan distribusi, pengambilan data, serta evaluasi daya yang terjadi. Hasil simulasi menunjukkan adanya yang signifikan di beberapa titik jaringan, dengan daya mencapai 0,001 KW di load 78. Untuk memperbaiki kondisi ini, dilakukan penambahan kapasitor bank sebesar 1,6 Mvar dan generator sebesar 2 MW, yang berhasil meningkatkan daya hingga kisaran 0,012 KW. Kesimpulan dari penelitian ini nilai total dari produksi Limbah Pome Kelapa sawit di PKS Bandar Pasir Mandoge Kabupaten Asahan sejumlah 15.319,212 Kg. Rata-rata produksi Limbah Pome Harian dengan produksi selama 16jam mencapai 763,262 m3/hari, dengan demikian potensi energi listrik yang dihasilkan dari limbah pome sebesar 197.175 Watt (2 MW) dan Konsumsi Biaya Bahan Bakar Biogas yang dikeluarkan PLTBg Pasir Mandoge sebesar Rp.515.712/hari serta kerugian akibat daya yang hilang 23% menyebabkan pemborosan sebesar Rp.118.613,76/hari dan Rp.3.677.026,56/bulan. Saran diberikan untuk penelitian selanjutnya agar memperhatikan aspek perawatan dan pengembangan teknologi untuk memperbaiki efisiensi dan kestabilan daya jaringan distribusi.

**Kata kunci :** *Faktor daya, Efisiensi, Etap 19.1*

## ABSTRACT

This research was conducted to analyze the magnitude of changes in active power and reactive power of PLTBg Pasir Mandoge PT's 20 kV distribution network. PLN, with a focus on power flow analysis using ETAP 19.0.1 software. The tools and materials used include a laptop, ETAP 19.0.1 software, power factor equipment data, and a single line diagram of the Pasir Mandoge distribution network. The data collection technique was carried out based on the output power of 2 generators at PLTBg in the form of active power and reactive power. The research process includes power flow simulation to model the distribution network, data collection, and evaluation of the power that occurs. The simulation results show a significant presence at several network points, with power reaching 0.001 KW at a load of 78. To improve this condition, a capacitor bank of 1.6 Mvar and a generator of 2 MW were added, which succeeded in increasing the power to around 0.012 KW. The conclusion of this research is that the total value of palm oil pome waste production in the Bandar Pasir Mandoge PKS, Asahan Regency is 15,319,212 kg. Average daily pome waste production with 16 hour production reaches 763,262 m<sup>3</sup>/day, thus the potential for electrical energy produced from waste pome amounted to 197.175 WATT (1,97 MW) and Consumption of Biogas fuel costs incurred by PLTBg Pasir Mandoge amounted to Rp.515,712/day and losses due to lost power of 23% causing wastage of Rp.118.613,76/day and Rp.3.667,56/mount. Suggestions are given for further research to pay attention to aspects of maintenance and technological development to improve the efficiency and stability of the distribution network power.

**Key words :** *Power factor, Efficiennc, Etap 19.1*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 “**Analisis pengaruh Faktor Daya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit PLTBg Pasir Mandoge**” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Ayahanda tercinta Kasianto dan Ibunda tercinta Maisarah dua orang tua yang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terima Kasih atas doa, perjuangan, cinta, kasih sayang, kepercayaan dan segala bentuk perhatian yang telah diberikan, sehingga penulis merasa terdukung di segala pilihan dan keputusan yang diambil oleh penulis, semoga Allah SWT memberikan keberkahan di dunia serta tempat terbaik di akhirat kelak karena telah menjadi menjadi figur orang tua terbaik bagi penulis.
2. Bapak Dr. Agussani M.A.P selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar 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. 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.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu keteknikan elektro kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu mengurus segala administrasi penulis selama perkuliahan.
8. Kepada Anita Rahayu, Indah Purnama Sari dan Jepri Afrianto selaku kakak dan adik yang telah memberikan semangat, dukungan, doa dan perhatian kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir.
9. Kepada Fakhira Affifah Shakila dan Adelia Dwie Ocktavia selaku keponakan yang selalu menghibur dan memberi semangat kepada penulis.
10. Kepada sahabat penulis Aufa Afika Nainggolan, Nabilah Febryanti, Seby Alrida Ritonga, Cindy Fauziah Anggraini, Dila Kesuma Afriani, Nabilah Khairunnisa, Rina Franciska, Maya Syahdana Nuraini Siregar, Muhammad Ismail, Puan Delila Pane, Monika Belawanti Siringoringo, Siti Aisyah Bugis, Siska Saputri Zai,

Maysarah, Aulia Nur Afifah dan Ranum Awanda Melania yang telah memberikan semangat dan support kepada penulis selama masa perkuliahan dan mengerjakan Tugas Akhir.

11. Kepada Teman-teman Ikatan Mahasiswa Elektro (IME) yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Kepada Teman-teman seangkatan stambuk 2020 yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir selama masa perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
13. Kepada bayi online Rayyanza Malik Ahmad, Drimitive Abraham Hariyanto dan Kamari Sky Wassink yang telah menghibur penulis dengan tingkah lucunya selama mengerjakan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amiin ya rabbal alamin.

Medan,19-Oktober-2024

**Penulis**

**Nadila Riyanti**

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan .....	4
2.2 Landasan Teori .....	6
2.2.1 Operasi Ekonomis Sistem Tenaga .....	11
2.2.2 Metode Analisis Biaya Bahan Bakar .....	12
2.2.3 Konversi POME (Palm Oil Mill Effluent) ke Energy listrik .....	16
2.3 Kapasitor Bank .....	17
2.3.1 Menentukan Ukuran Kapasitor untuk Memeperbaiki Faktor Daya .....	20
2.3.2 Pengaruh Capasitor Bank Terhadap Kualitas Daya Listrik .....	21
2.3.3 Keadaan Yang Mempengaruhi Faktor Daya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit.....	22
2.4 ETAP .....	23
2.4.1 Single Line Diagram.....	28
2.4.2 Langkah-Langkah Menggambar Single Line Diagram .....	29
2.4.3 Rangkaian Percobaan.....	32



2.4.4 Elemen-Element Pada ETAP 2019 .....	33
2.4.5 Toolbar Untuk Analisa Sistem Tenaga Listrik .....	35
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian .....	38
3.1.1 Tempat.....	38
3.2 Alat Dan Bahan .....	38
3.3 Teknik Pengumpulan Data.....	38
3.4 Prosedur Penelitian.....	38
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Hasil Simulasi Aliran Daya Menggunakan <i>Software</i> Etap 2019 .....	42
4.2 Besar perubahan daya aktif dan daya reaktif .....	42
4.3 Hubungan Faktor Daya terhadap konsumsi bahan bakar.....	49
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1 Segitiga Daya .....</b>	<b>12</b>
<b>Gambar 2. 2 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Lagging .....</b>	<b>15</b>
<b>Gambar 2. 3 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Leading .....</b>	<b>15</b>
<b>Gambar 2. 4 Diagram Daya untuk menentukan Capacitor .....</b>	<b>21</b>
<b>Gambar 2. 5 Tampilan awal ETAP 2019.....</b>	<b>30</b>
<b>Gambar 2. 6 Menu File dan New Project ETAP 2019 .....</b>	<b>30</b>
<b>Gambar 2. 7 Creat New Project ETAP 2019 .....</b>	<b>31</b>
<b>Gambar 2. 8 User Information pada ETAP 2019 .....</b>	<b>31</b>
<b>Gambar 2. 9 Lembar kerja pada ETAP 2019 .....</b>	<b>32</b>
<b>Gambar 2. 10 Gambar Rangkaian percobaan Sederhana.....</b>	<b>32</b>
<b>Gambar 2. 11 Hasil Running Rangkaian percobaan sederhana .....</b>	<b>33</b>
<b>Gambar 2. 12 Elemen Standar IEC .....</b>	<b>33</b>
<b>Gambar 2. 13 Simbol Generator di ETAP .....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 2. 14 Simbol Busbar di ETAP.....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 2. 15 Simbol Transformator di ETAP.....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 2. 16 Simbol Beban di ETAP .....</b>	<b>34</b>
<b>Gambar 2. 17 Simbol Transmisi di ETAP .....</b>	<b>35</b>
<b>Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>41</b>
<b>Gambar 4 1 Daya terendah sebelum Interkoneksi .....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 4 2 Daya tertinggi sebelum Interkoneksi.....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 4 3 Daya tertinggi setelah Interkoneksi.....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 4 4 Daya tertinggi setelah Interkoneksi.....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4 5 Daya tertinggi dan Daya terendah sebelum Interkoneksi.....</b>	<b>45</b>
<b>Gambar 4 6 Daya tertinggi dan Daya terendah setelah Interkoneksi .....</b>	<b>46</b>
<b>Gambar 4 7 Sesudah Running pada Etap sebelum penambahan Kapasitor Bank dan Generator.....</b>	<b>47</b>
<b>Gambar 4 8 Sesudah Running pada Etap setelah penambahan Kapasitor bank dan Generator.....</b>	<b>48</b>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi perkembangan dan keberlangsungan hidup manusia saat ini. Di Indonesia, permintaan energi listrik mengalami peningkatan dikarenakan pertumbuhan populasi dan kegiatan industri semakin berkembang. Berdasarkan data statistik PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) 31 Maret 2007, distribusi bahan bakar untuk suatu pembangkit mencapai 34 % dari total kapasitas pembangkit terpasang. [1]

Menurut pasal 11 ayat (1) UU 30 Tahun 2009, tidak hanya BUMN saja yang berhak untuk melakukan usaha penyediaan tenaga listrik, namun sekarang BUMD, badan usaha swasta, koperasi, dan swadaya masyarakat yang berusaha di bidang penyediaan tenaga listrik juga punya hak yang sama dalam hal melakukan usaha penyediaan tenaga listrik. [2] Beberapa usaha yang dapat di tempuh Perusahaan Listrik Negara dalam mengatasi peningkatan kebutuhan listrik antara lain dengan pembangunan pembangkit baru, pembelian listrik swasta (*independent power producer*), dan sistem sewa pembangkit dengan pemda/ pengusaha. Sedangkan, usaha yang dapat dilakukan guna mendapatkan biaya operasi yang ekonomis adalah dengan pergantian pemakaian bahan bakar, pengoptimalan efisiensi dan pemeliharaan pembangkit yang sudah ada. [3]

Beberapa faktor yang mempengaruhi ketersediaan listrik di Indonesia yaitu ketersediaan energi primer, harga bahan bakar, teknologi, dan budaya masyarakat. Naiknya harga bahan bakar belakangan ini sangatlah mempengaruhi kehidupan kelistrikan di Indonesia. Hal ini dikarenakan sebagian ataupun seluruh proses pembangkitan energi listrik memerlukan bahan bakar. Bahan bakar yang diperlukan seperti diesel, batubara dan gas. Jenis bahan bakar tersebut biasa digunakan untuk melakukan pembakaran guna menghasilkan panas setelah dikonversikan pada sebuah pembangkit.[4]

Saat ini energi terbarukan menjadi sebuah hal yang sangat penting bagi masa depan dikarenakan berasal dari energi hijau atau energi bersih dengan cara diperoleh dari sumber-sumber alam yang dapat diperbaharui dan tidak terbatas. Salah satu pembangkit terbarukan yang digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Biogas atau PLTBg menggunakan bahan bakar FOME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang berasal dari limbah buah kelapa sawit.

Dalam proses produksi, faktor yang mempengaruhi pengiriman daya nyata yang optimal pada pembangkit adalah beroperasinya generator yang efisien dan biaya bahan bakar. Banyak juga generator yang beroperasi secara efisien didalam system tenaga namun hal itu tidak menjamin biaya operasinya minimum. Jika stasiun pembangkit mengalami masalah pada system pembangkitannya atau kurangnya kebutuhan suplai energi listrik pada beban maka dapat mengakibatkan stasiun pembangkit tersebut harus meningkatkan kinerja pada generator.

Penelitian ini akan melakukan analisis agar biaya bahan bakar menjadi lebih minimum menggunakan metode kuantitatif dan metode deskriptif simulasi komputer dengan memperhitungkan faktor daya ( $\cos \varphi$ ) pada pembangkit listrik yang disusun ke dalam bahasa pemrograman/*software* ETAP agar mempermudah dalam pengolahan data.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka untuk mengatasi keadaan ini hal yang harus dilakukan pada stasiun pembangkit adalah mengatur faktor daya ( $\cos \varphi$ ) dengan perubahan dari energi primer menjadi energi listrik pada generator agar menghasilkan efisiensi semakin tinggi dan biaya bahan bakar menjadi lebih minimum.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah yang diambil pada analisis ini adalah:

1. Seberapa besar perubahan daya aktif dan daya reaktif pada sistem sebelum dan sesudah PLTBg Pasir Mandoge terinterkoneksi?
2. Bagaimana hubungan antara faktor daya terhadap konsumsi bahan bakar pembangkit pada PLTBg Pasir Mandoge?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari analisis ini yaitu:

1. Menganalisis besar perubahan daya aktif dan daya reaktif pada sistem sebelum dan sesudah terinterkoneksi
2. Menganalisis hubungan faktor daya terhadap konsumsi bahan bakar pembangkit agar lebih ekonomis

### **1.4 Ruang Lingkup**

Pada penelitian ini, adapun ruang lingkup yang dihadapi adalah

1. Penelitian ini akan berfokus pada pengaruh faktor daya terhadap biaya konsumsi bahan bakar pada PLTBg Pasir Mandoge.
2. Penelitian ini akan menggunakan metode simulasi komputer untuk mengevaluasi dan memahami pengaruh faktor daya terhadap biaya konsumsi bahan bakar dengan ETAP yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data serta melakukan simulasi menggunakan Simulink.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini dapat membantu dalam mengidentifikasi dan mengimplementasikan strategi yang aktif untuk mengurangi biaya operasional pembangkit.
2. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara faktor daya dan biaya konsumsi bahan bakar, langkah-langkah perbaikan dan peningkatan efisiensi dapat diambil untuk mengurangi pemborosan energi dan biaya operasional.
3. Hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang hubungan antara faktor daya dan biaya konsumsi bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga biogas

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka Relevan**

Dengan semakin tingginya tarif listrik, maka tuntutan efisiensi dalam pemakaian daya listrik adalah menjadi pertimbangan utama. Efisiensi penggunaan daya listrik dipengaruhi oleh banyak faktor. Diantaranya adalah kualitas daya listrik. Kualitas daya listrik sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis-jenis beban tertentu yang mengakibatkan turunnya efisiensi. Beban-beban induktif akan menurunkan faktor daya sehingga dapat menyebabkan denda apabila faktor daya kurang dari 0.85 lag, sedangkan beban-beban non linier tersebut menimbulkan harmonisa yang dampaknya akan mempengaruhi kualitas daya, sehingga menimbulkan kerugian - kerugian. Sedangkan gangguan lain adalah gangguan yang disebabkan karena adanya fluktuasi pemakaian beban.

Pemasangan kapasitor daya dalam jaringan listrik merupakan pemasangan kapasitor secara paralel pada suatu instalasi listrik dengan harapan dapat menaikkan efisiensi faktor daya ( $\cos\phi$ ) dan mengetahui pengaruh penambahan kapasitor daya pada beban-beban induktif yang ada pada minimarket terhadap kualitas listrik yang dipakai. Metode yang dipakai adalah metode eksperimen dengan tujuan mengetahui pengaruh dari suatu perlakuan (dalam hal ini pengukuran). Skenario penelitian yang dilakukan dengan melakukan rancangan kapasitor daya, menentukan titik beban pemasangan kapasitor daya dengan 3 beban listrik yakni *freezer*, *showcase*, dan kipas angin. Selanjutnya setelah pemasangan kapasitor daya adalah pengukuran parameter kelistrikan yang diteliti. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kapasitor daya menimbulkan pengaruh terhadap beban listrik. Pengaruh tertinggi didapatkan dari penambahan kapasitor terhadap beban showcase. Penambahan kapasitor yang terpasang pada beban listrik minimarket terbukti berpengaruh terhadap arus dan faktor daya beban listrik. Semakin tepat nilai kapasitor yang ditambahkan maka semakin tinggi nilai faktor daya beban listrik mendekati angka 1. [5]

*Power Factor* (Faktor Daya) sebagai  $\cos \varphi$ , merupakan bagian yang cukup penting dalam pengoperasian suatu Generator Listrik. Karena menurunnya faktor daya ( $\cos \varphi$ ) akan berakibat turunnya efisiensi pembangkit dalam menampung beban kerja serta akan memperbesar kemungkinan terjadinya kerusakan pada sistem pembangkit atau sistem beban listrik, sehingga perlu adanya usaha untuk memperbaiki faktor daya tersebut. Untuk kepentingan perbaikan faktor kerja, diperlukan pemasangan beberapa unit kapasitor yang dihubungkan secara paralel terhadap sistem pembangkit listrik yang kita kenal sebagai *Capacitor Bank* dan dilengkapi dengan *Power Factor Automatic Regulator* (pengatur otomatis kerja kapasitor) dan berfungsi memperbaiki faktor daya pembangkit melalui pengoperasian secara otomatis unit-unit kapasitor berdasarkan besar/kecilnya beban kerja pembangkit (daya reaktif). Dari spesifikasi Pembangkit didapat kerugian daya juga menyebabkan arus listrik (I) yang mengalir melalui kabel hantaran menjadi bertambah besar yaitu 456 A menjadi 561 A sehingga ukuran kabel yang dibutuhkan juga bertambah besar.

Hal ini akan menyebabkan bertambahnya biaya investasi pemasangan jaringan kabel. Berdasarkan perhitungan kerugian akibat daya yang hilang mencapai 23% dan kenaikan kVAR 35,71 % sehingga hasil perhitungan kapasitas kapasitor dihubungkan bintang delta adalah 15,897  $\mu\text{F}$  dan 5,292  $\mu\text{F}$ . Dengan adanya hasil data perbandingan faktor daya normal dan turun. Memberikan masukan kepada Masyarakat dunia industry dan pabrik kelapa sawit pada system pembangkit listrik, pengendalian terjadinya kebakaran dan keselamatan manusia yang diakibatkan naiknya arus sehingga spesifikasi kabel tidak sesuai. [6]

Permasalahan yang terjadi akibat dari banyaknya beban induktif yang terpasang. seperti penerangan dengan menggunakan lampu TL, motor listrik untuk menjalankan lift dan tenaga listrik untuk *chiller*. Kondisi ini membuat nilai faktor dayanya menjadi rendah, disisi lain total daya terpasang masih jauh di bawah kapasitas daya suplai PLN. Perhitungan besar daya reaktif dan kapasitas kapasitor bank yang sesuai dengan kebutuhan beban ini akan membantu meminimalkan nilai faktor daya yang rendah yang akan berpengaruh pada optimalisasi suplai tenaga listrik dan

kenyamanan aktifitas operasional. Analisa pada penelitian ini sangat penting dilakukan untuk mengetahui berapa besar perbaikan faktor daya yang harus dipasang pada sistem tenaga listrik sehingga pembebanan daya terhadap kapasitas suplai PLN berada pada kondisi optimal. Dengan melakukan perbaikan faktor daya sebesar 565 kVAR dapat menurunkan nilai daya reaktif dan meningkatkan nilai daya semu, sehingga total konsumsi daya semu dan reaktif hampir berada pada nilai yang sama dan penambahan daya baru dapat dilakukan tanpa penambahan suplai daya PLN. [2]

Besarnya daya aktif yang bisa kita gunakan ditentukan oleh besarnya nilai  $\cos \phi$  atau faktor daya yang terukur di jaringan listrik. Untuk mengatasi masalah penggunaan daya listrik dipelanggan, dibutuhkan perbaikan faktor daya agar daya dapat digunakan secara maksimal. Dalam menentukan perbaikan faktor daya penting untuk mengetahui persentase perbaikan yang dibutuhkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh  $\cos \phi$  terhadap pemakaian daya pada konsumen kWh meter prabayar satu fasa dan besar persen perbaikan  $\cos \phi$  untuk memperbaiki faktor daya pada konsumen. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode kuantitatif dengan metode deskriptif. Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dengan cara observasi dan pengukuran langsung pada rumah milik pelanggan satu fasa milik PLN. Pengukuran pemakaian daya hasil pengukuran listrik dilakukan sesuai standar PLN. Hasil penelitian menunjukkan faktor daya mempengaruhi besar daya yang dapat digunakan oleh pelanggan dengan pengaruh  $\cos \phi$  terhadap pemakaian daya listrik konsumen pada daya 2.200 VA sebesar 12,765 Watt, daya 1.300 VA sebesar 7,02 Watt, daya 900 VA sebesar 8,696 Watt. Sedangkan besar persentase perbaikan  $\cos \phi$  yang dapat dilakukan untuk memperbaiki faktor daya pada daya 2.200 VA sebesar 3,961%, daya 1.300 VA sebesar 2,941%, daya 900 VA sebesar 7,254%. [7]

## **2.2 Landasan Teori**

Kelapa sawit masih menjadi salah satu motor penggerak perekonomian nasional. Sampai Desember 2014 diperkirakan total nilai ekspor mencapai USD\$ 20,8 miliar, meningkat 8% dibandingkan dengan total nilai ekspor tahun 2013 yaitu USD\$ 19,23 miliar. Dengan jumlah produksi 31 juta ton pada tahun 2014 potensi limbah yang dihasilkan juga sangat besar. Oleh karena itu, PLTBg memanfaatkan biogas dari



pengolahan POME selain mengurangi pelepasan biogas ke udara juga menghasilkan listrik sebagai sumber energi yang dapat dimanfaatkan. [8]

POME adalah limbah cair yang berminyak dan tidak beracun merupakan hasil pengolahan minyak sawit. Meski tak beracun, limbah cair tersebut dapat menyebabkan bencana lingkungan karena dibuang di kolam terbuka dan melepaskan sejumlah besar gas metana dan gas berbahaya lainnya yang menyebabkan emisi gas rumah kaca. Tingginya kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) sejumlah 50.000-70.000 mg/l dalam limbah cair kelapa sawit memberikan potensi untuk konversi listrik dengan menangkap gas metana yang dihasilkan melalui serangkaian tahapan proses pemurnian. [9]

POME memiliki potensi energi yang tinggi, namun pada umumnya belum dimanfaatkan secara optimal. POME diurai di kolam limbah dibiarkan membusuk secara alami. Proses pembusukan biomassa ini akan menghasilkan biogas dengan kandungan utama (62%) gas methana ( $\text{CH}_4$ ). Gas ini muncul sebagai akibat dari proses perombakan senyawa-senyawa organik secara anaerobik. Gas methana tersebut ternyata juga memiliki tingkat emisi yang tinggi. UNFCCC, badan PBB yang menangani perubahan iklim, mencatat gas methana memiliki tingkat emisi 24 kali jika dibandingkan dengan gas karbon ( $\text{CO}_2$ ). Di sisi lain, gas methana ini juga memiliki tingkat energi yang cukup tinggi. Gas methana ini memiliki nilai kalor 50,1 MJ/kg. Jika densitas methana 0,717 kg/m<sup>3</sup> maka 1 m<sup>3</sup> gas methana akan memiliki energi setara dengan 35,9 MJ atau sekitar 10 kWh. Jika kandungan gas methana adalah 62% dalam biogas, maka 1 m<sup>3</sup> biogas akan memiliki tingkat energi sebesar 6,2 kWh. [10]

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan peralatan mesin turbin gas sebagai penggerak generatornya. Turbin gas dirancang dan dibuat dengan prinsip kerja yang sederhana dimana energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik atau energi lainnya sesuai dengan kebutuhannya. Sistem PLTBg menggunakan prinsip siklus Brayton yang dibagi atas siklus terbuka dan siklus tertutup. Pada siklus terbuka, fluida

kerja adalah udara atmosfer dan pengeluaran panas di atmosfer karena gas buang dari turbin dibuang ke atmosfer.

Pembangkit merupakan fasilitas yang sangat penting saat ini untuk menggerakkan perekonomian di seluruh dunia. Hal yang sangat diperhatikan pada sebuah perusahaan pembangkit adalah biaya bahan bakarnya, salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) dengan pembangkitan menggunakan FOME.

Pembangkit dalam tenaga listrik pada stasiun tidak ditempatkan pada jarak yang sama dari pusat beban. Oleh sebab itu harga bahan bakar setiap stasiun pembangkit menjadi berbeda dikarenakan jarak dan biaya transportasi pengangkut FOME. Maka, upaya penentuan pengiriman daya yang optimal dari setiap stasiun pembangkit guna memperkecil biaya operasi dengan tujuan untuk memenuhi permintaan beban dengan biaya bahan bakar yang minimum.

Daya optimal pada pembangkit merujuk pada tingkat produksi listrik yang paling efisien dan efektif yang dapat dicapai oleh sebuah stasiun pembangkit. Daya optimal ini mencerminkan kondisi di mana generator beroperasi dengan performa yang tinggi, menghasilkan listrik sebanyak mungkin dengan menggunakan sumber bahan bakar yang tersedia secara efisien.

Power Factor (Faktor Daya) sebagai  $\cos \varphi$ , merupakan bagian yang cukup penting dalam pengoperasian suatu generator listrik karena menurunnya faktor daya ( $\cos \varphi$ ) akan berakibat turunnya efisiensi pembangkit dalam menampung beban kerja serta akan memperbesar kemungkinan terjadinya kerusakan pada sistem pembangkit atau sistem beban listrik, sehingga perlu adanya usaha untuk memperbaiki faktor daya tersebut. Untuk kepentingan perbaikan faktor kerja, diperlukan pemasangan unit kapasitor yang dihubungkan pada sistem pembangkit listrik yang kita kenal sebagai *Capacitor Bank*. [6]

Faktor daya (power factor) adalah rasio antara daya aktif (real power) yang digunakan untuk melakukan kerja nyata dalam suatu sistem listrik dan daya tampak

(apparent power) yang disuplai oleh sumber. Dalam konteks ini, faktor daya dapat dinyatakan sebagai:

$$PF = \frac{P}{S}$$

di mana:

- PF adalah faktor daya,
- P adalah daya aktif dalam watt (W),
- S adalah daya tampak dalam volt-ampere (VA).

Dari definisi ini, kita dapat melihat bahwa faktor daya berhubungan erat dengan aliran daya dalam sistem listrik. Aliran daya terdiri dari dua komponen utama: daya aktif dan daya reaktif. Daya aktif adalah energi yang digunakan untuk melakukan pekerjaan, sedangkan daya reaktif adalah energi yang bersilasi antara sumber dan beban tanpa melakukan kerja nyata.

#### 1. Hubungan Faktor Daya dengan Daya Aktif dan Daya Reaktif

Ketika faktor daya mendekati 1, ini menunjukkan bahwa sebagian besar dari total aliran daya yang disuplai oleh sumber digunakan secara efektif sebagai daya aktif. Sebaliknya, jika faktor daya rendah, berarti ada proporsi besar dari aliran daya yang merupakan daya reaktif, yang tidak memberikan kontribusi langsung terhadap pekerjaan yang dilakukan.

#### 2. Pengaruh Beban terhadap Faktor Daya

Beban pada sistem listrik dapat bersifat resistif, induktif, atau kapasitif:

- Beban Resistif: Mengonsumsi hanya daya aktif, faktor dayanya 1.
- Beban Induktif: Mengonsumsi lebih banyak daya reaktif dibandingkan dengan daya aktif; menyebabkan faktor dayanya lebih rendah dari 1.
- Beban Kapasitif: Meskipun memberikan kontribusi positif terhadap faktor daya, tetap mempengaruhi aliran total dalam sistem.

Ketika beban diubah—misalnya menambah kapasitor untuk mengkompensasi beban induktif—faktor dayanya akan meningkat karena proporsi dari aliran total yang digunakan sebagai daya aktif juga meningkat.

### 3. Implikasi pada Sistem Listrik

Sistem listrik dengan faktor daya rendah memerlukan lebih banyak kapasitas pembangkit untuk memenuhi permintaan energi aktif karena harus mengatasi juga kebutuhan akan energi reaktif. Ini dapat menyebabkan peningkatan biaya operasional bagi penyedia layanan listrik serta denda bagi konsumen industri jika mereka tidak memenuhi standar minimum untuk faktor dayanya.

Dengan demikian, faktor daya memiliki hubungan langsung dengan aliran daya, di mana efisiensi penggunaan energi dalam suatu sistem listrik sangat bergantung pada seberapa baik rasio antara penggunaan energi aktif dan total energi yang disuplai.

#### **Fungsi Faktor Daya**

Faktor daya berfungsi untuk menunjukkan seberapa efektif suatu sistem listrik menggunakan energi. Dengan memahami faktor daya, kita dapat menghitung efisiensi dan mengetahui seberapa besar energi yang bisa dimanfaatkan dari total energi yang tersedia. Misalnya, pada pembangkit listrik, kita ingin memaksimalkan konversi energi potensial menjadi energi listrik.

#### **Perbaikan Faktor Daya**

Perbaikan faktor daya dilakukan dengan cara meningkatkan nilai  $\cos \phi$  yang rendah. Salah satu metode untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan menambahkan kapasitor ke dalam rangkaian beban. Kapasitor ini dipasang secara paralel dan berfungsi untuk mengurangi komponen daya reaktif, sehingga sudut fase antara arus dan tegangan menjadi lebih kecil. Dengan demikian, efisiensi sistem akan meningkat.

#### **Pengukuran Faktor Daya**

Faktor daya diukur menggunakan alat yang disebut cosphimeter. Alat ini menunjukkan sudut pergeseran antara tegangan dan arus dalam rangkaian listrik. Pengukuran faktor daya penting untuk menghemat energi dan meningkatkan efisiensi sistem listrik.

#### Jenis-Jenis Faktor Daya

1. Faktor Daya Unity: Terjadi ketika  $\cos \varphi = 1$ , artinya semua daya aktif digunakan tanpa adanya komponen reaktif.
2. Faktor Daya Lagging: Terjadi ketika arus tertinggal dari tegangan, biasanya pada beban induktif seperti motor.
3. Faktor Daya Leading: Terjadi ketika arus mendahului tegangan, biasanya pada beban kapasitif seperti kapasitor.

### 2.2.1 Operasi Ekonomis Sistem Tenaga

Operasi ekonomis ialah proses pembagian beban total kepada masing-masing unit pembangkit, seluruh unit pembangkit dikontrol terus menerus dalam interval waktu tertentu sehingga dicapai pengoperasian yang optimal, dengan demikian pembangkit tenaga listrik dapat dilakukan dengan cara paling ekonomis. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kurangnya biaya pada suatu sistem pembangkit tenaga listrik adalah efisiensi dari generator, rugi-rugi pada jaringan transmisi, dan biaya bahan bakar. Salah satu yang menyebabkan suatu pembangkit tidak ekonomis adalah biaya bahan bakar yang cukup besar.

Output pembangkit yang dihasilkan selalu diupayakan sama dengan besar kebutuhan disisi beban atau konsumen. Naik turunnya kebutuhan energi listrik disisi beban akan menimbulkan naik turunnya biaya bahan bakar, hubungan keduanya dikatakan sebagai input output suatu pembangkit tenaga listrik. "Output pembangkit yang dihasilkan selalu diupayakan agar sama dengan besar kebutuhan di sisi beban, karena perubahan kebutuhan energi listrik di sisi beban akan menimbulkan fluktuasi biaya bahan bakar. Korelasi antara keduanya dinyatakan dalam karakteristik Input-Output suatu pembangkit tenaga listrik". Selain dari pada itu, pengoperasian sistem yang efisien sangat penting hingga dapat menjamin hubungan yang setara antara biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan listrik untuk memproduksi 1 kWh dengan biaya yang harus dibayar oleh pelanggan.

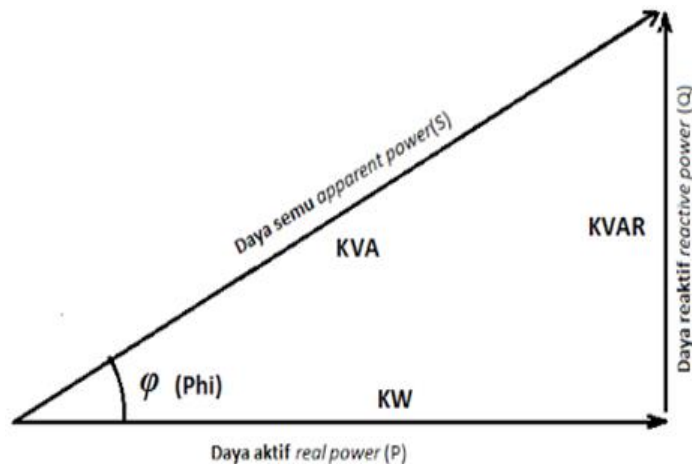
Faktor daya atau power factor adalah salah satu parameter nilai yang sering kali berkaitan dengan pembangkitan dan penyaluran energi listrik. Berdasarkan SPLN 70-1 standar faktor daya ( $\cos \varphi$ ) adalah sebesar  $\geq 0,85$ . Besarnya daya yang di salurkan

oleh pihak penyedia layanan listrik tidak semua bisa dimanfaatkan oleh konsumen sebagai daya aktif. Besarnya daya aktif yang bisa kita gunakan ditentukan oleh besarnya nilai  $\cos \varphi$  atau faktor daya yang terukur di jaringan listrik. [7]

Dengan ini dapat dilihat bahwa setiap peningkatan dalam permintaan beban membawa kenaikan yang sama dalam biaya bahan bakar system, biaya yang akan diteruskan kepada pelanggan karena biaya bahan bakar membawa persentase tertinggi dari biaya operasi pembangkit listrik. Oleh karena itu, ini menunjukkan bahwa harga bahan bakar dan permintaan beban saling berhubungan. [11]

### 2.2.2 Metode Analisis Biaya Bahan Bakar

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan memperhitungkan faktor daya pada pembangkitan. Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau Horsepower (HP), Horsepower merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara 746 watt atau lbf/second. Sedangkan Watt merupakan unit daya listrik dimana 1 watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1. [6] Pada suatu pembangkitan ada yang disebut dengan segitiga daya yaitu:



**Gambar 2.1 Segitiga Daya**

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang memang benar – benar digunakan dan terukur pada beban. Daya aktif dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa atau tiga fasa. Secara matematis dapat ditulis:

$$\text{Untuk 1 fasa: } P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\text{Untuk 3 fasa: } P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$P$  = Daya aktif (Watt)

$V$  = Tegangan (V)

$I$  = Arus (A)

$\cos \varphi$  = Faktor Daya

## 2. Daya Semu

Daya semu adalah nilai tenaga listrik yang melalui suatu penghantar yang merupakan hasil perkalian dari tegangan dan arus yang melalui penghantar. Daya semu dibedakan berdasarkan penggunaannya, yaitu pada satu fasa dan tiga fasa. Secara matematis dapat dituliskan:

$$\text{Untuk 1 fasa: } S = V \cdot I$$

$$\text{Untuk 3 fasa: } S = V \cdot I \cdot \sqrt{3} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$S$  = Daya Semu (VA)

$V$  = Tegangan (V)

$I$  = Arus (A)

## 3. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dihasilkan oleh peralatan – peralatan listrik. Sebagai contoh, pada motor listrik terdapat 2 daya reaktif panas dan mekanik. Daya reaktif panas karena kumparan pada motor dan daya reaktif mekanik perputaran. Daya reaktif adalah hasil perkalian dari tegangan dan arus dengan vektor daya. Secara matematis dapat dituliskan:

$$\text{Untuk 1 fasa: } Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$$

$$\text{Untuk 3 fasa: } Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot \sqrt{3} \quad (2.3)$$

Keterangan:

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

$\sin \varphi$  = Besaran Vektor Daya

#### 4. Faktor Daya

Faktor daya ( $\cos \varphi$ ) dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan antara daya aktif (Watt) dan daya nyata (VA) yang digunakan dalam sirkuit AC atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya dinyatakan dalam  $\cos \varphi$ , 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). [12]

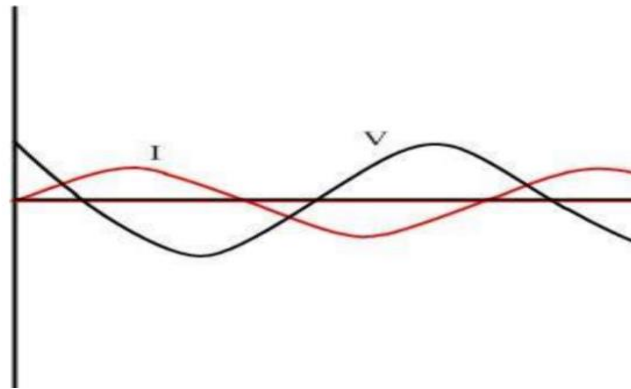
$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Daya} &= \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Nyata (S)}} \\
 &= \frac{kW}{kVA} \\
 &= \frac{V.I \cos \varphi}{V.I} \\
 &= \cos \varphi
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

Berikut adalah penjelasan mengenai kedua faktor daya tersebut:

##### a) Faktor Daya Tertinggal (lagging)

Faktor daya lagging menunjukkan kondisi disaat beban bersifat induktif dan memerlukan daya reaktif dari jaringan. Nilai  $\cos \varphi$  pada kondisi lagging akan bernilai positif. Kemudian pada gelombang sinus, arus (I) akan tertinggal dengan tegangan(V) atau tegangan (V) akan mendahului arus (I) dengan sudut  $\varphi$ . Berikut adalah gelombang sinus pada faktor daya lagging.

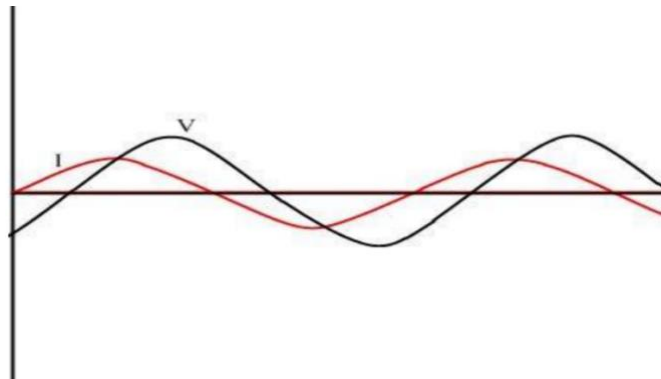




**Gambar 2.2 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Lagging**

b) Faktor Daya Mendahului (leading)

Faktor daya leading menunjukkan kondisi disaat beban bersifat kapasitif dan memberikan daya reaktif ke jaringan. Nilai  $\cos \phi$  pada kondisi leading akan bernilai negatif. Kemudian pada gelombang sinus, Arus (I) akan mendahului tegangan (V) atau tegangan (V) akan tertinggal terhadap arus (I) sebesar sudut  $\phi$ . Berikut adalah gambar gelombang sinus pada faktor daya leading.



**Gambar 2.3 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Leading**

Faktor daya mempunyai nilai range antara 0 – 1 dan dapat juga dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang bagus apabila bernilai mendekati satu.

$$\begin{aligned} \tan \phi &= \frac{\text{Daya Reaktif (Q)}}{\text{Daya Aktif (P)}} \\ &= \frac{\text{Kvar}}{\text{kW}} \end{aligned} \quad (2.5)$$

karena komponen daya aktif umumnya konstan (komponen kVA dan kVAR berubah sesuai dengan faktor daya), maka dapat ditulis seperti berikut:

$$\text{Daya Reaktif } (Q) = \text{Daya Aktif } (P) \times \tan \varphi$$

sebuah contoh, rating kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor Daya sebagai berikut:

$$\text{Daya reaktif pada pf awal} = \text{Daya Aktif } (P) \times \tan \varphi_1 \quad (2.6)$$

$$\text{Daya reaktif pada pf diperbaiki} = \text{Daya Aktif } (P) \times \tan \varphi_2 \quad (2.7)$$

Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya adalah:

$$\text{Daya reaktif } (kVAR) = \text{Daya Aktif } (kW) \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (2.8)$$

Beberapa keuntungan meningkatkan faktor daya:

- a. Tagihan listrik akan menjadi kecil;
- b. Kapasitas distribusi sistem tenaga listrik akan meningkat;
- c. Mengurangi rugi – rugi daya pada system;
- d. Adanya peningkatan tegangan karena daya meningkat. Jika pf lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas daya aktif (kW) yang digunakan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan menurunnya Pf sistem kelistrikan.

### 2.2.3 Konversi POME (Palm Oil Mill Effluent) ke Energy listrik

Konversi POME menjadi Biogas Ketika air limbah minyak kelapa sawit (POME) terurai dalam kondisi anaerobik, biogas dihasilkan secara spontan. Tanpa regulasi, biogas berkontribusi signifikan terhadap perubahan iklim global. Biogas biasanya terdiri dari 50-70% metana (CH<sub>4</sub>), 25-45% CO<sub>2</sub>, dan sejumlah kecil gas lainnya. Jika POME tidak dikelola dengan baik, metana dalam biogas akan langsung terlepas ke atmosfer. Metana memiliki dampak 21 kali lipat lebih besar terhadap lingkungan daripada karbon dioksida. Pembangkit listrik tenaga biogas menghasilkan listrik dengan memanfaatkan proses dekomposisi alami. Limbah cair organik yang dihasilkan selama pengolahan kelapa sawit merupakan sumber energi signifikan yang kurang dimanfaatkan di Indonesia. Mengubah POME menjadi

biogas untuk pembakaran dapat menghasilkan energi sekaligus menurunkan dampak lingkungan dari proses pembuatan minyak sawit.

Adapun persamaan untuk mencari nilai volume biogas untuk menghasilkan sebagai berikut :

$$\text{Volume biogas / kWh} = \text{Volume Biogas / konsumsi Biogas} \quad (2.9)$$

### 2.3 Kapasitor Bank

Perkembangan teknologi mendorong sektor industri untuk lebih kreatif dalam membuat sebuah alat sederhana. Penggunaan kapasitor bank di industri misalnya sebagai alat kompensator faktor daya, memperbaiki drop tegangan pada ujung jaringan, atau kenaikan suhu dan arus pada penghantar bisa diperkecil dengan di pasang kapasitor. Kapasitor disebut juga kondensator adalah alat atau komponen listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu. Bank kapasitor yang memiliki ukuran yang tepat dihubungkan pada motor motor induksi untuk beberapa alasan seperti koreksi faktor daya, mengurangi distorsi, meningkatkan kapasitas dan lain lain.

Salah satu parameter yang dapat dijadikan ukuran dalam sistem kelistrikan adalah kandungan harmonisa dan besarnya faktor daya dalam sistem. Kapasitor terdiri dari dua konduktor (lempengan logam) yang dipisahkan oleh bahan penyekat (isolator). Kapasitor juga dipakai pada filter. Converter daya statis merupakan beban nonlinier terbesar. Kekuatan dielektrik merupakan ukuran kemampuan suatu material untuk bisa menahan tegangan tinggi tanpa berakibat terjadinya kegagalan dielektrik. Harmonisa pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh beban-beban non-linear. Isolator ini sering disebut bahan (zat) dielektrik.

Tingginya kandungan harmonisa pada sistem tenaga listrik berdampak buruk pada kualitas daya listrik. [13] Kapasitor terdiri dari beberapa tipe, tergantung dari bahan dielektriknya. Untuk lebih sederhanya dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu kapasitor electrostatic, electrolytic dan electrochemical. Kapasitor Electrostatic.

1. Kapasitor elevantrostatic (kapasitor static) adalah kapasitor yang dibuat dengan bahan dielektrik dari keramik, film, kertas dan mika. Keramik kertas dan mika adalah bahan yang populer serta murah untuk membuat kapasitor yang

kapasitansinya kecil. Tersedia dari besaran pF sampai beberapa uF, yang biasanya untuk aplikasi rangkaian yang berkenaan dengan frekuensi tinggi.

2. Kapasitor Electrolytic Kelompok kapasitor electrolytic atau yang biasa disebut kapasitor electrolyte terdiri dari bahan yang dielektriknya adalah lapisan metal-oksida. Umumnya kapasitor yang termasuk kelompok ini adalah kapasitor polar (dua kutub) dengan tanda + dan – pada badan kapasitor. Mengapa kapasitor ini jadi memiliki polaritas, adalah karena proses pembuatannya menggunakan elektrolisa sehingga terbentuk kutub positif anoda dan kutub negatif katoda. Bahan electrolyte pada kapasitor tantalum ada yang cair tetapi ada juga yang padat. Jadi dapat dipahami mengapa kapasitor Tantalum menjadi relative mahal.
3. Kapasitor Electrochemical Satu jenis kapasitor lain adalah kapasitor electrochemical. Termasuk kapasitor jenis ini adalah baterai dan accu. Pada kenyataannya batatri dan accu adalah kapasitor yang sangat baik, karena memiliki kapasitansi yang besar dan arus bocor (*leakage current*) yang sangat kecil. Tipe kapasitor jenis ini juga masih dalam pengembangan untuk mendapatkan kapasitansi yang besar namun kecil dan ringan, misalnya untuk aplikasi mobil elektrik dan telephone selular.

Rumus untuk menghitung kapasitor dengan bahan dielektriknya:

$$C = 0,224 \frac{KA}{D} (n = 1) \quad (2.10)$$

Dimana:

C = Kapasitansi dalam pF (pico farad)

K = Konstanta dielektrik antara dua plat logam

A = Penampang plat segi empat dalam inchi

D = jarak antara permukaan plat dalam inchi

n = banyaknya plat

Proses kerja kapasitor dengan menghubungkan kapasitor tersebut dengan beda potensial yang berarti kapasitansi kapasitor merupakan perbandingan antara muatan yang disimpannya dengan beda potensial antara konduktor-konduktornya

$$Q = C.V \quad (2.11)$$

Dimana:

Q = pengisian dalam coulomb

C = kapasitansi dalam farad

V = potensial dalam volt.

Energi yang tersimpan dikapasitor, potensial dan kapasitansinya:

$$W = \frac{V^2 C}{2} \quad (2.12)$$

Dimana:

W = energy dalam joule

V = potensial dalam volt

C = kapasitansi dalam farad

Bila suatu rangkaian beban dipasang kapasitor (paralel) dan diberi tegangan maka elektron (arus) akan mengalir pada kapasitor. Pada saat kapasitor sudah terisi dengan muatan elektron (arus) maka tegangan akan berubah kearah lain (negatif).

Pada saat itu elektron yang ada dikapasitor mengalir kedalam rangkaian beban, dengan demikian kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah kenegatif tadi kembali kearah positif, maka kapasitor akan terisi kembali dan siap membuang muatannya pada saat tegangan kembali berubah kenegatif. Dengan demikian maka daya reaktif yang diambil dari sumber listriknya menjadi kecil karena sebagian disupply oleh kapasitor. Hal ini berlangsung terus menerus selama 50 kali dalam satu detik (jika frekuensinya 50 Hz). [14]

Seperti kita ketahui bahwa harga  $\cos \phi$  adalah mulai dari 0 s/d 1. Berarti kondisi terbaik yaitu pada saat harga P (kW) maksimum [ P (kW) = S (kVA)] atau harga  $\cos \phi = 1$  dan ini disebut juga dengan  $\cos \phi$  yang terbaik. Namun dalam kenyataannya harga  $\cos \phi$  yang ditentukan oleh PLN sebagai pihak yang mensuplai daya adalah sebesar 0,8. Jadi untuk harga  $\cos \phi < 0,8$  berarti pf dikatakan jelek. Jika pf pelanggan jelek (rendah) maka kapasitas daya aktif (kW) yang dapat digunakan pelanggan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan semakin menurunnya pf

sistem kelistrikan pelanggan. Akibat menurunnya pf itu maka akan muncul beberapa persoalan yaitu:

- a. Membesarnya penggunaan daya listrik kWh karena rugi-rugi.
- b. Membesarnya penggunaan daya listrik kVAR.
- c. Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan.

Secara teoritis sistem dengan pf yang rendah tentunya akan menyebabkan arus yang dibutuhkan dari pensuplai menjadi besar. Hal ini akan menyebabkan rugi-rugi daya (daya reaktif) dan jatuh tegangan menjadi besar. Dengan demikian denda harus dibayar sebab pemakaian daya reaktif meningkat menjadi besar. Denda atau biaya kelebihan daya reaktif dikenakan apabila jumlah pemakaian kVARH yang tercatat dalam sebulan lebih tinggi dari 0,62 jumlah kWh pada bulan yang bersangkutan sehingga pf rata-rata kurang dari 0,85. [5]

### 2.3.1 Menentukan Ukuran Kapasitor untuk Memerbaiki Faktor Daya

Ukuran kapasitor untuk memperbaiki faktor daya sistem pada titik-titik tertentu dapat secara manual untuk sistem distribusi yang relatif kecil, KVAR kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya  $\cos \phi_1$  sampai dengan  $\cos \phi_2$ . Ada beberapa Metode dalam mencari ukuran kapasitor untuk perbaikan faktor daya seperti dengan metode perhitungan sederhana, metode tabel kompensasi dan metode diagram. [15]

- a. Metode Perhitungan Sederhana

Dalam metode sederhana dapat kita mencari ukuran kapasitor data yang diperlukan antara lain:

Daya Semu = S (kVA)

Daya Aktif = P (kW)

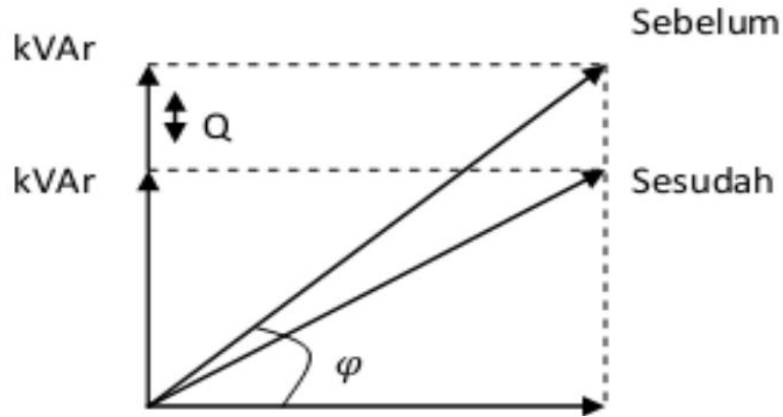
Daya Reaktif = Q (kVAR)

Agar mempermudah mengingat simbol Daya reaktif kita gunakan simbol QL (Daya reaktif PF lama) dan QB (Daya Reaktif PF baru). Jadi dapat kita simpulkan bahwa persamaan perhitungan sederhana yaitu:

$$Q_C = Q_L - Q_B \quad (2.13)$$

- b. Metode Diagram

Dalam menentukan besarnya kapasitor yang dibutuhkan diperlukan diagram sebelum kompensasi dan sesudah kompensasi maka dapat di gambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.4 Diagram Daya untuk menentukan Capacitor**

Dapat di peroleh persamaan sebagai berikut:

$$Q_c = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \quad (2.14)$$

### 2.3.2 Pengaruh Capacitor Bank Terhadap Kualitas Daya Listrik

Pemakaian energi listrik pada beban beban listrik, sering menimbulkan problem karena daya yang dikonsumsi tidak sesuai dengan daya yang dibutuhkan oleh beban. Hal ini disebabkan karena faktor daya pada beban terpasang cukup rendah. Umumnya penyaluran akan daya listrik digunakan melayani beban-beban seperti: motor-motor listrik, transformator, lampu TL dan peralatan listrik lainnya yang mana beban-beban tersebut mengandung gulungan-gulungan kawat (induktor). Induktor merupakan komponen yang menyerap daya listrik untuk keperluan magnetisasi dan daya listrik tersebut disebut daya reaktif. Suatu beban dikatakan induktif apabila beban tersebut membutuhkan daya reaktif dan disebut kapasitif apabila menghasilkan daya reaktif. Bertambahnya beban yang bersifat induktif membutuhkan daya reaktif yang sangat besar sehingga sumber (pembangkit listrik) harus mensuplai daya yang lebih besar. Keadaan seperti ini dapat menyebabkan jatuh tegangan, arus pada jaringan bertambah dan faktor daya rendah pada daerah dekat beban. kapasitor adalah komponen pasif yang menghasilkan daya reaktif. Konstruksi kapasitor ini terdiri atas dua keping pelat

(konduktor) sejajar dan di tengah-tengahnya terdapat suatu bahan dielektrik. Nilai kapasitansi suatu kapasitor (C) adalah:

$$C = \frac{1}{2\pi F X_C} \quad (2.15)$$

C = kapasitansi (farad)

F = frekuensi

Xc = reaktansi kapasitif = (3,14)

Proses pengurangan daya reaktif itu bisa terjadi karena kedua beban (induktor dan kapasitor) arahnya berlawanan akibatnya daya reaktif menjadi kecil. Bila daya reaktif menjadi kecil sementara daya aktif tetap maka harga pf menjadi besar akibatnya daya nyata (kVA) menjadi kecil. [15]

### **2.3.3 Keadaan Yang Mempengaruhi Faktor Daya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit**

Berikut adalah beberapa langkah umum untuk menghubungkan faktor daya dengan biaya bahan bakar pada pembangkit listrik:

#### 1. Produksi biogas

Perlu dihitung berapa banyak biogas yang diproduksi oleh sistem biogas dalam satuan volume (misalnya, meter kubik per jam). Produksi biogas dapat dipengaruhi oleh jenis bahan organik yang digunakan, kondisi proses fermentasi, dan faktor-faktor lainnya.

#### 2. Daya listrik yang dihasilkan

Menghitung daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik biogas Anda dalam satuan kilowatt (kW) atau megawatt (MW). Efisiensi pembangkit listrik biogas dapat mempengaruhi jumlah daya yang dapat dihasilkan dari biogas yang digunakan.

#### 3. Evaluasi faktor daya



Menentukan faktor daya sistem pembangkit listrik biogas Anda. Faktor daya dihitung dengan membagi daya aktif (watt) dengan daya semu (VA) dalam sistem listrik.

#### 4. Hitung konsumsi bahan bakar

Mengetahui produksi biogas dan daya listrik yang dihasilkan, dengan menghitung konsumsi bahan bakar per unit waktu (misalnya, per jam). Hal ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan nilai kalor bahan bakar biogas, efisiensi konversi biogas menjadi daya listrik, dan faktor daya.

#### 5. Harga bahan bakar biogas

Menentukan harga bahan bakar biogas yang digunakan dalam sistem, misalnya, harga per unit volume (misalnya, per meter kubik biogas).

#### 6. Biaya bahan bakar

Mengalikan konsumsi bahan bakar per unit waktu dengan harga bahan bakar biogas untuk mendapatkan perkiraan biaya bahan bakar per unit waktu (misalnya, biaya per jam).

### 2.4 ETAP

ETAP adalah perusahaan perangkat lunak rekayasa analitik spektrum penuh yang mengkhususkan diri dalam analisis, simulasi, pemantauan, pengendalian, optimalisasi dan otomasi daya listrik sistem.

Fitur yang terdapat di dalam ETAP antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain:

#### 1. Network Analysis:

Arc Flash

- Short Circuit
- Device Coordination & Sequence of Operation
- Load Flow
- Load Analyzer

- Motor Acceleration
- Harmonics
- Transient Stability
- Parameter Estimation
- Panel Systems
- Switching Sequence Management

## **2. Cable Systems:**

- Cable Ampacity & Sizing
- Cable Pulling
- Load Flow
- U/G Duct Banks
- Thermal Analysis

## **3. DC Systems:**

- Load Flow & Short Circuit
- Battery Systems
- Control Systems

## **4. Transmission & Distribution:**

- Transmission Line
- Sag & Tension
- Multi Phase System
- Unbalanced Load Flow
- Optimal Load Flow
- Capacitor Placement
- Reability Assessment
- Ground Grid Systems
- Wind Turbine Generator
- GIS Map

## **5. Real Time Solutions:**

- Monitoring & Trending

- State Estimator
- Event Playback
- Remote Control & Automation
- Energy Accounting

Perangkat lunak ETAP menawarkan rangkaian daya terintegrasi terbaik dan terlengkap solusi perusahaan sistem, mencakup pemodelan hingga operasi:

1. Menawarkan satu platform yang terhubung dengan aplikasi terintegrasi
2. Berfungsi sebagai spesifikasi yang dapat dijalankan dari sistem yang sedang dikembangkan
3. Berfokus pada analitik sistem daya tingkat lanjut
4. Mengidentifikasi akar penyebab dengan mengidentifikasi masalah pengoperasian
5. Meminimalkan pemadaman yang tidak disengaja yang disebabkan oleh kesalahan manusia/kelebihan peralatan
6. Menawarkan pengoptimalan dan kecerdasan bisnis Memberikan wawasan desain dan operasional
7. Menjembatani sistem offline dan online
8. Merekonstruksi kondisi sistem untuk memeriksa tindakan pengguna/operator
9. Menyelidiki tindakan alternatif setelah fakta (analisis bagaimana-jika)
10. Fasilitas proses pembelajaran yang berkelanjutan untuk para insinyur dan operator
11. Memungkinkan pengambilan keputusan dan perencanaan berbasis data

ETAP adalah paket perusahaan sepenuhnya grafis yang berjalan pada Microsoft® Windows®. ETAP adalah analisis yang paling komprehensif. Alat yang tersedia untuk perancangan dan pengujian sistem tenaga. Menggunakan offline standarnya modul simulasi, ETAP dapat memanfaatkan data operasi real- time untuk pemantauan lanjutan, simulasi waktu nyata, pengoptimalan, manajemen energi, dan beban cerdas berkecepatan tinggi penumpahan.

ETAP telah dirancang dan dikembangkan oleh OTI (Operation Technology Inc) untuk para insinyur di Irvine untuk menangani beragam disiplin sistem tenaga untuk spektrum yang luas dari industri dalam satu terintegrasi paket dengan beberapa tampilan antarmuka, seperti jaringan AC dan DC, jalur kabel, ground grid, sistem informasi geografis (Graphic Information Systems), panel, arc flash, generator turbin angin (Wind Turbine Generator), koordinasi atau selektivitas perangkat pelindung dan sistem kontrol AC dan DC diagram.

ETAP memungkinkan kita untuk dengan mudah merancang dan mengedit grafis diagram garis tunggal (Single Line Diagrams), sistem raceway kabel bawah tanah (Underground Cable Raceway Systems), sistem kabel tiga dimensi, koordinasi arus waktu tingkat lanjut dan plot selektivitas, skema GIS, serta skema tiga dimensi, dimensi sistem jaringan tanah (Ground Grid Systems). Program ini telah dirancang untuk menggabungkan 4 konsep berikut.

#### 1. Operasi Realitas Virtual

Operasi program meniru operasi sistem kelistrikan yang sebenarnya mungkin. Misalnya, saat Anda membuka atau menutup pemutus arus, membuat elemen tidak berfungsi atau mengubah status pengoperasian motor, motor yang mati daya elemen dan sub-sistem ditunjukkan pada SLD (Single Line Diagram) dengan warna abu-abu. ETAP bergabung konsep inovatif untuk menentukan koordinasi perangkat pelindung langsung dari Single Line Diagram.

#### 2. Total Integrasi Data

ETAP menggabungkan atribut listrik, logis, mekanik dan fisik elemen sistem dalam database yang sama. Misalnya, kabel tidak hanya berisi data mewakili sifat listrik dan dimensi fisiknya tetapi juga informasi yang menunjukkan lintasan yang dilaluinya. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk aliran beban atau analisis hubung singkat (yang membutuhkan parameter dan koneksi kelistrikan) serta perhitungan penurunan kapasitas kabel (yang membutuhkan data perutean fisik). Integrasi data ini memberikan konsistensi di seluruh sistem dan menghilangkan

kebutuhan untuk memasukkan banyak data elemen yang sama, yang dapat menghemat banyak waktu.

### 3. Kesederhanaan dalam Entri Data

ETAP melacak data rinci untuk setiap peralatan listrik. Editor data dapat mempercepat proses entri data dengan mensyaratkan data minimum untuk studi tertentu. Untuk mencapai ini, kami telah menyusun editor properti di cara paling logis untuk memasukkan data untuk berbagai jenis analisis atau desain.

### 4. Kualitas asuransi

ETAP percaya bahwa proses penjaminan mutu yang terdefinisi dengan baik dan efektif itu tumbuh subur pada perbaikan terus-menerus adalah kendaraan terbaik untuk mengubah kuat ide menjadi produk yang kuat. Perangkat lunak ETAP memenuhi standar yang kuat untuk kualitas dan keamanan yang ditetapkan oleh Amerika Serikat dan badan standar internasional untuk fasilitas nuklir.

Sesuai dengan Program Penjaminan Kualitas ETAP, semua prosedur dan aktivitas yang terkait dengan kualitas perangkat lunak ETAP tunduk pada audit. Auditor yang berkualifikasi menilai program secara berkala untuk mendeteksi penyimpangan apa pun memenuhi standar dan mengevaluasi efektivitas rencana yang ada dan Prosedur. Laporan audit didokumentasikan dengan baik dan tunduk pada audit yang dilakukan oleh klien nuklir kami dan penilaian sertifikasi ISO 9001:2015.

ETAP ada di daftar pemasok banyak fasilitas nuklir dan Masalah Pengadaan Nuklir Anggota Korporasi (Nuclear Procurement Issues Corporation). Program Penjaminan Mutu ETAP telah menjalani banyak audit sejak tahun 1991. Klien mengaudit program beberapa kali dalam tahun. Selama 2 tahun terakhir program penjaminan mutu ETAP telah menjalani penilaian audit oleh organisasi nuklir.

Produk ETAP juga mematuhi Kode Peraturan Federal Amerika Serikat standar penjaminan mutu lainnya. Program Jaminan Kualitas ETAP secara ketat menegakkan kebijakan dan prosedur khusus yang memastikan keandalan semua ETAP perangkat

lunak. Untuk fasilitas nuklir dan berdampak tinggi, semua pelepasan ETAP melalui proses verifikasi dan validasi (V&V) intensif selama masa revisi siklus. Verifikasi adalah proses penentuan baik tidaknya produk suatu fase tertentu dari siklus hidup revisi memenuhi persyaratan yang ditetapkan selama fase sebelumnya. Validasi adalah proses mengevaluasi perangkat lunak pada akhir siklus hidup revisi untuk memastikan kepatuhan dengan persyaratan perangkat lunak.

Metode V&V untuk ETAP sangat luas, terdiri dari ribuan kasus uji yang mencakup setiap modul perhitungan, antarmuka pengguna, persistensi, laporan, plot, data perpustakaan dan sebagainya. Uji kasus termasuk komprehensif perbandingan hasil studi dan kinerja sistem terhadap perhitungan tangan, pengukuran lapangan, standar industri (ANSI / IEEE, IEC, UL, dll.) dan lainnya.

#### **2.4.1 Single Line Diagram**

Setiap sistem tenaga di dunia diwakili oleh diagram garis tunggal (SLD; juga dikenal sebagai diagram satu baris) yang terdiri dari generator, beberapa saluran transmisi, banyak yang berbeda jenis transformator dan motor sebagai beban. Masing-masing komponen ini diwakili oleh sirkuit fase tunggal, dengan asumsi semua fase identik. Secara umum, banyak sistem memiliki tiga fase, meskipun beberapa dapat memiliki dua atau lebih. Untuk menganalisis daya yang mengalir melalui Single Line Diagram dengan benar dan akurat, kita harus mewakili komponen-komponen ini sebagai rangkaian ekuivalen masing-masing.

Setiap transformator diwakili oleh reaktansi kebocoran setara secara seri dengan transformator ideal. Komponen terpenting kedua adalah generator, yang dapat diwakili oleh sumber tegangan secara seri dengan reaktansi sinkron mesin. Komponen terpenting ketiga dari Single Line Diagram adalah saluran transmisi, yang diwakili oleh rangkaian  $\pi$ , yang merupakan kombinasi dari elemen pasif. Akhirnya, komponen yang tersisa dari Single Line Diagram adalah motor sebagai beban berputar. Terkadang, beban dapat menjadi rangkaian resistif murni sebagai beban stasioner, ditampilkan sebagai murni resistensi. Menggabungkan semua sirkuit setara individu sebelumnya yang mewakili masing-masing peralatan atau komponen, kita dapat mengembangkan

representasi kerja Single Line Diagram. Single Line Diagram membantu mentransfer daya listrik dari ujung pembangkit ke ujung beban.

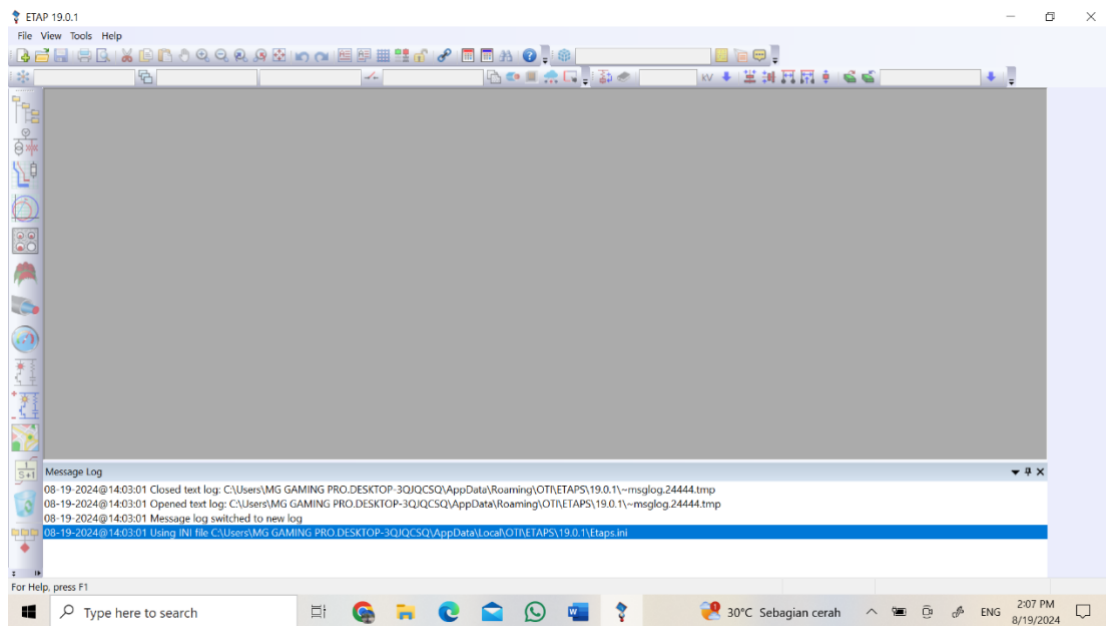
Dalam kondisi stabil, daya dikirim ke beban dengan andal dan tanpa menunda. Namun, kesalahan pada Single Line Diagram menyebabkan masalah keandalan, menghasilkan beberapa penundaan, yang dapat merusak kerja sistem tenaga yang efisien. Untuk menganalisis hilangnya kinerja suatu sistem tenaga ini, perlu kita lakukan analisis secara umum disebut analisis sistem tenaga (Power System Analysis). Untuk melakukan analisis ini dengan benar, kita perlu memiliki representasi yang tepat dari semua komponen. Dan setiap komponen perlu dipelajari secara menyeluruh dan benar.

Dalam ETAP, semua peralatan listrik harus dimodelkan bentuk Single Line Diagram (SLD). Semua listrik peralatan memerlukan input tertentu untuk perhitungan aliran beban. ETAP menganggap bus terhubung ke beban (motor atau beban statis) sebagai memuat bus. ETAP menganggap bus terhubung ke sumber (Grid atau generator) beroperasi dalam mode ayun sebagai bus ayun. Demikian pula ETAP memilih bus kontrol V, bus kontrol PF, dan MVAR bus kontrol berdasarkan kondisi operasi sumber.

#### **2.4.2 Langkah-Langkah Menggambar Single Line Diagram**

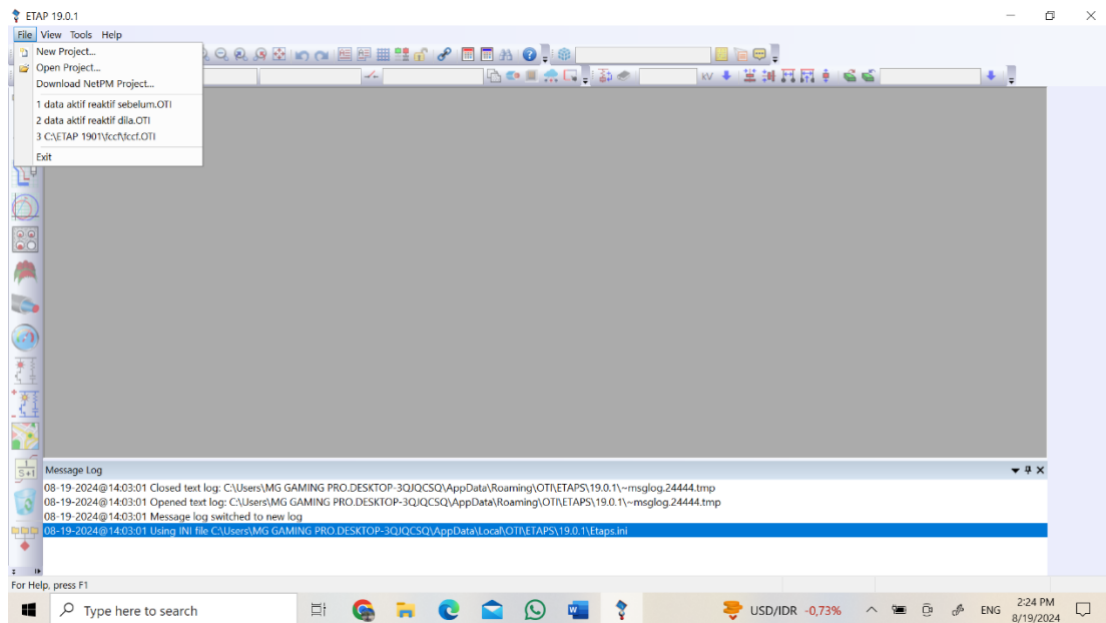
Adapun langkah-langkah membuat gambar single line diagram di ETAP sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi ETAP 2019 yang telah di install
2. Setelah itu akan muncul lembar kerja ETAP 2019



**Gambar 2.5 Tampilan awal ETAP 2019**

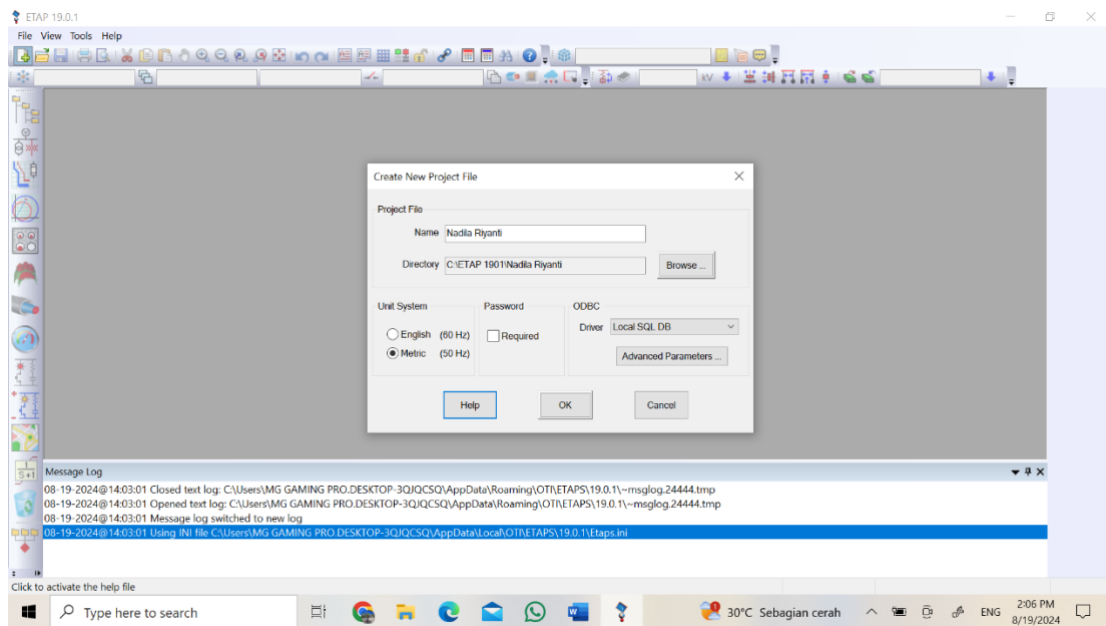
3. Klik pada menu *File* dan *Klik New Project* untuk membuat dokumen baru



**Gambar 2.6 Menu File dan New Project ETAP 2019**

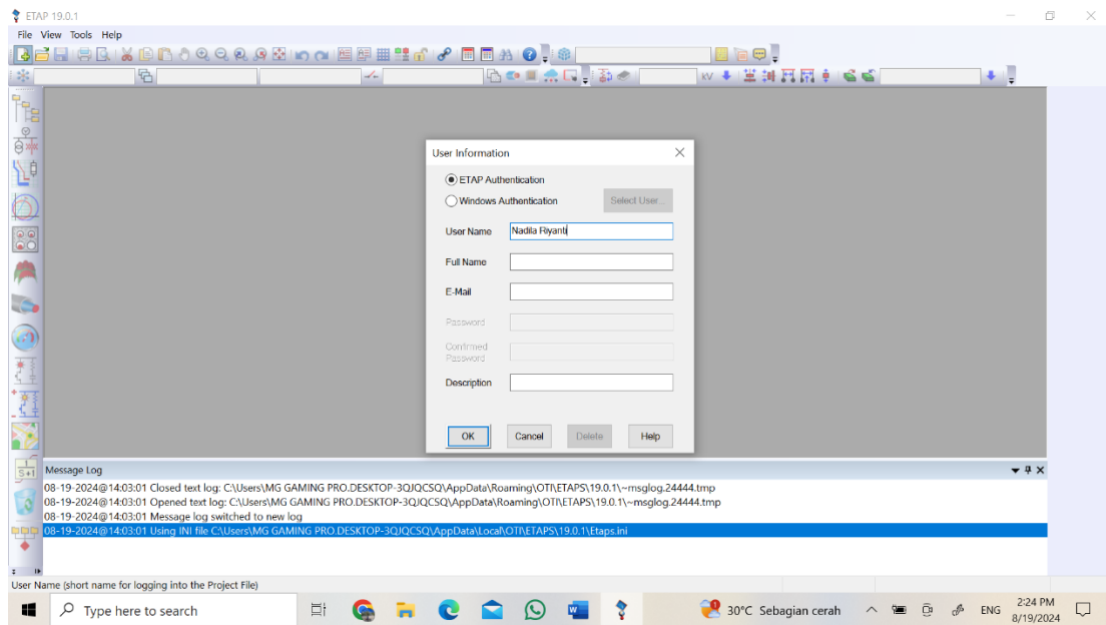
4. Klik pada *Creat New Project File* untuk membuat nama dan mengatur frekuensi project





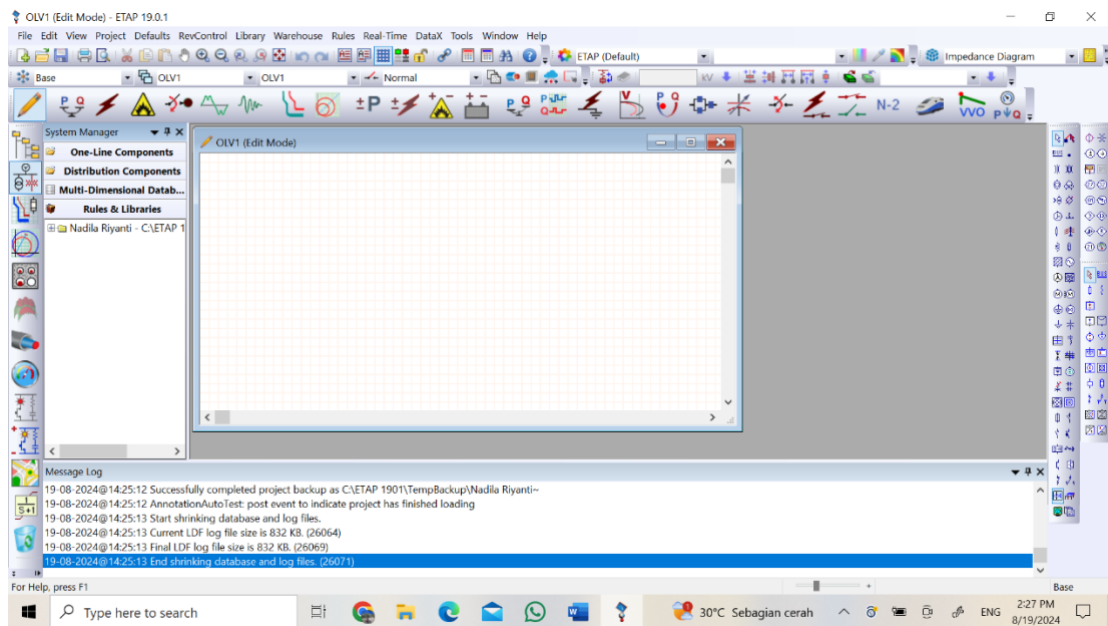
**Gambar 2.7 Creat New Project ETAP 2019**

5. Klik OK untuk melanjutkan ke lembar kerja Etap 2019



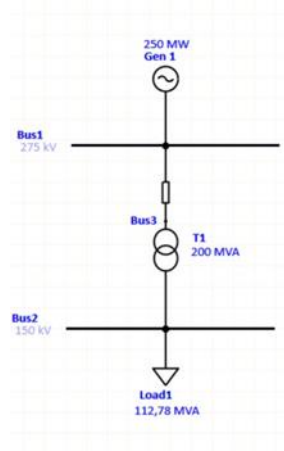
**Gambar 2.8 User Information pada ETAP 2019**

6. Klik OK pada Project Master & Editor
7. Setelah itu akan dilanjutkan ke halaman kerja lembar ETAP 2019

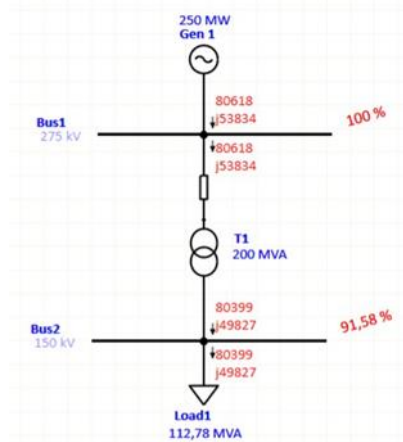


**Gambar 2.9 Lembar kerja pada ETAP 2019**

### 2.4.3 Rangkaian Percobaan



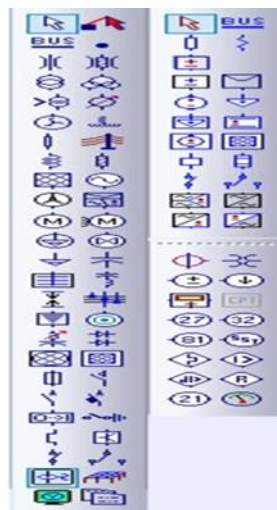
**Gambar 2.10 Gambar Rangkaian percobaan Sederhana**



**Gambar 2.11 Hasil Running Rangkaian percobaan sederhana**

#### 2.4.4 Elemen-Elemen Pada ETAP 2019

ETAP mempunyai 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC. Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda.



**Gambar 2.12 Elemen Standar IEC**

Beberapa Elemen yang digunakan dalam suatu diagram saluran tunggal adalah :

##### 1. Generator

Generator merupakan mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga listrik.



**Gambar 2.13 Simbol Generator di ETAP**

## **2. Busbar**

Busbar adalah suatu penghantar impedansi rendah dimana beberapa sirkuit listrik dapat dihubungkan secara terpisah dengan setiap keluaran tertuju ke dasar kerangka tiga busbar fasa dan satu netral.



**Gambar 2.14 Simbol Busbar di ETAP**

## **3. Transformator**

Transformator berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dengan rasio tertentu sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik.



**Gambar 2.15 Simbol Transformator di ETAP**

## **4. Beban**

Beban merupakan komponen bagian listrik dari suatu rangkaian yang mengkonsumsi tenaga listrik.



**Gambar 2.16 Simbol Beban di ETAP**

## 5. Transmisi

Transmisi adalah penyaluran energi listrik dari pembangkit listrik sampai ke sistem distribusi hingga sampai pada konsumen pengguna Listrik



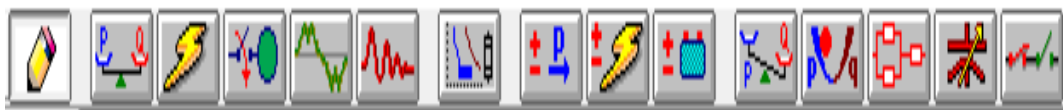
**Gambar 2.17 Simbol Transmisi di ETAP**

### 2.4.5 Toolbar Untuk Analisa Sistem Tenaga Listrik



Berikut merupakan penjelasan toolbar yang dapat digunakan untuk analisa pada ETAP 19.0.1 Power Station dengan urutan dari kiri ke kanan:

#### 1. Editing menu



Untuk melakukan editing pada SLD yang telah dibuat.

#### 2. Load Flow Analysis (Analisa Aliran Daya)



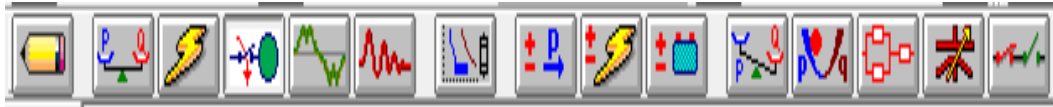
Analisa Aliran Daya digunakan untuk merencanakan dan mengetahui besar daya pada suatu sistem tenaga listrik.

#### 3. Short Circuit Analysis (Analisa Hubung Singkat)



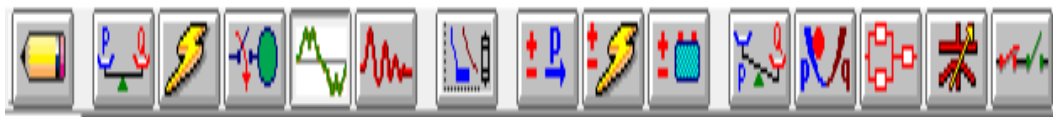
Analisa Hubung Singkat adalah suatu studi dan analisis terhadap sistem kelistrikan untuk menentukan besarnya arus yang dapat mengalir saat terjadi gangguan listrik dan membandingkan nilai tersebut dengan peringkat peralatan dan proteksi hubung singkat yang dipasang.

#### 4. Motor Starting Analysis



Untuk melakukan pemodelan Motor Starting.

#### 5. Harmonic Analysis



Untuk melakukan perhitungan analisa distorsi pada sistem tenaga listrik.

#### 6. Transient Stability Analysis (Analisa Kestabilan Transien)



Analisa kestabilan transien yaitu suatu studi dan analisis respon sistem tenaga listrik terhadap gangguan seperti hilangnya pembangkitan dan perubahan beban mendadak dalam beberapa detik pertama setelah gangguan dan kemudian frekuensi mesin sinkron mengalami penyimpangan transien dari frekuensi sinkron. Tujuannya untuk memastikan sistem dapat kembali ke frekuensi sinkron setelah mengalami gangguan.

#### 7. Relay Coordination



Untuk melakukan analisa koordinasi relay proteksi.

#### 8. DC Load Flow Analysis



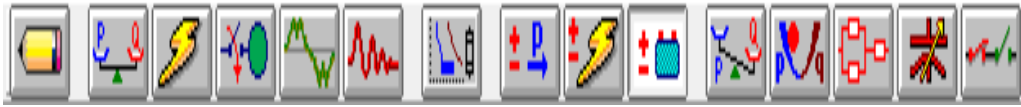
Untuk melakukan analisa aliran daya pada sistem tegangan DC.

#### 9. DC Short Circuit Analysis



Untuk melakukan analisa hubung singkat pada sistem tegangan DC.

#### 10. Batery Sizing



Untuk melakukan pemodelan ukuran baterai secara optimal.

#### 11. Unbalanced Load Flow



Untuk melakukan analisa aliran daya tiga fasa tidak seimbang.

#### 12. Optimal Power Flow



Untuk melakukan analisa aliran daya secara optimal dengan berbagai pertimbangan batasan.

#### 13. Reliability Analysis



Untuk melakukan analisa keandalan sistem tenaga listrik.

#### 14. Optimal Capacitor Placement



Untuk analisa penempatan kapasitor secara optimal

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian**

##### **3.1.1 Tempat**

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) Pasir Mandoge, Kabupaten Asahan, Provinsi Sumatera Utara.

#### **3.2 Alat Dan Bahan**

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Laptop
2. *Software* ETAP 2019
3. Data Daya Aktif dan Daya Reaktif PLTBg Pasir Mandoge

#### **3.3 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang dilakukan untuk memperoleh data primer berupa daya aktif, daya reaktif, dan daya nyata serta data sekunder berupa *nameplate* sebuah generator diesel di PLTBg Pasir Mandoge menggunakan teknik observasi. selanjutnya, menganalisa faktor daya yang terpasang, diperoleh dengan mengadakan pengukuran terhadap daya dan faktor daya. Data yang dianalisis berupa data daya aktif, daya reaktif, dan daya semu yang digunakan saat pembangkitan dengan menggunakan software ETAP. Analisis data dilakukan dengan melakukan perhitungan faktor daya terhadap konsumsi bahan bakar pembangkit untuk mengurangi kerugian ekonomis setelah faktor daya dinaikkan.

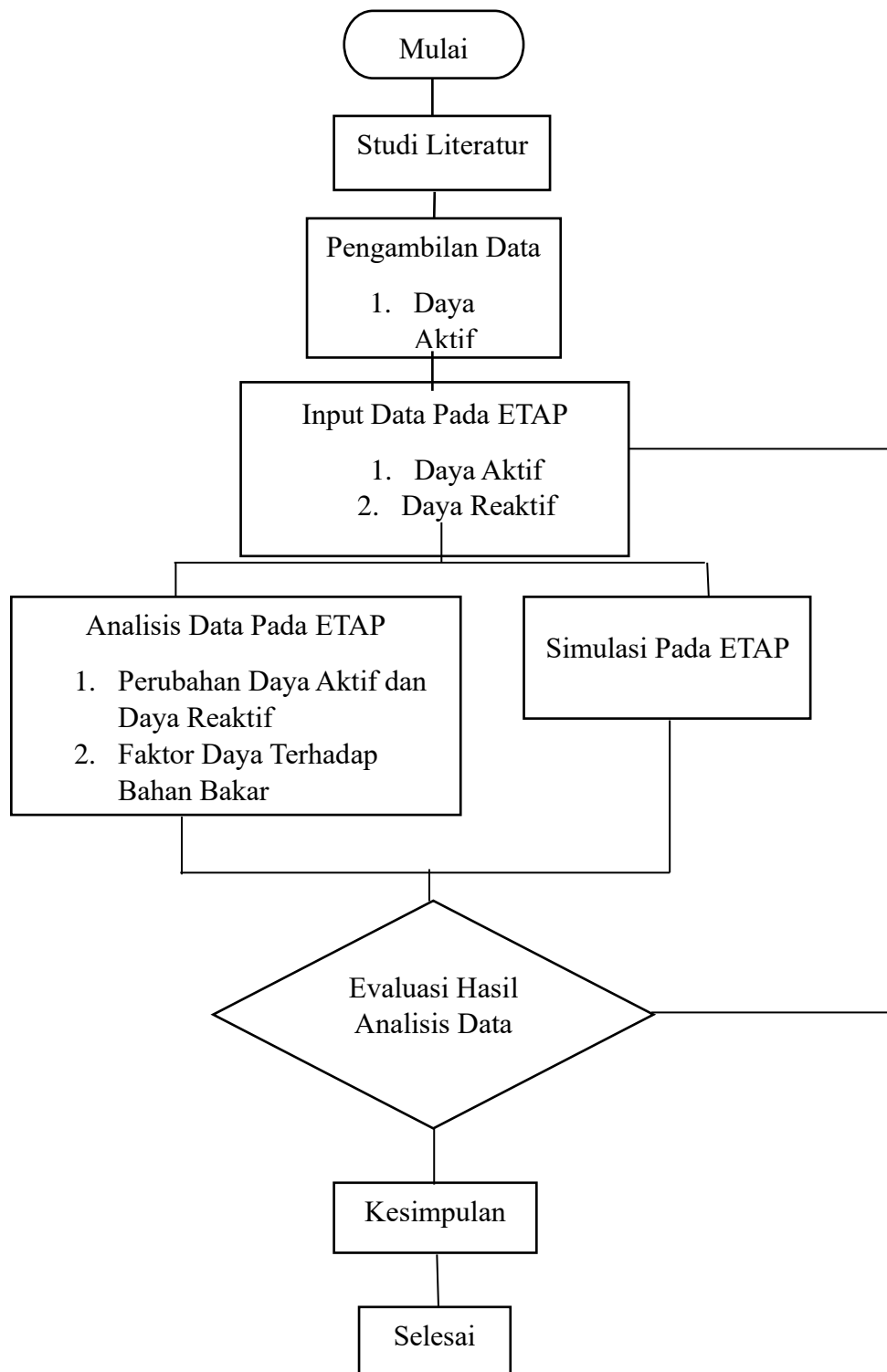
#### **3.4 Prosedur Penelitian**

Penelitian pengaruh faktor daya terhadap biaya bahan bakar pembangkit serta pengambilan data direncanakan dan dilakukan pada bulan April sampai Juli 2024 bertempat di Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) Pasir Mandoge, Kabupaten asahan, Provinsi Sumatera Utara menggunakan metode kuantitatif dengan metode



deskriptif simulasi komputer. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dan diketahui Penulis dalam pelaksanaan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan penelitian
2. Mengambil data daya aktif dan daya reaktif pada PLTBg Pasir Mandoge
3. Melakukan input data daya aktif dan daya reaktif menggunakan Software ETAP 2019
4. Melakukan Perhitungan dan analisa data daya aktif dan daya reaktif pada ETAP 2019
5. Melakukan simulasi daya aktif dan daya reaktif pada ETAP 2019
6. Melakukan analisis dan evaluasi hasil data daya aktif dan daya reaktif terhadap konsumsi bahan bakar pembangkit
7. Mengambil kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilaksanakan.
8. Selesai, Berikut Diagram Alir Serta Proses Penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 Berikut



**Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian**

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Simulasi Aliran Daya Menggunakan *Software* Etap 2019

Pengambilan data di lakukan berdasarkan daya keluaran dari 2 generator di PLTBg yang berupa daya aktif dan daya reaktif. setelah itu pengambilan data dari peralatan yang mendukung faktor daya.

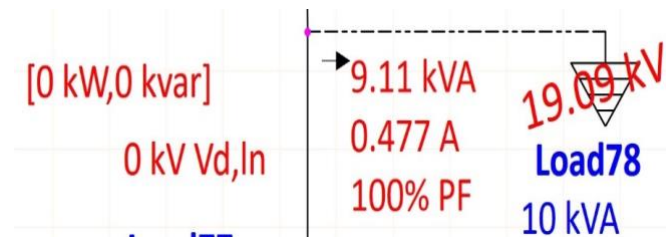
Metode yang dilakukan dengan cara merangkai jaringan distribusi dari PLN ke jaringan distribusi Pasir Mandoge, dengan panduan single line yang di dapat dari PLTBg Pasir Mandoge dan akan di gambar di *software* ETAP 2019. Setelah menggambar *one line diagram* kemudian memasukkan nilai-nilai beban yang ada pada single line dengan standar IEC dengan nilai frekuensi 50 Hz dalam standar Indonesia.

#### 4.2 Besar perubahan daya aktif dan daya reaktif

Hasil simulasi yang di lakukan menggunakan Software ETAP 2019 dengan menambah kapasitor bank dengan kapasitas kurang lebih sekitar 1,6 Mvar membutuhkan  $12,73 \mu F$  dan menambah generator kurang lebih sekitar 2 MW untuk dapat meng up daya hingga 0,012 KW (12 watt) maka daya tertinggi berada di Load 25 dengan daya 2,95 KW dan daya terendah berada di Load 78 dengan daya 0,001 KW yang berada di penghujung jaringan distribusi Pasir Mandoge.

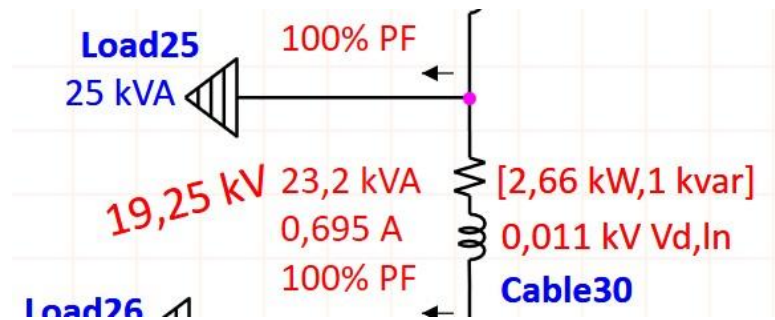
##### 4.2.1 Daya Aktif dan Daya Reaktif sebelum PLTBg Interkoneksi

Daya dari hasil running menggunakan etap sebelum perbaikan terjadi drop yang tidak merata. Daya terendah berada di Load 78 mencapai 0 kW yang di berada di penghujung jaringan.



Gambar 4.1 Daya terendah sebelum Interkoneksi

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa daya terendah jauh dari power grid dan transformator yang berada di penghujung jaringan dikarenakan jalur distribusi banyak melewati pepohonan yang mengakibatkan penurunan daya sehingga daya tidak dapat mengalir dengan penuh. Sedangkan daya yang paling tinggi sebelum perbaikan daya berada di Load 25 mencapai 2,66 kW.

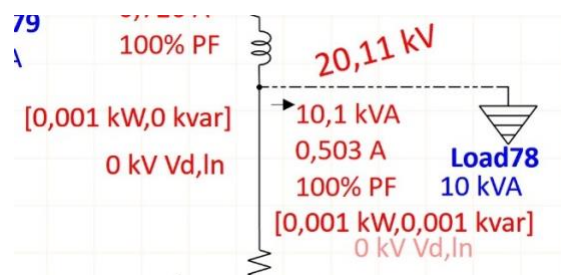


**Gambar 4.2 Daya tertinggi sebelum Interkoneksi**

Dari gambar 4.2 diatas dapat dilihat bahwa daya tertinggi berada di 2,66 kW dikarenakan terletak dekat dengan power grid dan transformator sehingga pengaliran daya terjadi penuh.

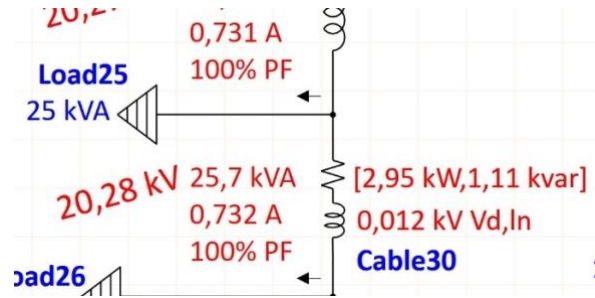
#### 4.2.2 Daya Aktif dan Daya Reaktif setelah PLTBg Interkoneksi

Daya dari hasil running menggunakan etap setelah perbaikan dengan menambahkan kapasitor bank dengan kapasitas sekitar 1,6 Mvar dan generator dengan kapasitas sekitar 2 MW untuk dapat meng up daya sekitar 0,012 kW (12 watt). Daya terendah setelah perbaikan di Load 78 mencapai 0,001 kW di penghujung jaringan distribusi.



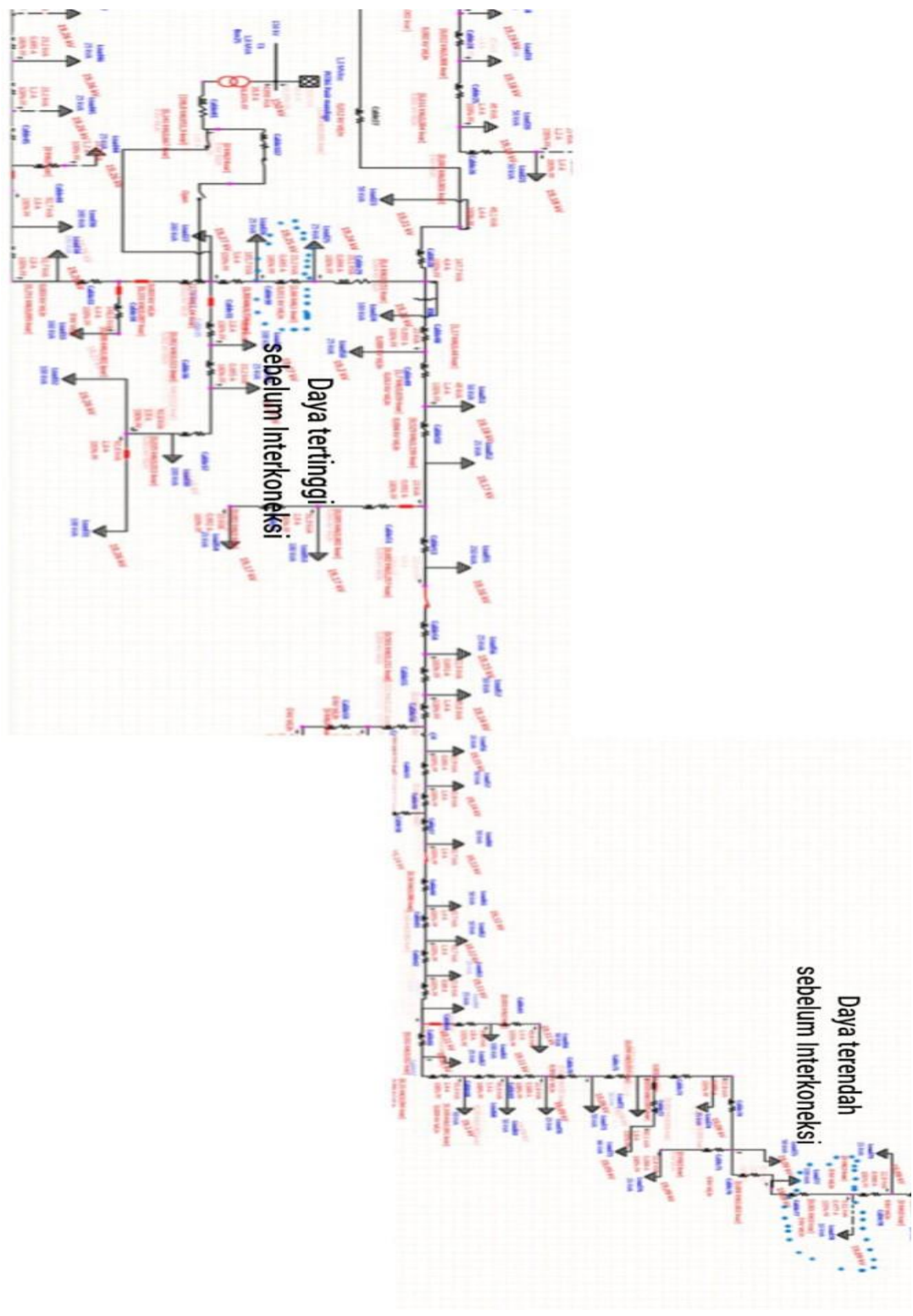
**Gambar 4.3 Daya tertinggi setelah Interkoneksi**

Dari gambar 4.3 diatas dapat dilihat bahwa daya setelah terinterkoneksi oleh kapasitor bank dan generator daya naik mencapai 0,001 kW yang berada di penghujung jaringan. Sedangkan daya yang paling tinggi setelah perbaikan daya terjadi di load 25 mencapai 2,95 kW.

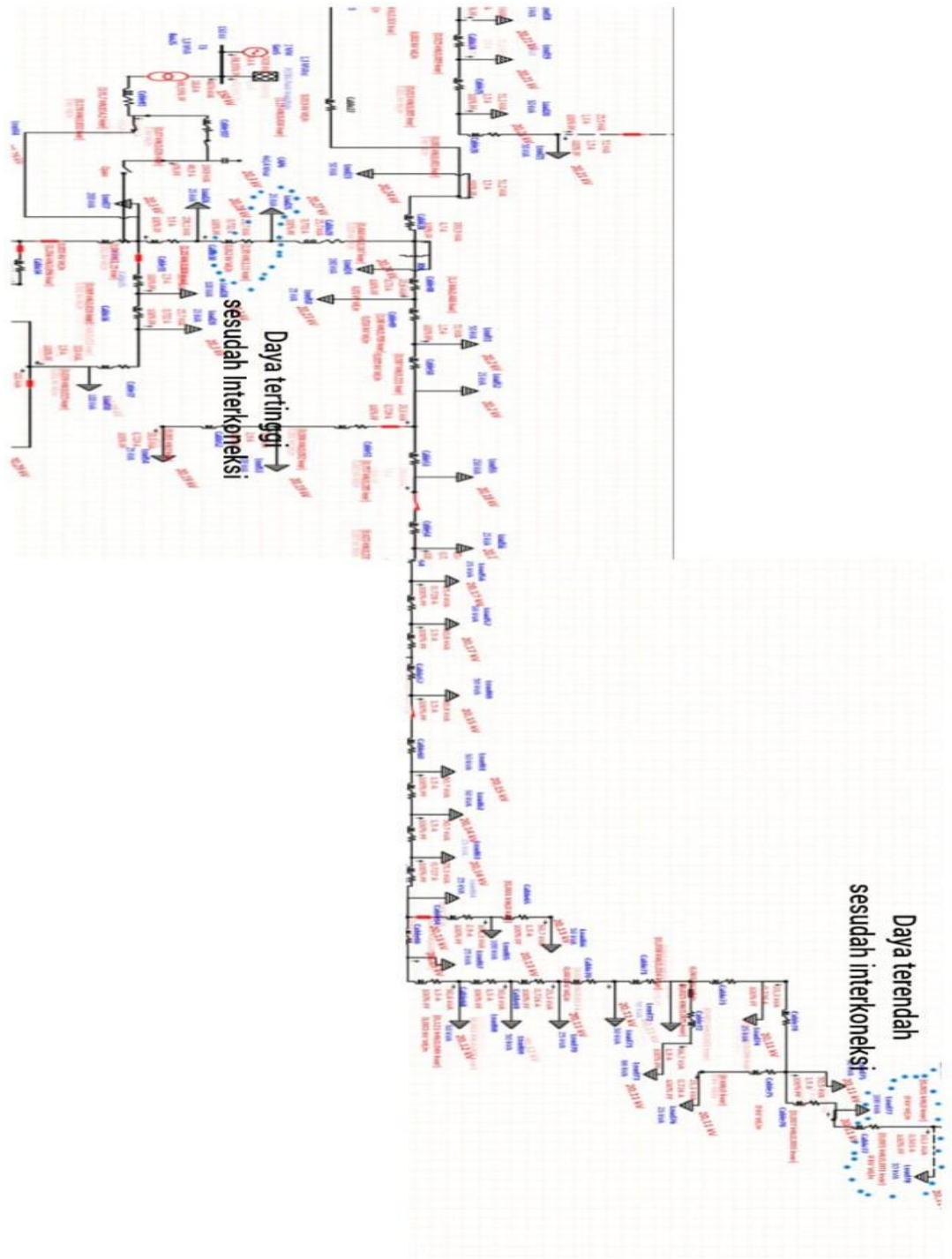


**Gambar 4.4 Daya tertinggi setelah Interkoneksi**

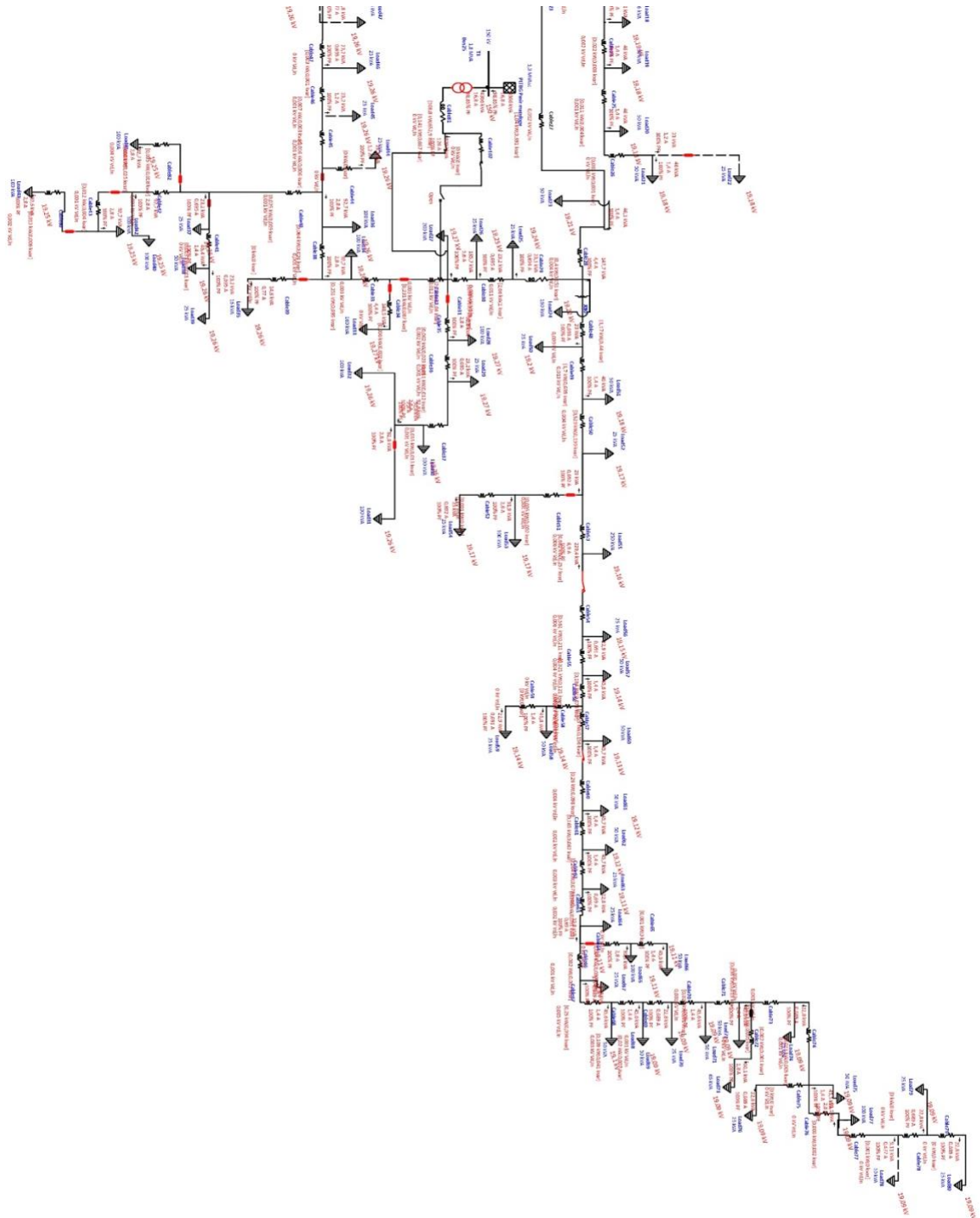
Dari gambar 4.4 diatas dapat dilihat bahwa daya setelah terinterkoneksi oleh kapasitor bank dan generator daya naik mencapai 2,95 kW dari 2,66 kW sebelum terinterkoneksi, kenaikan daya yang dipengaruhi oleh kapasitor bank dan generator mencapai 0,12 kW atau sama dengan 12 Watt.



Gambar 4.5 Daya tertinggi dan Daya terendah sebelum Interkoneksi

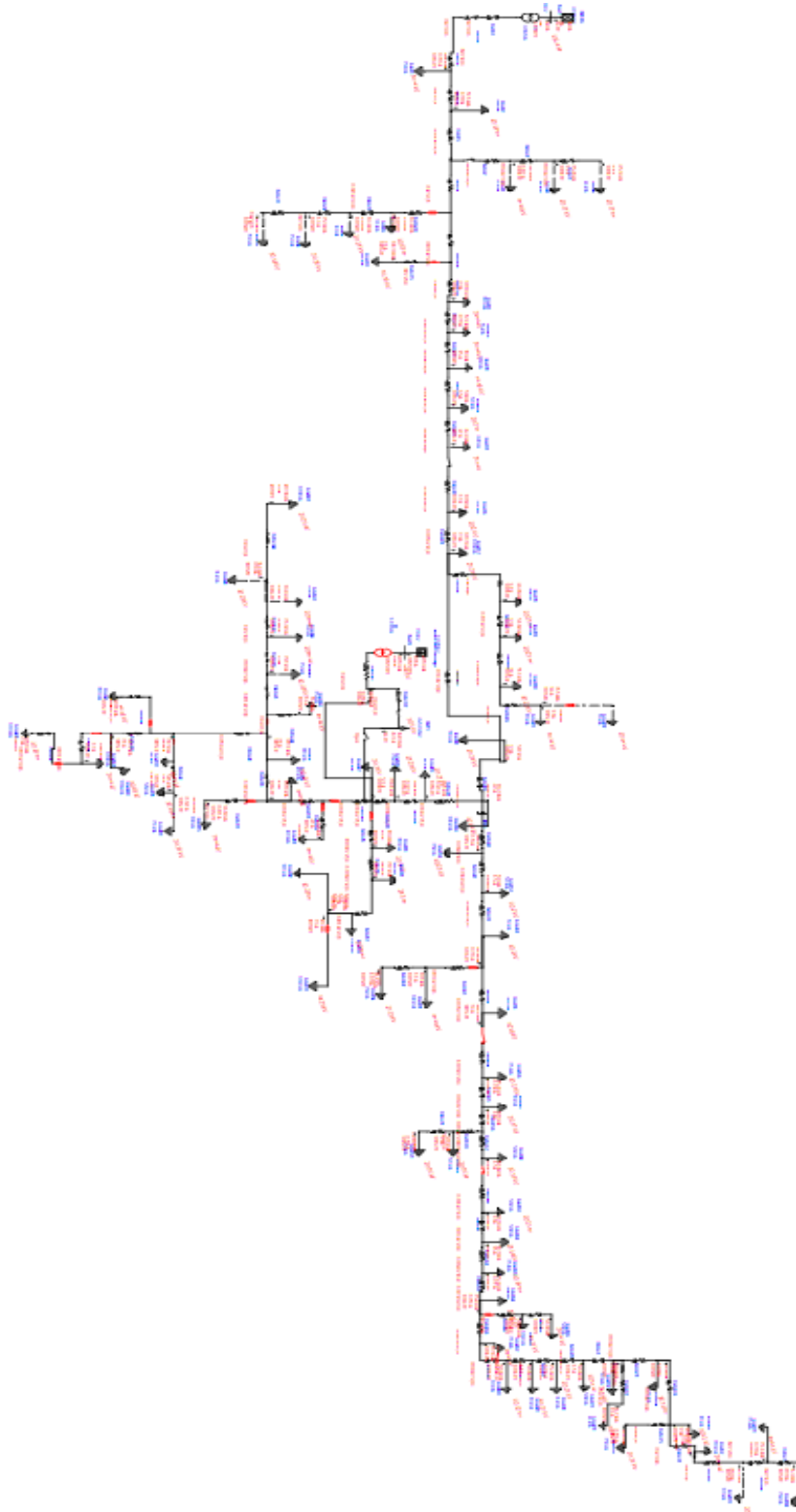


Gambar 4.6 Daya tertinggi dan Daya terendah setelah Interkoneksi



**Gambar 4.7** Sesudah Running pada Etap sebelum penambahan Kapasitor Bank dan Generator





**Gambar 4.8** Sesudah Running pada Etap setelah penambahan Kapasitor bank dan Generator

### 4.3 Hubungan Faktor Daya terhadap konsumsi bahan bakar

Hubungan antara faktor daya terhadap konsumsi bahan bakar dalam pembangkit listrik sangat erat. Faktor daya yang lebih tinggi menunjukkan penggunaan energi yang lebih efisien, yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu, meningkatkan faktor daya dapat menjadi langkah penting dalam meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya bahan bakar pada pembangkit listrik.

Limbah POME untuk produksi biogas dapat dilihat dari data yang digunakan di PKS Bandar Pasir Mandoge. Jumlah pome yang digunakan di PKS Bandar Pasir Mandoge setiap bulannya yang berlangsung pada bulan Mei 2023. Maka dari perolehan data bisa dihitung jumlah limbah pome yang dihasilkan disajikan dalam bentuk tabel 4.1 dibawah ini :

**Tabel 4.1 Kapasitas FOME Yang Dihasilkan PLTBg Pasir Mandoge Bulan Mei**

Tanggal	Limbah Pome (kg)	Methan (Nm <sup>3</sup> )	Harga (Rp)	MWh
1	579,7086	0,579709	778,549187	0,006
2	580,332	0,580332	779,385876	0,006
3	622,872	0,622872	836,517096	0,007
4	639,576	0,639576	858,950568	0,007
5	670,032	0,670032	899,852976	0,007
6	577,296	0,577296	775,308528	0,006
7	578,0718	0,578072	776,350696	0,006
8	638,064	0,638064	856,919952	0,007
9	640,05	0,64005	859,58715	0,007
10	638,064	0,638064	856,919952	0,007
11	580,398	0,580398	779,474514	0,006
12	640,332	0,640332	859,965876	0,007
13	609,84	0,60984	819,01512	0,006
14	311,436	0,311436	418,258548	0,003
15	638,064	0,638064	856,919952	0,007
16	607,68	0,60768	816,11424	0,006
17	622,872	0,622872	836,517096	0,007
18	258,264	0,258264	346,848552	0,003
19	563,436	0,563436	756,694548	0,006
20	577,98	0,57798	776,22714	0,006
21	585,801	0,585801	786,730743	0,006
22	565,812	0,565812	759,885516	0,006
23	637,302	0,637302	855,896586	0,007
24	638,316	0,638316	857,258388	0,007
25	577,296	0,577296	775,308528	0,006
26	602,316	0,602316	808,910388	0,006

Tanggal	Limbah Pome (kg)	Methan (Nm <sup>3</sup> )	Harga (Rp)	MWh
27	601,68	0,60168	808,05624	0,006
28	587,0058	0,587006	788,349058	0,006
29	607,68	0,60768	816,11424	0,006
30	622,872	0,622872	836,517096	0,007
31	624,348	0,624348	838,499364	0,007
<b>TOTAL</b>	<b>15.319,212</b>	<b>18,224798</b>	<b>26.192,410816</b>	<b>0,193</b>
<b>RATA-RATA</b>	<b>763,262</b>	<b>0,5878967097</b>	<b>844,9164779355</b>	<b>0,0062258065</b>

*Sumber data PKS*

Dari tabel 4.1 Diatas bisa dilihat jumlah limbah pome yang dihasilkan dari produksi TBS di PKS Bandar Pasir Mandoge Kabupaten Asahan pada bulan mei selama 1 bulan penuh di tahun 2023. Nilai total dari produksi Limbah Pome Kelapa sawit di PKS Bandar Pasir Mandoge Kabupaten Asahan sejumlah 15.319,212 Kg Rata-rata produksi Limbah Pome Harian dengan jam produksi selama 16jam mencapai 763,262 m<sup>3</sup>/hari. Data produksi limbah POME diambil setiap hari tiap jam produksi.

Dengan demikian potensi energi listrik yang dihasilkan dari limbah Pome PKS Bandar Pasir Mandoge dapat dilihat dari persamaan 2.9

Volume biogas x kWh = Volume biogas x Konsumsi biogas

Volume biogas x kWh = 763,262 m<sup>3</sup> x 6,2 kWh

$$= 4.732,2 \text{ kWh}$$

$$= \frac{1000 \times 4.732,2}{24 \text{ jam}}$$

$$= 197.175 \text{ Watt}$$

$$= 1,97 \text{ MW}$$

Dari hasil data lapangan diperoleh bahwa PLTBg Pasir Mandoge memiliki 2 buah generator yang dioperasikan secara bersamaan dengan besar daya aktif (P) 1,97 MW, semu (S) 23,2 KVA, tegangan 400 V, frekuensi 50 Hz, Power faktor 0,8 maka dapat ditentukan sebagai berikut:

Untuk Cos  $\emptyset$  : 0,8

Dimana : P :  $\sqrt{3} \times V \times I \times \cos \emptyset$

$$197.175 : 1,732 \times 400 \times I \times 0,8$$

$$I : \frac{197.175}{1,732 \times 400 \times 0,8}$$

$$: 0,355 \text{ A}$$

Untuk  $\text{Cos } \varphi : 0,65$

$$\begin{aligned} \text{Dimana : P} & : \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\ 197.175 & : 1,732 \times 400 \times I \times 0,65 \\ I_2 & : \frac{197.175}{1,732 \times 400 \times 0,65} \\ & : 0,437 \text{ A} \end{aligned}$$

$$S_1 : \frac{1970}{0,8} : 2.462 \text{ kVA}$$

$$S_2 : \frac{1970}{0,65} : 3.030 \text{ kVA}$$

Menghitung besar Daya Reaktif

$$\text{Cos } \varphi : 0,8$$

$$\begin{aligned} \text{Maka C1} & : \sqrt{S_1^2} - \sqrt{P^2} \\ & : \sqrt{2.462^2} - \sqrt{1970^2} \\ & : \sqrt{2.180.544} \\ & : 1476 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Menghitung besar Daya Reaktif

$$\text{Cos } \varphi : 0,65$$

$$\begin{aligned} \text{Maka C2} & : \sqrt{S_2^2} - \sqrt{P^2} \\ & : \sqrt{3.030^2} - \sqrt{1970^2} \\ & : \sqrt{5.300.000} \\ & : 2302 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Arus yang hilang :

$$I_{\text{Loss}} : I_2 - I_1$$

:  $0,437 - 0,355$

:  $0,082 \text{ A} = 23\% \text{ dari } I_1 : 0,355 (\text{Cos } \varphi : 0,8)$

Daya yang hilang :

S :  $S_2 - S_1$

:  $3030 - 2462$

:  $568 \text{ kVA} = 23\% \text{ dari } 2462 \text{ kVA}$

Kenaikan daya reaktif :

C :  $C_2 - C_1$

:  $2302 - 1476$

:  $826 \text{ kVAR} = 35,71\% \text{ dari } C : 2302 \text{ kVAR}$

Perhitungan besar kerugian akibat turun  $\text{Cos } \varphi$  dari 0,8 menjadi 0,65

Asumsi : Jam operasional Generator : 24 jam

Harga Biogas :  $\text{Rp.}1.343/\text{Nm}^3$

Pemakaian Biogas :  $16 \text{ Nm}^3/\text{jam}$

Pemakaian Generator dengan 23,2 kVA maka total biaya Biogas setiap hari :

: Jam operasional generator x Harga biogas x Pemakaian biogas

:  $24 \text{ jam} \times \text{Rp.}1343/\text{Nm}^3 \times 16 \text{ m}^3/\text{jam}$

:  $\text{Rp } 515.712/\text{hari}$

Kerugian akibat daya yang hilang 23% setiap hari menyebabkan pemborosan biaya biogas sebesar :

:  $23\% \times \text{Rp } 515.712$

:  $\text{Rp.}118.613,76 / \text{hari}$

:  $\text{Rp. } 3.677.026,56 / \text{bulan}$

Dengan demikian Konsumsi Biaya Bahan Bakar Biogas yang dikeluarkan PLTBg P. Mandoge sebesar  $\text{Rp.}515.712/\text{hari}$  serta kerugian akibat daya yang hilang 23% menyebabkan pemborosan sebesar  $\text{Rp.}118.613,76/\text{hari}$  dan  $\text{Rp.}3.677.026,56/\text{bulan}$ .

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

## 5.1 Kesimpulan

Bedasarkan Analisa dan Hasil perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada saat perbaikan Faktor Daya, besar daya pada bus 70 adalah 0,109 KW namun setelah dilakukan perbaikan naik menjadi 0,121 KW. Setelah penambahan kapasitor bank pada bus 87 sebesar 1,6 Mvar dan generator pada bus 25 sebesar 2 MW maka daya meningkat menjadi 0,121 KW
2. Jumlah limbah pome yang dihasilkan dari produksi TBS di PKS Bandar Pasir Mandoge Kabupaten Asahan pada bulan mei selama 1 bulan penuh di tahun 2023. Nilai total dari produksi Limbah Pome Kelapa sawit di PKS Bandar Pasir Mandoge Kabupaten Asahan sejumlah 15.319,212 Kg Rata-rata produksi Limbah Pome Harian dengan jam produksi selama 16jam mencapai 763,262 m<sup>3</sup>/hari, Dengan demikian potensi energi listrik yang dihasilkan dari limbah pome sebesar 197.175 Watt dan Konsumsi Biaya Bahan Bakar Biogas akibat penurunan  $\cos \varphi$  0,8 menjadi  $\cos \varphi$  0,65 Rp.515.712/hari serta kerugian akibat daya yang hilang 23% menyebabkan pemborosan sebesar Rp.118.613,76/hari dan Rp.3.677.026,56/bulan.

## 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya khususnya penelitian yang berhubungan dengan analisa aliran daya yaitu faktor daya pada sistem kelistrikan jaringan distribusi Pasir mandoge, dilakukan penambahan dari pembangkit lain yang terhubung dengan bus dan jaringan distribusi tersebut.
2. Melakukan perawatan rutin pada peralatan listrik.
3. Selain itu aspek teknologi yang terus berkembang agar di manfaatkan untuk memudahkan perawatan yang lebih baik dan lebih efisien.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang komposisi limbah cair kelapa sawit untuk lebih meningkatkan nilai daya yang lebih maksimal

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Singko, Yandri, and K. H. Khwee, "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) (Studi Kasus Pltu Harjohn Timber Kubu Raya)," *Tek. Elektro*, 2021.
- [2] J. Agribisnis, F. Pertanian, U. Lampung, J. Prof, and S. Brojonegoro, "JIIA, VOLUME 7 No. 3, AGUSTUS 2019," vol. 7, no. 3, pp. 314–322, 2019.
- [3] S. N. Edusainstek *et al.*, "Analisis Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan menggunakan Metode Least Square," *Isbn*, vol. 4, pp. 280–288, 2018.
- [4] "JSE-57 JSE-58," vol. 6, no. 2, pp. 57–61, 2022.
- [5] F. A. Noor, H. Ananta, and S. Sunardiyo, "Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 66–73, 2017.
- [6] P. Studi and T. Elektro, "Journal of Electrical and System Control Engineering Analisis Penurunan Cos phi dengan menentukan Kapasitas Kapasitor Bank Pada Pembangkit Tenaga Listrik Pabrik Kelapa Sawit ( PKS ) Decrease Analysis of Cos phi by determining the Capacitive Capacity of B," *J. Electr. Syst. Control Eng. Available*, vol. 2, no. 1, pp. 5–13, 2018.
- [7] H. Ndikade, S. Salim, and S. Abdussamad, "Studi Perbaikan Faktor Daya Pada Jaringan Listrik Konsumen Di Kecamatan Katobu Kabupaten Muna," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 52–59, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.11989.
- [8] S. N. Rumokoy and D. Monika, "Potensi Energi Listrik Pada Pabrik Kelapa Sawit Melalui Pembangunan Pltbg," *J. Poli-Teknologi*, vol. 17, no. 2, 2018, doi: 10.32722/pt.v17i2.1231.
- [9] N. Sinaga and A. S. B. Nasution, "Simulasi pengaruh komposisi limbah cair pabrik kelapa sawit (pome) terhadap kandungan air biogas dan daya listrik yang dihasilkan sebuah pembangkit listrik tenaga biogas," *EKSERGI J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 3, pp. 66–72, 2016.
- [10] L. Parinduri, "Analisa pemanfaatan POME untuk sumber pembangkit listrik tenaga biogas di pabrik kelapa sawit," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 180–183, 2016.
- [11] L. O. Musa, M. Mulyadi, M. F. Hastira, and H. Hasniaty, "Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Biaya Bahan Bakar Pembangkitan Pada PLTU Barru," *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 19, no. 1, p. 88, 2021, doi: 10.31963/sinergi.v19i1.2763.
- [12] A. M. Somantri, "ANALISIS PERBAIKAN FAKTOR DAYA UNTUK MEMENUHI PENAMBAHAN BEBAN 300 kVA," *Fak. Teknol. Ind. – Inst. Sains Teknol. Nas.*, vol. XIX, no. 1, pp. 33–44, 2017.
- [13] D. Almanda and N. Majid, "Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank

Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor,” *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 2, no. 1, p. 7, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.7-14.

- [14] S. Noor and N. Saputera, “Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank,” *J. Poros Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 73–78, 2014.
- [15] A. U. Ulya, “Analisis Dan Simulasi Pengaruh Pemasangan Capacitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Simulink Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pt. Bogowonto Primalaras,” *Media Elektr.*, vol. 12, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.26714/me.12.1.2019.1-11.





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Nadila Riyanti  
NPM : 2007220047  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : "Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Biaya  
Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit Pada PLTBg  
Pasir Mandoge"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	05-02-2024	Perbaiki pendahuluan	
2	12-02-2024	menambahkan landasan teori	
3	22-02-2024	Perbaiki metodologi Penelitian	
4	29-02-2024	Perbaiki prosedur Penelitian	
5	15-03-2024	Perbaiki daftar pustaka	
6	20-03-2024	Perbaiki Diagram alir Penelitian	
7	22-03-2024	utic sempro 22/3 2024	

Mengetahui,  
Pembimbing

Rimbawati, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Nadila Riyanti  
NPM : 2007220047  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : " Analisis Pengaruh Faktor Daya Biaya Konsumsi  
Bahan Bakar Pembangkit PLTBg Pasir Mandoge "

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	6/6 - 2024	Perbaiki Bab 4	
2	6/7 - 2024	tambahkan daftar gambar	
3	12/8 - 2024	Perbaiki paragraf dan tabel.	
4	2/9 - 2024	Perbaiki analisa data	
5	UCC sembas 14/9 2024		

Mengetahui,  
Pembimbing

Rimbawati S.T,M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)  
FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Nadila Riyanti  
NPM : 2007220047  
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : “ Analisis Pengaruh Faktor Daya Terhadap Konsumsi  
Bahan Bakar Pembangkit PLTBg Pasir Mandoge ”

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	1/10 2024	Revisi pasca sembas	
2	12/10 2024	Acc sidang	

Mengetahui,  
Pembimbing

Rimbawati S.T,M.T

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

Nama : Nadila Riyanti  
Alamat : Lingk IV Psr 03 Terjun Medan Marelan  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Umur : 22 Tahun  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 27 Maret 2002  
Tinggi/Berat Badan : 157/50  
Kewarganegaraan : Indonesia  
No HP : 081269765356  
Email : nadillarianti2017@gmail.com  
Instagram : ndlaarynt  
Motto Hidup : Tidak Semua Yang Kau Cintai Hatinya Melirikmu,  
Demikian Yang Kau Sayang Belum Tentu  
Menatapmu Tetapi Cinta dan Sayang Orangtuamu  
Milikmu Selamanya

### ORANG TUA

Nama Aah : Kasianto  
Agama : Islam  
Nama Ibu : Maisarah  
Agama : Islam  
Alamat : Lingk IV Psr 03 Terjun Medan Marelan

### LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2008-2014 : SD Negeri 066658 Medan  
2014-2017 : SMP Negeri 32 Medan  
2017-2020 : SMA Negeri 1 Labuhan Deli  
2020-2024 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara