

TUGAS AKHIR
ANALISIS PENGARUH DAYA REAKTIF PADA JARINGAN LISTRIK
(STUDI KASUS : PT. PLN NUSANTARA POWER UPDK BELAWAN)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

WAHYU HIDAYAT HASIBUAN

2007220082



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Ini Di Ajukan Oleh:

Nama : Wahyu Hidayat Hasibuan

Npm : 2007220082

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Daya Reaktif Pada Jaringan Listrik
(Studi Kasus : PT. PLN Nusantara Power UPDK
Belawan)

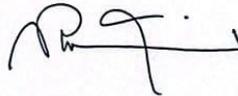
Bidang ilmu : Analisa Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim pengujian diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi teknik elektro , Fakultas teknik , Universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan,5 November 2024

Mengetahui dan menyetujui

Dosen Pembimbing



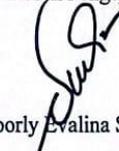
Rimbawati ST,MT

Dosen Penguji 1



Faisal Irsan Pasaribu ST,MT

Dosen Penguji 2



Noorly Evalina ST,MT

Ketua Program Studi



Faisal Irsan Pasaribu ST,MT

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Ini Diajukan Oleh:

Nama : Wahyu Hidayat Hasibuan
NPM : 2007220082
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Daya Reaktif Pada Jaringan Listrik
(Studi Kasus : PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan)
Bidang : Analisa Sistem Tenaga

DISETUJUI UNTUK DISAMPAIKAN
KEPADA PANITIA UJIAN SKRIPSI

Medan, 5 November 2024

Dosen pembimbing



Rimbawati ST,MT

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Hidayat Hasibuan
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 27 Januari 2002
NPM : 2007220082
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Analisis Pengaruh Daya Reaktif Pada Jaringan Listrik (Studi Kasus : PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan)”

Bukan merupakan plagiatris mencuri hasil karya ilik 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 orisinil dan otentik.

Bila kemungkinan hari diduga kuat ada tidakesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiridan tidak ada atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di program studi teknik elektro, Fakultas teknik, universitas muhammadiyah sumatera utara.

Medan, 5 November 2024

Saya yang menyatakan,



Wahyu Hidayat Hasibuan

ABSTRAK

Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik sering berubah-ubah. Oleh karena itu pengendalian dalam pengoperasian sistem tenaga listrik untuk mendapatkan aliran daya yang baik sangat dibutuhkan. Penelitian ini menjelaskan salah satu cara untuk pengaturan aliran daya, khususnya daya reaktif yang menjadi faktor utama terjadinya jatuh tegangan pada sistem yang menyebabkan terjadinya susut daya. Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui faktor daya yang ada pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power UPPK Belawan. Menganalisis kebutuhan sistem kelistrikan pada PT. PLN terhadap Capacitor Bank. Serta menganalisis efisiensi penggunaan capacitor bank pada sistem kelistrikan PT. PLN dengan simulasi menggunakan ETAP. Penelitian ini menggunakan metode pengambilan data pada lokasi penelitian, adapun data yang diambil adalah data beban penggunaan listrik yang meliputi daya aktif daya semu dan daya reaktif serta faktor daya yang diukur pada waktu yang ditentukan. Kemudian data diolah untuk mengetahui apakah saluran listrik pada lokasi penelitian efisien atau perlu penambahan capacitor bank untuk meningkatkan efisiensi listrik. Setelah melakukan analisis ternyata efisiensi listrik pada lokasi penelitian relatif rendah yaitu 70% atau $\cos\phi$ 0,7 maka dari itu perlu adanya penambahan capacitor bank sebesar 5,4 Kvar untuk meningkatkan efisien listrik. Pada hasil simulasi dapat dilihat perbandingan efisiensi listrik pada rangkaian lokasi penelitian. Sebelum dipasang capacitor bank nilai efisiensi listrik adalah kurang dari 70% atau $\cos\phi = 0,7$, setelah dipasang kapasitor bank sesuai dengan kapasitas hasil analisis pada sub bab sebelumnya maka nilai efisiensi listrik naik menjadi 85% atau $\cos\phi$ naik menjadi 0,85. Hal ini menandakan pemasangan kapasitor daya mempengaruhi nilai efisiensi penggunaan energi listrik. Dimana capacitor bank mengkonversi daya reaktif menjadi daya aktif yang dapat digunakan dan dikembalikan pada rangkaian listrik. Sehingga nilai daya reaktif dapat berkurang dan rugi – rugi daya menjadi lebih kecil dari sebelum pemasangan capacitor bank.

Kata Kunci : Faktor Daya, Daya Listrik, Kapasitor Bank

ABSTRACT

The power flow in an electric power system often changes. Therefore, control in the operation of the electric power system to obtain good power flow is needed. This study explains one way to regulate the power flow, especially reactive power which is the main factor in the occurrence of voltage drops in the system that causes power loss. This study aims to determine the power factor in the electrical system of PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan. Analyze the needs of the electrical system at PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan for Capacitor Bank. And analyze the efficiency of using capacitor banks in the electrical system of PT. PLN Nusantara Power with simulation using ETAP. This study uses a data collection method at the research location, the data taken is data on the use of electricity which includes active power, apparent power and reactive power and the power factor measured at the specified time. Then the data is processed to determine whether the power line at the research location is efficient or needs the addition of capacitor banks to increase electrical efficiency. After conducting the analysis, it turns out that the electrical efficiency at the research location is relatively low, which is 70% or $\cos\phi$ 0.7, therefore it is necessary to add a capacitor bank of 5.4 Kvar to increase electrical efficiency. The simulation results can be seen in the comparison of electrical efficiency in the research location circuit. Before the capacitor bank was installed, the electrical efficiency value was less than 70% or $\cos\phi = 0.7$, after the capacitor bank was installed according to the capacity of the analysis results in the previous sub-chapter, the electrical efficiency value increased to 85% or $\cos\phi$ increased to 0.85. This indicates that the installation of power capacitors affects the efficiency value of electrical energy use. Where the capacitor bank converts reactive power into active power that can be used and returned to the electrical circuit. So that the reactive power value can be reduced and power losses become smaller than before the capacitor bank was installed.

Keywords : Power Factor, Electric Power, Capacitor Bank

KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji syukur kita ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya kepada kita semua sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “ANALISIS PENGARUH DAYA REAKTIF PADA JARINGAN LISTRIK (STUDI KASUS : PT. PLN NUSANTARA POWER UPDK BELAWAN)”. Sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

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

1. Teristimewah kedua orang tua Penulis ayahanda Bachtiar Hasibuan dan ibunda Sri Wahyuni (almh) yang darahnya mengalir dalam tubuh penulis, yang dengan sabar membesarkan putranya, yang selalu melangitkan doa-doa baik demi studi penulis. Mereka memang tidak sempat menyelesaikan pendidikan di bangku sekolahan, namun mereka mampu mendidik penulis, memotivasi, dan memberikan dukungan hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Satu hal yang ayah dan ibu harus ketahui penulis sangat menyayangi dan mencintai kalian. Meskipun ibu sudah di Surganya ALLAH SWT izinkan penulis untuk mengabdikan dan membalas segala pengorbanan selama ini. Terima kasih sudah mendidik penulis dengan penuh kasih sayang dari kecil hingga saat ini, doa dan keikhlasan dari kalian yang telah mengantarkan penulis untuk mewujudkan impian. Dan juga untuk keluarga yang senantiasa memberikan dukungan dan semangat serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Dosen Pembimbing Ibu Rimbawati S.T., M.T., yang senantiasa membimbing saya dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Saudara sedarah dirumah papan kecil yang sederhana di tengah hamparan ladang, Kak Safni Dewi Hasibuan seluruh kebaikan, kontribusi dan dukungan nyata hingga skripsi ini selesai.
8. Ferdian Hanafi teman sehati saya yang ikut berkontribusi memberi dukungan nyata serta motivasi.
9. Rekan-rekan mahasiswa utamanya dari Program Studi Teknik Elektro satu angkatan.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu memberikan pemikiran demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan skripsi ini.
11. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all these hard work, I wanna thank me having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and trying to give more than I receive, I wanna thank me for trying to do more right than wrong, I wanna thank me for just being me all time.*

Laporan 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 yang akan datang. Akhirnya kami mengharapkan semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri pribadi dan para pembaca terkhusus bagi dunia kontruksi Teknik Elektro serta kepada Allah

SWT, kami serahkan segalanya demi tercapainya keberhasilan yang sepenuhnya.
Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, Mei 2024

Wahyu Hidayat Hasibuan

2007220082

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3.Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4.Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Listrik	9
2.2.2. Arus Listrik	11
2.2.3. Tegangan Listrik	15
2.2.4. Sistem Tenaga Listrik	19
2.2.5. Keandalan Sistem Tenaga Listrik	26
2.2.6. Kapasitor Bank	29
2.2.7. Rugi – Rugi Daya	34
2.2.8. Penyebab dan Akibat Rendahnya Faktor Daya	37
BAB III METODE PENELITIAN	44
3.1. Pendekatan Penelitian	44
3.2. Waktu Penelitian	44
3.3. Tempat Penelitian	45
3.4. Teknik Pengumpulan Data	45
3.5. Teknik Analisis	45
3.6. Bagan Alir Penelitian	47
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gelombang Arus DC	14
Gambar 2. 2 Gelombang Listrik AC	15
Gambar 2. 3 Gelombang Tegangan AC dan DC	16
Gambar 2. 4 Sistem Tenaga Listrik Sederhana	20
Gambar 2. 5 Pengklompokan Jaringan Distribusi	23
Gambar 2. 6 Diagram Segaris Tenaga Listrik.....	24
Gambar 2. 7 Jaringan Listrik Sampai Ke Konsumen.....	27
Gambar 2. 8 Diagram Segaris dan Diagram Fasor	32
Gambar 2. 9 Kompensasi Seri.....	33
Gambar 2. 10 Kompensasi Pararel.....	34
Gambar 2. 11 Perbandingan Pemakaian Daya	40
Gambar 2. 12 Rangkaian dan Diagram Vektor Kapasitor Seri.....	41
Gambar 2. 13 Rangkaian dan Diagram Vektor kapasitor shunt.....	42
Gambar 2. 14 Gambar Segitiga Daya	43
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi Tegangan Transmisi.....	25
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Meningkatnya perkembangan industri saat ini membutuhkan sumber energi yang cukup besar. Energi yang paling dibutuhkan untuk menjalankan mesin-mesin di sebuah industri adalah energi listrik, maka dari itu setiap industri akan melakukan upaya dalam melakukan penghematan listrik mengingat besarnya biaya yang harus dikeluarkan dalam konsumsi energi listrik. (Mardiyono & Yuliady, 2020)

Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik sering berubah-ubah. Oleh karena itu pengendalian dalam pengoperasian sistem tenaga listrik untuk mendapatkan aliran daya yang baik sangat dibutuhkan. Penelitian ini menjelaskan salah satu cara untuk pengaturan aliran daya, khususnya daya reaktif yang menjadi faktor utama terjadinya jatuh tegangan pada sistem yang menyebabkan terjadinya susut daya. Salah satu cara pengaturan aliran daya reaktif tersebut adalah dengan menggunakan transformator regulasi jenis pengatur tegangan yang dipasang pada saluran yang mengalirkan daya reaktif lebih kecil dibanding saluran yang lain. Jika tidak ada koordinasi dalam melakukan pengaturan daya reaktif tersebut, maka hal ini sangat tidak efisien dan tidak ekonomis, karena sebenarnya pada keadaan ini rugi-rugi daya nyata masih relatif tinggi. Dengan melakukan pengaturan daya reaktif secara terpadu dan optimum, maka susut daya dari sistem akan dapat ditekan pada tingkat yang paling rendah, sehingga ini akan sangat menghemat biaya pembangkitan dan biaya operasional secara keseluruhan. (Subagio, 2021)

Secara global, pembangkitan energi terdistribusi dalam jaringan listrik konvensional telah meningkat pesat. Pertumbuhan ini sebagian besar disebabkan oleh penggunaan sumber energi terbarukan untuk penyediaan energi bersih dan keberlanjutan. Energi terbarukan saat ini terintegrasi dalam jaringan listrik. Integrasi dalam jaringan dengan sistem penyimpanan baterai elektrokimia yang menyediakan pasokan listrik yang tangguh telah diulas seperti yang disajikan dalam. Integrasi tersebut dibahas secara luas dengan berbagai manfaat dan bidang penerapannya. Selain itu, jenis baterai yang digunakan dengan jaringan listrik mempengaruhi stabilitas dan kinerja jaringan. Sistem pendingin yang efektif untuk

baterai lithium-ion umum meningkatkan usia sistem sehingga membuatnya lebih andal dengan integrasi jaringan. Telah diketahui secara luas bahwa kapasitor tetap umumnya digunakan untuk kompensasi daya reaktif dalam jaringan distribusi. (Permadi & Santoso, 2023)

Dalam penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, tegangan yang konstan merupakan salah satu syarat utama yang harus dipenuhi. Tetapi kondisi tersebut secara praktis sulit untuk dicapai. Hal ini disebabkan beberapa faktor diantaranya adalah panjang saluran transmisi, adanya gangguan dan adanya beban-beban induktif yang menyebabkan timbulnya daya reaktif sehingga menyebabkan jatuh tegangan dan naiknya rugi – rugi daya. Keadaan seperti ini sangat tidak menguntungkan dalam sistem tenaga listrik baik bagi penyedia tenaga listrik baik bagi penyedia tenaga listrik yaitu PLN maupun konsumen. Bagi PLN adanya jatuh tegangan dan rugi – rugi menyebabkan mutu dan keandalan sistem tenaga listrik menjadi terganggu sehingga biaya operasional meningkat dan menjadikan peralatan listrik tidak berumur lama. Sedangkan bagi konsumen pasokan tenaga listrik menjadi terganggu terlebih pada beban yang jauh dari pembangkit. (Milenio, R., & Yudha, F., 2022)

Melihat keadaan yang demikian perlu adanya pemasangan alat kompensasi daya reaktif berupa kapasitor bank dalam sistem tenaga listrik terutama pada jaringan listrik yang memiliki nilai faktor daya yang rendah untuk menaikkan profil tegangan dan menurunkan rugi – rugi daya. Pada penelitian ini diusulkan pendekatan baru untuk memecahkan masalah kompensasi daya reaktif multi objektif berdasarkan pada algoritma yang menjadi alat yang kompetitif dalam memecahkan permasalahan kompensasi daya reaktif.

1.2.Rumusan Masalah

Sesuai latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana faktor daya yang ada pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power UPGK Belawan?
2. Bagaimana kebutuhan sistem kelistrikan pada PT. PLN Nusantara Power UPGK Belawan terhadap Capacitor Bank?

3. Bagaimana efisiensi penggunaan kapasitor bank pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power dengan simulasi menggunakan ETAP?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan, maka pembahasan skripsi ini dibatasi sebagai berikut :

1. Membahas faktor daya yang ada pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power UPPK Belawan.
2. Menghitung kebutuhan sistem kelistrikan pada PT. PLN Nusantara Power UPPK Belawan terhadap Capacitor Bank.
3. Menganalisis efisiensi penggunaan kapasitor bank pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power dengan simulasi menggunakan ETAP.

1.4. Tujuan Penelitian

Sesuai latar rumusan masalah, adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui faktor daya yang ada pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power UPPK Belawan.
2. Menganalisis kebutuhan sistem kelistrikan pada PT. PLN Nusantara Power UPPK Belawan terhadap Capacitor Bank.
3. Menganalisis efisiensi penggunaan kapasitor bank pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power dengan simulasi menggunakan ETAP.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Untuk mengetahui faktor daya yang ada pada sistem kelistrikan PT. PLN Nusantara Power UPPK Belawan.
2. Untuk memahami cara menganalisis rugi – rugi daya pada jaringan listrik yang ada pada PT. PLN Nusantara Power UPPK Belawan.
3. Mengetahui penempatan dan kebutuhan kapasitor bank yang dapat mengurangi tingkat daya reaktif pada trafo

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini di uraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini mmenjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan di dalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem proteksi berbasis arduino tersebut.

BAB III METODE PENELITIAN

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

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalamnya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Pada tinjauan pustaka relevan ini akan diuraikan beberapa penelitian yang berkaitan dengan judul penelitian yang diangkat. Dimana penelitian yang dipaparkan berkaitan dengan analisis daya reaktif, kapasitor bank dan rugi – rugi daya pada tenaga listrik. Adapun beberapa penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Salah satu penyebab terjadinya gangguan pada trafo adalah pembebanan yang melebihi kemampuan trafo. Keadaan beban lebih yang terus menerus akan mempengaruhi umur trafo dan mengakibatkan berkurangnya kapasitas trafo. Penurunan kapasitas, pembebanan pada trafo tidak akan maksimal dan meningkatkan resiko kerusakan. Tindakan yang dilakukan untuk upaya penurunan gangguan akibat pembebanan trafo adalah dengan pengujian transformator dan diketahui beberapa persen penurunan kapasitas trafo. Data hasil pengujian digunakan untuk menghitung reduksi kapasitas daya trafo. hasil analisis pada kapasitas daya trafo berkaitan dengan keadaan ideal trafo dan pembebanan yang tidak melebihi kapasitas daya trafo. (Subagio, 2021)

Sebuah pabrik membutuhkan daya listrik yang besar untuk melakukan proses produksinya. Namun dengan banyaknya beban induktif seperti motor listrik membuat daya reaktif yang muncul besar. Daya reaktif yang besar dapat mengakibatkan faktor daya menurun yang akan merugikan perusahaan. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut yaitu dengan pemasangan kapasitor bank. Penelitian ini menggunakan metode simulasi pada software ETAP untuk mengetahui pengaruh penggunaan kapasitor bank pada sistem kelistrikan. Hasil dari penelitian ini yaitu perbandingan kondisi ketika sistem kelistrikan menggunakan dan tidak menggunakan kapasitor bank. Nilai faktor daya (mengalami perubahan dari 0,8 menjadi sebesar 0,9. Terdapat penurunan sebesar 4,4 A pada nilai arus (A). Pada nilai daya aktif terdapat penambahan sebesar 1,7 kW. Dan terdapat penambahan sebesar 1,9 kVA pada nilai daya semu. (Permadi & Santoso, 2023)

Menurut (Septiawan et al., 2024) Suplai energi listrik yang andal, efisien dan berkualitas tinggi tentu sangat diperlukan. Seringnya terjadi kerusakan pada alat-alat elektronik dan peralatan praktikum pada Gedung A Fakultas Sains dan Teknologi (FST) Universitas Jambi menjadi latar belakang penelitian tentang analisis kualitas daya listrik di Gedung tersebut. Penelitian bertujuan untuk menganalisis kualitas daya listrik di gedung A FST. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode observasi dimana tidak dapat mempengaruhi variabel yang diteliti melainkan hanya dapat mencatat dan mengamati data yang telah diukur. Adapun besaran kualitas daya yang diukur yaitu tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, faktor daya, harmonisa tegangan dan harmonisa arus di setiap panel induk. Berdasarkan hasil penelitian, permasalahan yang terjadi pada panel induk trafo A ialah terjadinya ketidakseimbangan beban yaitu pada persentase 5,56% hingga 6%, standar yang ditetapkan oleh IEC yaitu hanya 5%. dan terjadinya distorsi harmonisa arus (THDi) pada persentase antara 24%, standard yang ditetapkan oleh IEEE adalah sebesar 12%. Permasalahan yang terjadi pada panel induk trafo B ialah memiliki nilai faktor daya yang rendah pada fasa R dan T yaitu dibawah 0,85. Terjadinya ketidakseimbangan beban yaitu pada persentase 10,9% hingga 12%, standar yang ditetapkan oleh IEC yaitu hanya 5%. Terjadinya fluktuasi tegangan yaitu +7,4%, standar menurut PUIL 2011 yaitu +5% dengan nilai 231 Volt dan -10% dengan nilai 198 Volt dan terjadinya distorsi harmonisa arus (THDi) yang sangat tinggi pada persentase 29,83% hingga 58,419%, nilai yang diizinkan oleh standar IEEE adalah sebesar 15%.

Pemakaian beban listrik di KM. Sumber Natuna terhadap kapasitas generator pada setiap kondisi pengoperasian baik siang maupun malam hari berbeda – beda. Hasilnya pemakaian beban listrik di KM. Sumber Natuna meliputi instalasi penerangan, pesawat-pesawat listrik dan motor-motor listrik dengan daya keseluruhan sebesar 187.567 Watt. Pemakaian beban listrik maksimum pada malam hari yaitu pada saat operasi penangkapan di *Fishing Ground* sebesar 169.521 Watt dengan efektivitas daya sebesar 84,7 % dan siang hari pada saat perjalanan kembali menuju pelabuhan yaitu sebesar 126.232 Watt dengan efektivitas daya sebesar 63,1 %. Kegiatan perawatan yang sering dilakukan diatas kapal terdiri dari : pemeriksaan keadaan generator secara visual, pembersihan bagian luar generator, pemeriksaan

pada panas yang berlebihan pada generator. Untuk menjaga agar generator sebagai pembangkit tenaga listrik di kapal dapat bekerja secara optimal dan tidak banyak mengalami kendala, maka generator harus didukung oleh adanya kegiatan perawatan dari komponen-komponen yang bekerja dengan baik dan terencana. (Mardiyono & Yuliady, 2020)

Distorsi harmonisa biasa terjadi akibat pengoperasian beban listrik non – linear yang berlebihan, distorsi ini dapat dikurangi dengan memanfaatkan filter aktif harmonisa yang biasanya dapat dilakukan pengaturan daya reaktif pada filternya. Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaturan daya reaktif pada filter aktif untuk mengetahui nilai efisiensi yang didapatkan dengan mengikuti nilai standar THDi IEEE 519 – 2014 sebesar 8 % untuk setiap phasanya. Hasil analisis pengaturan daya reaktif terkecil tetapi melebihi nilai efisiensi trafo pada saat kondisi eksisting dengan memenuhi standar IEEE 519 – 2014 adalah sebesar 30 % dengan nilai THDi untuk phasa R = 7, 54 %, S = 7,74 %, dan T = 7, 37 % didapatkan nilai efisiensi sebesar 96, 31 %. (Satriya Dhinata et al., 2022)

Menurut (Roza, 2018) Power Factor (Faktor Daya) sebagai $\cos \emptyset$, merupakan bagian yang cukup penting dalam pengoperasian suatu Generator Listrik. Karena menurunnya faktor daya ($\cos \emptyset$) 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 Capacitor) 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 μF dan 5,292 μF . Dengan adanya hasil data perbandingan factor 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.

Jumlah konsumsi energi listrik dipengaruhi oleh jenis beban yang digunakan. Beban listrik memiliki karakteristik resistif, induktif, dan kapasitif. Karakteristik ini akan berdampak pada sistem kelistrikan yaitu $\cos\phi$. Nilai faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, Jika nilai faktor daya mendekati 1 (daya aktif tinggi) sehingga sistem kelistrikan akan lebih baik dan sebaliknya jika semakin rendah faktor dayanya mendekati 0 (daya reaktif tinggi) sehingga daya listrik yang kurang yang dapat dimanfaatkan dari sejumlah daya tampak sama. Ketika sistem kelistrikan memiliki $\cos\phi$ rendah (daya reaktif yang besar) itu akan mempengaruhi penurunan kualitas daya dan meningkatnya penggunaan daya listrik. Salah satu cara untuk memperbaiki faktor daya ialah dengan memasang kapasitor bank. Masjid Agung Serdang Bedagai memiliki $\cos\phi$ awal sebesar 0,80. Pemasangan kapasitor bank dilakukan untuk meningkatkan $\cos\phi$ menjadi 0,99. Pada metode penelitian, dilaksanakan tahapan yaitu menentukan data kelistrikan pada masjid, menghitung besarnya daya reaktif, menentukan kapasitor bank, serta menguji pengaruh perbaikan faktor daya. Hasil yang didapatkan ialah dibutuhkan kapasitor senilai 560 kVAR. Selain itu juga Mengurangi drop tegangan karena turunnya arus sebanyak 20% dari 1.228,33 A menjadi 983,56 A. (Wibowo et al., 2023)

Penelitian tentang analisis perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor bank pada penyulang Barata Ngagel Surabaya, Dengan tujuan untuk mengetahui kondisi aliran daya, menentukan rugi - rugi daya (losses) pada saluran serta menentukan jatuh tegangan pada setiap bus pada sistem kelistrikan PT. PLN Ngagel Surabaya. Dalam penelitian ini menggunakan software ETAP 12.6. Adapun untuk metode aliran daya yang digunakan yaitu metode fast decoupled untuk mempermudah perhitungan aliran daya. Dari hasil yang disimulasikan pada ETAP 12.6 setelah dilakukan perbaikan dengan melakukan pemasangan kapasitor bank nilai rugi - rugi daya pada penyulang Barata dapat diturunkan dari 4,33 kW menjadi 3,247 kW dan

6,627 kVar menjadi 4,947 kVar. Kemudian faktor daya yang awalnya 0,83 menjadi rata - rata 0,97 pada sistem jaringan dan drop tegangan menurun dari 0,005 % menjadi rata - rata 0,003% dimana drop tegangan paling tinggi terjadi pada trafo BD 516 dari nilai 0,18 % menjadi 0,13%. (Nurmahandy et al., 2021)

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Listrik

Listrik adalah suatu energi, bahkan energi listrik begitu memegang peranan penting bagi kehidupan kita. Listrik adalah suatu muatan yang terdiri dari muatan positif dan muatan negatif. Arus listrik merupakan muatan listrik yang bergerak dari tempat yang berpotensi tinggi ke tempat berpotensi rendah, melewati suatu penghantar listrik. Media penghantar listrik salah satunya ialah media yang terbuat dari bahan logam, yaitu elektron bebas berpindah dari satu atom ke atom logam berikutnya, sedangkan pada media air elektron dibawa oleh elektrolit yang terkandung dalam media air tersebut. Arus listrik terdiri dari dua jenis yaitu arus listrik searah (direct current = DC) dan arus listrik bolak-balik (alternative current = AC). Arus listrik DC merupakan arus listrik yang mengalir secara terus menerus kesatu arah. Arus DC dipakai dalam industry yang menggunakan proses elektrolisa, misalnya pemurnian dan pelapisan atau penyepuhan logam. Arus listrik AC merupakan arus listrik yang mengalir bolak-balik. Arus AC digunakan di rumah-rumah dan dipabrik – pabrik, biasanya menggunakan voltage 110 volt atau 220 volt. Arus listrik bolak-balik (AC) jauh lebih berbahaya dari pada arus searah (DC). (Rimbawati & Adam, 2013)

Konduktivitas adalah kemampuan dari larutan, logam atau gas, secara singkat semua bahan untuk melewati arus listrik. Kemampuan ini dilakukan oleh kation dan anion, sedangkan dalam logam dilakukan oleh elektron. Seberapa baik larutan menghantarkan listrik tergantung pada beberapa faktor yaitu konsentrasi, mobilitas ion, valence ion, dan suhu. Semua zat memiliki beberapa tingkat konduktivitas. Dalam larutan air tingkat kekuatan ion bervariasi dari konduktivitas rendah ultra air murni dengan konduktivitas yang tinggi dari sampel kimia terkonsentrasi. Medan listrik diaktifkan maka arus listrik mengalir dalam konduktor karena adanya gerakan partikel bermuatan, oleh karena itu konduktivitas listrik sebanding dengan kepadatan jumlah partikel bermuatan dan mobilitas. Air laut adalah air yang berasal

dari laut atau samudra. Air laut memiliki kadar garam yang terdapat didalam batu-batuan dan tanah antara lain contohnya natrium, kalium, kalsium, dan lain-lain. Kadar garam yang terlarut dalam air tersebut dapat menghantarkan ion-ion listrik. Air tawar adalah air yang tidak mengandung banyak larutan garam dan larutan mineral didalamnya. Air tawar bisa didapatkan pada air dari sumur, danau, sungai, salju atau es. Pembawa muatan pada logam jumlahnya adalah tetap (= jumlah elektron bebas) dan ketergantungan suhu konduktivitas listrik hanya datang dari mobilitasnya. Mobilitas elektron bebas dikendalikan oleh hamburan fonon, dan selain itu mobilitas pembawa muatan dalam mineral sering sangat sensitif terhadap temperatur. Konduktivitas listrik mineral tidak hanya sensitif terhadap suhu, tetapi juga sensitif terhadap parameter yang mengontrol aktifitas ketidakhayuan air dan fugositas oksigen. (Rimbawati et al., 2017)

Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Daya listrik menyatakan banyaknya energi listrik yang terpakai setiap detiknya. Satuan daya listrik adalah Watt. Di mana $1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule/detik}$.

$$P = \frac{E}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

P = Daya Aktif (Watt)

t = Waktu (Jam)

E = Energi (Joule)

Pada dasarnya daya listrik terbagi menjadi 3 yaitu : (Nanang Setiaji, 2020)

a. Daya nyata atau daya aktif (Watt)

Daya nyata merupakan daya yang dibutuhkan beban dan biasanya daya aktif nilainya lebih rendah dibandingkan dengan daya semu. Daya Aktif dihasilkan dari hasil perkalian Daya Semu dengan Faktor Daya (Cosphi). Daya aktif akan mengalami penurunan nilai yang diakibatkan adanya beban-beban listrik yang menghasilkan daya reaktif.

$$P = V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

b. Daya Semu (VA)

Daya Semu merupakan daya yang dihasilkan dari perhitungan-perhitungan listrik sebelum dibebani dengan bebanbeban listrik. Satuan daya nyata adalah VA (Volt.ampere). beban yang bersifat daya semu adalah beban yang bersifat resistansi (R). Peralatan listrik atau beban pada rangkaian listrik yang bersifat resistansi tidak dapat dihemat karena tegangan dan arus listrik memiliki nilai faktor daya adalah 1.

$$S = V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

c. Daya Reaktif (VAR)

Daya Reaktif merupakan daya yang mengakibatkan terjadinya kerugiankerugian daya, sehingga daya dapat mengakibatkan terjadinya penurunan nilai factor daya (Cosphi). Satuan daya reaktif adalah VAR (Volt. Amper Reaktif). Untuk menghemat daya reaktif dapat dilakukan dengan memasang kapasitor pada rangkaian yang memiliki beban bersifat induktif.

$$Q = V \times I \times \sin \phi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

Q = Daya reaktif (VAR)

S = Daya semu (VA)

P = Daya Aktif (Watt)

2.2.2. Arus Listrik

Menurut (Ratnasari & Senen, 2017) Arus listrik atau dalam bahasa Inggris sering disebut dengan Electric Current adalah muatan listrik yang mengalir melalui media konduktor dalam tiap satuan waktu. Muatan listrik pada dasarnya dibawa oleh Elektron dan Proton di dalam sebuah atom. Proton memiliki muatan positif, sedangkan Elektron memiliki muatan negatif. Arus listrik atau Electric Current biasanya dilambangkan dengan huruf "I" yang artinya "intensity (intensitas)".

Sedangkan satuan Arus Listrik adalah Ampere yang biasa disingkat dengan huruf “A” atau “Amp”. (Esy, 2021)

1 Ampere arus listrik dapat didefinisikan sebagai jumlah elektron atau muatan (Q atau Coulombs) yang melewati titik tertentu dalam 1 detik ($I = Q/t$). Hukum Ohm menyatakan bahwa besarnya Arus Listrik (I) yang mengalir melalui sebuah penghantar atau konduktor adalah berbanding lurus dengan beda potensial atau Tegangan (V) dan berbanding terbalik dengan hambatannya (R). Rumus Hukum Ohm adalah $I = V/R$. Ada dua jenis arus listrik berdasarkan arah aliran listriknya. Arus listrik yang mengalir satu arah atau pada arah yang sama disebut dengan Arus Searah atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Direct Current yang disingkat dengan DC, Sedangkan arus listrik yang mengalir dengan arah arus yang selalu berubah- ubah disebut dengan Arus Bolak-balik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Alternating Current yang disingkat dengan AC. Bentuk gelombang AC pada umumnya adalah gelombang Sinus. Namun pada aplikasi tertentu juga terdapat bentuk gelombang segitiga dan bentuk. (Esy, 2021)

Rangkaian Listrik adalah interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup. Rangkaian listrik memiliki tiga jenis rangkaian yang sering dijumpai yaitu rangkain seri, rangkaian paralel, dan rangkaian campuran. Rangkaian seri adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara sejajar (seri). Rangkaian Paralel adalah salah satu rangkaian listrik yang disusun secara berderet (paralel) dan semua input komponen berasal dari sumber yang sama. Susunan paralel dalam rangkaian listrik menghabiskan biaya yang lebih banyak (kabel penghubung yang diperlukan lebih banyak). Susunan paralel memiliki kelebihan tertentu dibandingkan susunan seri. Kelebihan susunan paralel adalah jika salah satu komponen dicabut atau rusak, maka komponen yang lain tetap berfungsi sebagaimana mestinya. Gabungan antara rangkaian seri dan rangkaian paralel disebut rangkaian seriparalel (kadang disebut sebagai rangkaian campuran atau rangkaian kombinasi).

Di abad modern ini listrik sangatlah penting dalam kehidupan sehari-hari. Hampir tidak ada teknologi tanpa menggunakan listrik. Listrik sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Di Pusat Pembangkit Listrik, energi

primer (seperti minyak, batubara, gas, panas bumi dan lain-lain) di ubah menjadi energi listrik, alat pengubah energi tersebut adalah generator, generator mengubah energi mekanis (gerak) menjadi energi listrik. Perpindahan energi dalam suatu rangkaian akan membangkitkan medan listrik (elektro magnetik) sehingga timbullah apa yang disebut dengan arus listrik. (Rimbawati et al., 2019)

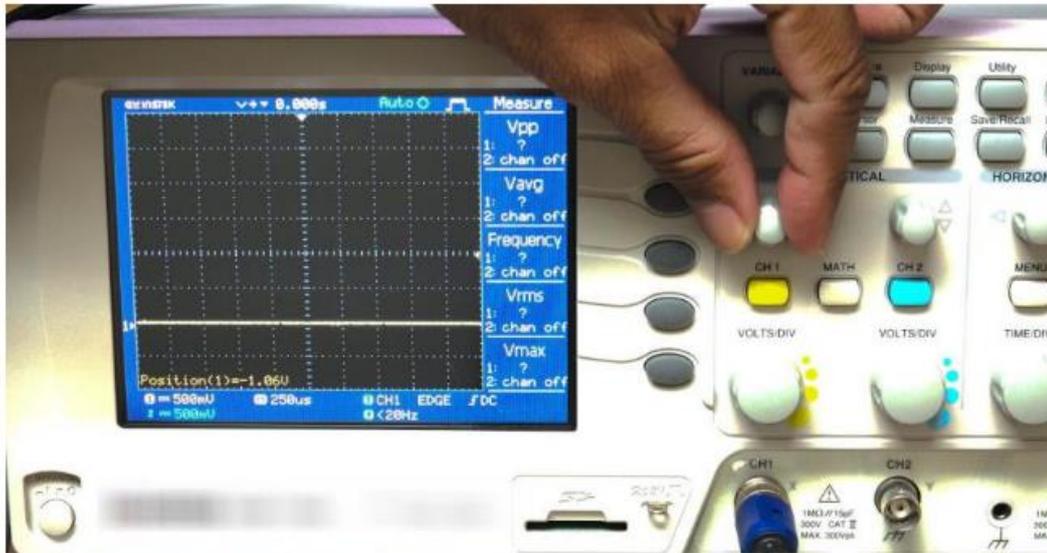
Arus listrik adalah mengalirnya elektron secara terus menerus dan berkesinambungan pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. Satuan arus listrik adalah Ampere. Arus listrik di bagi menjadi 2, yaitu arus listrik searah (DC) dan arus listrik bolak-balik (AC). Arus listrik searah (direct current atau DC) adalah aliran elektron dari suatu titik yang energi potensialnya tinggi ke titik lain yang energi potensialnya lebih rendah. Sumber arus listrik searah biasanya adalah baterai dan panel surya. Arus listrik searah biasanya mengalir pada sebuah konduktor. Arus listrik searah kondisinya lebih stabil dibandingkan arus listrik bolak-balik sehingga lebih banyak digunakan untuk menghidupkan peralatan elektronik. Arus bolak-balik (alternating current atau AC) adalah arus listrik yang besar dan arah arus berubah-ubah secara bolak-balik. Bentuk gelombang dari listrik arus bolak-balik berbentuk gelombang sinusoida. Aplikasi-aplikasi spesifik yang lain bentuk gelombang lain pun dapat digunakan, misalnya bentuk gelombang segitiga (triangular wave) atau bentuk gelombang segi empat (square wave). Arus listrik bolak-balik dapat ditemui dalam penyaluran listrik dari PLN ke rumah atau kantor.

2.2.2.1. Arus Listrik Searah (DC)

Arus listrik searah atau biasa disebut DC (Direct Current) adalah sebuah bentuk arus atau tegangan yang mengalir pada rangkaian listrik dalam satu arah saja. Pada umumnya, baik arus maupun tegangan listrik DC dihasilkan oleh pembangkit daya, baterai, dinamo, dan sel surya. Tegangan atau arus listrik DC memiliki besaran nilai (amplitudo) yang tetap dan arah mengalirnya arus yang telah ditentukan. Sebagai contoh, +12V menyatakan 12 volt pada arah positif, atau -5V menyatakan 5 volt pada arah negatif.

Telah kita ketahui bahwa power supply DC tidak mengubah nilainya berdasarkan waktu, listrik DC menyatakan arus yang mengalir pada nilai konstan

secara terus- menerus pada arah yang tetap. Dengan kata lain, listrik DC selalu mempertahankan nilai yang tetap dan aliran listrik yang satu arah. Listrik DC tidak pernah berubah atau arahnya menjadi negatif kecuali apabila dihubungkan terbalik secara fisik.



Gambar 2. 1 Gelombang Arus DC

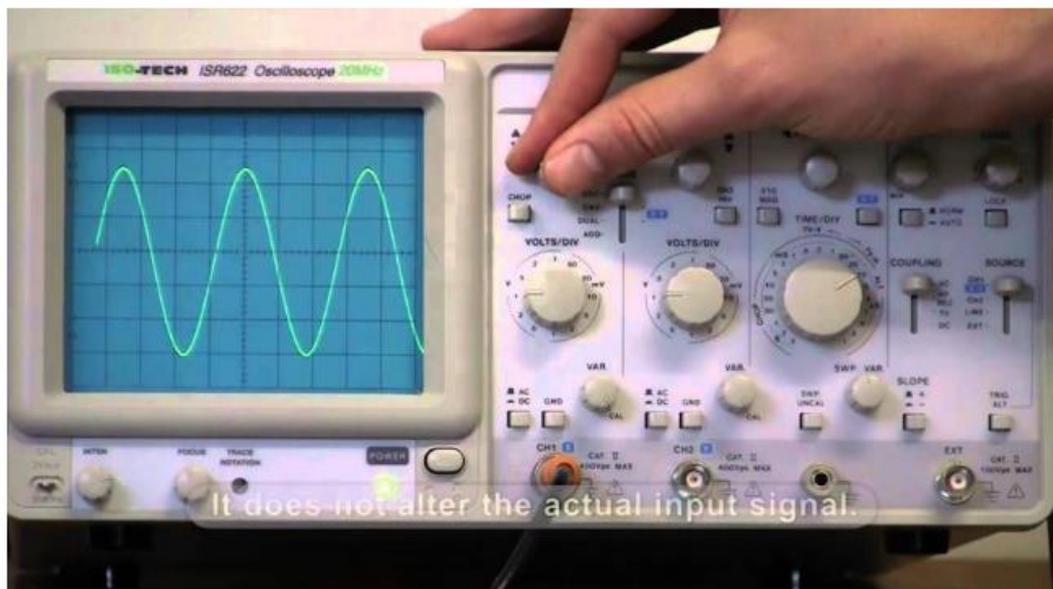
Sumber : (Gideon & Saragih, 2019)

2.2.2.2. Arus Listrik Bolak – Balik (AC)

Istilah AC (Alternative Current), pada umumnya mengacu kepada gelombang yang berubah terhadap waktu dengan bentuk yang umumnya menyerupai sinusoidal yang lebih dikenal sebagai gelombang sinusoidal (sinus). Gelombang sinus adalah bentuk gelombang listrik AC yang paling sering digunakan dalam elektronika. Bentuk gelombang sinus terbentuk dengan menggambarkan nilai-nilai ordinat sesaat tegangan atau arus terhadap waktu. Gelombang AC mengubah polarisasi secara konstan pada setiap setengah lingkaran menyeberangi garis normal di antara nilai maximum positif dan nilai maximum negatif terhadap waktu. Dengan kata lain gelombang listrik AC adalah sinyal yang bergantung pada waktu, jenis gelombang seperti ini secara umum disebut sebagai gelombang periodik.

Gelombang periodik atau listrik AC adalah hasil dari perputaran generator elektrik. Secara umum, bentuk dari gelombang periodik apapun dapat dibuat menggunakan sebuah frekuensi sebagai dasar dan menggabungkannya dengan

sinyal harmoni dari berbagai macam frekuensi dan amplitudo. Tegangan dan arus bolak-balik tidak dapat disimpan dalam baterai atau sel seperti arus searah, karena listrik AC lebih mudah dan murah dibangkitkan (dibuat) menggunakan alternator (pembalikan) dan generator (penghasil) gelombang jika diperlukan. Bentuk dan jenis gelombang listrik AC bergantung pada generator atau perangkat yang digunakan, tetapi semua gelombang listrik AC terdiri dari sebuah garis nol volt yang membagi gelombang ke dalam dua bagian yang simetris.

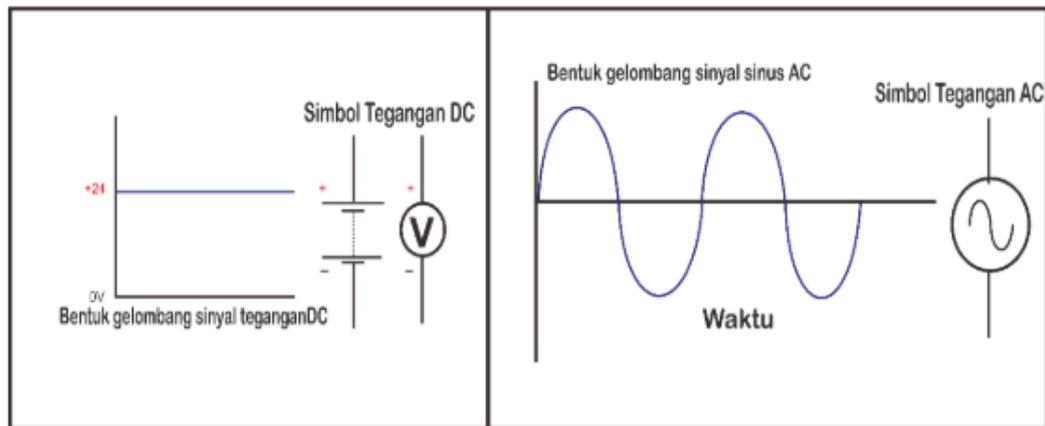


Gambar 2. 2 Gelombang Listrik AC

Sumber : (Gideon & Saragih, 2019)

2.2.3. Tegangan Listrik

Tegangan listrik merupakan sebuah perbedaan dari potensial listrik diantara dua titik di dalam rangkaian, tegangan listrik secara umum memiliki satuan yaitu Volt (V). Sumber tegangan listrik merupakan salah satu kebutuhan primer modern di masa sekarang. Sumber tegangan listrik mutlak dibutuhkan untuk menjamin tetap bekerjanya peralatan tersebut. Tegangan listrik terbagi menjadi dua jenis terdapat tegangan AC bolak-balik dan tegangan DC searah tentunya dari kedua tegangan tersebut berbeda sinyal dan symbol. Pada gambar 2.1 adalah simbol sinyal tegangan AC dan tegangan DC.



Gambar 2. 3 Gelombang Tegangan AC dan DC

Kualitas daya listrik adalah setiap masalah daya listrik yang berbentuk penyimpangan tegangan, arus atau frekuensi yang mengakibatkan kegagalan ataupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan yang terjadi pada konsumen energi listrik (Dugan, McGranaghan, Santoso, & Beaty, 2004). Daya adalah suatu nilai dari energi listrik yang dikirimkan dan di distribusikan, dimana besarnya daya listrik tersebut sebanding dengan perkalian besarnya tegangan dan arus listriknya. Sistem suplai daya listrik dapat dikendalikan oleh kualitas dari tegangan, dan tidak dapat dikendalikan oleh arus listrik karena arus listrik berada pada sisi beban yang bersifat individual, sehingga pada dasarnya kualitas daya adalah kualitas dari tegangan itu sendiri.

Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh gejala-gejala atau fenomena-fenomena elektromagnetik yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Gejala elektromagnetik yang menyebabkan permasalahan kualitas daya adalah: 1. Gejala Peralihan (Transient), yaitu suatu gejala perubahan variabel (tegangan, arus dan lain-lain) yang terjadi selama masa transisi dari keadaan operasi tunak (steady state) menjadi keadaan yang lain. 2. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Pendek (Short-Duration Variations), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan dalam waktu yang singkat kurang dari satu menit 3. Gejala Perubahan Tegangan Durasi Panjang (Long-Duration Variations), yaitu suatu gejala perubahan nilai tegangan, dalam waktu yang lama lebih dari satu menit. 4. Ketidakseimbangan Tegangan adalah gejala perbedaan besarnya tegangan dalam sistem tiga fasa serta sudut fasanya. 5. Harmonisa adalah gejala penyimpangan dari suatu gelombang (tegangan dan arus)

dari bentuk idealnya berupa gelombang sinusoidal. 6. Fluktuasi Tegangan adalah gejala perubahan besarnya tegangan secara sistematis. 7. Gejala Perubahan Frekuensi Daya yaitu gejala penyimpangan frekuensi daya listrik pada suatu sistem tenaga listrik.

Gejala peralihan (transient) terdiri dari dua jenis yaitu transient impuls dan transient osilasi. Transient impuls adalah gejala transient yang mempunyai satu arah polaritas, yaitu polaritas positif atau negatif. Sedangkan transient osilasi adalah gejala transient yang mempunyai dua arah polaritas, yaitu polaritas positif dan negatif. Sumber utama gejala peralihan (transient) yang terjadi pada sistem utilitas kelistrikan adalah petir dan pensaklaran kapasitor. Tegangan tinggi petir merupakan sumber gejala peralihan impuls, dimana surja petir hanya mempunyai satu polaritas saja. Sedangkan proses membuka dan menutupnya saklar kapasitor daya dapat menghasilkan gejala peralihan osilasi, karena mempunyai dua polaritas, yaitu positif dan negative.

Berdasarkan waktu lama kejadian, gejala perubahan tegangan durasi pendek terdiri dari 3 jenis, yaitu instantaneous, momentary, dan temporary. Perubahan tegangan instantaneous atau waktu seketika, terjadi dalam waktu 0,5 sampai 30 cycles, sedangkan momentary dalam waktu 30 cycles sampai 3 detik, dan perubahan tegangan tipe temporary terjadi dalam waktu 3 detik sampai 1 menit. Berdasarkan nilai perubahan tegangan, gejala variasi durasi pendek ini dibedakan menjadi 3 jenis yaitu interruption, sag dan swell. Gejala perubahan tegangan durasi pendek dapat disebabkan oleh gangguan (fault) karena suatu proses penyulangan energi listrik terhadap beban yang besar, dimana pada saat penyulangan tersebut diperlukan arus awal yang tinggi, atau lepasnya koneksitas kabel daya (intermittent losses connection) yang kadang-kadang terjadi. Jenis-jenis perubahan tegangan durasi pendek tergantung dari lokasi gangguan dan kondisi sistem. Dampak dari perubahan nilai tegangan durasi pendek ini sebenarnya adalah kondisi pada saat gangguan selama peralatan proteksi beroperasi untuk menghilangkan gangguan tersebut.

Gejala perubahan tegangan durasi panjang memiliki waktu penyimpangan terhadap frekuensi daya selama lebih dari 1 menit. Jenis dari gejala perubahan tegangan durasi panjang ada 3 (tiga), yaitu interruption, undervoltages, dan

overvoltages. Gejala perubahan tegangan durasi panjang umumnya berasal bukan dari kesalahan atau gangguan sistem, tetapi disebabkan oleh perubahan beban pada sistem dan pada saat pengoperasian pensaklaran sistem. Gejala perubahan tegangan durasi panjang biasanya ditampilkan sebagai grafik tegangan rms terhadap waktu. Ketidak-seimbangan tegangan (voltage imbalance atau voltage unbalance) didefinisikan sebagai penyimpangan atau deviasi maksimum dari nilai rata-rata tegangan sistem tiga fase tegangan atau arus listrik dibagi dengan nilai rata-rata tegangan tiga fase atau arus tersebut, dan dinyatakan dalam persentase. Ketidakseimbangan dapat didefinisikan menggunakan komponen simetris. Rasio atau perbandingan nilai tegangan komponen urutan negatif atau urutan nol dengan nilai tegangan komponen urutan positif dapat digunakan untuk menentukan persentase ketidakseimbangan Gambar 2.3 menunjukkan contoh kedua buah perbandingan tersebut, yang menggambarkan ketidak-seimbangan tegangan 8 selama 1 minggu yang terjadi pada saluran tenaga untuk perumahan. Besarnya ketidak-seimbangan tegangan pada sumber utama tidak boleh lebih dari 2 persen. Nilai kritis dari keadaan ketidakseimbangan tegangan adalah jika nilai persentase perbandingannya melebihi 5 persen, hal ini biasanya terjadi karena terputusnya salah satu fasa dari sistem tenaga listrik tiga fasa.

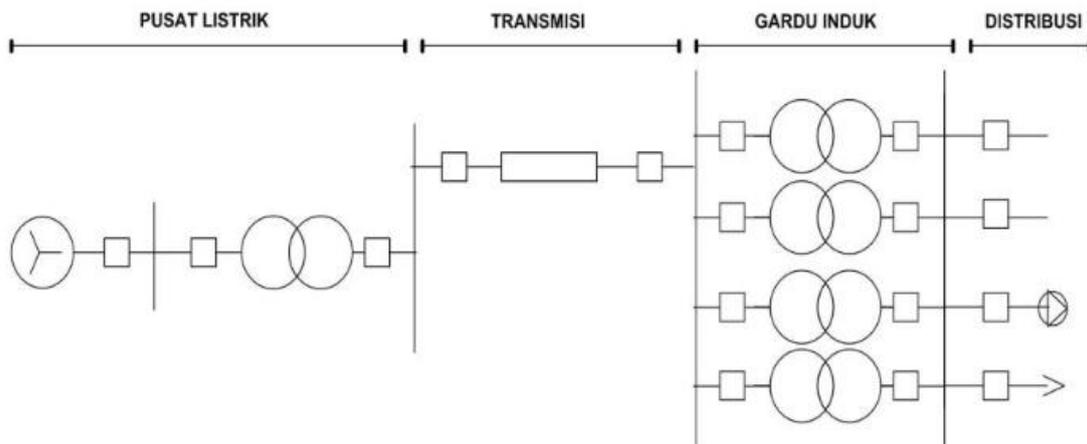
Sistem tenaga listrik dirancang untuk beroperasi pada frekuensi 50 atau 60Hz. Akan tetapi pada aplikasinya beberapa beban menyebabkan munculnya arus/tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan 50/60Hz. Frekuensi 50/60Hz disebut dengan frekuensi fundamental dan kelipatannya disebut frekuensi harmonik atau harmonik saja. Dalam prakteknya keberadaan harmonik ini membawa kerugian pada berbagai alat, salah satunya adalah transformator distribusi, harmonik adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Hal ini disebut frekuensi harmonik yang timbul pada bentuk gelombang aslinya sedangkan bilangan bulat pengkali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150Hz dan seterusnya.

Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. Harmonik urutan genap biasanya memiliki rms yang lebih kecil dibandingkan harmonik urutan ganjil. Jumlah antara frekuensi fundamental dan kelipatannya, akan menyebabkan frekuensi fundamental tidak lagi berbentuk sinus murni, tetapi mengalami distorsi. Elektronika daya digunakan banyak pihak karena efisien dan mudah dikendalikan. Akan tetapi elektronika daya menarik arus AC non sinusoidal dari sumber AC. Bila arus ini bereaksi dengan impedansi sistem maka akan membangkitkan tegangan/arus harmonik. Kemunculan harmonik secara terus menerus akan menyebabkan distorsi pada gelombang sinus tegangan/arus.

Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linier dan beban non linier. Beban linier adalah beban yang memberikan bentuk gelombang keluaran yang linier artinya arus yang mengalir sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan. Sedangkan beban non linier adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi). Beban non linier yang umumnya merupakan peralatan elektronik yang didalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Proses kerja ini akan menghasilkan gangguan atau distorsi gelombang arus yang tidak sinusoidal. Bentuk gelombang ini tidak menentu dan dapat berubah menurut pengaturan pada parameter komponen semi konduktor dalam peralatan elektronik.

2.2.4. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik merupakan sekumpulan pusat listrik dan pusat beban yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi. Energi listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat listrik seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTP dan PLTP. Kemudian energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi dan didistribusikan ke beban-beban melalui saluran distribusi. (Jamilah et al., 2022)



Gambar 2. 4 Sistem Tenaga Listrik Sederhana

Pada sistem yang besar, tegangan keluaran generator dinaikkan menjadi tegangan transmisi yaitu berupa tegangan tinggi (TT) ataupun tegangan ekstra tinggi (TET) untuk memperkecil rugi-rugi daya yang terjadi dengan menggunakan transformator step up. Setelah energi listrik disalurkan melalui saluran transmisi maka sampailah energi listrik ke Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya menjadi tegangan menengah (TM) menggunakan transformator step down.

Keluar dari GI, maka energi listrik akan disalurkan melalui jaringan distribusi primer pada level tegangan menengah, kemudian kembali diturunkan tegangannya pada gardu distribusi menjadi tegangan rendah dan akhirnya disalurkan melalui jaringan distribusi sekunder kepada konsumen. (Syifa Ath Thoriq et al., 2021)

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen, Secara umum yang termasuk ke dalam sistem distribusi antara lain :

a. Gardui Induk (GI)

Pada bagian ini jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara langsung, maka bagian pertama dari sistem distribusi tenaga listrik adalah Pusat Pembangkit Tenaga Listrik dan umumnya terletak di pinggiran kota. Untuk menyalurkan tenaga listrik ke pusat - pusat beban (konsumen) dilakukan dengan jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jika sistem pendistribusian tenaga listrik dilakukan secara tak langsung, maka bagian

pertama dari sistem pendistribusian tenaga listrik adalah Gardu Induk yang berfungsi menurunkan tegangan dari jaringan transmisi dan menyalurkan tenaga listrik melalui jaringan distribusi primer (Subagio, 2021)

b. Jaringan Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan awal penyaluran tenaga listrik dari Gardu Induk (GI) ke konsumen untuk sistem pendistribusian langsung. Sedangkan untuk sistem pendistribusian tak langsung merupakan tahap berikutnya dari jaringan transmisi dalam upaya menyalurkan tenaga listrik ke konsumen. Standar tegangan menengah di Indonesia adalah 20 kV (Abdul Kadir 2006 : 149). Untuk wilayah kota, tegangan diatas 20kV tidak diperkenankan, mengingat pada tegangan 20 kV akan terjadi gejala-gejala korona yang dapat mengganggu frekuensi radio, televisi, telekomunikasi dan telepon. Sifat pelayanan sistem distribusi sangat luas dan kompleks, karena konsumen yang harus dilayani mempunyai lokasi dan karakteristik yang berbeda. Sistem distribusi harus dapat melayani konsumen yang terkonsentrasi di kota, pinggiran kota dan konsumen di daerah terpencil. Sedangkan dari karakteristiknya, terdapat konsumen perumahan dan konsumen dunia industri. Sistem konstruksi saluran distribusi terdiri dari saluran udara dan saluran bawah tanah. Pemilihan konstruksi tersebut didasarkan pada pertimbangan yaitu alasan teknis berupa persyaratan teknis, alasan ekonomis, alasan estetika dan alasan pelayanan yaitu kontinuitas pelayanan sesuai jenis konsumen. (Subagio, 2021) Pada jaringan distribusi primer terdapat 4 jenis sistem konfigurasi jaringan yaitu :

- Tie Line
- Sistem Loop
- Sistem Spindel

c. Gardu Distribusi

Gardu distribusi (Trafo distribusi) berfungsi merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Kapasitas transformator yang digunakan pada transformator distribusi ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayanan beban. Gardu

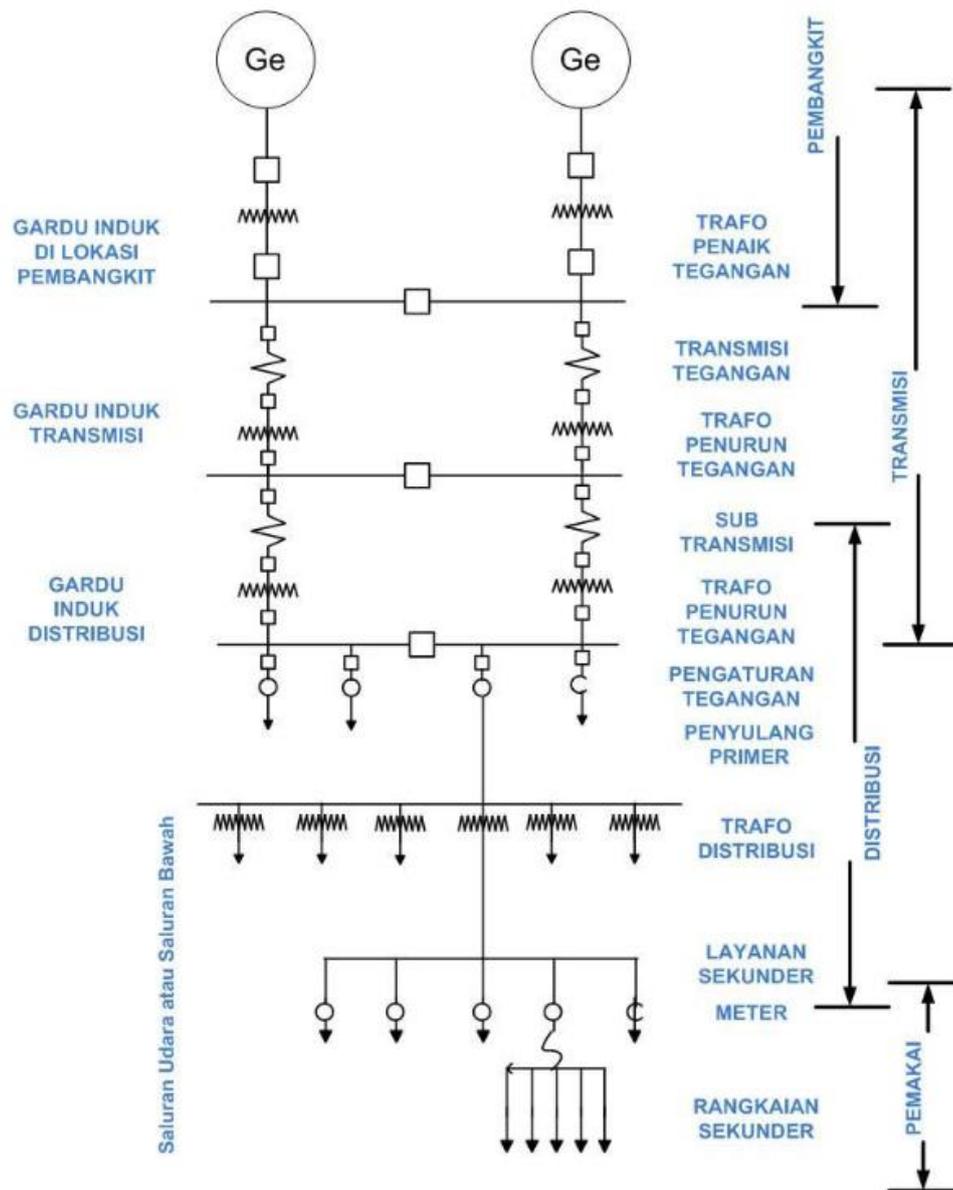
distribusi (trafo distribusi) dapat berupa transformator satu fasa dan juga berupa transformator tiga fasa.

d. Jaringan Distribusi Skunder

Jaringan distribusi sekunder atau jaringan distribusi tegangan rendah merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 220 V untuk satu fasa dan 380 untuk 3 fasa. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2 R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan trafo-trafo step-up. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV, UHV, EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perlengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo step-down. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat

bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda. (Subagio, 2021)

Adapun pengelompokan jaringan distribusi tenaga listrik adalah dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Pengklompokan Jaringan Distribusi

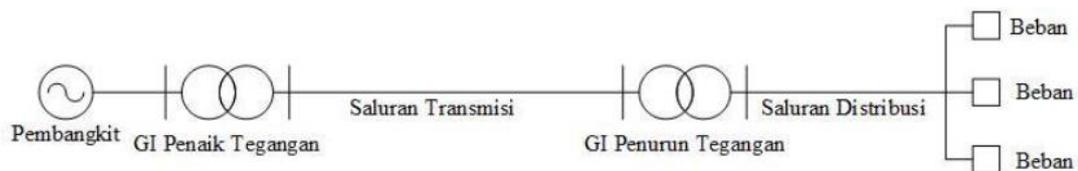
Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar diatas: Daerah I : Bagian pembangkitan (Generation) Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission) ,

bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV) Daerah III :Bagian Distribusi Primer, bertegangan menengah (6 atau 20kV). Daerah IV :(Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi, bertegangan rendah. (Iksan et al., 2019)

Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

- SUTM, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- SKTM, terdiri dari : Kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lain-lain.
- Gardu trafo, terdiri dari : Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa- pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding,dan lain-lain.
- SUTR dan SKTR, terdiri dari: sama dengan perlengkapan/material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.

Sistem tenaga listrik secara umum terbagi menjadi lima sistem utama yaitu pembangkit listrik, sistem transmisi, gardu induk (GI), sistem distribusi dan beban. Diagram segaris dari sistem ketenaga listrikan secara umum dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Diagram Segaris Tenaga Listrik

Bedasarkan Gambar diatas, sumber listrik pada sistem ketenagalistrikan secara umum berasal dari pembangkit tenaga listrik. Lokasi pembangkit listrik umumnya berada jauh dari sumber beban, sehingga untuk menyalurkan energi listrik yang telah dibangkitkan harus disalurkan melalui sistem transmisi. Energi listrik yang dibangkitkan tegangannya akan dinaikan menggunakan transformator penaik tegangan (*step-up transformer*) yang ada pada gardu induk penaik tegangan untuk kemudian disalurkan melalui sistem transmisi menuju gardu induk untuk

kemudian dapat disalurkan ke sumber beban. Tegangan ini dinaikan dengan maksud untuk mengurangi jumlah arus yang mengalir pada saluran transmisi. Setelah daya listrik yang disalurkan mendekati sumber beban atau gardu induk, maka selanjutnya tegangan transmisi diturunkan melalui transformator penurun tegangan (*stepdown transformer*) pada gardu induk penurun tegangan. Tegangan diturunkan menjadi tegangan menengah 20 kV untuk dapat disalurkan ke gardu distribusi. Kemudian dari gardu distribusi tegangan kembali diturunkan menjadi tegangan rendah 220 V/380 V sehingga selanjutnya dapat disalurkan melalui saluran distribusi menuju pusat-pusat beban. (Setiaji et al., 2022)

Pada dasarnya tujuan dari jaringan transmisi adalah untuk mengirim energi elektrik dari unit pembangkit pada beberapa lokasi menuju sistem distribusi yang terhubung ke beban. Di dalam saluran transmisi, tegangan menjadi sebuah permasalahan yang utama. Sehingga dalam perancangan maupun operasi nilai tegangan perlu diperhatikan pada tiap titik dalam saluran sehingga besar tegangan masih dalam batas-batas yang ditentukan. Berdasarkan peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia mengenai aturan jaringan sistem tenaga listrik pada tahun 2007, karakteristik untuk kerja jaringan transmisi harus memenuhi persyaratan-persyaratan: (Septiawan et al., 2024)

- a. Frekuensi nominal 50 Hz, diusahakan tidak lebih rendah dari 49,5 Hz atau lebih dari 50,5 Hz, dan selama keadaan darurat (*emergency*) dan gangguan, frekuensi sistem diijinkan turun hingga 47,5 Hz atau naik hingga 52 Hz.
- b. Tegangan sistem harus dipertahankan dalam batas tertentu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Klasifikasi Tegangan Transmisi

Tegangan Nominal (kV)	Batas Atas	Batas Bawah
500	5%	-5%
150	5%	-10%
70	5%	-10%
20	5%	-10%

- c. Faktor daya ($\cos \phi$) pada jaringan transmisi sebesar 0,85 lagging.

Pada umumnya sistem pembangkitan, transmisi dan distribusi menggunakan sistem 3 fasa, karena rugi-rugi daya yang ditimbulkan lebih kecil daripada sistem 1 fasa.

Saluran transmisi memiliki tiga parameter yang mempengaruhi kemampuannya untuk berfungsi sebagai bagian dari suatu sistem tenaga. Parameter tersebut adalah resistansi, induktansi dan kapasitansi. Untuk keperluan analisa dan perhitungan, sistem transmisi diklasifikasikan menjadi 3 kelas berdasarkan panjang saluran transmisi : (Satriya Dhinata et al., 2022)

- a. Saluran pendek, yaitu saluran dengan panjang kurang dari 80 km (50 mil).
- b. Saluran pendek, yaitu saluran dengan panjang kurang dari 80 km (50 mil).
- c. Saluran panjang, yaitu saluran dengan panjang lebih dari 240 km (150 mil)

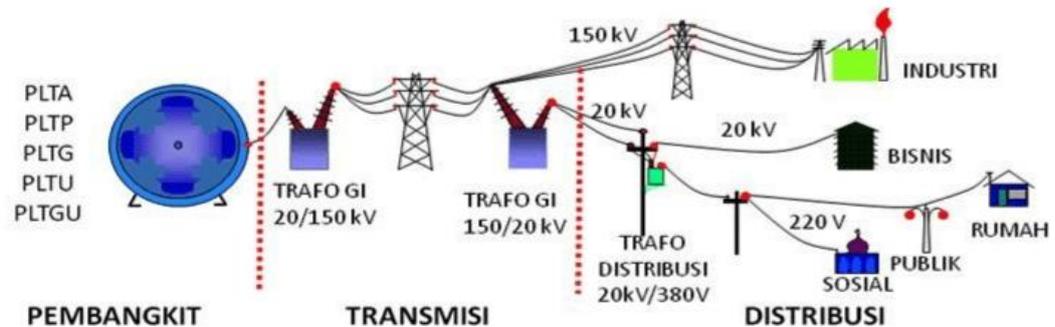
2.2.5. Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem tenaga listrik, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan dengan cara melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau, pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya. Keandalan tenaga listrik adalah menjaga kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan terutama pelanggan daya besar yang membutuhkan kontinuitas penyaluran tenaga listrik secara mutlak. (Mardiyono & Yuliady, 2020)

Apabila tenaga listrik tersebut putus atau tidak tersalurkan akan mengakibatkan proses produksi dari pelanggan besar tersebut terganggu. Struktur jaringan tegangan menengah memegang peranan penting dalam menentukan keandalan penyaluran tenaga listrik karena jaringan yang baik memungkinkan dapat melakukan manuver tegangan dengan mengalokasikan tempat gangguan dan beban dapat dipindahkan melalui jaringan lainnya. Kontinuitas pelayanan yang merupakan salah satu unsur dari kualitas pelayanan tergantung kepada macam sarana penyalur dan peralatan pengaman. Jaringan distribusi sebagai sarana

penyalur tenaga listrik mempunyai tingkat kontinuitas tergantung kepada susunan saluran dan cara pengaturan operasinya. Tingkat kontinuitas pelayanan dari sarana penyalur disusun berdasarkan lamanya upaya menghidupkan kembali suplai setelah mengalami gangguan. Tingkatan-tingkatan tersebut ditunjukkan pada gambar.

1. Umumnya jaringan distribusi luar kota (pedesaan) terdiri dari jenis saluran udara dengan sistem jaringan radial mempunyai kontinuitas tingkat 1, sedangkan untuk pelayanan dalam kota susunan jaringan yang dipakai adalah jenis kabel tanah dengan sistem jaringan spindel yang mempunyai kontinuitas tingkat 2.



Gambar 2. 7 Jaringan Listrik Sampai Ke Konsumen

Bagi Indonesia sebagai Negara berkembang, pada umumnya sebagian besar memakai saluran udara. Dengan naiknya standar kehidupan, masyarakat menuntut tingkat pelayanan yang tinggi. Akan tetapi dengan naiknya tingkat keandalan, hanya dimungkinkan bila ada tambahan biaya untuk ini. Karenanya kita harus mencari keseimbangan antara tuntutan kenaikan keandalan dan biaya untuk mencapai tingkat keandalan yang diinginkan tersebut. Faktor-faktor yang diperlukan untuk menentukan keseimbangan ini dapat diketahui dengan pasti secara kuantitatif.

Sampai tingkat tertentu manajemen dan desain merupakan seni. Tetapi dengan bertambah canggihnya metode-metode manajerial dan penggunaan komputer untuk analisa data yang kompleks, tugas untuk mencapai keandalan sistem keseluruhannya menjadi lebih cepat maka manajemen merupakan ilmu sebagai seni. Biaya keandalan ini dipakai dalam me-review biaya total dan ini diperlukan dalam menentukan tingkat kenaikan biaya. Analisa ekonomis dari

sistem keandalan sangat berguna sebagai alat dalam menentukan biaya yang diperlukan guna memperbaiki keandalan pelayanan, yaitu menambah nilai real dalam investasi sistemnya.

Tingkat keandalan dapat dianggap memadai, bila tidak ada biaya tambahan pemadaman yang melebihi biaya yang timbul akibat pemadaman tersebut terhadap para pelanggan. Jadi tingkat keandalan yang memadai dari pelanggan secara perspektif dapat di definisikan sebagai tingkat keandalan yang bila jumlah biaya untuk investasi ditambah biaya dari pemadaman akan minimum.

Perlu dicatat disini, bahwa perbaikan sistem keandalan dan investasi hubungannya tidak linier dan keandalan optimalnya dari sistem sesuai dengan biaya optimalnya, yaitu biaya totalnya minimum. Akan tetapi Billington mengemukakan bahwa kebanyakan parameternya tidak memuaskan, sehingga hal inilah yang menyebabkan mengapa tingkat keandalan yang didapat ini tidak menggambarkan keadaan yang sebenarnya, walaupun ini sulit dimengerti, dari pengalaman menunjukkan bahwa kebanyakan pemadaman yang terjadi pada sistem distribusi sebagai akibat gangguan yang disebabkan oleh alam sendiri, misalnya petir, angin, hujan, dan hewan-hewan.

usakan materialnya, peralatan, kesalahan manusia (menebang pohon menimpa kawat listrik, menggali tanah yang mengenai kabel tanah dan sebagainya.) Koordinasi antara penjadwalan preventif dan analisa keandalan perlu sekali dilakukan secara efektif. Kebanyakan Perusahaan listrik mendesain sistemnya pada tingkat kemungkinan tertentu, misalnya kemungkinan tunggal sehingga dengan keadaan seperti ini dan dengan alternative pensuplaian, kegagalan satu komponen tidak akan menyebabkan pelanggan mengalami pemadaman. Oleh karenanya analisis kemungkinan membantu dalam menentukan titik terlemah dari sistem pensuplaian pada sistem distribusi. Bentuk khusus dari analisis kemungkinan ialah probabilitas yang dalam kemungkinan tertentunya diketahui dan ini lebih dikenal sebagai analisis resiko. Dalam analisis resiko hanya diperlihatkan segmen-segmen yang penting saja dari sistem distribusi atau pada sekelompok pelanggan. Hasil informasi ini dipakai dalam menentukan, apakah perlu dibangun sistemnya dengan tingkat kemungkinan spesifik atau dengan mengambil resiko pemadaman pelanggan. (Jurnal, 2019)

2.2.6. Kapasitor Bank

Penyaluran energi listrik dari sumber daya sampai ke beban diperlukan penghantar ataupun dengan kabel yang tidak terlepas dari pengaruh beban reaktif penghantar sendiri dan juga pengaruh beban yang akan dipasok energi listrik. Peningkatan terhadap kebutuhan dan konsumsi energi listrik yang baik dari segi kualitas dan kuantitas menjadi salah satu alasan mengapa perusahaan utilitas penyediaan listrik perlu memberi perhatian terhadap isu kualitas daya listrik. Terlebih pada segmen pelanggan industri yang membutuhkan supply listrik yang baik yaitu dari segi kontinuitas dan juga kualitas tegangan yang disupply (karena mesin-mesin industri sensitif terhadap lonjakan/ ketidakstabilan tegangan) perlu diusahakan suatu sistem distribusi tenaga listrik yang dapat memberikan pelayanan yang memenuhi kriteria yang diinginkan pelanggan. Energi listrik yang dipakai ditentukan oleh adanya reaktansi, induktansi dan kapasitansi. Beraneka ragam beban atau peralatan listrik yang digunakan kebanyakan bersifat induktif dan kapasitif. Dimana beban induktif selalu menimbulkan daya reaktif induktif seperti motor, trafo, lampu neon dan peralatan lain yang menggunakan kumparan dan inti besi, sedangkan beban kapasitif seperti kapasitor membangkitkan daya reaktif kapasitif.

Daya reaktif tidak dapat diubah menjadi tenaga, akan tetapi mutlak diperlukan untuk proses transmisi energi listrik pada beban. Semakin banyaknya peralatan pelanggan PLN yang bersifat induktif berakibat membesarnya beban reaktif dan sebagai salah satu sumber terjadinya pemborosan energi (rugi-rugi) listrik, sehingga penyedia tenaga listrik/PLN memberikan penalti kepada pelanggan industri yang banyak memiliki beban reaktif induktif apabila beban reaktifnya melebihi dari daya reaktif yang disyaratkan. Kondisi riil pelanggan memerlukan peralatan sarana kerja sebagai sumber tenaga gerak yaitu dengan motor listrik dan penerangan ruang kerja dengan menggunakan lampu neon. Selain itu diperlukan juga motor-motor listrik untuk pengaturan udara di dalam ruang kerja agar tercipta ruangan dengan sirkulasi udara yang baik, temperatur cukup dan bebas dari polusi udara. Semua peralatan tersebut di atas syarat terhadap daya reaktif yang tinggi.

Sehingga masyarakat selalu berusaha untuk mengurangi banyaknya konsumsi daya reaktif. (Rimbawati, 2023)

Daya reaktif yang ditimbulkan oleh peralatan / sarana kerja seperti tersebut diatas bersifat induktif. Daya reaktif induktif dapat dikurangi atau bahkan dapat dihilangkan dengan memasang alat pembangkit daya reaktif yang bersifat kapasitif yaitu Kapasitor Bank. Pemasangan Kapasitor Bank akan mengkompensasi daya reaktif induktif, sehingga berakibat daya reaktif (KVAR) dan daya semu (KVA) akan turun akibat dari turunnya arus listrik pada jaringan yang memasok daya tersebut. Arus yang menurun pada saluran yang memasok beban tersebut juga berakibat menurunnya rugi-rugi penghantar pada jaringan. Pemasangan Kapasitor Bank juga berakibat naiknya tegangan kerja pada jaringan disekitar Kapasitor Bank tersebut. Investasi pengadaan Kapasitor Bank perlu diadakan evaluasi terlebih dahulu untuk menentukan apakah usaha yang memerlukan investasi tersebut layak dijalankan. Banyak metode untuk menentukan kelayakan investasi, namun perlu dipilih metode yang tepat untuk usaha tersebut. Beban pada jaringan distribusi tenaga listrik pada awalnya hanya diutamakan untuk lampu penerangan yang hanya memiliki hambatan sehingga faktor daya sangat tinggi. Seiring dengan meningkatnya era industrialisasi di zaman modern maka semakin banyak peralatan di lokasi pabrik yang menggunakan beban motor listrik mengandung daya reaktif induktif. Beban reaktif dengan faktor daya yang rendah dapat menyebabkan turunnya tegangan dan rugi-rugi besar yang tidak diharapkan.

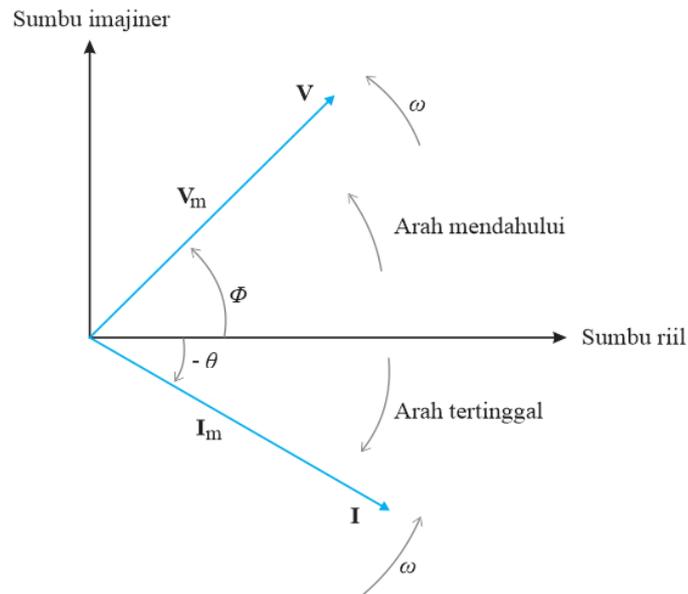
Tegangan yang turun akan mempengaruhi beban tidak dapat beroperasi dengan optimal. Rugi-rugi jaringan yang memasok beban pun akan semakin besar akibat meningkatnya arus yang mengalir. Gupta B.R, (1985) menyebutkan bahwa untuk mengurangi biaya kVA dan kVAR pada pelanggan PT PLN (Persero) yang masuk kategori industri besar akan memasang alat perbaikan faktor daya. Faktor daya dapat ditingkatkan apabila kVAR tertinggal dari beban diseimbangkan dengan kVAR yang mendahului. Hal ini dapat dilakukan baik dengan menggunakan Kapasitor Bank statis atau Kondensator Sinkron. Faktor daya yang rendah juga mengakibatkan pelanggan PT PLN (Persero) tidak dapat memanfaatkan daya kontrak (kVA) sesuai dengan beban peralatan yang pelanggan tersebut miliki, sehingga mereka akan berupaya untuk memperbaiki faktor daya tersebut.

Pemerintah dalam hal ini Kementerian ESDM telah mengatur penggunaan dayareaktif yang tertera dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 28 Tahun 2016 tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Pasal 3 poin D yang berbunyi : Tarif Tenaga Listrik untuk keperluan industri, terdiri atas: 1. Golongan tarif untuk keperluan industri kecil/industri rumah tangga pada tegangan rendah, dengan daya 450 VA sampai dengan 14 kva (1-1/TR); 2. Golongan tarif untuk keperluan industri sedang pada tegangan rendah, dengan daya di atas 14 kva sampai dengan 200 kva (1-2/TR); 3. Golongan tarif untuk keperluan industri menengah pada tegangan menengah, dengan daya di atas 200 kva (1-3/TM); dan 4. Golongan tarif untuk keperluan industri besar pada tegangan tinggi, dengan daya 30.000 kva ke atas (1-4/TT).

Kapasitor bank merupakan peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang terdiri dari beberapa kapasitor yang dihubungkan secara paralel untuk mendapatkan kapasitas kapasitif tertentu. Beberapa kegunaan dari kapasitor bank yaitu untuk menyeimbangkan beban induktif, memperbaiki faktor daya, menyuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks (kVA), untuk mengurangi jatuh tegangan, menghindari kelebihan beban transformer, memberikan tambahan daya, serta dapat menghemat daya. Diagram segaris dan diagram fasor sebuah saluran transmisi sebelum dilakukannya kompensasi menggunakan kapasitor bank dapat dilihat pada gambar 2.8. : (Wibowo et al., 2023).

Sebagaimana tercantum dalam Lampiran IV yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini; Di samping aspek lain dalam suatu Kajian kelayakan proyek. Kajian kelayakan proyek dari sisi finansial dapat bertujuan melakukan serangkaian analisis dengan perhitungan-perhitungan secara tepat dan akurat dari suatu investasi modal dengan membandingkan aliran biaya (cost) dengan kemanfaatan (benefit) dengan menggunakan berbagai kriteria penilaian investasi (J.Arifin dan A.Fauzi, 2001). Dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran energi listrik pada Pelanggan Industri besar PT Ronny Aquario Perkasa (Pemecah Batu) untuk mengetahui seberapa pengaruh Kapasitor Bank dalam mengoptimalkan energi pada sisi konsumen untuk mengetahui seberapa pengaruh Kapasitor Bank

terhadap penghematan biaya kelebihan kVARh pada PT Ronny Aquario Perkasa tersebut, serta untuk mengetahui kelayakan investasi kapasitor sebagai upaya penghematan biaya tersebut.



Gambar 2. 8 Diagram Segaris dan Diagram Fasor

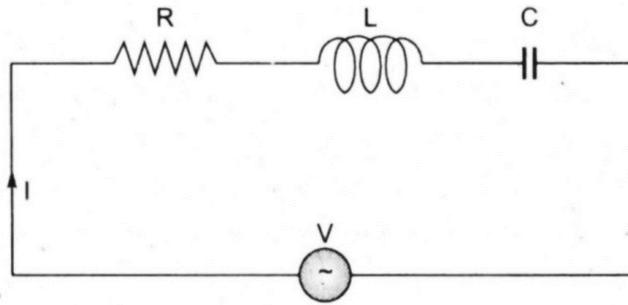
Besarnya jatuh tegangan pada saluran tanpa kompensasi dengan faktor daya tertinggal dapat dinyatakan dengan:

$$VD = I_R R + I_x X_L \dots\dots\dots(2.5)$$

Berdasarkan metodenya, kompensasi dibagi menjadi kompensasi seri dan kompensasi paralel. Adapun prinsip dari teknik kompensasi seri dan paralel adalah sebagai berikut:

a. Kompensasi Seri

Ketika saluran memiliki nilai perbandingan reaktansi dengan reistansi yang tinggi, reaktansi induktif saluran transmisi dapat dikurangi dengan cara pemasangan kapasitor secara seri dimana akan menghasilkan jatuh tegangan yang kecil. Diagram segaris dan diagram fasor sebuah saluran setelah dipasang kompensasi secara seri dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Kompensasi Seri

Gambar 2.6 menunjukkan diagram fasor kompensasi kapasitor seri pada saat faktor daya tertinggal (beban induktif). Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa setelah dikompensasi seri impedansi saluran menjadi:

$$Z = R + j(X_L - X_C) \dots\dots\dots(2.6)$$

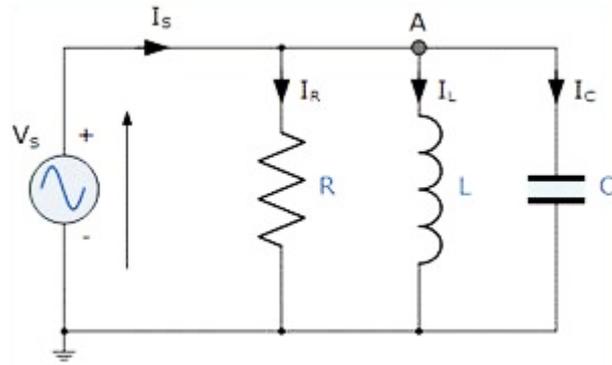
Jatuh tegangan pada saluran dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$V_D = I (R \cos \phi + (X_L - X_C) \sin \phi) \dots\dots\dots (2.7)$$

Terbukti secara matematis dengan pemasangan kapasitor secara seri maka besarnya jatuh tegangan yang diakibatkan oleh reaktansi induktif pada saluran dapat ditekan. (Wibowo et al., 2023)

b. Kompensasi Paralel

Pada bus yang permintaan daya reaktifnya meningkat, tegangan bus dapat dikontrol dengan cara memasang kapasitor bank secara paralel pada beban tertinggal. Kapasitor bank akan mensuplai sebagian atau seluruh daya reaktif beban, jadi akan mengurangi besar arus sumber yang penting untuk mensuplai beban. Sehingga, jatuh tegangan antara ujung saluran dan beban akan menurun, faktor daya akan meningkat dan keluaran daya aktif yang meningkat (Kranti & Laxmi, 2011). Diagram segaris dan diagram fasor sebuah saluran setelah dipasang kompesansi secara paralel dapat dilihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Kompensasi Pararel

Terbukti secara matematis dengan pemasangan kapasitor secara paralel maka besarnya jatuh tegangan yang diakibatkan oleh reaktansi induktif pada saluran dapat ditekan. (Wibowo et al., 2023)

Jika dalam suatu rangkaian listrik yang tidak diketahui faktor daya atau cos phi maka dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Cos}\varphi = \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan sudut cos digunakan persamaan

$$\varphi = \text{Cos}^{-1}(\text{Faktor Daya}) \dots\dots\dots(2.9)$$

Menghitung daya reaktif induktif :

$$Q = V \times I \times \sin (\Theta) \dots\dots\dots(2.10)$$

Menghitung kompensasi daya reaktif (Penentuan Kapsitor Bank) persamaan daya reaktif dapat dicari dengan persamaan :

$$\begin{aligned} Q_C &= Q_1 = P \cdot \text{Tan} (\text{cos}^{-1} \varphi) \\ Q_2 &= P \cdot \text{Tan} (\text{cos}^{-1} \varphi) \dots\dots\dots(2.11) \end{aligned}$$

Menghitung nilai kapasitor yang dibutuhkan dapat dicari dengan persamaan :

$$C = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(2.12)$$

2.2.7. Rugi – Rugi Daya

Rugi daya atau susut daya listrik merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban. Rugi daya atau susut daya listrik merupakan daya yang hilang dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama ke suatu beban, Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik seringkali dialami rugi-rugi daya yang cukup besar yang diakibatkan oleh rugi-rugi pada saluran dan juga rugi-rugi pada trafo yang

digunakan. Kedua jenis rugi-rugi daya tersebut memberikan pengaruh yang besar terhadap kualitas daya dan tegangan yang dikirimkan ke sisi pelanggan. (Septiawan et al., 2024)

Besar temperatur belitan pada sisi primer dan sekunder dipengaruhi oleh beban nominal yang ada didalam transformator tersebut, karena dalam pengujian transformator beban yang diberikan adalah beban nominal. Sehingga dapat ditentukan nilai tahanan panas pada transformator dengan menggunakan grafik untuk mendapatkan nilai temperatur belitan pada transformator tersebut pada beban nominal. Dalam pengujian temperature rise, temperatur ruang dan temperatur pada radiator sangat penting untuk menentukan temperatur akhir pada transformator distribusi. Pada penelitian ini didapat nilai temperatur belitan pada sisi primer sebesar $28,08^{\circ}\text{c}$ dan nilai temperatur belitan pada sisi sekunder adalah sebesar $30,39^{\circ}\text{c}$. Pada saat pengujian beban nol tidak terdapat rugi – rugi pada belitan, sehingga temperature pada belitan sama dengan nol. Sedangkan pada saat pengujian berbeban didapat rugi – rugi pada belitan sebesar 2270 watt, dan temperature rata-rata belitan di sisi primer sebesar $28,08^{\circ}\text{c}$ dan disisi sekunder sebesar $30,39^{\circ}\text{c}$. Dari pengujian beban nol dan berbeban dapat di ambil kesimpulan bahwa beban adalah salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap temperature belitan rata – rata pada transformator. Besar efisiensi pada transformator tersebut adalah 97,96%, dihitung pada beban nominal yang ada pada transformator tersebut.(Ramadhan, 2022)

rugi-rugi saluran Pemilihan jenis kabel yang akan digunakan pada jaringan distribusi merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan dari suatu sistem tenaga listrik. Jenis kabel dengan nilai resistansi yang kecil akan dapat memperkecil rugi-rugi daya. Panjang dari suatu penghantar tergantung dari jarak distribusi ke pelanggan. Sehingga nilai tersebut tidak dapat diubah secara bebas. Sedangkan resistivitas bahan tergantung dari bahan penghantar yang digunakan. Parameter ini dapat diubah-ubah tergantung dari pemilihan bahan penghantar yang digunakan. Selain itu parameter lain yang dapat diubah adalah luas penampang penghantar yang digunakan, dimana semakin besar luas penampang penghantar yang digunakan akan mengurangi resistansi saluran. Akan tetapi dalam pengubahan luas penampang harus memperhatikan faktor efisiensinya.

Dalam unjuk kerjanya, trafo memiliki rugi-rugi yang harus diperhatikan. Rugi-rugi tersebut adalah sebagai berikut: (Milenio, R., & Yudha, F., 2022)

- a. Rugi-rugi tembaga merupakan rugi-rugi yang diakibatkan oleh adanya tahanan resistif yang dimiliki oleh tembaga yang digunakan pada bagian lilitan trafo, baik pada bagian primer maupun sekunder trafo
- b. Rugi-rugi arus eddy merupakan rugi-rugi panas yang terjadi pada bagian inti trafo. Perubahan fluks menyebabkan induksi tegangan pada bagian inti besi trafo dengan cara yang sama seperti kawat yang mengelilinginya. Tegangan tersebut menyebabkan arus berputar pada bagian inti trafo. Arus eddy akan mengalir pada bagian inti trafo yang bersifat resistif. Arus eddy akan mendisipasikan energi kedalam inti besi trafo yang kemudian akan menimbulkan panas.
- c. Rugi-rugi histerisis merupakan rugi-rugi yang berhubungan dengan pengaturan daerah magnetik pada bagian inti trafo. Dalam pengaturan daerah magnetik tersebut dibutuhkan energi. Akibatnya akan menimbulkan rugi-rugi terhadap daya yang melalui trafo. Rugi-rugi tersebut menimbulkan panas pada bagian inti trafo.
- d. Fluks bocor merupakan fluks yang terdapat pada bagian primer maupun sekunder trafo yang lepas dari bagian inti dan kemudian bergerak melalui salah satu lilitan trafo. Fluks lepas tersebut akan menimbulkan selfinductance pada lilitan primer dan sekunder trafo.

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Jatuh tegangan juga didefinisikan sebagai selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan pada suatu jaringan (Asy'ari H., 2011). Jatuh tegangan disebabkan oleh hambatan dan arus. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admintansi saluran serta pada beban dan faktor daya. Berdasarkan pengerrtian diatas, jatuh tegangan pada suatu saluran dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\Delta V = V_S - V_r \dots\dots\dots(2.13)$$

Dari persamaan diatas, maka dapat di ketahui nilai jatuh tegangan relatif atau biasa dikenal dengan Voltage Regulation (VR) dengan persamaan:

$$V_r = V_s - V_r / V_s \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

ΔV = Drop Tegangan (V)

V_s = Tegangan Kirim (V)

V_r = Tegangan Terima (V)

2.2.8. Penyebab dan Akibat Rendahnya Faktor Daya

2.2.8.1. Penyebab Faktor daya Rendah

Faktor daya yang rendah akan menyebabkan arus yang mengalir pada suatu beban listrik menjadi besar. Hal ini dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan ketentuan daya dan tegangannya konstan. Faktor-faktor daya yang rendah dihasilkan oleh peralatan seperti motor induksi, transformator, terutama pada beban-beban rendah dan unit- unit ballast dari lampu pelepas (discharge lighting) yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk gerakannya. Alat-alat las busur listrik juga mempunyai faktor daya yang rendah. Medan magnet dari peralatan-peralatan seperti ini memerlukan arus yang tidak melakukan kerja yang bermanfaat dan tidak mengakibatkan panas atau daya mekanis, tetapi yang diperlukan

hanyalah untuk membangkitkan medan. Walaupun arus dikembalikan ke sumber jika medan turun mendadak, perlu penambahan kabel dan instalasi untuk membawa arus ini. Hanya komponen arus aktif dan bermanfaat yang mempertanggungjawabkan kerja bermanfaat yang dilakukan oleh peralatan tersebut. Cara lain untuk melihat masalah ini adalah menyadari bahwa suatu faktor daya yang buruk menyebabkan tegangan dan arus berlawanan fasa sehingga perkaliannya tidak menghasilkan daya dalam watt, tetapi dalam Volt-Ampere

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) Melalui analisa aliran beban kita dapat mendapat informasi tentang level tegangan (V) dan sudut fasa tegangan (δ) 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 pun. Studi aliran daya diperlukan selama fase desain proyek baru atau daya reaktif (reactive power)

Mencari resistansi total dari konduktor ACSR 1 x 300 mm² yang memiliki 7 kawat baja dan 54 kawat aluminium yang memiliki diameter 1 inti baja 8.07 mm, ditengahnya dan dikelilingi 6 kawat baja berdiameter 2.69 mm dan dikelilingi 54 kawat aluminium. Diketahui $\rho = 4.0 \times 10^{-7}$ Ohm.m dan ρ aluminium = 2.67×10^{-8} Ohm.m dan panjang konduktor penghantar sepanjang 11.92 km dari Glugur – Payageli. Diketahui $\rho = 4.0 \times 10^{-7}$ Ohm.m ρ aluminium = 2.67×10^{-8} Ohm.m $\ell = 11.92 = 11.920$ Mencari jari jari dari kawat konduktor jenis baja terdiri dari 1 kawat tunggal berdiameter 8.07 mm dan 6 kawat baja berdiameter 2.69 mm dan dicari luas penampangnya.

Jurnal.(Wardana, 2022)

2.2.8.2. Akibat Bila Faktor Daya Rendah

Apabila dari PLN menghasilkan faktor daya yang jelek, maka akan berakibat:

- a. Pemakaian jaringan transmisi akan menjadi buruk, sebab arus yang besar, mengakibatkan hilangnya daya yang besar pada jaringan.

- b. Dapat berakibat buruk pada generator dan transformator, sebab arusnya maksimum dan pemakaian tidak seimbang dengan daya aktif maksimum yang diperlukan.
- c. Berakibat boros bagi penggerak mulanya, karena hanya bagian aktif saja yang bisa digunakan pada konsumen, sehingga biaya produksinya mahal.

Pengaruh terhadap konsumen bila faktor daya yang dihasilkan jelek, maka akan mengakibatkan :

- a. Pada instalasi yang baru Pada jaringan akan memerlukan penampang yang besar untuk penghantarnya, Transformator akan terbebani oleh VA yang lebih besar. Akan memerlukan daya yang lebih besar.
- b. Pada instalasi yang sudah tersambung : Rugi-rugi yang timbul akan lebih besar karena adanya pengaruh panas. Kerugian tegangan lebih besar, sedangkan efisiensi pada instalasi lebih kecil. Penurunan tegangan pada beban, sehingga karakteristik pada beban tersebut berubah.

Membesarnya arus listrik pada suatu sistem akibat rendahnya faktor daya akan menimbulkan kerugian-kerugian sebagai berikut:

- a. Kapasitas daya dari transformator dan generator akan berkurang dengan arus penguatan yang bertambah. Akibatnya rugi-rugi tembaga bertambah dan efisiensi menurun.
- b. Luas penampang penghantar atau kabel jaringan harus diperbesar.
- c. Permukaan kontak-kontak dari peralatan pemutus dan luas penampang busbar harus diperbesar pula.
- d. Pada beban motor terjadi kenaikan temperature yang akan memperpendek umur isolasi belitannya.

2.2.9. Penyebab dan Akibat Rendahnya Faktor Daya

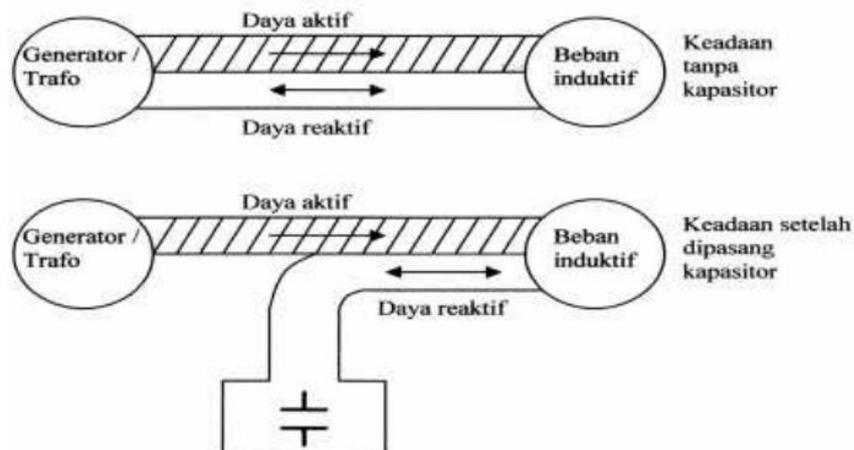
Bertambahnya salah satu atau kedua komponen daya aktif dan daya reaktif akan diikuti dengan membesarnya daya semu. Meningkatnya komponen daya aktif tidak menimbulkan masalah sejauh tidak melampaui batas kemampuan nominal (rating) peralatan, lain halnya dengan komponen daya reaktif yang walaupun tidak sampai melampaui batas kemampuan nominal, namun merugikan ditinjau dari segi efisiensi penyaluran energi. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut: Sistem pembangkit tenaga listrik mempunyai batas daya nyata bagi penggerak mulanya

dan batas daya semu bagi generator. Umumnya generator mempunyai kapasitas daya nyata bagi penggerak mula untuk faktor daya maksimum. Dengan demikian kebutuhan sistem akan daya reaktif akan mereduksi daya nyata yang akan disalurkan ke beban. Makin besar daya reaktif yang disalurkan untuk besar daya semu yang sama, makin buruk faktor daya ($\cos \phi$) sistem.

Permintaan daya reaktif yang kian membesar mengakibatkan usaha untuk memperbaiki faktor daya semakin mendesak mengingat faedahnya antara lain:

1. Mengurangi rugi-rugi I^2X pada sistem pada pengurangan arus.
2. Mengurangi rugi-rugi I^2R pada sistem pada pengurangan arus.
3. Mengurangi beban KVA generator sehingga kondisi beban dapat teratasi atau tersedia kapasitas untuk melayani kebutuhan beban.
4. Memperbaiki tegangan disisi beban.
5. Memperpanjang umur sistem.

Nampak dengan membaiknya faktor daya ($\cos \phi$) tidak saja menguntungkan PLN sebagai produsen energi listrik, namun dirasakan juga oleh konsumen. Hal ini disebabkan manfaatnya meliputi seluruh sistem mulai dari distribusi sampai ke beban



Gambar 2. 11 Perbandingan Pemakaian Daya

2.2.10. Metode Perbaikan Faktor Daya

Adapun metode yang umum digunakan untuk memperbaiki faktor daya adalah menggunakan motor dan generator sinkron, serta menggunakan kapasitor.

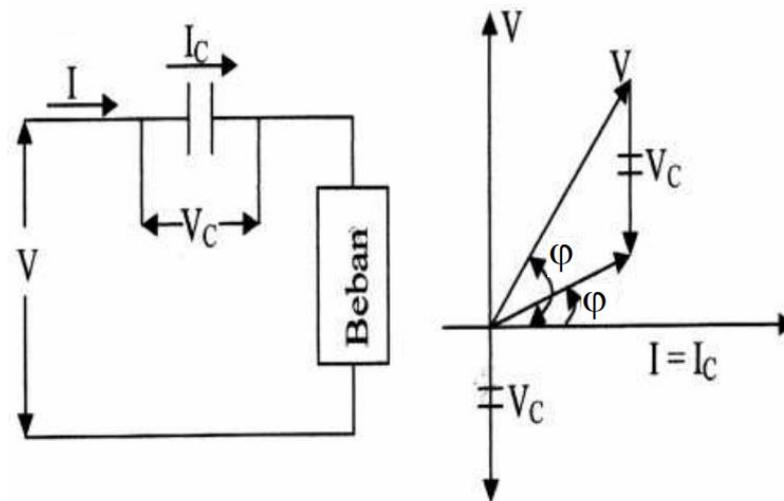
- a. Penggunaan motor dan generator sinkron

Motor sinkron dapat berfungsi sebagai KVAR generator, seperti halnya dengan generator sebenarnya. Kemampuan generator sinkron untuk membangkitkan KVAR adalah sebagai fungsi dari arus penguatan (exciter) dengan beban. Pada saat penguatan rendah (under exciter), maka motor sinkron akan menarik arus reaktif untuk memenuhi kebutuhan medan magnetnya. Akan tetapi bila diberi penguatan lebih, maka akan mengirim kelebihan arus reaktifnya ke jala-jala sehingga motor berfungsi sebagai KVAR beban.

b. Penggunaan Kapasitor

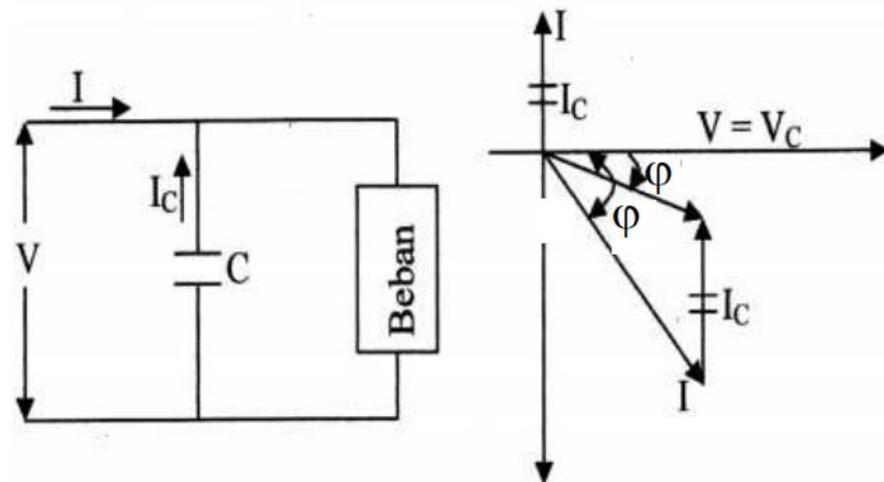
Untuk pemasangan kapasitor dikenal dua macam cara yaitu :

Penggunaan kapasitor seri, Disebut kapasitor seri, bila sistem kapasitor dirangkai seri dengan beban. Kapasitansi total dapat diubah dengan cara menghubungkan beberapa kapasitor secara seri atau paralel. Kapasitansi total dapat dikurangi, bila kapasitor dihungkan secara seri seperti pada gambar 2.14. Besar kapasitansi CT dapat dikalkulasi sebagai berikut:



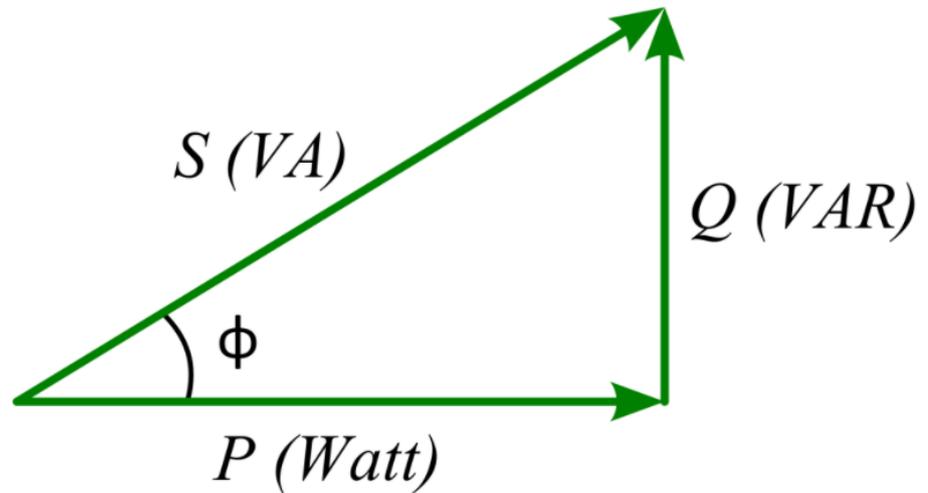
Gambar 2. 12 Rangkaian dan Diagram Vektor Kapasitor Seri

Penggunaan kapasitor shunt Disebut kapasitor shunt, bila sistem kapasitor dirangkai paralel dengan beban. Untuk hubungan paralel, kapasitansi total dapat dinaikkan bila ϕ kapasitor dihubungkan secara paralel seperti pada gambar 2.15, Besar kapasitansi CT dapat dihitung dengan cara:



Gambar 2. 13 Rangkaian dan Diagram Vektor kapasitor shunt

Kapasitor seri dan paralel pada sistem daya menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, karenanya menambah kapasitas sistem dan mengurangi kerugian. Dalam kapasitor seri daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus beban, sedang kapasitor paralel sebanding dengan kuadrat tegangan. Ada beberapa aspek tertentu yang tidak menyenangkan pada kapasitor seri. Secara umum dapat dikatakan bahwa biaya untuk memasang kapasitor seri lebih tinggi dari biaya pemasangan kapasitor paralel. Hal ini disebabkan karena peralatan perlindungan untuk kapasitor seri sering lebih kompleks. Juga biasanya, kapasitor seri didesain untuk daya yang lebih besar dari pada kapasitor paralel untuk mengatasi pengembangan beban nantinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan antara kapasitor seri dan paralel disajikan dalam tabel. Karena banyaknya keterbatasan untuk menggunakan kapasitor seri, banyak dipakai kapasitor paralel dalam sistem distribusi



Gambar 2. 14 Gambar Segitiga Daya

Segitiga daya adalah sebuah segitiga siku-siku (trigonometri) yang digunakan untuk memudahkan dalam menghitung daya aktif, daya semu dan daya reaktif. Untuk persamaan dari segitiga daya bisa dilihat pada gambar 2.14.

Daya adalah sejumlah energi listrik yang dikeluarkan untuk melakukan suatu kerja atau usaha. Misalkan pada lampu 6 Watt dimana mengeluarkan daya 6 watt untuk meng-konversikannya dari energi listrik ke energi cahaya. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam satuan watt atau Horsepower (HP) dimana 1 Hp ini setara dengan 746 Watt. Pada listrik searah (DC) daya listrik ini dirumuskan dengan rumus $P = V \times I$. Dimana P adalah daya, V adalah tegangan dan I adalah arus.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Analisis daya reaktif merupakan perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui tingkat daya yang terbuang akibat penggunaan beban berjenis induktif. Dimana daya reaktif ini menyebabkan biaya pemakaian beban menjadi relatif tinggi, semakin tinggi daya reaktif maka nilai $\cos \phi$ pada suatu rangkaian listrik semakin kecil. Hal ini menyebabkan rugi – rugi daya yang terjadi juga relatif tinggi. Penambahan kapasitor bank dapat berfungsi untuk menaikkan nilai $\cos \phi$ pada suatu rangkaian listrik sehingga rugi – rugi daya yang terjadi juga relatif kecil.

3.2. Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dari bulan April 2024 sampai Agustus 2024. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), pengambilan data generator, perancangan program matlab, lalu analisa data, terakhir kesimpulan dan saran. Rincian dari penelitian ini seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
1.	Kajian literatur						
2.	Penyusunan proposal penelitian						
3.	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3						
4.	Pengambilan Data						
4.	Pengolahan Data						
5	Simpulan						
6.	Seminar hasil penelitian						
7.	Sidang akhir						

3.3. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan yang berlokasi di kecamatan belawan Kota Medan.

3.4. Teknik Pengumpulan Data

Demi mendukung penelitian ini, adapun data yang diperlukan adalah sebagai berikut :

a. Data Distribusi Beban

Data distribusi beban adalah data logger yang ada pada lokasi penelitian yang meliputi jumlah beban yang terpakai dan alur jaringan listrik mulai dari jalur transmisi sampai ke beban.

b. Data Sistem Kelistrikan

Data sistem kelistrikan meliputi profil tegangan yang mengalir dalam jangka waktu yang ditentukan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Dimana data ini akan diolah untuk mendapatkan nilai rugi – rugi daya yang dihasilkan.

c. Faktor daya

Data faktor daya diambil dalam jangka waktu yang dibutuhkan pada penelitian ini untuk mengetahui nilai daya reaktif yang dihasilkan pada saluran listrik lokasi penelitian.

3.5. Teknik Analisis

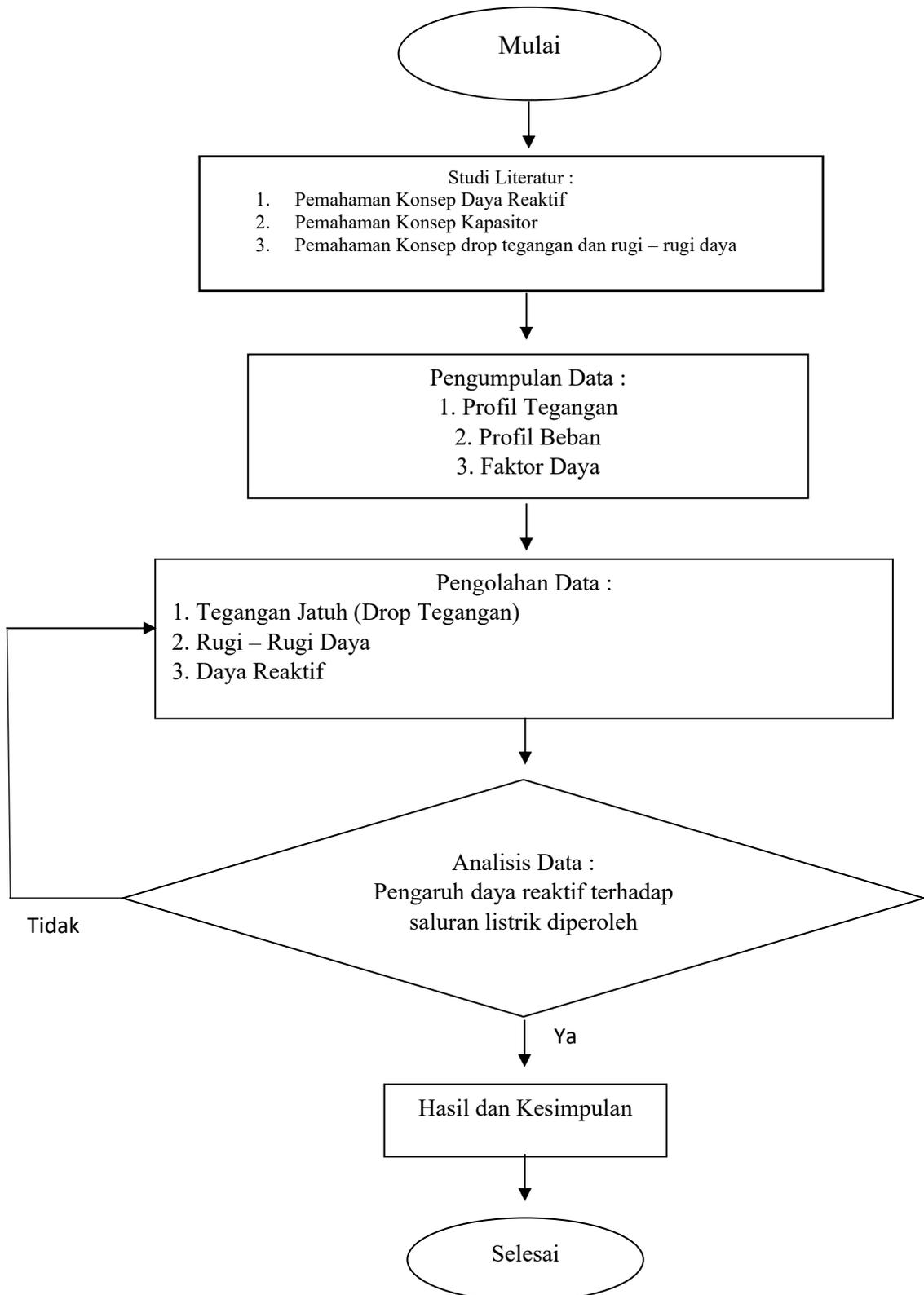
Dari data yang telah dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah proses analisis data yang ada. Adapun langkah – langkah teknik analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data profil tegangan didapatkan dari teknisi yang berada pada lokasi penelitian, dimana data ini dapat dianalisis untuk mengetahui nilai tegangan jatuh pada saluran listrik yang terjadi pada lokasi penelitian.
2. Data faktor daya pada lokasi penelitian juga didapatkan dari teknisi yang ada pada lokasi penelitian, dimana data ini dianalisis untuk mendapatkan nilai daya reaktif yang dihasilkan dari saluran listrik yang mengalir pada lokasi penelitian.

3. Selanjutnya setelah diketahui daya reaktif yang dihasilkan pada lokasi penelitian maka akan disimpulkan solusi untuk meminimalisir nilai daya reaktif sehingga rugi – rugi daya yang terjadi relatif lebih rendah dari sebelumnya.

3.6. Bagan Alir Penelitian

Adapun proses alir penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

Dari diagram alir 3.4 dapat dijabarkan langkah – langkah dan alur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari peneltian – penelitian sebelumnya dalam bentuk jurnal yang membahas tentang daya listrik, rugi – rugi daya, dan kapasitor bank
2. Setelah studi literatur dirasa cukup kemudian selanjutnya adalah pengumpulan data. Dimana data meliputi profil tegangan, faktor daya dan profil beban pada lokasi penelitian
3. Kemudian, setelah data – data dikumpulkan, selanjutnya adalah pengolahan data.
4. Pada kesimpulan penelitian ini akhir dari penelitian, dimana proses dari awal sampai akhir penelitian dibuat suatu kesimpulan yang mencakup keseluruhan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Rimbawati, R., & Hutasuhut, A. A. (2017). Analisa Perbandingan Switch Mode Power Supply (SMPS) dan Transformator Linear Pada Audio Amplifier. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(2), 90–102. <https://doi.org/10.22373/crc.v1i2.2079>
- Efisiensi, M., Listrik, E., Pt, D. I., Tbk, P. E., Milenio, R., & Yudha, F. (2022). Analisis Perbaikan Power Factor Untuk Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Semarang Mencapai Efisiensi Energi Listrik Di PT . Texmaco Perkasa Engineering Tbk .
- Esye, Y. (2021). Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan. *Jurnal SPORTIF : Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 2(6), 24–29.
- Fres. (2022). No Title2005–2003 ,(8.5.2017) .<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Gideon, S., & Saragih, K. P. (2019). Analisis Karakteristik Listrik Arus Searah dan Arus Bolak-Balik. *Regional Development Industry & Health Science, Technology and Art of Life*, 262–266.
- Iksan, Y., Bakhtiar, B., & L, R. (2019). Analisis Kompensasi Daya Reaktif Motor Induksi 3 Fasa Saat Beban Puncak Pada PT. Semen Tonasa Unit 4. *Jurnal Teknologi Elekterika*, 3(1), 21. <https://doi.org/10.31963/elekterika.v3i1.1549>
- Jamilah, S., Usrah, I., Chobir, A., Elektro, T., Teknik, F., & Siliwangi, U. (2022). Analisis Pengaruh Perubahan Faktor Daya Dari Lagging Menjadi Leading Di Favehotel Tasikmalaya. *Journal of Energy and Electrical Engineering (Jeee)*, 04(01), 6–12.
- Jurnal, R. T. (2019). Analisa Nilai Saidi Saifi Sebagai Indeks Keandalan Penyediaan Tenaga Listrik Pada Penyulang Cahaya Pt. Pln (Persero) Area Ciputat. *Energi & Kelistrikan*, 10(1), 70–77. <https://doi.org/10.33322/energi.v10i1.330>
- Mardiyono, & Yuliady, N. (2020). Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Analisis Beban Listrik Saat Operasi Penangkapan Ikan Pada KM . *Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah*. 12(1), 74–79.
- Nurmahandy, K. D., Subuh, I. H., Aribowo, W., & Widyartono, M. (2021). Analisis

- Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata Pt Pln Ngagel Surabaya. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 261–270.
- Permadi, Y., & Santoso, D. B. (2023). Analisis Penggunaan Kapasitor Bank Untuk Meningkatkan Faktor Daya Pada Ruangan MCC di PT. X Purwakarta. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, Desember, 9(25), 903–912. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10437502>.
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). Perancangan prototipe alat ukur arus listrik Ac dan Dc berbasis mikrokontroler arduino dengan sensor arus Acs-712 30 ampere. *Jurnal Sutet*, 7(2), 28–33.
- Rimbawati. (2023). Analisis Aliran Daya Pembangkit Hybrid (Photovoltaic/Diesel) Pada Menara Mercusuar Di Pulau Pandang. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 6(2), 171–175. <https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME/article/view/14224>
- Rimbawati, Ardiansyah, N., & Evalina, N. (2019). Perancangan Sistem Pengontrolan Tegangan Pada PLTB Menggunakan Potensio DC. *Semnastek Uisu*.
- Rimbawati, R., & Adam, M. (2013). Analisis Gangguan Satu Konduktor Terbuka (One-Conductor Openfault) Pada Sistem Tenaga Listrik. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Terapan*, 8(1), 83–99.
- Rimbawati, R., Harahap, P., & Putra, K. U. (2019). Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu). *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(1), 37–44. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i1.3647>
- Roza, I. (2018). 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 Banks in Oil Palm Pabrik Kelapa Sawit (PKS). *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 2(1), 1–10. <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>
- Satriya Dhinata, I., Maharta Pelayun, A., & Manuaba, I. G. (2022). Pengaruh Filter Aktif Dengan Pengaturan Daya Reaktif Terhadap Efisiensi Trafo Berbasis Simulink. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(4), 147.

<https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p17>

- Septiawan, N. D., Manab, A., Rabiula, A., & Tessel, D. (2024). Analisis Kualitas Daya Listrik Di Gedung A Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi. *Jurnal Sistem Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(1), 37–48.
- Setiaji, N., MM, I. S., & Agus Sugiharto, S. M. (2022). Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik. 11(1).
- Subagio, H. (2021). Analisis Kapasitas Daya Trafo Pada Pemeriksaan K3 Instalasi Listrik di PT. Win Textile. *JET Jurnal Elektro Teknik*, 1(2), 22–27.
- Syifa Ath Thoriq, Pramono, S., & Chandra Yogatama. (2021). Rekalkulasi Beban Listrik Kapal Untuk Penentuan Daya Generator Pada Mv. Pratiwi Menggunakan Rule Bki. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 23(2), 135–139. <https://doi.org/10.37612/gema-maritim.v23i2.166>
- Wibowo, D., Yusniati, Nasution, R., & Pelawi, Z. (2023). Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Masjid Agung Serdang Bedagai. *Cetak) Journal of Electrical Technology*, 8(1), 1–6.

Nomor : 0217/STH.01.04/PLNNP030008/2024 26 Maret 2024
Lampiran : 1 Lembar
Sifat : Segera
Hal : Permohonan Izin Pengambilan Data / Riset Kepada

Yth. Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara
Jalan Mukhtar Basri No. 3
Medan

Sehubungan dengan surat Saudara No 418/II.3 AU/UMSU-07/B/2024 perihal Permohonan Izin penelitian tanggal 15 Maret 2024, maka dengan ini disampaikan bahwa PT PLN Nusantara Power UPDK Belawan bersedia menerima Mahasiswa atas nama:

NO	NAMA	NIM
1.	Wahyu Hidayat Hasibuan	2007220082

untuk melaksanakan Penelitian Mahasiswa pada tanggal 27 Maret 2024 Sampai dengan 3 April 2024 di bawah bimbingan Team Leader RENTAL Operasi.

1. Mahasiswa/i wajib membawa sendiri Alat Pelindung Diri (safety helmet, wearpack, dan safety shoes)
2. Mahasiswa/i Tidak dibenarkan Naik Angkutan Umum Selama Penelitian / Riset di PLN UPDK Belawan
3. Mahasiswa/i wajib mengikuti Standar Prosedur Pelaksanaan Penelitian / Riset Mahasiswa di PT PLN Nusantara Power UPDK Belawan (terlampir)
4. Mahasiswa/i wajib menyertakan BPJS Kesehatan atau asuransi kesehatan lainnya
5. Mahasiswa/i wajib Meyertakan riwayat penyakit setahun terakhir

Demikian disampaikan untuk dapat diketahui, atas perhatiannya diucapkan terimakasih.

SENIOR MANAGER UPDK BELAWAN,


HENI SETYO HANDOKO

		FORMULIR HASIL PEMELIHARAAN TAHUNAN PEMUTUS TENAGA (PMT)			
NOMBOR DOKUMEN : FKT/RS/AGD/114		TARIKH : 10 June 2024		HALAMAN : 1 DARI 1	
Unit Traji : UPT MEDAN	Merk : CG POWER CG POWER CG POWER	Tegangan Operasi : 150			
Lokasi GI : GI BELAWAN	Serial Number : R : X311500 S : X311500 T : X311500	Posisi : B10 Kondisi Cuaca : CERAH			
Bay : GI GIBLW BAY SB10 DIAMETER#10 150KV	Tanggal Pengukuran : 10 June 2024 08:00:00	Tanggal Input Device : 10 June 2024 08:00:00			
Alat Uji : Wika SFG-Analyser	Tanggal Kirim Server : 10 June 2024 15:52:32	Periode HAR : Lainnya(PENGGANTIAN PMT)			
Penggerak : <input checked="" type="checkbox"/> Pegas <input type="checkbox"/> Pneuamatik <input type="checkbox"/> Hidrolik <input type="checkbox"/> SF6 Dynamik Media Isolasi : <input checked="" type="checkbox"/> SF6 <input type="checkbox"/> Udara Hembus <input type="checkbox"/> Minyak <input type="checkbox"/> Vacuum					
G. PENGUJIAN/PENGUKURAN FAKTOR DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN					
Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Aktif (Watt)	Daya Semu (kVa)	Cos Phi
08.00	72	218	10830,24	15696	0,69
09.00	73	220	11081,4	16060	0,69
10.00	75	219	11497,5	16425	0,7
11.00	84	220	12936	18480	0,7
12.00	79	219	12110,7	17301	0,7
13.00	87	219	13337,1	19053	0,7
14.00	86	218	13123,6	18748	0,7
15.00	91	219	13950,3	19929	0,7
16.00	65	220	9867	14300	0,69

Petunjuk : -

Catatan :

Mengetahui
10 June 2024


SYAMSUL AHWAN
7192063A

Pengawas Pekerjaan
10 June 2024


MUHAMMAD HARRY SUSANTO
8204026A2

Pelaksana Pekerjaan
10 June 2024


RIYAN KURNIAWAN PUTRA
96191396ZY

 PT. PLN (PERSERO) SURABAYA		FORMULIR HASIL PEMELIHARAAN TAHUNAN PEMUTUS TENAGA (PMT)		 SISTEM MANAJEMEN MUTU ISO 9001:2015	
NOMOR DOKUMEN : FR-TR5-B01-114		TANGGAL : 11 June 2024		HALAMAN : 1 DARI 1	
Unit Tragi : UPT MEDAN		Merk : CG POWER CG POWER CG POWER		Tegangan Operasi : 150	
Lokasi GI : GI BELAWAN		Serial Number : R : X311500 S : X311500 T : X311500		Posisi : B10 Kondisi Cuaca : CERAH	
Bay : GI GIBLW BAY 5B10 DIAMETER#10 150kV		Tanggal Pengukuran : 11 June 2024 08:00:00		Tanggal Input Device : 11 June 2024 08:00:00	
Alat Uji : Wika SFO-Analyser		Tanggal Kirim Server : 11 June 2024 16:23:41		Periode HAR : Lainnya(PENGGANTIAN PMT)	
Penggerak : <input checked="" type="checkbox"/> Pegas <input type="checkbox"/> Penumatik <input type="checkbox"/> Hidrolik <input type="checkbox"/> SF6 Dinamik					
Media Isolasi : <input checked="" type="checkbox"/> SF6 <input type="checkbox"/> Udara Hembus <input type="checkbox"/> Minyak <input type="checkbox"/> Vacuum					
G. PENGUJIAN/PENGUKURAN FAKTOR DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN					
Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Aktif (Watt)	Daya Semu (kVa)	Cos Phi
08.00	75	220	11715	16500	0,71
09.00	83	219	12723,9	18177	0,7
10.00	78	220	12012	17160	0,7
11.00	87	220	13398	19140	0,7
12.00	86	218	13123,6	18748	0,7
13.00	90	218	13734	19620	0,7
14.00	89	220	13706	19580	0,7
15.00	94	220	14476	20680	0,7
16.00	78	220	11840,4	17160	0,69

Petunjuk : -

Catatan :

Mengetahui 11 June 2024  SYAMSUL AHWAN 7192063A	Pengawas Pekerjaan 11 June 2024  MUHAMMAD HARRY SUSANTO 8204026A2	Pelaksana Pekerjaan 11 June 2024  RIYAN KURNIAWAN PUTRA 96191396ZY
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 PT. PLN (PERSERO) UPTD SUMATERA PLN		FORMULIR HASIL PEMELIHARAAN TAHUNAN PEMUTUS TENAGA (PMT)		 SISTEM MANAJEMEN MUTU ISO 9001 : 2015	
NOMOR DOKUMEN : FR-TRIS-BOT-114		TANGGAL : 12 June 2024		HALAMAN : 1 DARI 1	
Unil Tragi : UPT MEDAN		Merk : CG POWER : CG POWER : CG POWER		Tegangan Operasi : 150	
Lokasi GI : GI BELAWAN		Serial Number : R : X311500 : S : X311500 : T : X311500		Posisi : B10 Kondisi Cuaca : CERAH	
Bay : GI GIBLW BAY SB10 DIAMETER#10 150kV		Tanggal Pengukuran : 12 June 2024 08:00:00		Tanggal Input Device : 12 June 2024 08:00:00	
Alat Uji : Wika SFQ-Analyser		Tanggal Kirim Server : 12 June 2024 15:11:21		Periode HAR : Lainnya(PENGGANTIAN PMT)	
Penggerak : <input checked="" type="checkbox"/> Pegas <input type="checkbox"/> Pneumatik <input type="checkbox"/> Hidrolik <input type="checkbox"/> SF6 Dinamik					
Media Isolasi : <input checked="" type="checkbox"/> SF6 <input type="checkbox"/> Udara Hembus <input type="checkbox"/> Minyak <input type="checkbox"/> Vacuum					
G. PENGUJIAN/PENGUKURAN FAKTOR DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN					
Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Aktif (Watt)	Daya Semu (kVa)	Cos Phi
08.00	70	220	10780	15400	0,7
09.00	78	219	11957,4	17082	0,7
10.00	73	220	11242	16060	0,7
11.00	92	220	13965,6	20240	0,69
12.00	93	218	14191,8	20274	0,7
13.00	93	218	14191,8	20274	0,7
14.00	84	220	13120,8	18480	0,71
15.00	89	220	13706	19580	0,7
16.00	73	220	11081,4	16060	0,69

Petunjuk : -

Catatan :

Mengetahui 12 June 2024  SYAMSUL AHWAN 7192063A	Pengawas Pekerjaan 12 June 2024  MUHAMMAD HARRY SUSANTO 8204026A2	Pelaksana Pekerjaan 12 June 2024  RIYAN KURNIAWAN PUTRA 96191396ZY
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan. Kapten Mochtar Basri No.3 Sumatera Utara 20238 Indonesia

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Wahyu Hidayat Hasibuan
NPM : 2007220082
Fakultas/Prodi : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Analisis Pengaruh Daya Reaktif Pada Jaringan Listrik (Studi Kasus : PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan)".

No	Hari Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	5/2024 01	Bimbingan kerangka Pembuatan Proposal	mf.
2	11/2024 01	Bimbingan bab 1	mf.
3	20/2024 03	Bimbingan Bab 2	mf.
4	14/2024 04	Revisi Bab 2	mf.
5	05/2024 05	Bimbingan Bab 3	mf.
6	25/2024 05	UAC seminar proposal 25/5/2024	mf.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Rimbawati, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan. Kapten Mochtar Basri No.3 Sumatera Utara 20238 Indonesia

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Wahyu Hidayat Hasibuan
NPM : 2007220082
Fakultas/Prodi : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Anallsis Pengaruh Daya Reaktif Pada Jaringan Listrik (Studi Kasus : PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan)".

No	Hari Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	10/06 ²⁰²⁴	Bimbingan kerangka Bab IV	
2	14/06 ²⁰²⁴	Konsultasi pengambilan data	
3	5/09	Evaluasi data	
4	10/2024 /09	Revisi data Bab IV dan Penulisan Bab V	
5	1/10 ²⁰²⁴	Revisi Bab V	
6	10/10 ²⁰²⁴	Ace Sembras 10/10 2024	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Rimbawati, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan. Kapten Muchtar Basri No.3 Sumatera Utara 20238 Indonesia

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Wahyu Hidayat Hasibuan
NPM : 2007220082
Fakultas/Prodi : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Analisis Pengaruh Daya Reaktif Pada Jaringan Listrik (Studi Kasus : PT. PLN Nusantara Power UPDK Belawan)".

No	Hari Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	15/10 2024	Revisi pasca Semhas	
2	15/10 2024	Acc Sidang	
3	15/10 2024	ATL sidang 15/10 2024	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Rimbawati S.T., M.T

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama	: Wahyu Hidayat Hasibuan
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan, 27.01.2002
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Umur	: 22 Tahun
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Tinggi Badan / Berat Badan	: 170 cm / 86 Kg
kewarganegaraan	: Indonesia
Alamat	: JL. Paku GG Keluarga No 09 LK III Medan Marelan
No Hp	: 082275375419
Email	: wahyuhidayathasibuan564@gmail.com
Latar Belakang Pendidikan	
SD Islam Harapan Bangsa	: Tahun 2007-2013
SMPN 38 Medan	: Tahun 2013-2016
SMAN 1 Labuhan Deli	: Tahun 2016-2019
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	: Tahun 2020-2024