

TUGAS AKHIR

ANALISA PERBAIKAN FAKTOR DAYA MENGUNAKAN KAPASITOR BANK PADA SISTEM TENAGA LISTRIK PT JUI SHIN INDONESIA

Diajukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh :

Muhammad Edwin Syahputra

NPM : 2007220037



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Edwin Syahputra

NPM : 2007220037

Program Studi : Teknik Elektro

Judul skripsi : Analisa Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank di PT Jui Shin Indonesia

Bidang Ilmu : Sistem Kontrol

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

Medan, 29 Agustus 2024

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing

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

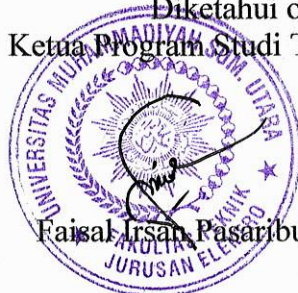
Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

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

Benny Oktorialdy, S.T., M.T.

Diketahui oleh
Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

LEMBAR PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN

Kami yang bertentangan di bawah ini menerangkan bahwa skripsi yang berjudul di bawah ini:

Analisa Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank di PT Jui Shin Indonesia

Ditulis oleh Mahasiswa/i yang bernama:

Muhammad Edwin Syahputra (NPM: 2007220037)
untuk kemudian disebut sebagai pihak ke-1

Adalah benar merupakan sebagian hasil dari penelitian dosen yang melibatkan mahasiswa pihak ke-1 di bawah ini:

Judul penelitian: Analisa Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank di PT Jui Shin Indonesia

Nama Dosen : Muhammad Adam, S.T., M.T.
Jenis Penelitian : Dikti, UMSU, Mandiri, Hibah lainnya. *(Coret yang tidak perlu)*
Nomor kontrak :

Untuk kemudian disebut sebagai pihak ke-2

Untuk itu pihak ke-2 berhak mempublikasikan isi Skripsi seluruhnya tanpa harus minta izin dari pihak ke-1 sedangkan pihak ke-1 wajib minta izin terlebih dahulu kepada pihak ke-2 bila ingin mempublikasikan isi skripsi ini.

Demikian surat pernyataan dan persetujuan ini dibuat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Medan, 29 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan dan persetujuan

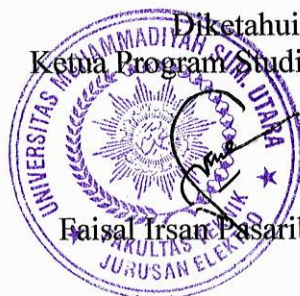
Pihak Ke-2 (Dosen)

(Muhammad Adam, S.T., M.T.,)

Pihak Ke-1 (Mahasiswa)

(Muhammad Edwin Syahputra)
NPM. 2007220037

Diketahui oleh
Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertangan di bawah ini:

Nama lengkap : Muhammad Edwin Syahputra
Tempat/Tanggal lahir : Medan, 06 Agustus 2002
NPM : 2007220037
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

Analisa Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank di PT Jui Shin Indonesia

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri tidak dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Agustus 2024
Yang Menyatakan

A handwritten signature in black ink is written over a 20,000 Rupiah postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEBILUAS RIBU DUA PULUH', 'TEL. 20', 'METERAL', 'TEL', and 'SCEAMX0114000340'.

Muhammad Edwin Syahputra

ABSTRAK

PT. Jui shin Indonesia merupakan salah satu pengguna beban induktif yang cukup besar, karena hampir disetiap ruangan terdapat beban-beban induktif yang terpasang seperti Mesin-mesin Industri, AC, lampu hemat energi (SL dan TL), penggunaan komputer serta mesin foto copy. Dengan daya terpasang dari PLN sebesar 250 kVA dan kapasitas transformator 3 fasa 100 KVA 20 kV / 400 V yang mensuplay di dalam gedung yang terdapat di PT. Jui shin Indonesia. Penggunaan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya. Beban pada jaringan distribusi bisa berupa beban kapasitif dan induktif. Apabila beban induktif semakin tinggi maka akan berakibat memperbesar rugi-rugi daya. Faktor daya pada beban sebelum perbaikan dengan $\cos \phi$ 0,70 menghasilkan daya reaktif yang relatif besar. Dikarenakan faktor daya relatif kecil maka rugi – rugi daya yang terjadi juga relatif kecil. Dengan hasil perhitungan kapasitas kapasitor yang dibutuhkan maka diperlukan pemasangan 1 unit kapasitor pada masing – masing bus dengan kapasitas pada bus 1 62 kVAR, pada bus 2 73 kVAR dan pada bus 3 86 kVAR. Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan software ETAP maka tampak jelas tegangan yang masuk pada beban meningkat dan faktor daya yang semula adalah 70% maka meningkat menjadi 84,9 %. Hal ini menandakan pemasangan kapsitor dan perhitungan kebutuhan kapasitor sudah tetap untuk meminimalisir drop tegangan yang terjadi.

Kata Kunci : Faktor Daya, Capasitor Bank, Tenaga Listrik

ABSTRAK

PT. Jui shin Indonesia is one of the users of quite large inductive loads, because almost every room has inductive loads installed such as Industrial Machines, AC, energy-saving lamps (SL and TL), use of computers and photocopiers. With an installed power from PLN of 250 kVA and a 3-phase transformer capacity of 100 KVA 20 kV / 400 V which supplies the building located at PT. Jui shin Indonesia. Use of Capacitor Banks for Power Factor Improvement. The load on the distribution network can be a capacitive and inductive load. If the inductive load is higher, it will result in increasing power losses. The power factor on the load before improvement with $\cos \phi$ 0.70 produces relatively large reactive power. Because the power factor is relatively small, the power losses that occur are also relatively small. With the calculation results of the required capacitor capacity, it is necessary to install 1 capacitor unit on each bus with a capacity of 62 kVAR on bus 1, 73 kVAR on bus 2 and 86 kVAR on bus 3. After the simulation using ETAP software, it is clear that the voltage entering the load increases and the power factor which was originally 70% increases to 84.9%. This indicates that the installation of capacitors and the calculation of capacitor requirements are fixed to minimize the voltage drop that occurs.

Keywords: Power Factor, Capacitor Bank, Electric Power

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 “ ANALISA PERBAIKAN FAKTOR DAYA MENGGUNAKAN KAPASITOR BANK PADA SISTEM TENAGA LISTRIK”. 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. Kedua orang tua yang selalu mendo'akan dan memberikan kasih sayangnya yang tidak ternilai kepada kami semua sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi S.T., M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

7. Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T., M.Pd., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing saya dalam penulisan laporan Tugas Akhir.
9. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Satu Angkatan.

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, 21 Agustus 2024

M Edwin Syahputra
2007220037

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup	2
1.5. Manfaat Penulisan	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2. Umum	6
2.2.1. Daya.....	6
2.2.2. Faktor Daya	9
2.3. Beban Listrik	16
2.3.1. Beban Resistif.....	17
2.3.2. Beban Induktif	18
2.3.3. Beban Kapasitif	19
2.4. Kapasitor Bank	20
2.4.1 Prinsip Kerja Kapasitor	21
2.4.2 Jenis – Jenis Kapasitor.....	21
2.4.2.1 Kapasitor Seri	22
2.4.2.2 Kapasitor Shunt	24
2.4.3 Kapasitor Bank	26
2.4.4 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank.....	29
2.5. Perhitungan daya Reaktif.....	32
2.5.1 Perhitungan Biasa	32
2.5.2 Metode Tabel Kompensasi	32
2.5.3 Metode Diagram	32

2.5.4 Metode Kwitansi PLN.....	33
2.5.5 Metode Segitiga Daya	33
2.6. ETAP	34
2.6.1 Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik	37
2.6.2 Elemen – Elemen di ETAP.....	38
2.6.3 Elemen Aliran Daya	38
2.6.4 Elemen Hubungan Singkat	39
BAB III METODE PENELITIAN.....	42
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	42
3.2 Peralatan Penelitian	42
3.3 Data Penelitian.....	42
3.4 Metode Penelitian	43
3.5 Flowchat Penelitian	44
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Sistem Kelistrikan Lokasi Penelitian.....	45
4.2 Faktor Daya Pada Sistem Kelistrikan.....	46
4.3 Menghitung nilai power faktor	51
4.4 .Simulasi Perbaikan Faktor Daya	54
BAB V PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Vektor Segi Tiga Daya	9
Gambar 2.2 Rangkaian Dan Diagram Faktor	13
Gambar 2.3 Faktor Daya “Leading”	16
Gambar 2.4 Segi Tiga Daya Untuk Beban Kapasitif	16
Gambar 2.7 Rangkaian Dan Vektor Resistif ”	17
Gambar 2.8 Grafik Sinusoidal Resistif	18
Gambar 2.9 Rangkaian Dan Vektro Induktif	18
Gambar 2.10 Arus, Tegangan Dan GGL Induktif Pada beban Induktif	19
Gambar 2.11 Rangkaian Dan Vektor Kapasitif	19
Gambar 2.12 Arus, Tegangan Dan GGL Induktif Pada Beban Kapasitif	20
Gambar 2.13 Kantruksi Kapasitor.....	20
Gambar 2.14 Prinsip Kerja Sebuah Kapasitor	21
Gambar 2.15 Rangkaian Kapasitor Hubungan Seri	22
Gambar 2.16 Rangkaian Dan Vektor Pemasangan Kapasitor Seri	23
Gambar 2.17 Rangkaian Dan Vektor Pemasangan Kapasitor Shunt	25
Gambar 2.1 Diagram Segaris dan Diagram Fasor	27
Gambar 2.2 Kompensasi Seri.....	27
Gambar 2.3 Kompensasi Pararel.....	28
Gambar 2.18 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank	30
Gambar 2.19 Diagram Daya Untuk Menentukan Daya Kapasitor	33
Gambar 2.20Tampilan Layar Pada ETAP	35
Gambar 2.21 Komponen Elemen AC Pada ETAP.....	36
Gambar 2.22 Simbol Trasformator 2 Kawat Di ETAP	37
Gambar 2.23 Simbol Generator Di ETAP	37
Gambar 2.24 Simbol Bebas Statis Dan Dinamis Di ETAP	37
Gambar 2.25 Simbol Pemutusan Rangkaian Di ETAP.....	38
Gambar 2.26 Simbol Bus Di ETAP	38
Gambar 2.27 Toolbar <i>load flow</i> Di ETAP	39
Gambar 2.28 <i>Toolbar Short Circuit</i> Di ETAP	40

Gambar 2.29 <i>Toolbar Short Circuit</i> ANSI Standar Di ETAP	40
Gambar 2.30 <i>Toolbar Short Circuit</i> IEC Standar Di ETAP	41
Gambar 3.1 Diagram Air Penyusunan Tugas Akhir	44
Gambar 4.1 Sistem kelistrikan pada pabrik	45
Gambar 4.1 Grafik arus data hari ke -1.....	47
Gambar 4.2 Grafik arus data hari ke -2.....	47
Gambar 4.3 Grafik arus data hari ke -3.....	50
Gambar 4.4 Simulasi ETAP.....	55
Gambar 4.5 Simulasi tanpa Kapasitor.....	56
Gambar 4.6 Simulasi Etap 2 Bus off.....	57
Gambar 4.7 Simulasi Etap Bus 3 off.....	58
Gambar 4.8 Simulasi Etap Bus 2 off.....	59
Gambar 4.9 Penambahan Capasitor Bank.....	60
Gambar 4.10 Hasil simulasi penambahan capasitor bank.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Bus -1.....	47
Tabel 4.2 Data Bus -2.....	48
Tabel 4.3 Data Hari ke -3.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan Energi listrik saat ini merupakan suatu bentuk energi yang memiliki peran yang sangat vital dalam aktivitas keseharian manusia kita tidak bias di lepas, Setiap tahun terjadi peningkatan kebutuhan energi yang sangat signifikan dan menurut penyediaan tegangan listrik untuk memberikan *suplay* tegangan listrik yang cukup dan berkualitas. Peningkatan kebutuhan energi selalu mengingkat seiring pertumbuhan penduduk juga diikuti dengan permintaan daya reaktif akibat beban yang bersifat induktif meningkat, jika suatu jaringan tidak memiliki suatu sumber daya reaktif di daerah sekitar beban maka semua kebutuhan beban reaktifnya dipikul oleh generator, sehingga akan mengalir arus reaktif pada jaringan yang mengakibatkan peningkatan drop tegangan, dan rugi daya.

PT. Jui shin Indonesia merupakan salah satu pengguna beban induktif yang cukup besar, karena hampir di setiap ruangan terdapat beban-beban induktif yang terpasang seperti Mesin-mesin Industri, Ac, lampu hemat energi (SL dan TL), penggunaan computer serta mesin fotocopy. Dengan daya terpasang dari PLN sebesar 250 kVA dan kapasitas *transformator* 3 phasa 100 KVA 20kV / 400V yang mensuplay di dalam gedung yang terdapat di PT. Jui shin Indonesia.

Dalam penyaluran energi listrik ada beberapa masalah yang di hadapi antara lain jatuh tegangan, faktor daya yang rendah dan rugi-rugi daya, seperti penelitian sebelumnya, Yudi Indrawan 2015.

Penggunaan kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor daya. Beban pada jaringan distribusi bias berupa beban kapasitif dan induktif. Apabila beban induktif semakin tinggi maka akan berakibat memperbesar rugi-rugi daya menurunkan faktor daya dan menurunkan kapasitas penyaluran daya. Untuk mengurangi beban induktif diperlukan sumber daya kapasitif. Sumber daya kapasitif tersebut dapat berupa kapasitor bank. Keuntungan yang diperoleh dari pemasangan kapasitor bank adalah dapat memperbaiki

factor daya, penambahan kapasitas penyaluran daya, pengurangan rugi-rugidaya dan penurunan jatuh tegangan.

Maka penulis akan menganalisa faktor daya dengan menggunakan kapasitor bank dan akan di simulasikan di *Software* ETAP.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas adalah:

1. Berapa besar factor daya sebelumnya dan sesudah perbaikan di PT Jui Shin Indonesia?
2. Bagaimana cara menghitung besar ukuran Kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki Faktor daya Pt. Jui shin Indonesia.
3. Bagaimana cara kerja *software ETAP* sebagaimana simulasi pemakian kapasitor bank unruk memperbaiki faktor daya.

1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahuin faktor daya sebelumnya dan sesudah perbaikan di PT Jui shin Indonesia.
2. Mengetahuin nilai Kapasitor (kVAR) yang dibutuhkan pada jaringan listrik di PT. Jui shin Indonesia.
3. Mengetahui cara kerja simulasi perbaikan kapasitor bank pada *Sotfware* ETAP.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun Ruang Lingkup yang dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan di PT. Jui shin Indonesia.
2. Perhitungan kebutuhan kapasitor bank untuk memperbaiki faktor daya PT. Jui shin Indonesia.
3. Penggunaan *Sotfware* ETAP untuk simulasi hasil kapasitor bank.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun Manfaat dari penulisan tugas tugas akhir ini adalah :

1. Untuk Ilmu pengetahuan, menambah wawasan ilmu pengetahuan tentang daya reaktif, kapasitor bank dan cara menghitungnya.
2. Bagi mahasiswa dapat dijadikan sebagai referensi untuk mengetahui kajian mengenai masalah yang selalu dihadapi dalam penyaluran energi listrik diantaranya jatuh tegangan, Faktor daya yang rendah dan rugi-rugi daya.
3. Mengetahui kondisi penggunaan energi jaringan listrik yang digunakan oleh PT. Jui Shin Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran penulisan tugas akhir ini, diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, batasan masalah, metode penulisan, yang dipergunakan dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini memuat tentang dasar teori yang di gunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi penelitian, berkenaan dengan masalah yang akan di teliti berkaitan dengan daya reaktif, dimana di dalamnya di bahas masalah jatuh tegangan, faktor daya yang rendah dan rugi-rugu daya pada jaringan.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas mengenai lokasi penelitian, alat-alat yang digunakan pada pelaksanaan penelitian, jadwal penelitian, dan jalannya penelitian.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas mengenai perhitungan besarnya nilai kapasitor dan perhitungan faktor daya sebelumnya dan sesudah penggunaan kapasitor bank.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini membuat tentangan kesimpulan dari seluruh hasil penelitian dan saran dari penyusun skripsi ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Beberapa penelitian mengenai penempatan kapasitor bank pada jaringan distribusi dengan kapasitas dan lokasi yang tepat dapat mengurangi rugi daya dan drop tegangan pada sistem tenaga listrik. Berkaitan dengan hal tersebut beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan.

1. Penelitian tentang perbaikan profil tegangan menggunakan kapasitor bank shunt, dalam penelitian tersebut menyimpulkan bahwa pada pemasangan kapasitor bank pada sebesar 2700 KVAR pada jarak 34022 Km dari sumber menyebabkan kenaikan tegangan $\pm 15\%$ pada bus yang memiliki tegangan paling rendah (Bus 97 A) dari tegangan awal 17,946 KV menjadi 19,070 KV. (Utama 2008)
2. Penelitian tentang pengaruh pemasangan mini kapasitor bank terhadap kualitas listrik serta perencanaan filter aktif menggunakan kontroler PI sebagai pelindung kapasitor dari harmonisa di rumah tangga. Dimana dalam penelitian tersebut terjadi peningkatan power faktor dari (0,95 menjadi 0,99 lagging) kebutuhan daya total menjadi turun dari 900 VA menjadi 850 VA turun 5,6% dan THD sebesar 23% dan setelah terpasangan filter aktif turun menjadi 0,76 % (Hartawi, 2010)
3. Penelitian tentang perbaikan faktor daya untuk pengemhat biaya pemakaian energi listrik oada PT. Jui shin Indonesia Dimana dalam penelitian tersebut untuk menaikan factor daya menjdi 0,970 maka daya reaktif induktif yang harus disuplay oleh kapasitor bank adalah sebesar 570,2 kVAR berdasarkan perhitungan motode kVAR. Dengan meniadakan biaya penggunaan energi kVARh perusahaan dapat menghemat biaya listrik sebesar RP. 119.917.989,57-/perbulan. (tunggulungan, 2010)

2.2 Umum

Daya listrik di definisikan sebagai laju hantaran energy listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt. Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Piranti mengkonversikan kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas (seperti pada pemanas listrik), cahaya (seperti pada bola lampu), energi kinetik (motor listrik), dan suara (*loudspeaker*). Listrik dapat diperoleh dari pembangkit listrik atau penyimpanan energi seperti baterai.

Listrik Arus bolak-balik (AC) adalah arus listrik dimana besarnya dan arahnya arus searah arus berubah-ubah secara bolak-balik. Berbeda dengan listrik arus searah dimana arah arus yang mengalir tidak berubah-ubah dengan waktu. Bentuk gelombang sinusoidal, karena ini yang memungkinkan pengaliran energi yang paling efisien. Namun dalam aplikasi-aplikasi spesifik yang lain, bentuk gelombang lain pun dapat diganti, misalnya bentuk gelombang segitiga (*triangular wave*) atau bentuk gelombang segi empat (*square wave*).

Secara umum, listrik bolak-balik berarti penyaluran listrik dari sumbernya (misalnya PLN) ke kantor-kantor atau rumah-rumah penduduk. Namun ada pula contohnya seperti sinyal-sinyal atau audio yang disalurkan melalui kabel, yang juga merupakan listrik arus bolak-balik. Dimana aplikasi ini, bertujuan utama yang paling penting pengambilan informasi yang termodulasi atau terkode di dalam sinyal arus bolak-balik tersebut.

2.2.1 Daya

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk atau *horsepower* (HP) *Horsepower* merupakan satuan daya listrik dimana 1 HP setara Watt atau bft/second. Sedangkan Watt memiliki daya setara dengan daya yang dihasilkan oleh perkalian arus 1 Ampere tegangan 1 Volt, sehingga besarnya daya dinyatakan :

$$P_{\text{aktif}} = V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Terhadap tiga macam day listrik yang digunakan untuk menggambarkan penggunaan energi listrik, yaitu daya nyata atau daya aktif, daya reaktif serta daya semu atau daya kompleks (Sharma 2007).

Daya nyata atau daya aktif adalah daya listrik yang digunakan secara nyata, misalnya untuk menghasilkan panas, cahaya atau putaran pada motor listrik. Daya nyata dihasilkan oleh beban-beban listrik yang bersifat resistif dan dinyatakan dalam satuan Watt (Sharma 2007).

$$P_{\text{aktif}} = I^2 \cdot R \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

R = Tahanan (Ohm)

Daya reaktif dinyatakan dengan satuan VAR(*Volt Ampere Reaktif*) adalah daya listrik yang menghasilkan oleh beban-beban yang bersifat reaktansi. Terhadap dua jenis beban reaktansi, yaitu reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif. Beba-beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif untuk menghasilkan medan magnet. Contoh beban listrik yang bersifat induktif antara lain transformator, motor induksi satu fasa maupun tiga fasa yang biasanya digunakan untuk menggerakkan kipas angin, pompa air, lift, eskalator, komproser, konveyor, dan lain-lain. Beban-beban yang bersifat kapasitif akan menyerap daya reaktif untuk menghasilkan medan listrik. Contoh beban yang bersifat kapasitif adalah kapisitor (*Heinz Reiger,1978*). Besarnya daya reaktif sebanding dengan kuadrat arus listrik yang mengalir pada beban reaktansi (*Shanjayeev Sharma 2007*).

$$Q = I^2 \cdot X \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

$$X = X_L - X_C \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Diman :	Q	=	Daya Reaktif (VAR)
	I	=	Arus (Ampere)
	X	=	Reaktansi total (Ohm)
	X _L	=	Reaktansi Induktif (Ohm)
	X _C	=	Reaktansi kapasitif (Ohm)

Daya kompleks atau lebih sering dikenal sebagai daya semu adalah penjumlahan secara vector antara daya aktif dan daya reaktif, dimana :

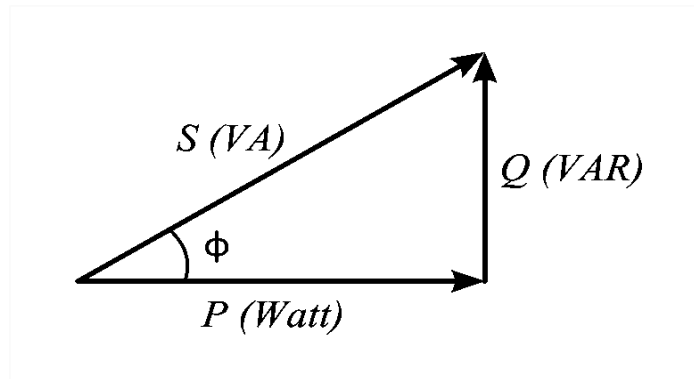
$$S = P + Jq \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya Kompleks dinyatakan dengan satuan VA (*Volt Ampere*) adalah hasil kali antara besarnya tegangan dan arus listrik yang mengalir pada beban (Sanjeev Sharma, 2007), dimana :

$$S = V \cdot I \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :	S	=	Daya semu (Volt – Ampere)
	V	=	Tegangan (Volt)
	I	=	Arus (Ampere)

Hubungan ketiga buah daya listrik yaitu daya aktif P, daya reaktif Q serta daya kompleks S, dinyatakan dengan segitiga, yang disebut segitiga daya (*Tgeraja, 1984*) Seperti : (Gambar 2.1)



Gambar 2.1. Vektor Segi Tiga Daya

Dari gambar 2. 1. Di atas, hubungan antara segi tiga daya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$P = S \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(2.8)$$

$$P = V \cdot I \cos \phi \dots\dots\dots(2.9)$$

$$Q = S \cdot \sin \phi \dots\dots\dots(2.10)$$

$$Q = V \cdot I \sin \phi \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\cos \phi = \text{pf} = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.12)$$

Φ Adalah sudut antara daya aktif dan daya kompleks S, sehingga $\cos \phi$ didefinisikan sebagai faktor daya (power faktor,pf). Untuk beban yang bersifat induktif, pf lagging dimana arusnya tertinggal dari tegangannya. Dan untuk beban yang bersifat kapasitif, pf leadinh dimana arusnya mendahului tegangannya.

2.2.2 Faktor Daya

Istilah factor daya atau *power factor* (PF) atau *cos phi* merupakan istilah yang sering sekali di pakai di bidang-bidang yang berkaitan dengan pembangkitan dan penyaluran energi listrik.faktor daya merupakan istilah penting, tidak hanya bagi penyedia layanan listrik, namun juga bagi

konsumen listrik terutama konsumen level industry. Penyedia layanan listrik selalu berusaha untuk menghimbau konsumennya agar berkontribusi supaya faktor daya menjadi lebih baik, pun para konsumen industry juga berusaha untuk mendapatkan faktor daya yang baik agar tidak sia-sia bayar mahal kepada penyedia layanan. Apakah sebenarnya maksud dengan faktor daya?

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

$$\cos \phi = pf = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana : $\cos \phi$ = Faktor daya

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

$$S = \text{Daya nyata (kVA)}$$

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

$$\begin{aligned} \tan \phi &= Q / P \\ &= \text{kVAR} / \text{kW} \end{aligned}$$

Karena komponen daya aktif umumnya konstan (komponen kVA dan kVAR berupa sesuai dengan faktor daya) maka dapat ditulis seperti berikut :

$$Q = P \times \tan \phi$$

Sebuah contoh, rating kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya sebagai berikut :

$$\text{Daya Reaktif pada } pf \text{ awal} = P \times \tan \phi_1$$

$$\text{Daya Reaktif pada } pf \text{ diperbaiki} = P \times \tan \phi_2$$

Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki factor daya adalah :

$$Q = P \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

Beberapa keuntungan meningkatkan faktor daya :

1. Tagihan listrik akan menjadi kecil (PLN) akan memberikan denda jika pf lebih kecil dari 0,5).
2. Kapasitas distribusi system tenaga listrik akan meningkat .
3. Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem.
4. Adanya peningkat tegangan karena daya meningkat.

Jika pf lebih kecil dari 0,5 maka kapasitas itu akan terus (kW) yang digunakan akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan menurunnya pf sistem kelistrikan. Akibat menurunnya pf maka akan timbul beberapa persolan diantaranya :

1. Membesarnya penggunaan daya listrik kWh karena rugi-rugi
2. Membesarnya penggunaan daya listrik kVAR
3. Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan (*voltage drops*)

Denda atau biaya kelebihan daya reaktif dikrnanakan apabila jumlah pemakaian kVARH yang tercatat dalam sebulan lebih tinggi dari 0,62 jumlah kWh pada bulan yang bersangkutan sehingga pf rata – rata kurang dari 0,5. Sedangkan perhitungan kelebihan pemakaian kVARH dalam rupiah menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kelebihan pemakaian kVARH} = [B - 0,62 (A_1 + A_2)] H_k \dots (2.14)$$

Dimana :

- | | | |
|----------------|---|---------------------------------|
| B | = | Pemakaian kVARH |
| A ₁ | = | Pemakaian kWh WPB |
| A ₂ | = | Pemakaian kWh LWBP |
| H _k | = | Harga kelebihan pemakaian kVARH |

a. Penyebab rendahnya faktor daya

Pada umumnya factor daya rendah disebabkan oleh :

1. Banyak pemakaian arus bolak – bolak (AC) menggunakan motor induksi sebagai penggerak utama yang berkerja pada factor daya lagging dan ini akan menambah laggingnya factor daya.
2. Transformasi – transformator yang mempunyai factor daya yang sangat rendah karena menghasilkan arus magnetisasi yang menyebabkan arus totalnya menjadi tertinggal terhadap tegangan.
3. Penggunaan penyearah sebagai ganti pasangan motor generator untuk mencatu daya arus searah (DC)..
4. Pemakaian lampu tabung (neon) yang beroperasi pada daya rendah.
5. Alat – alat las busur listrik yang mempunyai factor daya rendah.

b. Kerugian akibat factor daya rendah

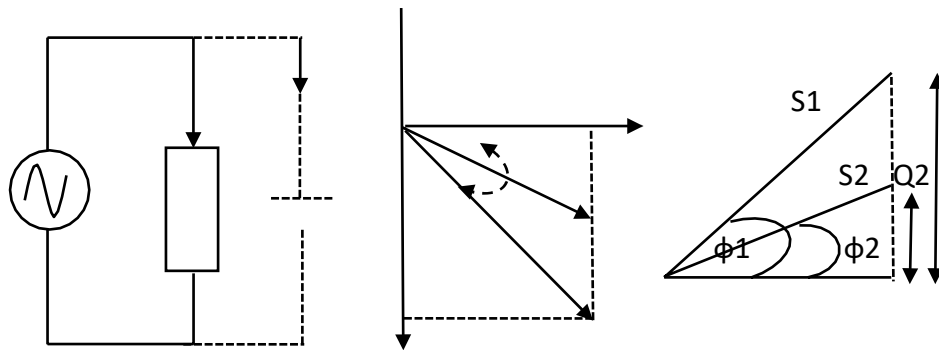
Faktor daya yang rendah akan menimbulkan kerugian antara lain :

1. Pada Faktor daya yang rendah, arus yang mengalir relatif besar yang mengakibatkan rugi – rugi tegangan dan rugi – rugi daya/ panas yang besar.
2. Arus yang relatif besar akan menyebabkan kenaikan temperature konduktor, hal ini akan menyebabkan umur peralatan menjadi berkurang.
3. Harus menggunakan kabel – kabel suplai aparatur yang lebih berat.

Besar kecilnya daya erat hubungannya dengan kebutuhan beban terhadap daya reaktif. Daya reaktif yang dibutuhkan beban adlah bersifat induktif , dimana fasa arus tertinggal terhadap fasa tegangan sumber. Semakin rendah factor daya berarti krbutuhan akan daya reaktif induktif beban akan semakin besar jika sudut fasa antara arus semakin kecil.

Cara untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan mengurangi daya reaktif induktif. Untuk mengurangi komponen daya reaktif ini dapat dilakukan dengan cara pemasangan daya reaktif kapasitif. Besarnya daya reaktif kapasitif tergantungan dari besarnya perbaikan faktor daya yang

diinginkan. Faktor daya dari setiap sistem dapat di perbaik dengan menggunakan kapasitor yang dihubungkan parallel dengan beban yang umumnya bersifat induktif seperti motor induktif, alat las dan sebagainya. Dengan faktor daya maksimum, rugi – rugi daya karena risistansi saluran akan berkurang. Untuk memberikan daya yang sama besar diperlukan arus yang lebih besar bila Faktor daya maksimum lebih dari pada faktor daya beban yang mempunyai faktor daya lebih tinggi. Perbaikan faktor daya tersebut dikenal sebagai kompensasi fasa. Prinsip perbaikan faktor daya dapat dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Rangkaian Dan Diagram Faktor

Keterangan gambar :

ϕ_1 dan ϕ_2 = Sudut faktor daya sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya

I_1 dan I_2 = Arus beban sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya

S_1 dan S_2 = Daya semu beban sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya

Q_1 dan Q_2 = Daya reaktif sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya

P = Daya aktif beban

Q_c = Daya reaktif kapasitor

Diasumsikan daya aktif sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya tetap.

a. Daya reaktif beban sebelum perbaikan faktor daya (Q_1)

$$Q_1 = P \tan \varphi_1 I \dots\dots\dots(2.15)$$

b. Daya reaktif beban sesudah perbaikan faktor daya (Q_2)

$$Q_2 = P \tan \varphi_2 \dots\dots\dots(2.16)$$

Besar daya reaktif yang dikompensasikan atau diberikan kapasitor adalah :

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Q_c = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2) \dots\dots\dots(2.18)$$

Besar kapasitansi kapasitor adalah :

$$Q_c = \frac{v^2}{XC} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$Q = \frac{v^2}{2=\pi FC} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$C = \frac{v^2}{2=\pi FQ} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keuntungan dari perbaikan Faktor daya adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi drop tegangan disisi beban.
2. Mengurangi komponen – komponen induktif arus jala – jala.
3. Dapat menghindari trafo kelebihan beban(*overload*) sehingga memberikan tambahan daya yang tersedih.
4. Dapat menghindari kenaikan arus/ suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi – rugi daya dalam sistem.
5. Memperbaiki pengaturan (*regulasi*) tegangan.
6. Meningkatkan kapasitor dalam alternator.
7. Kapasitas Kw dari penggerak mula (*primer motor*) menjadilebih baik.
8. Efisiensi dari setiap sistem meningkat.
9. Biaya keseluruhan menjadi lebih murah.

Beberapa strategi untuk koreksi faktor daya adalah :

1. Meminimalkan operasi dari beban motor yang ringan atau tidak beekerja.

2. Menghindari operasi dari peralatan listrik di atas tegangan rata – ratanya.
3. Mengganti motor – motor yang sudah tua dengan energy efesiesi motor. Meskipun dengan energy efesiesi motor, bagaimanapun faktor daya dipengaruhi oleh beban yang varias. Motor ini harus dioperasikan sesuai dengan kapasitas rata – ratanya untuk memperoleh faktor daya tinggi.
4. Memasang kapasitor pada jaringan AC untuk menurunkan medan dari daya reaktif.

Selain itu, pemasangan kapasitor dapat menghindari :

1. Trafo kelebihan beban (*overload*), Sehingga memberikan tambahan daya yang tersedih.
2. Voltage drop pada *line ends*.
3. Kenaikan arus / suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi – rugi.

Untuk pemasangan *capasitor* Bank diperlukan :

1. Kaparitor, dengan jenis yang cocok dengan kondisi jaringan.
2. Regulator, dengan pengaturan daya tumpuk kapasitor (*Capasitor bank*)
3. Kontaktor, untuk *switching* kapasitor.
4. Pemutus tenaga, untuk proteksi tumpuk kapasitor.

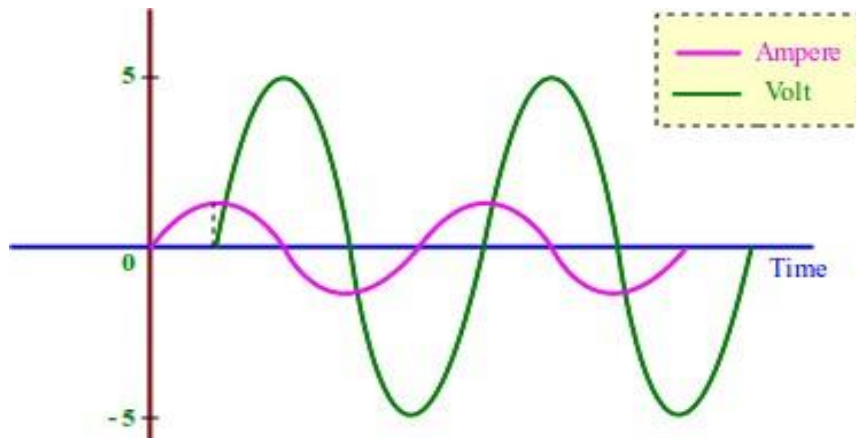
Energi listrik digunakan berbanding lurus dengan biaya produksi yang dikeluarkan. Semakin besar energi listrik digunakan maka semakin besar biaya produksi yang dibutuhkan. Dengan menggunakan *power monitor system* dapat diketahui pemakaian energi listrik dari peralatan listrik sehingga meningkatkan efesiesi dari energi listrik yang digunakan dalam pekerjaan meminimalkan rugi – rugi pada sistem untuk penyaluran ebergi listrik yang lebih efesien dari sumber listrik ke beban.

Faktor daya terdiri dari dua sifat yaitu factor daya “*leading*” dan faktor “*lagging*”. Faktor daya ini memiliki karakteristik seperti berikut :

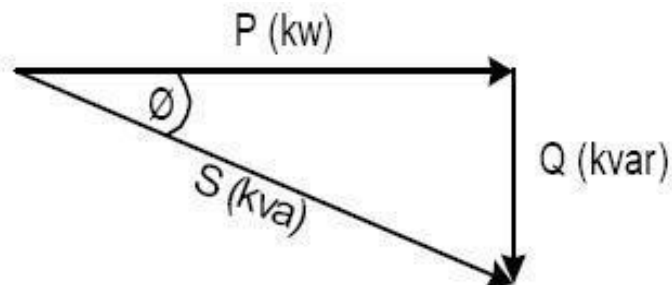
1. Faktor Daya “*leading*”

Apabila arus mendahului tegangan, maka faktor daya ini dikatakan “*leading*”. Faktor daya *leading* ini terjadi apabila bebannya kapasitif,

seperti *capasitor*, *synchronocus generators*, *synchronocus motors*, dan *synchronocus condenser*.



Gambar 2.3. Faktor Daya “Leading”



Gambar 2.4. Segi Tiga Daya Untuk Beban Kapasitif

2. Faktor Daya “lagging”

Apabila tegangan mendahului arus, maka faktor daya ini dikatakan *lagging* ini terjadi bebannya induktif, seperti motor induktif, AC dan *Transformer*.

2.3 Beban Listrik

Dalam suatu rangkaian listrik selalui dijumpai suatu sumber dan beban. Bila sumber listrik DC, maka sifat beban hanya bersifat resistif murni, karena frekuensi sumber DC adalah nol.

Reaktansi induktif (X_L) akan menjadi nol yang berarti bahwa

induktor tersebut akan *short circuit*. Reaktansi kapasitif (X_c) akan menjadi tak terhingga yang berarti bahwa kapasitor tersebut akan *open circuit*. Jadi sumber DC akan mengakibatkan beban – beban induktif dan beban kapasitif tidak akan berpengaruh pada rangkaian. Bila sumber listrik AC maka beban dibedakan menjadi 3 yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif sebagai berikut.

2.3.1. Beban Resistif

Beban resistif yang merupakan suatu resistor murni, contoh : lampu pijar, pemanas. Beban ini hanya menyerap daya aktif (W) dan tidak menyerap daya reaktif (VAR) sama sekali. Tegangan dan arus se-fasa. Secara matematis dinyatakan :

$$V = V_m \cdot \cos \omega \cdot t$$

$$V = I \cdot R$$

Maka arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut adalah :

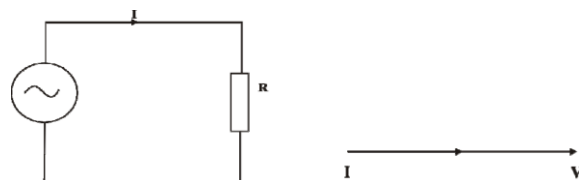
$$I = I_m \cdot \cos \omega \cdot t$$

Dimana :

$$I_m = \frac{V_m}{R}$$

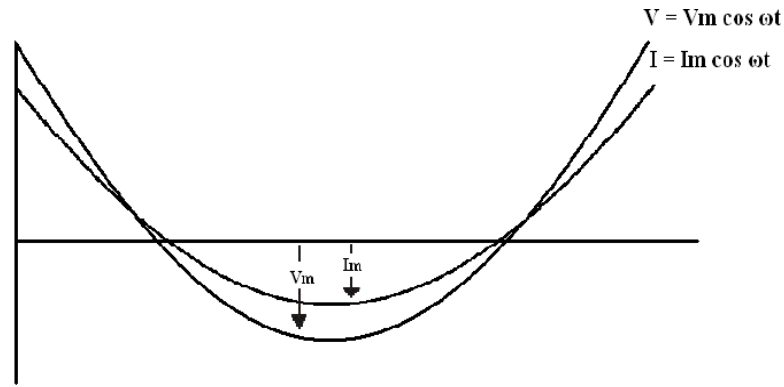
Dikatakan arus dan tegangan sefasa (mempunyai fasa yang sama)

$$R = V / I \dots\dots\dots (2.22)$$



Gambar 2.7 Rangkaian Dan vektor resistif

- a. Rangkaian Resistif
- b. Vektor Resistif

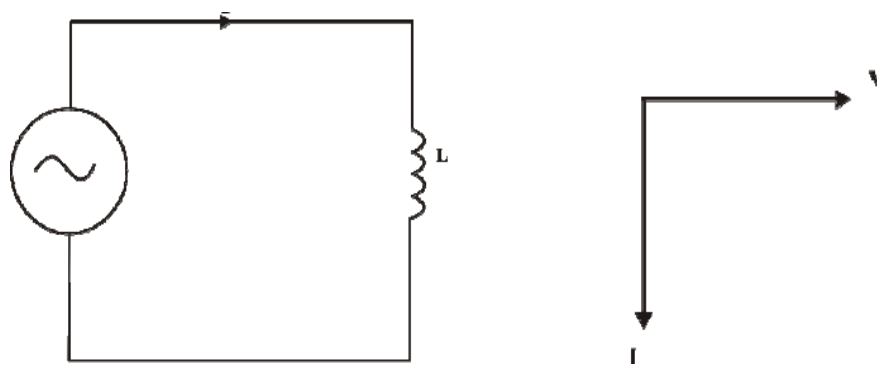


Gambar 2.8 Grafik Sinusoidak Resistif

2.3.2. Beban Induktif

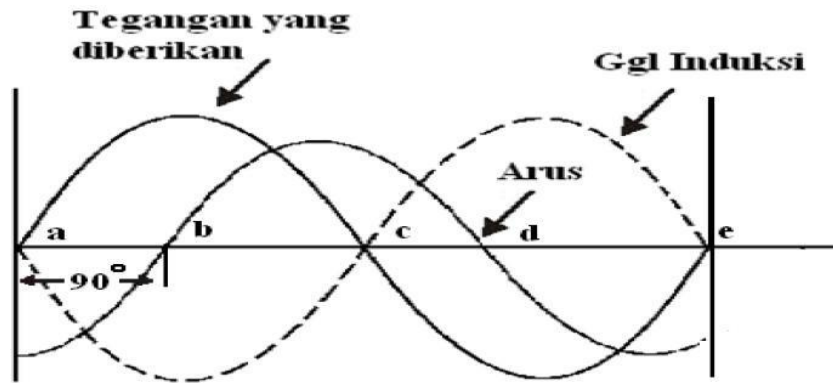
Beban induktif adalah beban yang mengandung kumparan kawat yang dililitkan pada sebuah inti biasanya inti besi, contoh : motor-motor listrik, inductor transformator. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa (*phase shift*) pada arus sehingga bersifat bersifat lagging. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan tegangan. Beban ini mempunyai faktor daya antara 0-1 "*lagging*" Beban ini menyerap daya aktif (W) dan daya reaktif (VAR).

Tegangan mendahului arus sebesar ϕ^0 .



Gambar 2.9 . Rangkaian Dan Vekktor Induktif

- a. Rangkaian Induktif
- b. Vektor Induktif



Gambar 2.10. Arus, Tegangan Dan GGL Induksi pada Beban Induktif

Untuk menghitung besarnya reaktansi induktif (X_L), dapat digunakan rumus :

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

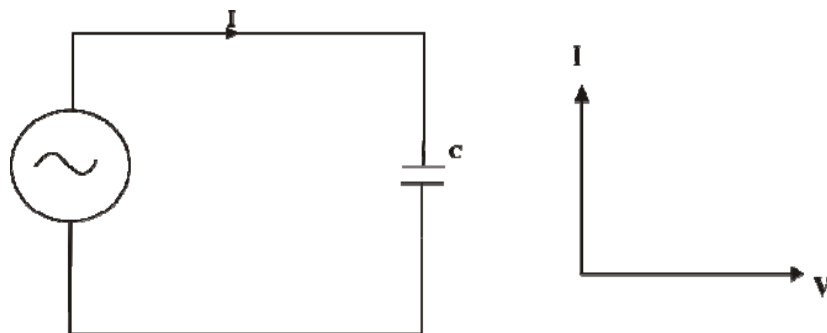
X_L = Reaktansi Induktif

F = Frekuensi (Hz)

L = Induktif (Henry)

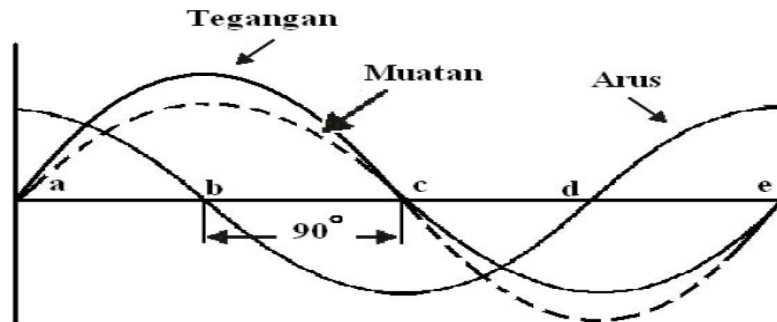
2.3.3. Beban Kapasitif

Beban kapasitif (C) yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (*electrical discharge*). Pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus leading terhadap tegangan sebesar ϕ^0 . Beban ini daya aktif (W) dan mengeluarkan daya reaktif (VAR) .



Gambar 2.11. Rangkaian Dan Vektor

- a. Rangkaian Kapasitif
- b. Vektor Kapasitif



Gambar 2.12. Arus, Tegangan Dan GGL induksi pada beban Kapasitif
 Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif (X_c), dapat digunakan rumus :

$$X_L = \frac{1}{2\pi FC} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

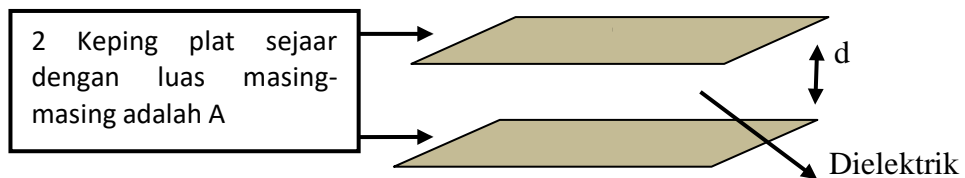
X_c = Reaktasi kapasitif

F = frekuensi

C = Kapasitansi (Farad)

2.4. Kapasitor Bank

Kapasitor merupakan komponen yang hanya dapat menyimpan dan memberikan energi yang terbatas sesuai dengan kapasitasnya. Pada dasarnya kapasitor tersusun oleh dua keping sejajar yang disebut *electrodes* yang dipisahkan oleh suatu rungan yang disebut *dielectric* yang pada saat diberi tegangan akan menyimpan energi.



Gambar 2.13. Kontruksi Kapasitor

Dalam sistem tenaga listrik kapasitor ering digunakan untuk mempebaiki tegangan jaringan dan untuk menyuplai daya reaktif ke beban yang berfungsi untuk memperbaiki nilai faktor daya dari sistem. Dalam perbaikan faktor daya kapasitor – kapasitor dirangkai dalam suatu panel

yang disebut *capacitor bank*. Selain itu kapasitor bank dapat juga digunakan untuk aplikasi lain yaitu filter harmonisa, protensi terhadap petir, untuk *transformer testing*, *generator impuls*, *voltage divider kapasitor*

2.4.1. Prinsip Kerja Kapasitor

Bila dua benda bermuatan dan berjalan tanda yang dipisahkan oleh suatu beban dielektrik maka akan terdapat kapasitansi diantara kedua benda tersebut. Pemberian beda potensial diantara benda konduktor tersebut akan menghasilkan muatan positif pada suatu konduktor dan muatan negatif pada konduktor lainnya. Perbandingan harga listrik dengan harga mutlak beda potensial didefinisikan sebagai suatu kapasitansi.

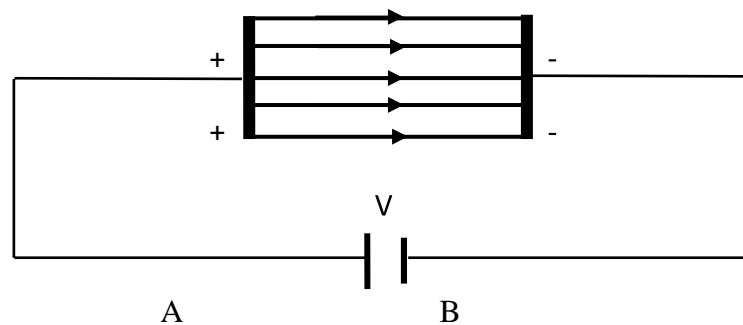
$$C = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana :

C = Kapasitansi (Farad)

Q = Muatan listrik (Columb)

V = Beda potensial (Volt)



Gambar 2.14. Prinsip Kerja Sebuah Kapasitor

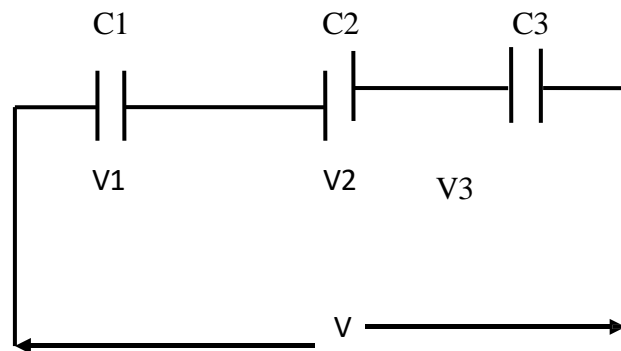
Bila plat A dan B diberikan potensial V maka akan mengalir arus melalui beban dielektrik pada waktu yang relatif singkat. Bahan dielektrik secara perlahan-lahan akan terpolarisasi. Setelah muatan negatif mengalir dari plat A akan plat B. sehingga terjadi beda potensial diantara kedua plat yang lama kelamaan arus mengalir semakin kecil dan akhirnya beda potensial antara A dan B sama besarnya dengan V dan arus pun berhenti mengalir.

2.4.1. Jenis – Jenis Kapasitor

Kapasitor bank berdasarkan cara pemasangannya terdiri dari :

2.4.2.1. Kapasitor Seri

Yang dimaksud dengan kapasitor seri adalah kapasitor yang berhubungan secara seri dengan jala-jala listrik. Bentuk fisik kapasitor seri ini tidak berbeda dengan kapasitor Shunt (yaitu kapasitor yang terhubung paralel dengan jala-jala listrik). Walau perbedaan kapasitor seri dengan shunt hanya pada masalah hubungan pada jala-jala listrik, akan tetapi keduanya mempunyai fungsi yang berbeda.



Gambar 2.15 Rangkaian kapasitor Hubungan Seri

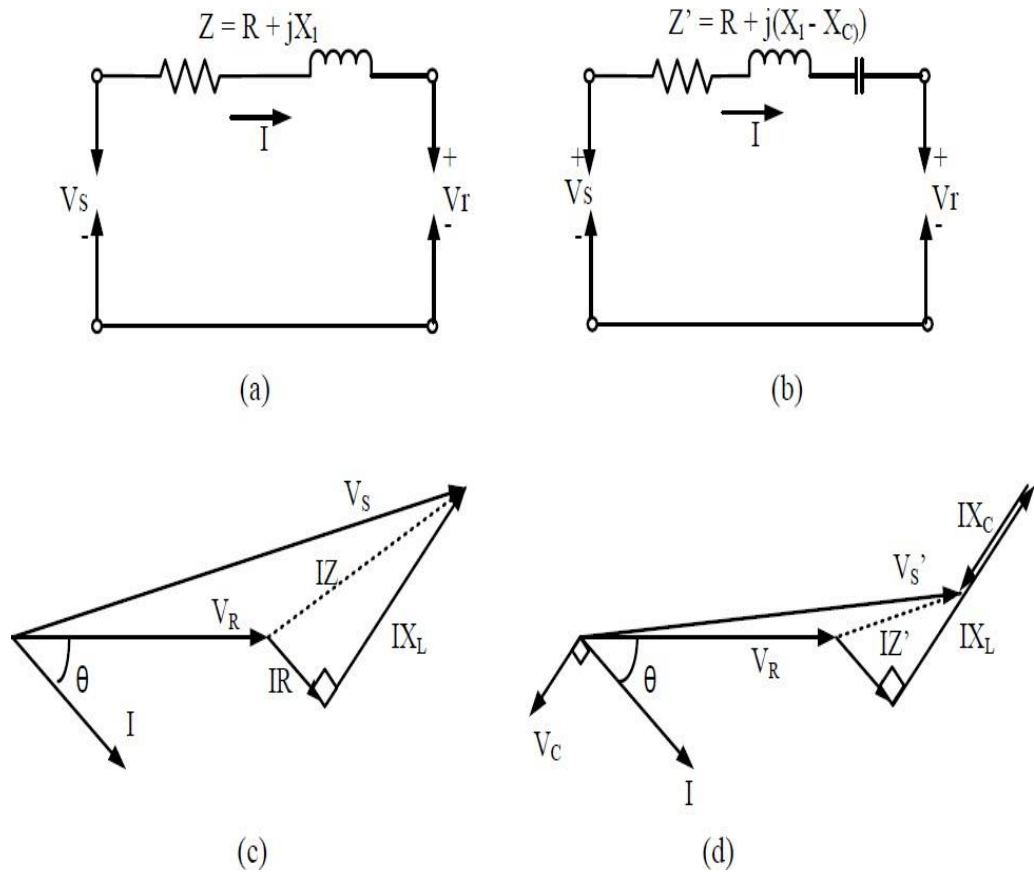
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots\dots\dots (2.26)$$

Suatu kapasitor dapat diasumsikan sebagai suatu reaktansi kapasitif negatif yang terhubung seri dengan jala-jala. Dengan memasang kapasitor seri pada jaringan maka tegangan akan naik. Kenaikan tegangan pada kapasitor adalah sebagai fungsi dari arus. Perubahan tegangan tersebut adalah secara otomatis dan sesuai dengan perubahan arus. Dengan demikian kapasitor seri dapat juga dianggap sebagai suatu pengatur tegangan (*Voltage regulator*), akan tetapi berbeda dengan induction regulator. Perbedaannya ialah pada kapasitor seri tak dapat mengkompensasi perubahan tegangan yang diakibatkan oleh perubahan shunt. akan tetapi pemakaiannya masih sangat terbatas.

Jadi secara umum dapat dikatakan bahwa biaya untuk pemasangan kapasitor seri lebih mahal dari pada biaya pemasangan kapasitor paralel.



Gambar 2.16. Rangkaian Dan Vektor Pemasangan Kapasitor seri
 a. Rangkaian dari suatu penyulang
 b. Rangkaian yang di pasang kapasitor
 c. Diagram fasor dari suatu penyulang
 d. Diagram fasor hasil pemasangan kapasitor seri

Gambar 2.16 (a) adalah rangkaian satu garis dari suatu penyulang, Sedangkan gambar 2.16 (c) adalah diagram fasornya. Bila pada penyulang tersebut diujung penerima dipasang kapasitor bank (seri), maka bagan satu garisnya akan terlihat seperti pada gambar 2.16 (b) dan fasor diagramnya seperti pada gambar 2.16 (d).

Pada gambar 2.16 (a) dan 2.16 (c), jatuh tegangan pada penyulang tersebut dapat dinyatakan secara pendekatan sebagai berikut :

$$VD = IR \cos \theta + IX_L \sin \theta \dots\dots\dots(2.27)$$

Dari gambar 2.16 (b) dan 2.16 (d) hasil jatuh tegangan akibat dipasangnya kapasitor seri dapat dihitung sebagai berikut :

$$VD = IR \cos \theta + I(X_L - X_C) \sin \theta \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana :

R = Tahanan dari penyulang (Ω)

X_L = Reaktansi induktif penyulang (Ω)

X_C = Reaktansi kapasitif dari kapasitor seri (Ω)

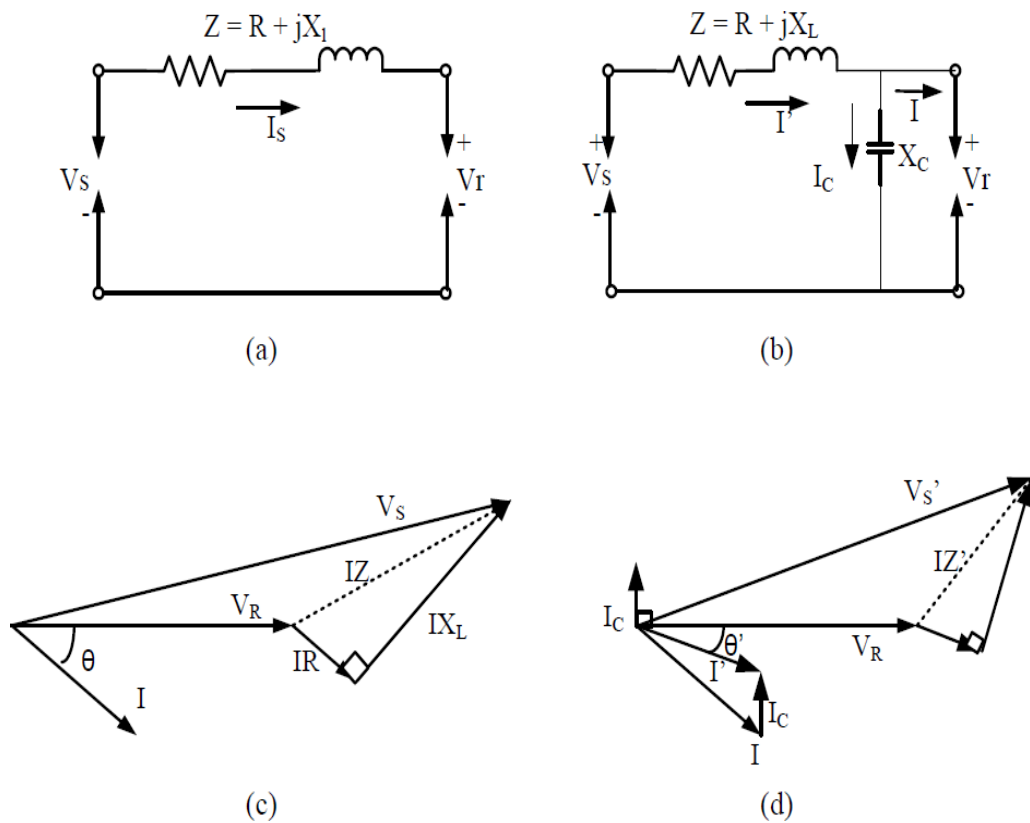
2.4.2.2. Kapasitor Shunt

Yang dimaksud dengan kapasitor shunt adalah suatu kapasitor yang terhubung paralel dengan jala-jala listrik. Fungsi dari kapasitor shunt ini adalah untuk memberikan daya reaktif yang diperlukan oleh beban-beban induktif seperti motor induktif dan lain-lain. Dengan pemberian daya reaktif oleh kapasitor shunt maka faktor daya dari beban induktif tersebut akan meningkat. Umumnya beban listrik itu bersifat induktif, sehingga arus yang ditariknya terbelakang terhadap tegangan, maka faktor dayanya akan mengecil.

Pengaruh buruk dari faktor daya yang rendah adalah :

- a. Meningkatnya rugi-rugi listrik
- b. Menurunnya tegangan kerja
- c. Kapasitor pembebanan meningkat walaupun beban tetap konstan

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang pemasangannya dihubungkan paralel dengan saluran dan secara luas digunakan pada sistem distribusi. Kapasitor shunt mencatu daya reaktif atau arus yang menentang komponen arus beban induktif. Gambar 2.17 (a) merupakan rangkaian suatu penyulang tanpa kapasitor shunt, dan fasor diagramnya dilihat pada gambar 2.17 (c) Gambar 2.17 (b) dan 2.17 (d) masing-masing menggambarkan rangkaian satu garis dan fasor diagram bila saluran tersebut dipasang kapasitor shunt di ujung saluran.



Gambar 2.17 Rangkaian dan Vektor pemasangan Kapasitor Shunt

- a. Rangkaian suatu penyulang
- b. Rangkaian yang dipasang kapasitor shunt
- c. Diagram fasor dari suatu penyulang
- d. Diagram fasor hasil pemasangan kapasitor shunt

Sebelum dipasang pada ujung saluran, jatuh tegangan pada penyulang tersebut dapat dihitung :

$$VD = IR \cos \theta + IX_L \sin \theta \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

Atau

$$VD = (I \cos \theta) R + (I \sin \theta) X_L \quad \dots\dots\dots(2.30)$$

Atau

$$VD = I_R R + I_X X_L \quad \dots\dots\dots(2.31)$$

Bila kapasitor dipasang pada ujung penerima dari saluran, seperti yang terlihat pada gambar 2.17 (b) dan (d), secara pendekatan jatuh tegangan sekarang menjadi :

$$VD = I_R R + I_X X_L - I_C X_L \quad \dots\dots\dots(2.32)$$

Perubahan jatuh tegangan sebelum dan sesudah dipasangnya kapasitor

shunt dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$VD = I_C X_L \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana :

R = Tahanan total dari sirkuit penyulang

X_L = Reaktansi induktif total dari penyulang

I_R = Komponen arus aktif

I_X = Komponen arus reaktif lagging

I_C = Komponen arus reaktif leading

Dalam praktrenya tegangan kerja tidak benar-benar tepat dengan tegangan ratingnya walaupun masih dalam batas-batas yang diperbolehkan, sehingga daya reaktifnya sebenarnya yang dikeluarkan oleh kapasitor adalah:

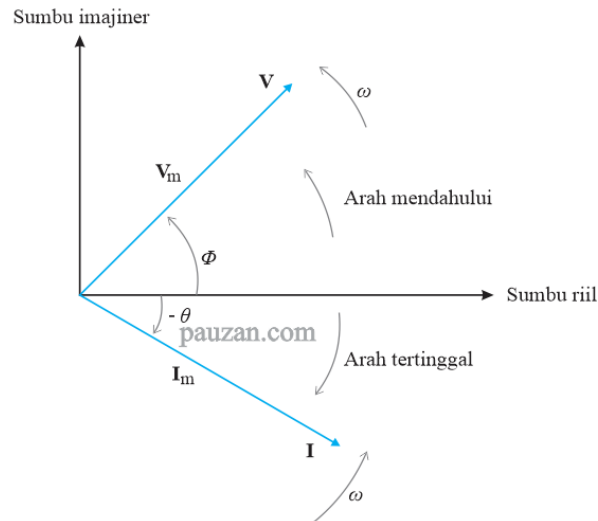
$$C \text{ Sebenarnya} = C \text{ ranting} \left\{ \frac{\text{Tegangan Operasi}}{\text{Tegangan Rating}} \right\}^2 \dots\dots\dots(2.34)$$

Output kivalor kapasitor juga berbanding langsung dengan frekuensi tegangannya diberikan, sehingga

$$C \text{ Sebenarnya} = C \text{ ranting} \left\{ \frac{\text{Frekuensi Operasi}}{\text{Frekuensi rating}} \right\}^2 \dots\dots\dots(2.35)$$

2.4.3. Kapasitor Bank

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 menyeimbang beban induktif, perbaikan faktor daya, penyuplai data 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 dilakukan kompesansi menggunakan kapasitor bank dapat dilihat pada gambar 2.8. : (Wibowo et al., 2023)



Gambar 2.1. Fiagram Segaris Dan Diagram Fasor

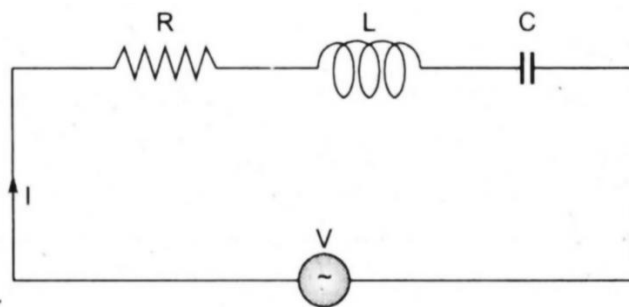
Besar jatuh tegangan pada saluran tanpa kompensasi dengan faktor daya tertinggal dapat dinyatakan dengan :

$$VD = I_R R + I_X \dots\dots\dots (2.5)$$

Berdasarkan metode, Kompensasi dibagi menjadi 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 memasang kapasitor seri dimana akan menghasilkan jatuh tegangan yang kecil. Diagram segaris dan diagram fasor sebuah saluran setelah dipasang kompesansi secara seri dapat di lihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kompensasi Seri

Gambar 2.6 menunjukan diagram fasor kompensasi kapasitor seri pada saat

faktor daya tertinggal (beban induktif). Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa setelah dikompensasi seri impedansi saluran menjadi :

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

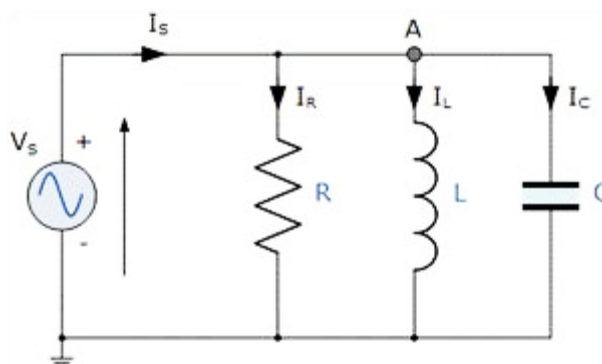
Jatuh tegangan pada saluran dapat dinyatakan dengan persamaan :

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

Terbukti secara matematis dengan pemasangan kapasitor secara seri maka besarnya jatuh tegangan yang diakibatkan oleh reaktansi induktif pada saluran dapat ditekan. (Wibowo et al., 20023)

b. Kompensasi Paralel

Pada bus yang permintaan daya reaktif meningkat, tegangan bus dapat dikontrol dengan cara memasang kapasitor bank secara paralel pada beban tertinggal. Kapasitor bank akan mensuplai sebagai 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 kompensasi secara paralel dapat di lihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3. Kompensasi Paralel

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

2.4.4 Metode Kompensasi Daya

Metode perbaikan faktor daya dengan kapasitor bank disebut juga metode kompensasi yaitu menambah daya reaktif ke jaringan. Ada dua metode kompensasi yang digunakan yaitu metode kompensasi tetap dan metode kompensasi otomatis.

2.4.4.1 Kompensasi tetap

Kompensasi jenis ini biasanya digunakan pada beban yang relatif konstan. Kapasitor dipasangkan langsung pada pangkal motor atau transformator yang selalu bekerja tanpa memerlukan panel.

Untuk kontrol pada pemasangan kapasitor seperti ini dapat menggunakan :

- Sistem manual : dengan pemutus daya atau *load break switch*.
- Sistem semi – otomatis dengan kontaktor
- Koneksi langsung pada pangkal beban

Keadaan lain penggunaan kompensasi tetap ini adalah jika perbandingan daya reaktif yang diperlukan (Q_C) dengan daya trafo (S_{in}) lebih kecil dari 15 %

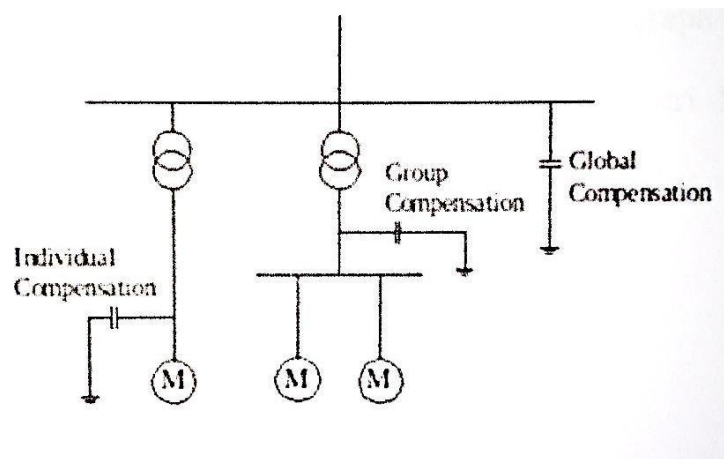
2.4.4.2 Kompensasi Otomatis

Jika perbandingan daya reaktif yang diperlukan (Q_C) dengan daya trafo (S_{in}) melebihi 15% sebaiknya dipasang kompensasi otomatis. Juga jika perubahan beban agak besar, padahal faktor daya diinginkan selalu berada pada nilai tertentu, hal ini dapat dilakukan dengan pemasangan regulator.

2.4.4. Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

Metode pemasangan kapasitor tergantung dari fungsi yang diinginkan. Cara pemasangan instalasi kapasitor dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

1. *Global compensation*
2. *Individual compensation*
3. *Group compensation*



Gambar 2.18. Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

1. *Global Compensation*

Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel (MDP). Arus yang turun dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara panel MDP dan transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MPD tidak turun dengan demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MPD tidak terpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang *Delta Voltagenya* masih cukup besar.

Kelebihan :

- Pemanfaatan kompensasi daya reaktifnya lebih karena semua motor tidak berkerja waktu yang sama.
- Biaya pemeliharaan rendah

Kekurangan :

- Switching peralatan pengaman bisa menimbulkan ledakan.
- Transient yang disebabkan oleh energizing grup kapasitor jumlah besar.
- Hanya memberikan kompensasi pada sisi atasnya (*upstream*).
- Kebutuhn ruang.

2. *Group Compensation*

Dengan metode ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor

dipasang dipanel SDP. Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan kVA dan terlebih jarak antara panel MDP dan SDP cukup berjauhan.

Kelebihan :

- Biaya pemasangan rendah.
- Kapasitansi pemasangan bisa dimanfaatkan sepenuhnya.
- Biaya pemeliharaan rendah.

Kekurangan :

- Perlu dipasang kapasitor bank pada setiap SDP atau MV/LV bus.
- Hanya memberikan kompensasi pada sisi atas .
- Kebutuhan ruangan.

3. *Individual Compensation*

Dengan metode ini kapasitor langsung dipasang pada masing-masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Cara ini sebenarnya lebih efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangan yaitu harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut sehingga mengurangi nilai estetika.

Kelebihan :

- Meningkatkan kapasitas saluran suplai.
- Memperbaiki tegangan secara langsung.
- Kapasitor dan beban ON/OFF secara bersamaan.
- Pemeliharaan dan pemasangan unit kapasitor mudah.

Kekurangan :

- Biaya pemasangan tinggi.
- Membutuhkan perhitungan yang banyak.
- Kapasitas terpasang tidak memanfaatkan sepenuhnya.
- Terjadi fenomena transient yang besar akibat sering dilakukan switching ON/OFF.
- Waktu kapasitor OFF lebih banyak dibandingkan waktu kapasitor ON.

2.5 Perhitungan Daya Reaktif

Terdapat beberapa cara untuk melakukan koreksi/perhitungan daya reaktif, cara-cara yang bisa digunakan adalah dengan metode perhitungan biasa, metode tabel kompensasi, metode diagram, metode kuitansi PLN, metode Segi tiga daya.

2.5.1. Perhitungan Biasa

Dengan yang diperlukan antara lain adalah daya aktif (kW). *Power factor* lama ($\text{Cos } \theta_1$) dan *power factor* baru ($\text{Cos } \theta_2$). Daya yang diperoleh dari persamaan :

$$S = P / \text{Cos } \theta_1 \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

$$S = \text{Daya nyata (kVA)}$$

$$P = \text{Daya Aktif (kW)}$$

Daya reaktif dari *pf* lama dan *pf* baru diperoleh dari persamaan :

$$Q_L = P \text{ Tan } \theta_1 \dots\dots\dots (2.37)$$

$$Q_B = P \text{ Tan } \theta_2 \dots\dots\dots (2.38)$$

Dimana :

$$Q_c = \text{Daya yang dikompensasi kapasitor (kVAR)}$$

$$Q_L = \text{Daya reaktif } pf \text{ lama (kVAR)}$$

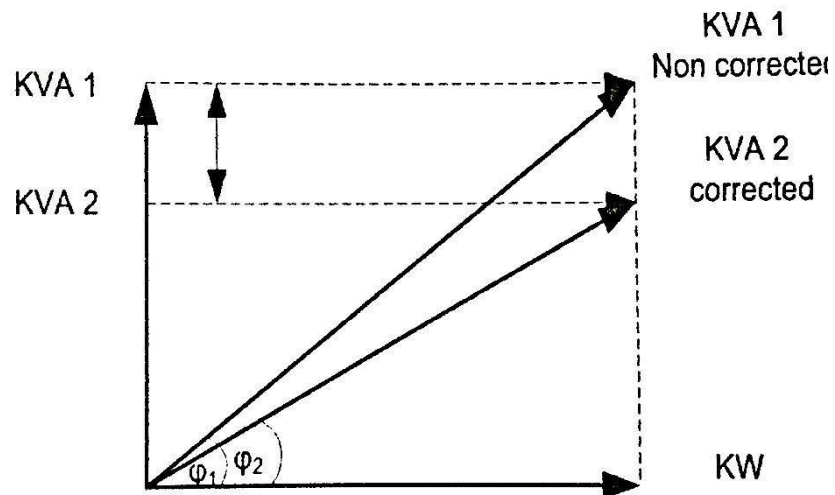
$$Q_B = \text{Daya reaktif baru (kVAR)}$$

2.5.2. Metode Tabel Kompensasi

Untuk menghitung besarnya daya reaktif dapat dilakukan melalui table kompensasi, table ini menyajikan suatu data dengan input faktor daya mula-mula sebesar $\text{Cos } \theta_1$ dan faktor daya yang diinginkan $\text{Cos } \theta_2$ maka besarnya faktor pengali dapat dilihat melalui table kompensasi.

2.5.2. Metode Diagram

Dalam menentukan besarnya kapasitor yang dibutuhkan diperlukan diagram sebelum kompensasi dan sesudah kompensasi (seperti gambar 2.19)



Gambar 2.19. Diagram Daya Untuk Menentukan Daya Kapasitor

Sebelumnya ada perbaikan power gambar 2.19 Diagram daya untuk menentukan daya kapasitor faktor, dengan θ_1 dan setelah dilakukan perbaikan sesuai yang diinginkan ditunjukkan dengan θ_2 . Maka besar daya kapasitor yang di perlukan adalah :

$$Q_C = kW [\tan\theta_1 - \tan\theta_2] \dots\dots\dots(2.40)$$

2.5.4 Metode Kwintansi PLN

Metode ini memerlukan data dari kwitansi PLN selama satu periode (misalnya 1tahun). Kemudian data perhitungan diambil dari pembayaran denda kVARH yang tertinggi. Data lain yang diperlukan adalah jumlah pemakaian.

$$Q_C = \frac{kVarh}{Waktu}$$

2.5.5 Metode Sgitiga Daya

Metode ini dipakai jika data yang diketahui adalah daya aktif (p) dan Daya nyata(S). Perhitungan metode ini dilakukan dengan segitiga daya.

2.6. ETAP

ETAP (Electric Trransient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu berkerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antar lain fitur tyang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamanan fasilitas nuklir di Amerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara *real timr*, simulasi, kontrol dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007).

ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain : airn daya, hubungan singkat, starting motor, *trancient stability*, koordinasi relay protekksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

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

1. Virtual Reality Operasi

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

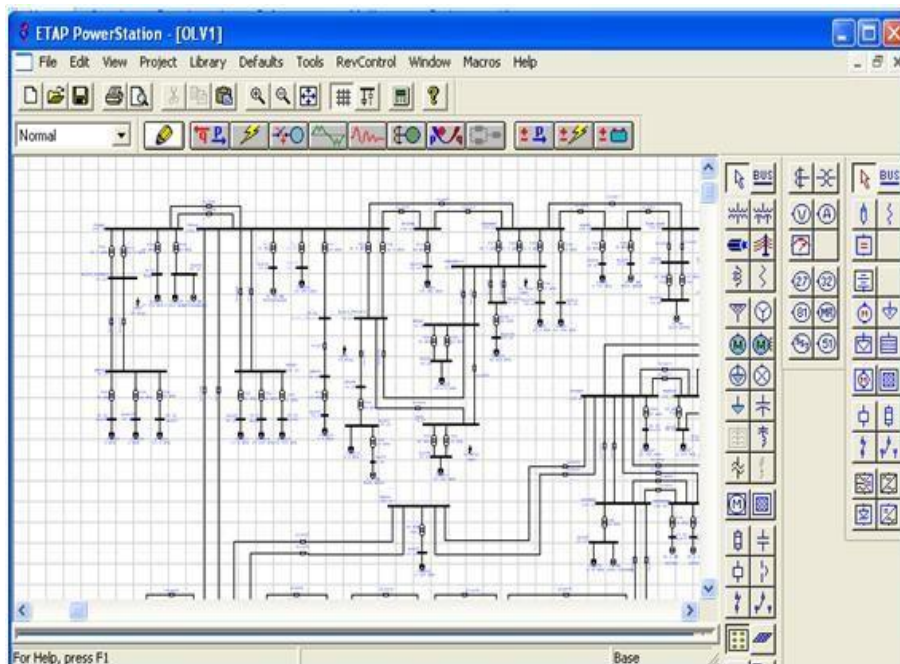
2. Total Integration Data

Etap Power Station menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dakam sistem databases yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya

berisikan data kelistrikan dan tentang dimesni fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui *rsceways* yang di lewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa alira beban (*load flow analysis*) dan analisa hububg singkat (*short-circuit asnslysis*) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan *ampacity derating* suatu kabel yang memerlukan data fisik routing.

3. Simplicity in Data Entry

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



Gambar 2.20. Tampilan layar Pada ETAP

ETAP Power Station dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *load flow* (aliran daya) *Short Circuit* hubung singkat), *Motor starting*, *Harmonisa*, *transient*, *stability*, *Protective device coordination*, dan *Cable derating*.

ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas *library* yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. *Library* ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam berkerja dengan ETAP PowerStation adalah :

- **One Line Diagram**, menunjukkan hubungan antara komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- **Library** , Informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang detai/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
- **Standar yang di pakai** berisikan mengacu pada standar IEC atau ANSII, frekuensi sistem metode-metode yang dipakai.
- **Study Case**, berisikan parameter-parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

2.6.1. Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Komponen elemen AC pada *Software power station* ETAP dalam bentuk diargarm satu garis ditunjukkan pada gambar 2.21, kecuali elemen-elemen Ids, penghubung bus dan status. Semua data elmenAC dimasukkan dalam editor yang telah dipertimbangkan oleh para ahli teknik. Daftar seluruh elemen AC Pada *Software power station* ETAP ada pada *AC toolbar*.



Gambar 2.21 Komponen Elemen AC Pada ETAP

2.6.1.1. Elemen-elemen AC di ETAP

1. Transformator

Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam *editor power station software* transformator 2 kawat pada *power station software* ETAP ditunjukkan Gambar 2.22.



Gambar 2.22. Simbol Transformator 2 Kawat Di ETAP

2. Generator

Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station* ETAP berupa rating KV, rating MW, dan mode kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.23.



Gambar 2.23. Simbol Genetor Di ETAP

3. Load

Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station* ETAP berupa rated kV dan MVA yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor load. Di ETAP terdapat dua macam beban, yaitu beban statis dan beban dinamis. Simbol genetor sirikon pacla *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.24.



Gambar 2.24. Simbol Beban Statis Dan Dinamis ETAP

4. Pemutus Rangkaian

Merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban ata hubungan pendek. Simbol pemutus rangkaian di ETAP di tunjukan pada gambar 2.25.



Gambar 2.25. Simbol Pemutus Rangkaian Di ETAP

5. Bus

Bus Ac atau *node* sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam *editor power station software* ETAP. Editor bus sangat membantu untuk permodelan berbagi tipe bus dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor dan beban statik adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan. Simbol bus pada *power station software* ETAP di tunjukakan gambar 2.26.



Gambar 2.26. Simbol Bus Di ETAP

2.6.2 Elemen-elemen ETAP

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

- Data Generator
- Data Transformator
- Data Kawat Penghantar
- Data Beban
- Data Bus

2.6.3 Elemen Aliran Daya

Programana analisis aliran daya pada *software* ETAP dapat menghitung tegangan pada tiap-tiap cabang, aliran arus pada sistem tenaga listrik, dan aliran daya yang mengalir pada sistem tenga listrik. Motode perhitungan aliran daya dapar di pilih untu efisiensi prhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran

daya pada software ETAP ada tiga yaitu : *Newton Rapphson*, *Fast_Decouple* Dan *Gauss Seidel*.



Gambar 2.27. *Toolbar Load Flow* Di ETAP

Gambar dari kiri ke kanan menunjukkan *tool* dan *toobar* aliran daya, Yaitu

- *Run Load Flow* adalah *icon toobar* aliran daya yang menghasilkan atau dalam diagram satu garis.
- *Update Cable Load current* adalah *icon toobar* untuk merubah kapasitas arus pada kabel sebelumnya load flow di running
- *Display option* adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil aliran daya.
- *Alert* adalah *icon* untuk menampilkan batas kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya sistem distribusi tenaga listrik.
- *Report Manager* adlah *icon* untuk menampilkan hasil aliran daya dalam bentuk report dapat dicetak.

2.6.4 Elemen Hubung Singkat

Short-Circuit Analysis pada Etap *power station* menganalisa gangguan hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, antar fasa dan dua fasa ke tanah pada sistem tenaga listrik. Program *Short-Circuit Analysis* *ETAPowerStation* menghitung arus total hubung singkat yang terjadi. Etap *PowerStation* menggunakan standar ANSI/IEEE (seri C73) dan IEC (IEC 909 dan lainnya) dalam menganalisa gangguan hubung singkat yang bisa dipilih sesuai dengan keperluan. Untuk memulai *Short-Circuit Analysis* maka *single line* diagram (SLD) sistem tenaga listrik digambarkan terlebih dahulu dengan memperhatikan komponen serta peralatan yang digunakan.

2.6.4.1 Memberi Gangguan Pada Bus

Untuk dapat melakukan analisa hubung singkat ini maka pada bus yang akan di analisa harus diberi gangguan dengan cara pada bus yang diinginkan ada gangguan di klik kanan setelah itu pilih *option fault*, jika ingin mengembalikan seperti semula pilih *option don't fault* (Lihat gambar)



Gambar 2.28. *Toolbar Short Circuit* Di ETAP

Adapun *toolbar short circuit analysis* ada dua macam standar yang dipilih

1. **Toolbar ANSI Standard**



Gambar 2.29. *Toobar Short Circuit* ANSI Standar Di ETAP

- 3-Phase *fault device duty* : untuk menganalisa gangguan 2 fasa.
- 3-Phase *Faults-30Cycle Network* : untuk menganalisa gangguan 3 fasa pada system dengan waktu 30 cycle.
- LG,LL,LLG,& 3-Phase *Faults - 1/2 cycle* : Untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah, antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa selama 1/2 cycle.
- LG, LL, LLG, & 3-Phase *faults – 1.5 to 4 Cycle* : Untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah, antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa antara 1,5 sampai 4 cycle.
- LG, LL, LLG, & 3-phase *Faults – 30 Cycle* : Untuk menganalisa gangguan satuphasa ke tanah, antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 psaha selama 30 cycle.
- *Save Fault kA For PowerPlot*: Untuk studi lebih lanjut dengan program *powerplot* yang berhubungan dengan koordinasi.
- *Short circuit Display Options* : Untuk mengatur hasil *short circuit* yang ditampilkan sesuai dengan peralatan yang operasi.

- *Halt Current Calculation* : Untuk menghentikan proses *running short circuit*.
- *Get Online Data* : Untuk menyalin data *Online* jika komputer interkoneksi dengan menggunakan PSM (*online feature*).
- *Get Archived Data* : Untuk menyalin data *online* jika komputer terinterkoneksi

2. Toolbar IEC Standard



Gambar 2.30. *Toolbar Short Circuit IEC Standar Di ETAP*

- *LG, LL, LLG, & 3-Phase Faults (IEC 909)* : untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa dengan standar IEC 909.
- *3-Phase Faults - Transient Study (IEC 363)*: untuk menganalisa gangguan satu fasa ke tanah , antar fasa, dua fasa ke tanah dan 3 fasa dengan standar IEC 363.
- *Save Fault kA for PowerPlot*: untuk studi lebih lanjut dengan program *powerplot* yang berhubungan dengan koordinasi.
- *Short circuit Display Options*: untuk mengatur hasil *short circuit* yang ditampilkan sesuai dengan peralatan yang operasi.
- *Short circuit Report Manager*: untuk menampilkan hasil *short circuit*.
- *Halt Current Calculation*: untuk menghentikan proses *running short circuit*.
- *Get Online Data*: untuk menyalin data *online* jika komputer interkoneksi dengan menggunakan PSMS (*online feature*)
- *Get Archived Data*: untuk menyalin data *online* jika computer terinterkoneksi

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Dan waktu Penelitian

Adapun lokasi penelitian dilaksanakan di PT. JUI SHIN INDONESIA yang beralamat Gg. KIM jalan Pulau Pini Kav. 600352 Sampali, Kec. Percut Sei Tuan, Kab. Deli Serdang, Medan – Sumatera Utara

3.2 Peralatan Penelitian

Adapun Peralatan penelitian yang digunakan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian di PT. JUI SHIN INDONESIA adalah sebagai berikut :

1. Laptop

Peralatan utama untuk melaksanakan penelitian ini adalah seperangkat laptop *Asus Intel Inside*, CPU Dual Core, LCD 14”, HDD 500 GB, dan 2 GB of RAM, Version 2015. Alat ini digunakan untuk mengerjakan laporan Tugas Akhir, selain itu juga laptop dapat juga digunakan untuk berbagai keperluan computer seperti mengetik, mengelola data, online internet, dan juga dapat digunakan untuk menyimpan data (file, gambar, video, dan lain lainnya).

2. Flasdisk

Merek : *kingstore*

Memory : 16 GB

Alat ini digunakan untuk menyimpan data, memindahkan file/data untuk keperluan dari laporan tugas akhir.

3. Modem

Merk : *STC/ TCT Mobile Limited QGV*, Maksimum download up to 3.1 Mbps & Upload up to 1,8 Mbps. Alat ini digunakan mencari berbagai macam data keperluan dari situs internet guna untuk melengkapi data-data dari tugas akhir.

3.3 Data Penelitian

Adapun data yang diperoleh dari hasil pelaksanaan penelitian ini adalah data beban dari keseluruhan gedung PT. JUI SHIN INONESIA Secara

garis besarenergi listrik di PT. JUI SHIN INDONESIA digunakan untuk mensuplay beban seperti ini :

3.3.1. Beban Penerangan

- a. Lampu TL
- b. Lampu XL
- c. Lampu Pijar
- d. Lampu Merkuri

3.3.2. Beban Motor

- a. Mesin blow molding
- b. Mesin filling bottle
- c. Pompa air

3.3.3. Beban Elektronika

- a. Komputer
- b. Mesin Fotocopy
- c. Proyektor
- d. printer

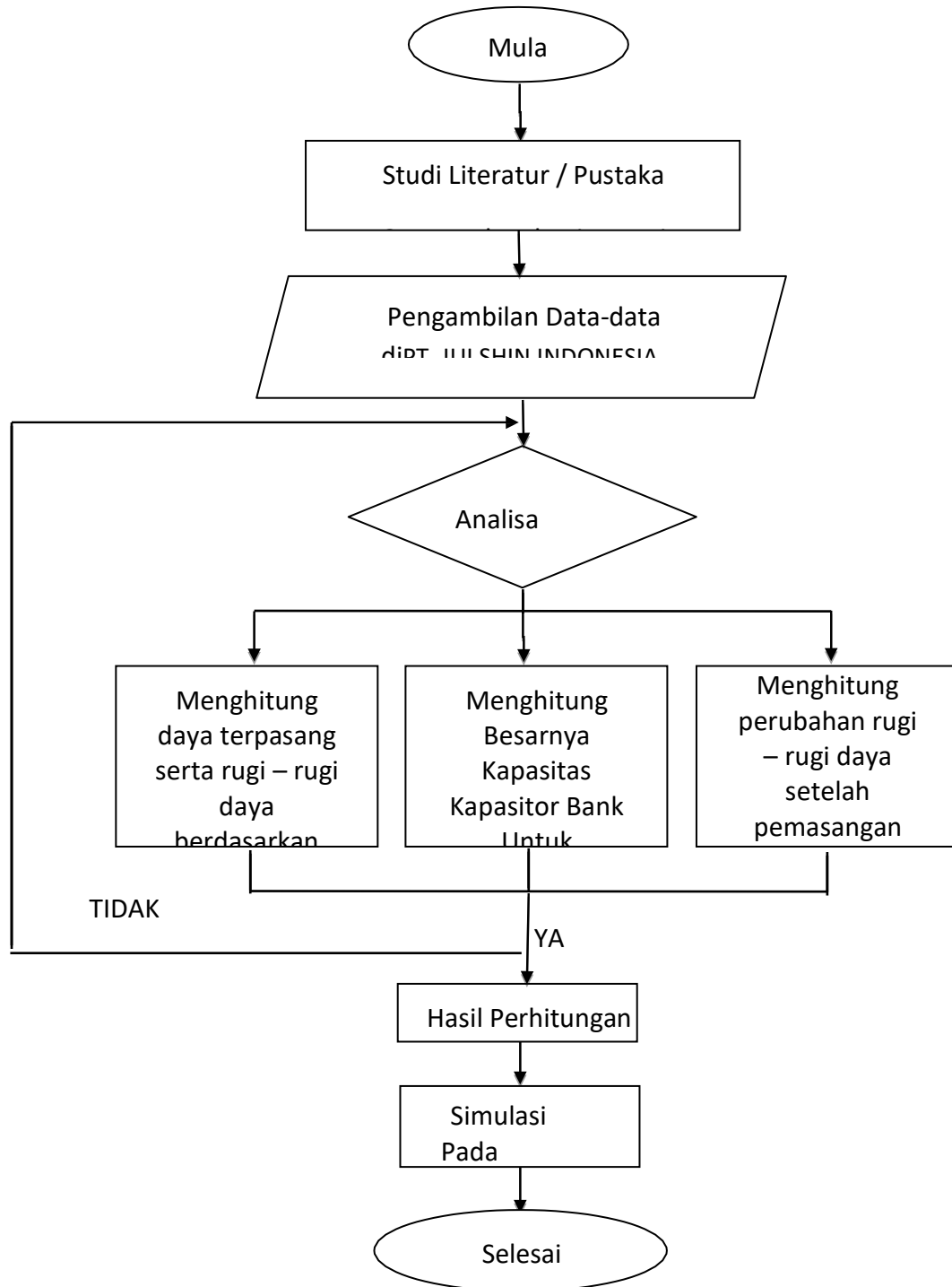
3.4 Metode Penelitian

Penelitian dimulai pertama kali dengan merumuskan masalah yang akan dikaji dalam penelitian, dilanjutkan dengan studi kepustakaan untuk mendukung dan sebagai landasan pelaksanaan penelitian. Langkah - langkah penelitian dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

1. Menghitung besarnya ukuran kapasitor yang dibutuhkan untuk mencapai faktor daya atau $\text{Cos } \phi$ yang diinginkan.
2. Menghitung besarnya daya reaktif di kompensasikan dengan cara mengurangi besarnya daya reaktif sebelum pemasangan kapasitor bank dengan daya reaktif setelah pemasangan kapasitor.
3. Menghitung biaya rekening listrik yang terjadi di bulan Mei di PT. JUI SHIN INDONESIA

Adapun proses berlangsungnya pelaksanaan penelitian ini dijelaskan dalam bentuk alur diagram alir berikut ini :

3.5 Flowchat Penelitian

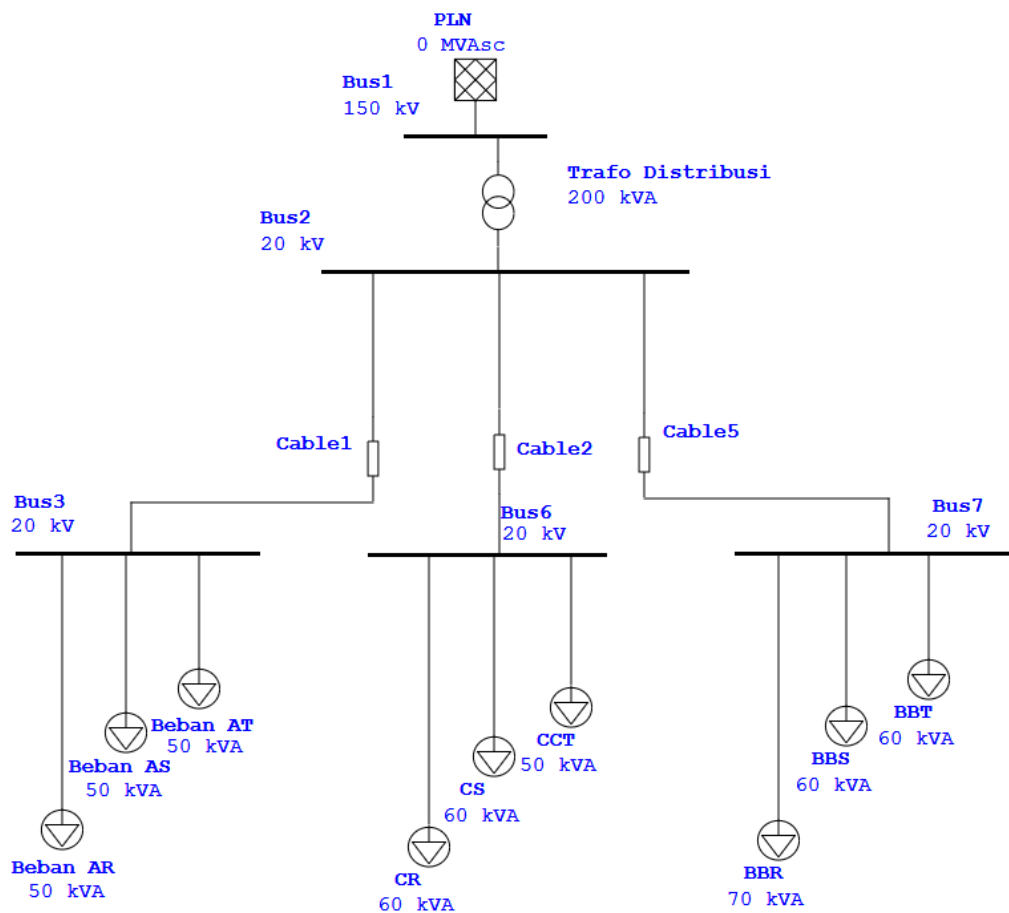


BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Sistem Kelistrikan Lokasi Penelitian

Daya yang digunakan dalam mensuplai yang ada pada pabrik disuplai dari sumber PLN. Dimana pabrik tersebut mempunyai kapasitas total beban sebesar 510 kVA dengan line pada bus yang mengalir dan masuk ke beban adalah sebesar 20 kV. Beban tersebut terbagi menjadi 3 line ataupun 3 bus dimana masing – masing bus beban terbagi menjadi 3 sesuai dengan kebutuhan pabrik.



Gambar 4.1 Sistem kelistrikan pada pabrik

Sumber daya yang disalurkan dari sistem transmisi PLN 150 kV melalui trafo yang merupakan transformator step down yang menurunkan tegangan dari 150 kV

menjadi 20 kV. Pada jaringan kelistrikan pabrik hampir semua menggunakan mesin – mesin listrik. Hal ini menyebabkan faktor daya hasil dari pengukuran sering kali tidak sesuai dengan standart yang diinginkan. Maka pada penelitian ini data sistem kelistrikan yang ada akan diambil pada masing – masing bus. Sehingga dapat diketahui rugi – rugi daya pada jaringan kelistrikan tiap – tiap bus pada lokasi penelitian dan dapat ditentukan nilai kapasitor yang dibutuhkan untuk meminimalisir rugi – rugi daya yang terjadi pada masing – masing bus yang ada.

4.2.Faktor Daya Pada Sistem Kelistrikan

Faktor daya merupakan perbandingan besar daya reaktif (KW) dengan besar daya semu (KVA) dari suatu sistem kelistrikan. Secara geometris hubungan antara daya aktif, daya semu, dan daya reaktif (KVAR) direpresentasikan oleh segitiga daya. Sehingga, faktor daya dapat juga dikatakan cosinus sudut antara vektor daya aktif dengan daya semu. Faktor daya dinyatakan dengan sudut pergeseran fase antara arus dengan tegangan dan arah pergeseran fase, tergantung pada jenis beban yang terpasang pada sistem kelistrikan.

Faktor daya pada cabang 20 kV pada lokasi penelitian masih rendah sehingga, kebutuhan akan pemakaian daya reaktif (KVAR) sangat besar, yang dapat mempengaruhi efisiensi kerja sistem kelistrikan, karena dalam suatu industri nilai faktor daya dan pemakaian daya reaktif telah dibatasi oleh PLN. Hal ini memerlukan suatu cara mengkompensair kebutuhan akan daya reaktif tambahan untuk memperbaiki faktor daya. Untuk mengatasi hal tersebut, kami mengambil data-data mengenai faktor daya ($\cos \phi$) pada lokasi penelitian, sehingga kami dapat mengetahui faktor daya dan mengevaluasikannya.

Pengukuran dilakukan pada masing – masing bus. Adapun data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut : Arus, Tegangan, Daya Aktif, Daya Semu, Nilai Cos Phi. Dengan mengetahui data yang dibutuhkan tersebut, maka penulis bisa melakukan perhitungan untuk menentukan nilai kapasitor yang akan digunakan untuk perbaikan nilai faktor daya.

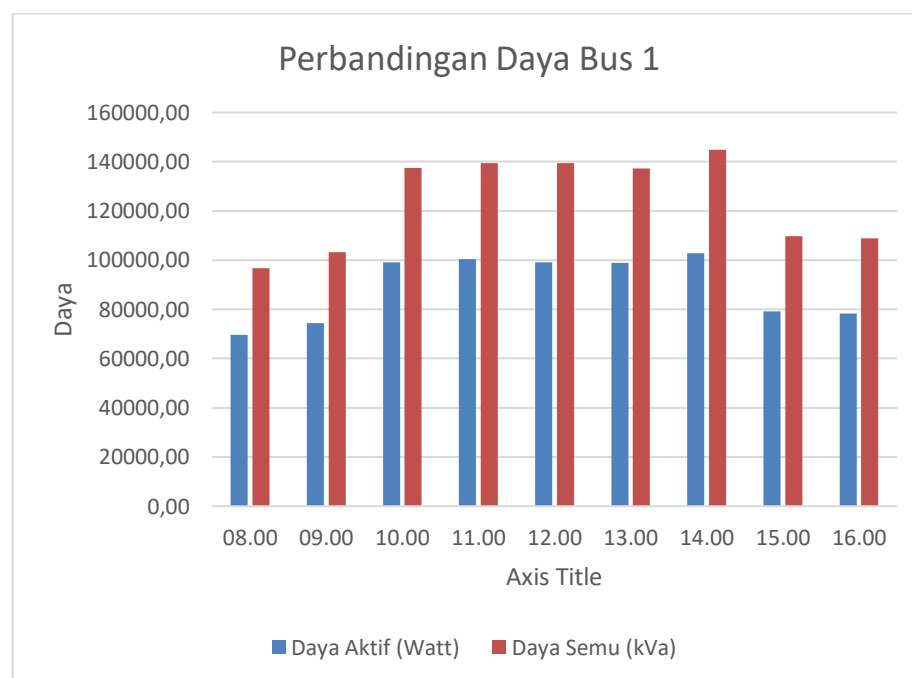
4.2.1. Data Bus 1

Adapun tabel data pada Bus-1 dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Bus-1

Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Aktif (Watt)	Daya Semu (kVa)	Cos Phi
08.00	256	378	69672,96	96768	0,72
09.00	273	378	74299,68	103194	0,72
10.00	362	380	99043,20	137560	0,72
11.00	367	380	100411,20	139460	0,72
12.00	367	380	99016,60	139460	0,71
13.00	362	379	98782,56	137198	0,72
14.00	381	380	102793,80	144780	0,71
15.00	289	380	79070,40	109820	0,72
16.00	288	378	78382,08	108864	0,72
Average	327,22	379,22	89052,50	124122,67	0,72

Dari data diatas dapat dihasilkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik arus data hari ke-1

Pada gambar grafik 4.1 dapat dilihat perbandingan antara daya semu dan daya aktif. Dimana daya aktif berada dibawah daya semu pada tiap jamnya. Hal ini disebabkan adanya pengalihan faktor daya pada daya aktif. Dimana dapat dilihat pada tabel 4.1 faktor daya ataupun cos phi pada bus 1 relatif stabil diangka 0,72, dimana angka tersebut masih jauh dibawah standart yang diberikan oleh PLN yaitu 0,8 untuk pabrik dengan penggunaan beban kebanyakan adalah induktif.

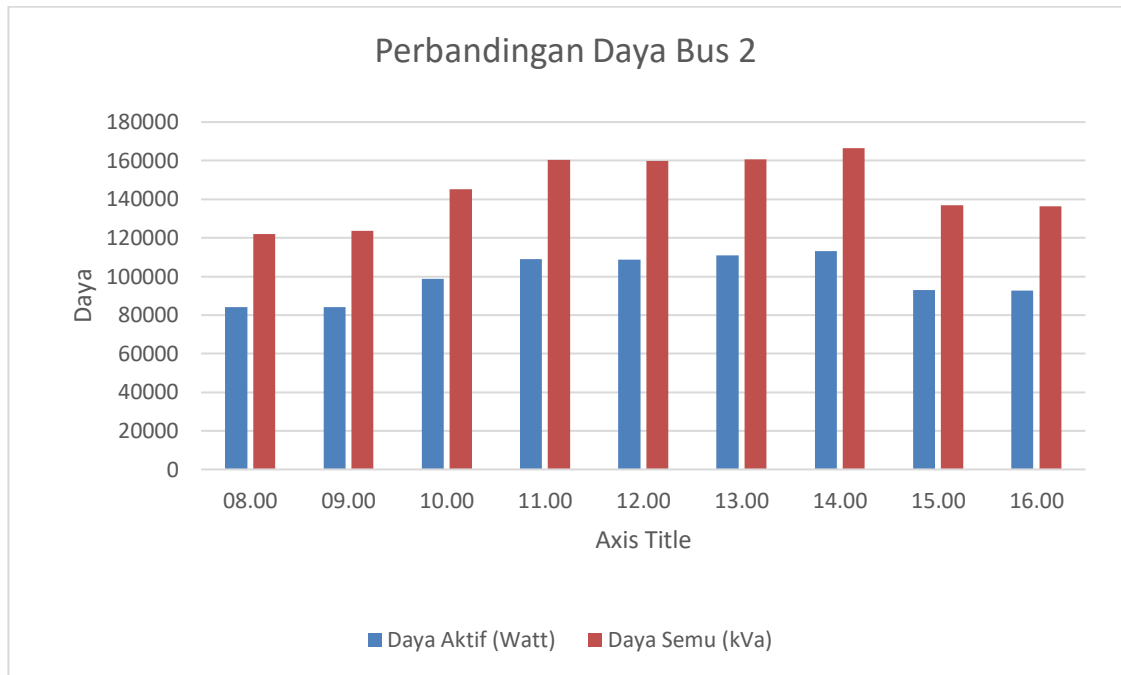
4.2.2. Data Bus 2

Adapun tabel data pada Bus-2 dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Bus-2

Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Aktif (Watt)	Daya Semu (kVa)	Cos Phi
08.00	321	380	84166,2	121980	0,69
09.00	325	380	83980	123500	0,68
10.00	383	379	98706,76	145157	0,68
11.00	422	380	109044,8	160360	0,68
12.00	422	379	108757,84	159938	0,68
13.00	423	380	110910,6	160740	0,69
14.00	438	380	113179,2	166440	0,68
15.00	361	379	93036,92	136819	0,68
16.00	361	378	92791,44	136458	0,68
Average	384,00	379,44	99397,08	145710,22	0,68

Dari data diatas dapat dihasilkan grafik sebagai berikut :



Gambar 4.2 Grafik arus data hari ke-2

Pada gambar grafik 4.2 dapat dilihat perbandingan antara daya semu dan daya aktif. Dimana daya aktif berada dibawah daya semu pada tiap jamnya. Hal ini disebabkan adanya pengalihan faktor daya pada daya aktif. Dimana dapat dilihat pada tabel 4.2 faktor daya ataupun cos phi pada bus 2 relatif stabil diangka 0,68, dimana angka tersebut masih jauh dibawah standart yang diberikan oleh PLN yaitu 0,8 untuk pabrik dengan penggunaan beban kebanyakan adalah induktif.

4.2.3. Data Bus 3

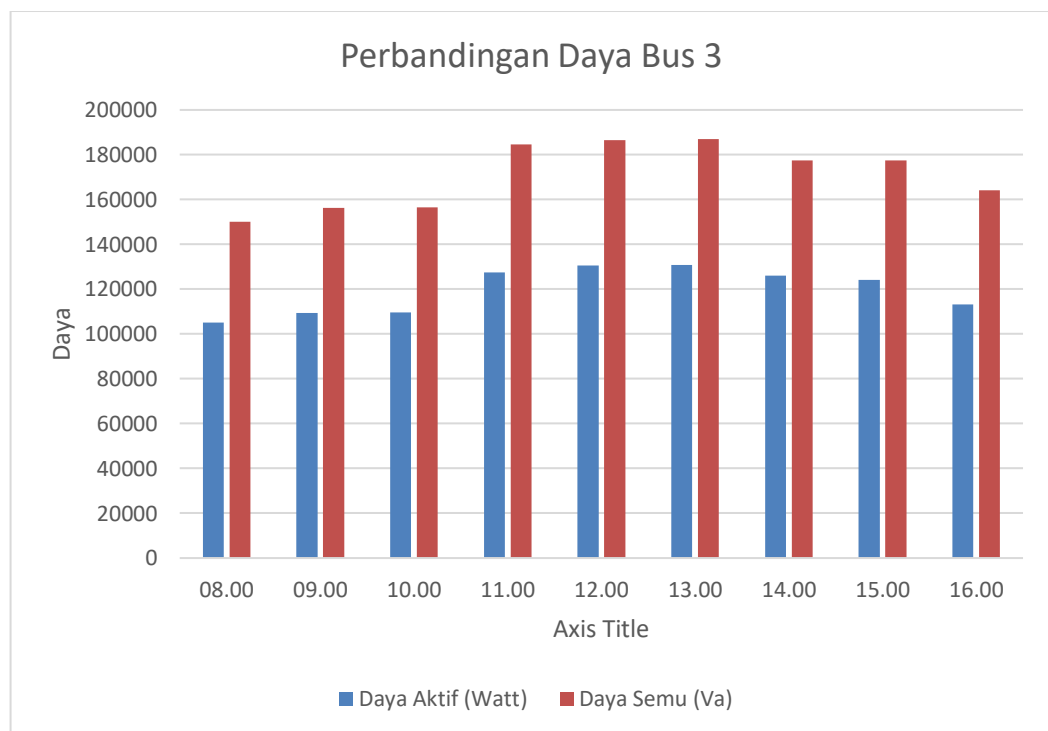
Adapun tabel data hari ke-3 dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data Hari ke-3

Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Aktif (Watt)	Daya Semu (Va)	Cos Phi
08.00	395	380	105070	150100	0,7
09.00	411	380	109326	156180	0,7
10.00	412	380	109592	156560	0,7

Waktu	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya Aktif (Watt)	Daya Semu (Va)	Cos Phi
11.00	486	380	127429,2	184680	0,69
12.00	491	380	130606	186580	0,7
13.00	492	380	130872	186960	0,7
14.00	467	380	125996,6	177460	0,71
15.00	467	380	124222	177460	0,7
16.00	432	380	113270,4	164160	0,69
Average	450,33	380,00	119598,24	171126,67	0,70

Gambar 4.3 Grafik arus data hari ke-3



Pada gambar grafik 4.3 dapat dilihat perbandingan antara daya semu dan daya aktif. Dimana daya aktif berada dibawah daya semu pada tiap jamnya. Hal ini disebabkan adanya pengalihan faktor daya pada daya aktif. Dimana dapat dilihat pada tabel 4.3 faktor daya ataupun cos phi pada bus 3 relatif stabil diangka 0,7, dimana angka tersebut masih jauh dibawah standart yang diberikan oleh PLN yaitu 0,8 untuk pabrik dengan penggunaan beban kebanyakan adalah induktif.

4.3. Menghitung nilai power faktor, arus, daya semu, daya reaktif dan kompensasi daya reaktif

4.3.1. Bus-1

Dari data yang telah diperoleh, dapat diketahui :

Daya Aktif (P) yaitu 89052,50 Watt, Daya semu (VA) yaitu 124122,67 VA sedangkan tegangan yang dihasilkan adalah 379,22 V.

Utuk menghitung sudut phi maka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\cos\varphi &= \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} \\ &= \frac{89052,50}{124122,67} \\ &= 0,72\end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}\varphi &= \cos^{-1}(0,72) \\ &= 43,9^\circ\end{aligned}$$

Menghitung daya reaktif :

$$\begin{aligned}Q &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ &= \sqrt{124,12^2 - 89^2} \\ &= \sqrt{7484,77} \\ &= 86,5 \text{ kVAR}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}Q_c &= P \sin \varphi \\ &= 89052,5 \sin 43,9 \\ &= 89052,5 \times 0,69\end{aligned}$$

$$= 61446,225 \text{ VAR} = 61,446 \text{ kVAR}$$

Daya reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga :

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q - Q_c \\ &= 86,5 - 61,446 \\ &= 25,054 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

4.3.2. Bus-2

Dari data yang telah diperoleh, dapat diketahui :

Daya Aktif (P) yaitu 99397,08 Watt, Daya semu (VA) yaitu 145710,22 VA sedangkan tegangan yang dihasilkan adalah 379,44 V.

Utuk menghitung sudut phi maka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Cos}\varphi &= \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} \\ &= \frac{99397,08}{145710,22} \\ &= 0,68 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \varphi &= \text{Cos}^{-1}(0,68) \\ &= 47,1^\circ \end{aligned}$$

Menghitung daya reaktif :

$$\begin{aligned} Q &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ &= \sqrt{145,7^2 - 99,39^2} \\ &= \sqrt{11350,11} \\ &= 106,53 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q_C &= P \sin \varphi \\ &= 99397,08 \sin 47,1 \\ &= 99397,08 \times 0,73 \\ &= 72812,62 \text{ VAR} = 72,81 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Daya reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga :

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q - Q_C \\ &= 106,53 - 72,81 \\ &= 33,72 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

4.3.3. Bus-3

Dari data yang telah diperoleh, dapat diketahui :

Daya Aktif (P) yaitu 119598,24 Watt, Daya semu (VA) yaitu 171126,67 VA sedangkan tegangan yang dihasilkan adalah 380 V.

Utuk menghitung sudut phi maka dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \cos \varphi &= \frac{\text{Daya Aktif}}{\text{Daya Semu}} \\ &= \frac{119598,24}{171126,67} \\ &= 0,698 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \varphi &= \cos^{-1}(0,698) \\ &= 45,7^\circ \end{aligned}$$

Menghitung daya reaktif :

$$\begin{aligned}
 Q &= \sqrt{S^2 - P^2} \\
 &= \sqrt{171,12^2 - 119,59^2} \\
 &= \sqrt{14980} \\
 &= 122,39 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

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

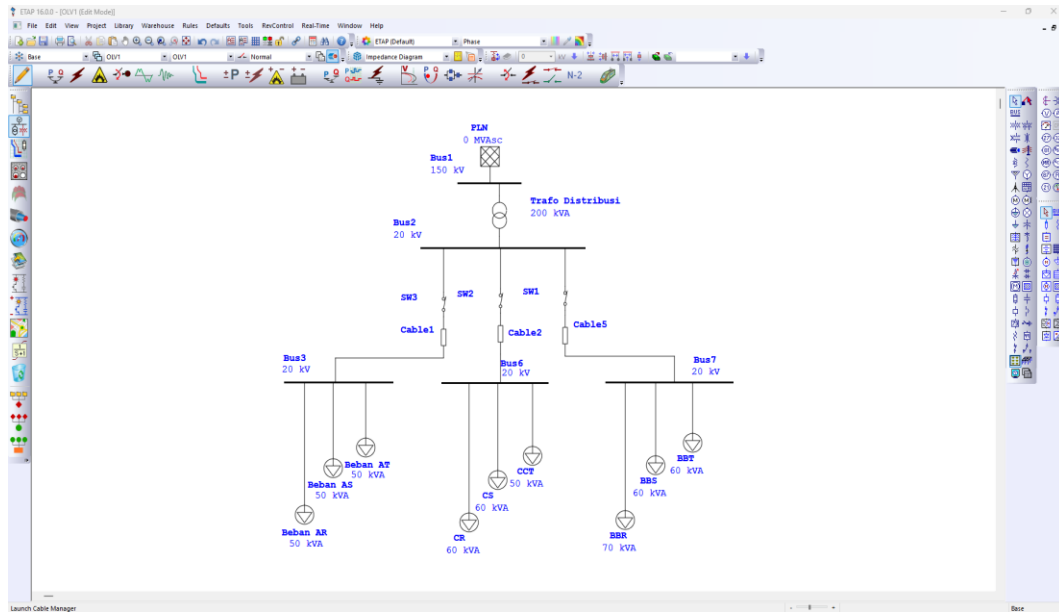
$$\begin{aligned}
 Q_C &= P \sin \varphi \\
 &= 119598,24 \sin 45,7 \\
 &= 119598,24 \times 0,715 \\
 &= 85512,57 \text{ VAR} = 85,512 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

Daya reaktif kapasitor tersebut secara langsung akan mengurangi daya reaktif induktif dari beban, sehingga :

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= Q - Q_C \\
 &= 122,39 - 85,512 \\
 &= 36,878 \text{ kVAR}
 \end{aligned}$$

4.4.Simulasi Perbaikan Faktor Daya

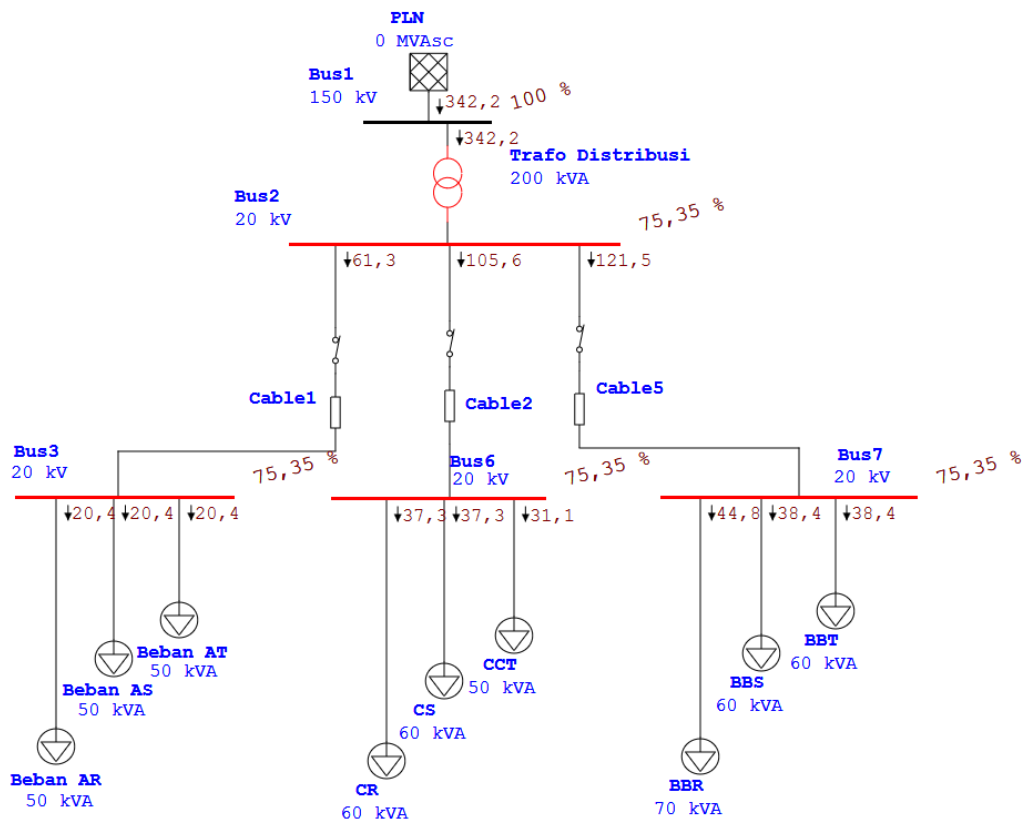
Pada simulasi perbaikan faktor daya ini dilakukan dengan menggunakan software ETAP. Dimana akan dilakukan 2 kali pengujian yaitu tanpa kapsitor bank sesuai dengan data beban yang telah ada. Dan dengan kapasitor bank dengan kapasitas yang telah ditentukan pada perhitungan sebelumnya.



Gambar 4.4 Simulasi ETAP

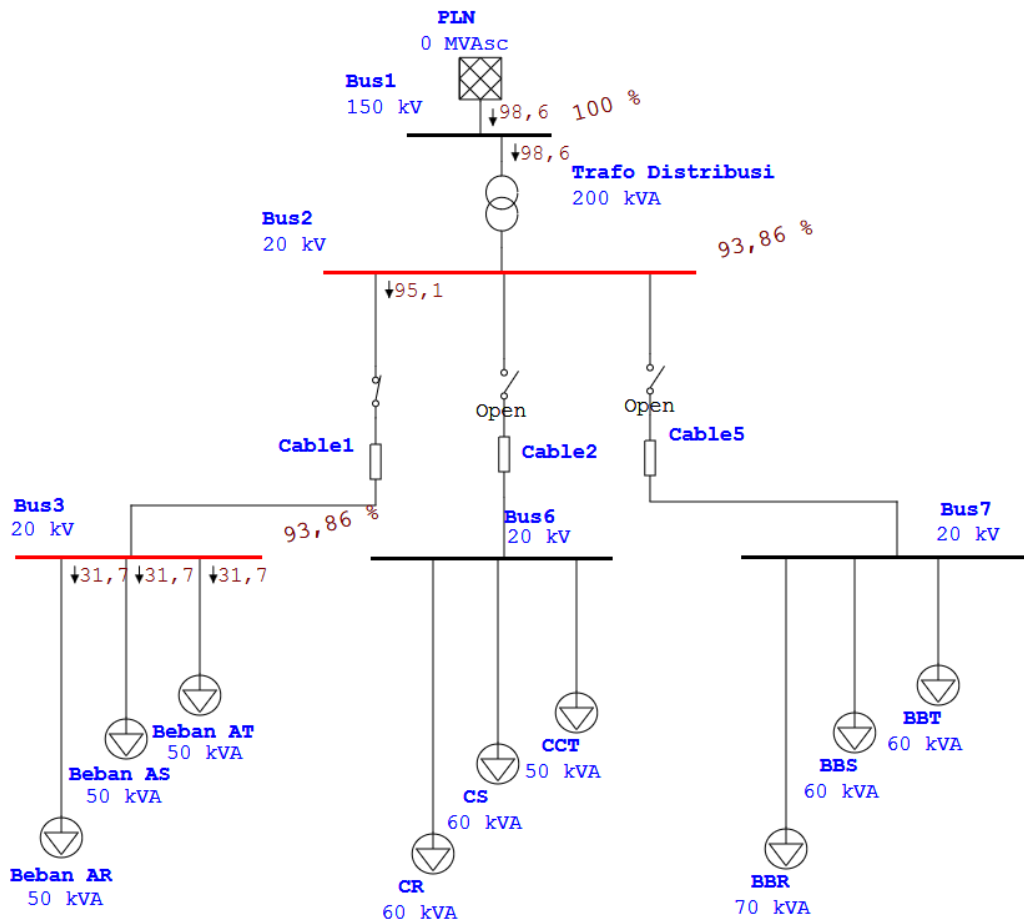
Dapat dilihat pada gambar 4.4 simulasi digunakan dengan menggunakan 4 komponen. Yaitu komponen pertama adalah sumber yaitu suplai awal energi listrik dari PLN dari transmisi dengan tegangan sebesar 150 kV. Kemudian masuk pada trafo stepdown menuju jaringan distribusi 20 kV, dimana pada sisi primer 150 kV dan sisi skunder adalah 20 kV. Selanjutnya beban disesuaikan dengan gambar yang diberikan pada lokasi penelitian. Dimana beban dibagi menjadi 3 bus dimana masing – masing bus memiliki beban yang berbeda - beda

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan simulasi beban tanpa menggunakan kapasitor bank dengan faktor daya sesuai dengan hasil pengukuran rata – rata sesuai dengan bus nya masing – masing. Adapun hasil simulasi beban tanpa kapasitor bank adalah sebagai berikut :



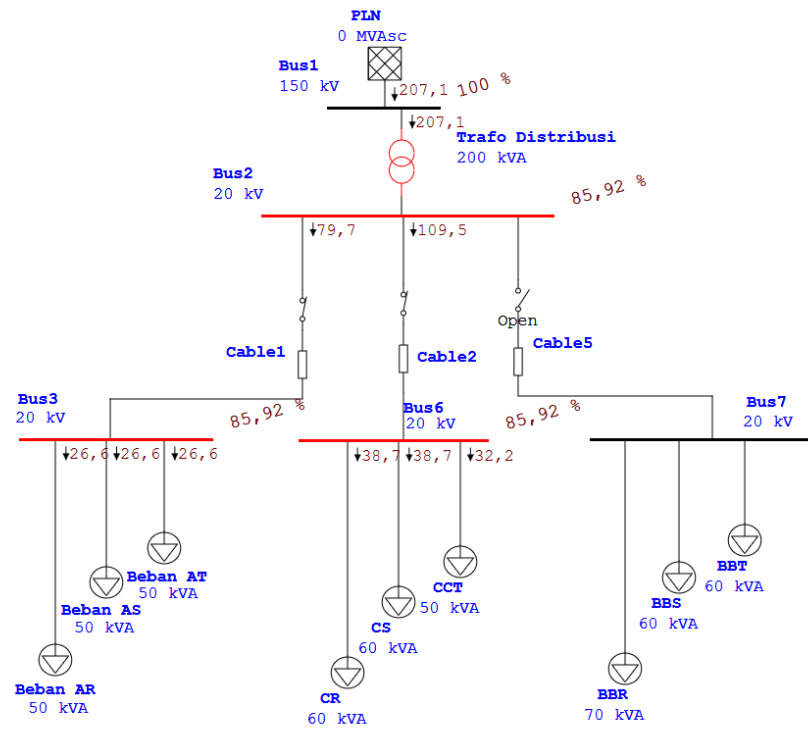
Gambar 4.5 Simulasi tanpa Kapasitor

Pada gambar 4.5 dapat dilihat hasil simulasi ketika 3 bus aktif mensuplai beban. Dimana pada masing – masing bus faktor daya ataupun efisiensi dari daya yang disuplai adalah 75,35%. Maka nilai ini tentu saja masih dibawah standart yang ditetapkan oleh PLN yaitu 0,85 atau 85%.



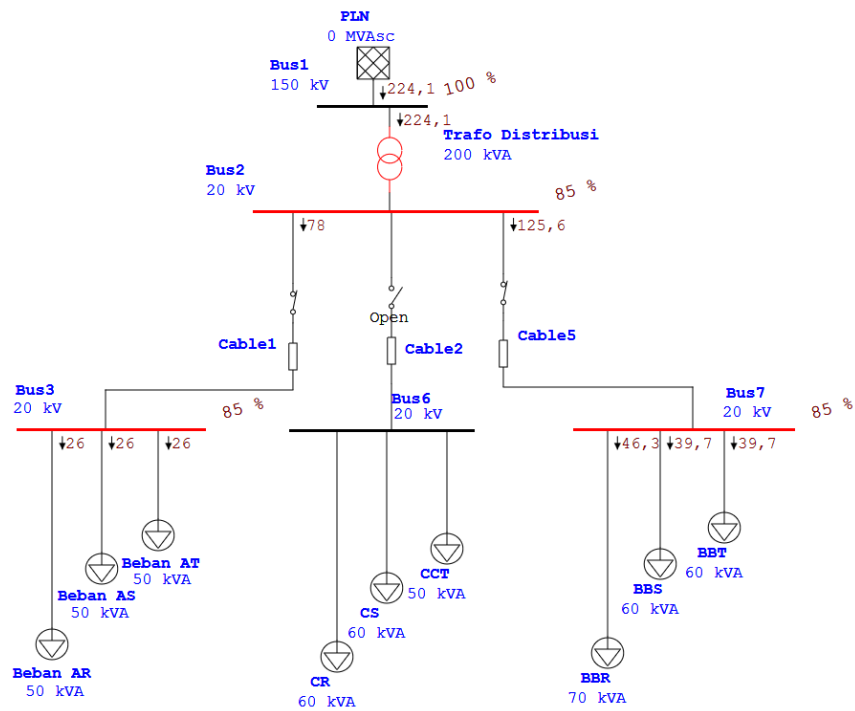
Gambar 4.6 Simulasi Etap 2 Bus off

Pada gambar 4.6 dilakukan simulasi dengan memutus switch bus 2 dan bus 3 yang artinya hanya beban pada bus 1 yang disuplai. Pada simulasi ini tingkat efisiensi daya yang masuk relatif jauh lebih tinggi yaitu 93,86 atau faktor daya 0,93. Hal ini disebabkan beban yang disuplai tidak terlalu besar hanya pada bus 1.



Gambar 4.7 Simulasi Etap Bus 3 off

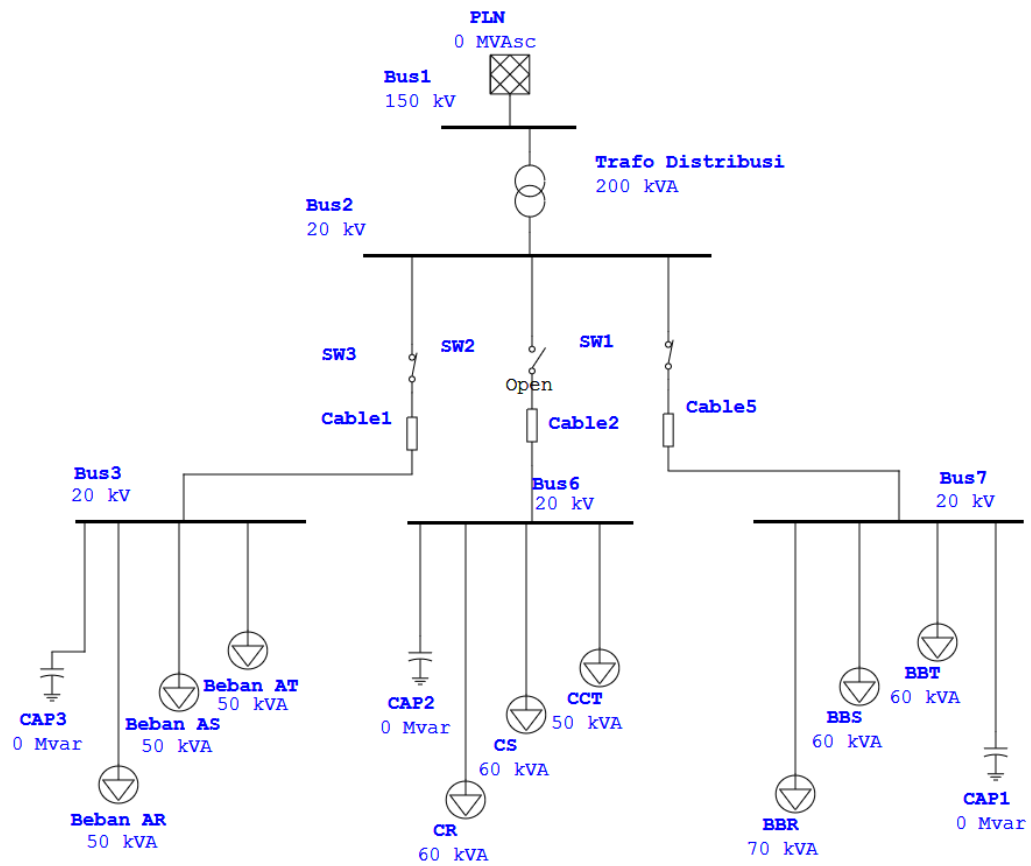
Sementara ketika bus 1 dan bus 2 on kemudian bus 3 switch dalam keadaan off, tingkat efisiensi daya berkurang menjadi 85% namun masih dalam batas standart yang ditetapkan.



Gambar 4.8 Simulasi etap bus 2 off

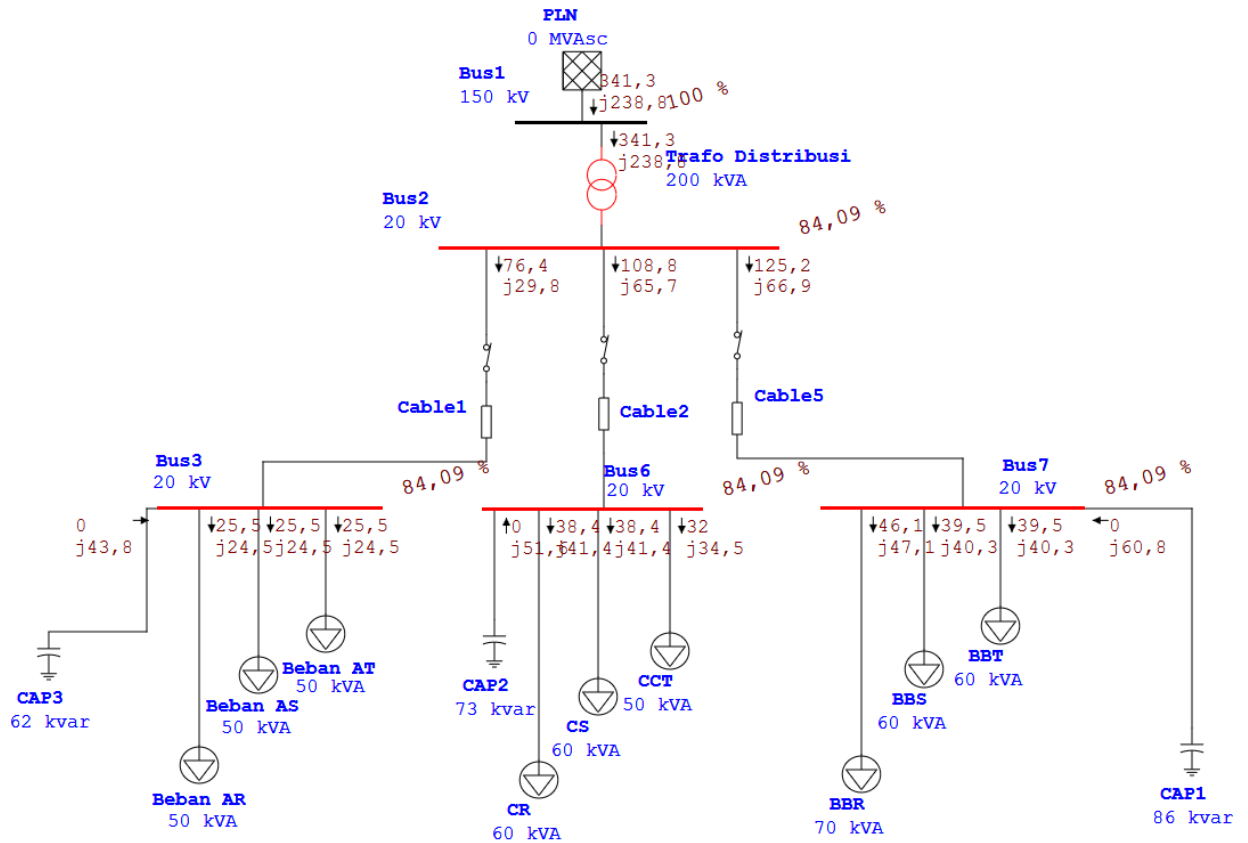
Hal yang sama terjadi ketika hanya bus 2 off dan bus 1 dan 3 on. Dapat dilihat pada gambar 4.8 efisiensi daya adalah sebesar 85% dan masih dalam standart yang ditetapkan. Artinya faktor daya atau efisiensi daya drop atau relatif rendah ketika semua bus 1 , 2 dan 3 dalam keadaan on yang membuat efisiensi menjadi turun sebesar 70%. Hal ini menyebabkan drop daya yang masuk juga relatif besar

Jika disimulasikan penambahan capasitor bank sesuai dengan hasil perhitungan pada masing – masing bus maka rangkaian sistem kelistrikan pada lokasi penelitian menjadi seperti gambar berikut :



Gambar 4.9 Penambahan Capacitor Bank

Dimana kapasitas capacitor bank disesuaikan dengan hasil perhitungan pada subbab sebelumnya. Adapun hasil simulasi dengan pengambahan capacitor bank pada masing – masing bus adalah sebagai berikut :



Gambar 4.10 hasil simulasi penambahan kapasitor bank

Pada gambar 4.10 dapat dilihat hasil simulasi dengan penambahan kapasitor bank dalam keadaan semua bus dalam keadaan aktif. Dengan pengubahan kapasitas kapasitor sesuai dengan hasil perhitungan yang ada, maka efisiensi daya yang pada awalnya adalah sebesar 70% naik menjadi 84%. Maka penambahan kapasitor bank menaikkan efisiensi sebesar 14% dari efisiensi awal. Hal ini menandakan penambahan kapasitor sesuai dengan hasil perhitungan dapat mengurangi daya reaktif serta rugi – rugi daya yang terjadi pada rangkaian listrik lokasi penelitian

BAB 5

PENUTUP

5.1.Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh daya reaktif terhadap beban pada lokasi penelitian. Maka adapun kesimpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut :

1. Profi tegangan pada jaringan kelistrikan lokasi penelitian menggunakan 3 phasa dengan tegangan 380 V. Adapun kapasitas beban yang terpasang berbeda pada masing – masing bus, dimana bus 1 150 kVA bus 2 170 kVA dan bus 3 190 kVA dengan total beban adalah 510 kVA
2. Faktor daya pada beban sebelum perbaikan dengan $\cos \varphi$ 0,70 menghasilkan daya reaktif yang relatif besar. Dikarenakan faktor daya relatif kecil maka rugi – rugi daya yang terjadi juga relatif kecil. Dengan hasil perhitungan kapasitas kapasitor yang dibutuhkan maka diperlukan pemasangan 1 unit kapasitor pada masing – masing bus dengan kapasitas pada bus 1 62 kVAR, pada bus 2 73 kVAR dan pada bus 3 86 kVAR.
3. Setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan software ETAP maka tampak jelas tegangan yang masuk pada beban meningkat dan faktor daya yang semula adalah 70% maka meningkat menjadi 84,9 %. Hal ini menandakan pemasangan kapsitor dan perhitungan kebutuhan kapasitor sudah tetap untuk meminimalisir drop tegangan yang terjadi

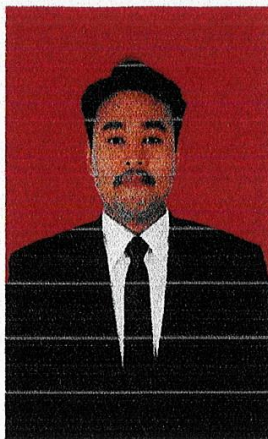
5.2.Saran

1. Diharapkan di masa yang akan datang dapat digunakan sebagai salah satu sumber data untuk penelitian selanjutnya dan dilakukan penelitian lebih lanjut berdasarkan faktor lainnya, variabel yang berbeda, jumlah data yang lebih banyak, tempat yang berbeda yang memiliki keterkaitan dengan dengan faktor daya
2. Penelitian tentang penggunaan listrik dapat dikembangkan atau dapat digunakan sebagai acuan dalam penelitian lebih lanjut.
3. Untuk mengurangi biaya penggunaan energi listrik perlu dilakukan sebagai berikut :
 - a. Mematikan beban listrik yang tidak digunakan.
 - b. Mengganti atau memasang peralatan listrik dengan peralatan yang lebih hemat energi.
 - c. Mematikan AC pada saat ruangan kosong dan mengatur suhu AC sesuai dengan jumlah orang pada ruangan karena jika semakin dingin, kerja motor pada AC akan semakin berat sehingga membutuhkan energi listrik yang besar pula.

DAFTAR PUSTAKA

- Edminister, J.A, 1997. *Rangkaian Listrik*, Jakarta: Erlangga.
- Mukhlis Baso.2011. *Evaluasi Penggunaan Listrik Pada Gedung di Lingkungan Universitas Tadulako* ,TugasAkhir, UNTAD.PALU.
- Pabla AS & Abdul Hadi. 1994. *Sistem Distribusi Rangkaian Listrik*. Jakarta : Erlangga.
- Parton & watkins 1998. *Perhitungan Instalasi Listrik Jilid 1*.Jakarta : Erlangga. Parton & watkins 1998. *Perhitungan Instalasi Listrik Jilid 2*.Jakarta : Erlangga. Parton & watkins 1999. *Perhitungan Instalasi Listrik Jilid 3*.Jakarta : Erlangga.
- Puput Hendro Prasetio. 2006. *Evaluasi Pemakaian Energi Listrik pada Gedung A Universitas Muhammadiyah Surakarta*,TugasAkhir, UMS. Surakarta.
- Rahardjo, Yadi Yunus. 2010. “Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi 3 Fase”. Seminar Nasional VI, ISSN 1978-0176, SDM Teknologi Nuklir, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir Yogyakarta.
- Ramadani, Mohammad. 2008. *Rangkaian Listrik*, Jakarta : Erlangga.
- Salpanio Ricky. 2007. *Audit Energi Listrik pada Gedung Kampus UNDIP Pleburan Semarang*,TugasAkhir, UNDIP. Semarang.
- Theraja BL. *A text Book Elektrical Teknology*, New Delhi : Nirja Construksi & Development Co.(P) Ltd.
- William H. Hayt Jr, Jack E Kemmerly. 1990. *Rangkaian Listrik*.Jakarta :Erlangga. Zuhail.2000. *Dasar Teknik Tenaga listrik dan Elektronika Daya*.Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Muhammad Edwin Syahputra
Alamat : Dusun II Jl. Pringgagan No. 23 Helvetia, Medan
Npm : 2007220037
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 06 Agustus 2002
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
No. Telepon/WathsApp : 087794772207
Email : muhammadedwinsyahputra@gmail.com
Tinggi/Berat Badan : 166 Cm/79 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia

ORANG TUA

Nama Ayah : Wiwin Syahputra
Agama : Islam
Nama Ibu : Nur Endang
Agama : Islam
Alamat : Dusun II Jl. Pringgagan No. 23 Helvetia, Medan

RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun 2009-2015 : SD PAB 13 Medan
Tahun 2015-2017 : SMPN 1 Labuhan Deli
Tahun 2017-2020 : SMK Raksana 1 Medan
Tahun 2020-2024 : S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)








DAFTAR ABSENTENSI BIMBING

ANALISA PERBAIKAN FAKTOR DAYA
MENGUNAKAN KAPASITOR BANK
DI PT. JUI SHIN INDONESIA

Nama : Muhammad Edwin Syafutra

NPM : 2007220037

Pembimbing : Muhammad Adam. S

No	Hari/ Tanggal	Pembahasan/Perbaikan	Tanda Tangan
1	Kamis 15/24 /2	Mkarti petunjuk Penulisan T.A cover dan formatnya	
2	Jumat 23/24 /2	Pelajari dengan seksama Perhitungan nya	
3	Kamis 9/24 /3	Pelajari tentang turunan rumus dan gambar gambar	
4	Kamis 21/24 /3	Pelajari tentang Penggunaan Tab	
5	Sabtu 23/24 /3	Pahami dan pelajari fungsi kerja kapasitor bank	
6	Senin 25/24 /3	Pelajari Plotat diagram Penelitian	
7	Sabtu 29/24 /3	Aec Seminar Proposal Kendaraan dgn Pradi	

Pembimbing

Muhammad Adam. S

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Muhammad Edwin Syahputra

NPM : 2007220037

Judul : Analisa Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di PT. JUI SHIN

INDONESIA

Dosen Pembimbing : Muhammad Adam, ST, MT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	Senin 31/5 24	Perbaiki Tafsiran teladan sesuai hasil Scopro	
2	Sabtu 13/6 24	Revisi dan pemenuhan tantung ETAP	
3	Senin 08/6 24	Revisi Perhitungan nilai per Pow	
4	Kamis 11/7 24	Revisi Gambar Grafik per Pow	
5	Kamis 05/9 24	Revisi nilai total beban dari hasil perhitungan	
6	Kamis 08/7 24	Gambar H.4 Besarkan supaya lebih jelas.	
7	Kamis 1/8 24	Revisi pustaka Lampiran 2 kemp Dosen UMS	
8	Rabu 14/8 24	Revisi untuk Skema dan	
9		Menjelaskan kondisi dgn Proli	10/8 24

Dosen Pembimbing

Muhammad Adam, ST, MT

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR




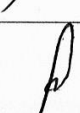


Nama : MUHAMMAD EDWIN SYAHPUTRA

NPM : 2007220037

Judul : Analisa Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di

PT. JUI SHIN INDONESIA

Dosen Pembimbing : MUHAMMAD ADAM, ST, MT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	Jumat 23/24 18	Lanjutan perbaikan perbaikan Sist. Tenaga	
2	Senin 24/24 18	Perbaiki Motor sesuai Peraturan	
3	Rabu 25/24 18	Perbaiki Gambar hasil Lab	
4	Jumat 27/24 18	Peningkatan Rethitung Motor Kapasitor	
5	Sabtu 28/24 18	Teori tentang Kapasitor	
6	Senin 29/24 19	Acc. untuk sistem tetap Kordinasi dgn Prodi	
7			
8			
9			

Dosen Pembimbing


MUHAMMAD ADAM, ST, MT