

TUGAS AKHIR
ANALISIS PERUBAHAN NILAI FAKTOR DAYA
DENGAN PENAMBAHAN KAPASITOR BANK
DI PT. CITRA DIMENSI ARTHALI

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD NUR ALFAZZARI

2007220087P



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

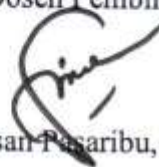
Nama : Muhammad Nur Alfazzari
NPM : 2007220087P
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Tugas Akhir Analisis Perubahan Nilai Faktor Daya
Dengan Penambahan Kapasitor Bank di
PT. Citra Dimensi Arthali
Bidang Ilmu : Sistem Tenaga

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, 2 Agustus 2023

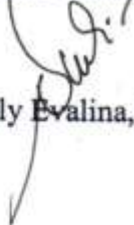
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembanding I



Noorly Evalina, S.T., MT.

Dosen Pembanding II



Ir Abdul Azis Hutasuhut, MM.

Ketua Prodi Teknik Elektro



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Nur Alfazzari
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 4 Juni 1999
NPM : 2007220087P
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Analisis Perubahan Nilai Faktor Daya Dengan Penambahan Kapasitor Bank di PT. Citra Dimensi Arthali”

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

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

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sadar dan tidak dalam tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun, demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2 Agustus 2023

Saya yang menyatakan,



Muhammad Nur Alfazzari

ABSTRAK

Industri pengolahan makanan (food) sangat bergantung terhadap pemakaian sumber tegangan 1 fasa maupun 3 fasa dalam hal pengolahan suatu produk untuk menghemat pemakaian energy listrik. Maka dari itu menganalisis perubahan nilai faktor daya dalam penggunaan alat industri dengan kapasitor bank untuk memperoleh nilai faktor daya yg sangat baik. Serta bahaya yg timbul pada kapasitor bank. Metode literatur, metode Observasi, metode Wawancara. hasil analisis nilai daya aktif rata-rata 150,432 kW, nilai daya reaktif rata-rata 59,53 kVAR dan nilai daya semu rata-rata sebesar 164,582 kVA. Kapasitor bank yang digunakan kapasitor self healing oil sebesar 48 Kvar pada panel PT. Citra Dimensi Arthali, perubahan nilai arus pada setiap fase sebelum dan sesudah kapasitor bank, fasa sebelum dipasang kapasitor bank arus fasa R 270 A, arus fasa S 320 A dan arus fasa T 230A pemakaian arus setelah pemasangan kapasitor bank arus fasa R 180 A, arus fasa S 257 A dan arus fasa T 185 A. Setelah dipasang kapasitor bank sebesar 48 Kvar, sebanyak tujuh kapasitor bank faktor daya ($\cos\phi$) dapat diperbaiki dari 0.80 menjadi 0,99. Pemasangan kapasitor bank dapat menurunkan daya aktif dari 149,206 kW menjadi 143,312 kW, Pemasangan kapasitor bank dapat menurunkan daya reaktif dari 111,722 kVAR menjadi 20,396 kVAR.

Kata Kunci : Kapasitor Bank, Perubahan $\cos\phi$, Perubahan Daya

ABSTRACT

Industry processing Food is very dependent on the use of resources 1 phase or 3 phase voltage in terms of processing product to save use of electrical energy. So there foreanalyze value change factor inner strength use of industrial equipment with capacitor banks to obtain value factor very powerful Good. As well as the dangers that arise in capacitor banks. Literature methods, observation methods, methods Interview. analysis results, the average active power value is 150,432 kW, the average reactive power value 59,53 kVAR and an average apparent power value of 164,582 kVA. capacitors are usedself healing oil amount 48 Left pada panel PT. Citra Dimensi Arthali, change current value at eachphase before and after the capacitor bank, before phase A capacitor bank is installed with an R phase current of 270 A, an S phase current of 320 A and a T phase current of 230 A. current after installing the capacitor bank R180 A phase current, S phase current 257 A and T phase current 185 A. After installing a capacitor bank of48 Left, a total of seven factor bank capacitors power ($\text{Cos}\phi$) canrepaired from 0.80 to 0,99. Installation of capacitor banks is possible reducing active power from 149,206 kW to 143.312 kW, Installation of capacitor banks canlower reactive power from 111.722 kVAR to 20,396 kVAR.

Keywords: Capacitor Bank, Changes $\text{Cos}\phi$, Power Change

KATA PENGANTAR



Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perubahan Nilai Faktor Daya Dengan Penambahan Kapasitor Bank di PT. Citra Dimensi Arthali” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, S.Pd, M selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T selaku Pembanding I yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
3. Bapak Ir. Abdul Azis Hutahut, MM. selaku Pembanding II yang telah memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Orang tua saya ayah dan ibu, saudara-saudara kandung saya serta seluruh keluarga besar penulis yang telah membantu atas dukungan moril maupun material, semangat, bimbingan dan kasih sayang tulus selama ini kepada penulis.
9. Teman-teman dekat penulis serta seluruh teman-teman seangkatan yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan dalam penulisan Tugas Akhir ini kedepannya.

Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih kepada para pembaca atas perhatiannya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis, bagi para pembaca umumnya dan bagi dunia kelistrikan khususnya.

Medan, 2 Agustus 2023



Muhammad Nur Alfazzi

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | iii |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Rumusan masalah | 2 |
| 1.3 Ruang Lingkup Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Metode Penelitian | 3 |
| 1.7 Sistematik penulisan | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan | 6 |
| 2.2 Definisi Kapasitor Bank | 9 |
| 2.3 Bagaimana Kapasitor Bank Memperbaiki Faktor Daya..... | 10 |
| 2.4 Perawatan dan Perlindungan Kapasitor Bank..... | 11 |
| 2.5 Kapasitor Seri Dan Kapasitor Pararel (Shunt) | 11 |
| 2.6 Pemilihan Antara Kapasitor Seri dan Kapasitor Pararel..... | 12 |
| 2.7 Kapasitor Hubungan Shunt / Paralel..... | 12 |
| 2.7.1 Hubung Delta | 12 |
| 2.7.2 Hubung Bintang | 13 |
| 2.8 Proses Kerja Kapasitor | 14 |
| 2.9 Kapasitor | 15 |
| 2.10 Jenis – Jenis Kapasitor Bank | 17 |
| 2.10.1 Kapasitor Bank Filter Harmonik (Harmonic Filter Capacitor Bank)..... | 17 |
| 2.10.2 Kapasitor Bank Bilik (Cubicle Capacitor Bank) | 18 |
| 2.10.3 Kapasitor Bank Open-rack..... | 18 |
| 2.10.4 Kapasitor Bank Pole Mounted (Dipasang di Tiang)..... | 18 |

| | | |
|--|--|-----------|
| 2.11 | Penentuan Besaran Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya..... | 19 |
| 2.12 | Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank..... | 19 |
| 2.13 | Komponen-komponen Kapasitor bank..... | 21 |
| 2.14 | Analisis Energi | 26 |
| 2.15 | Analisis Energi Kelistrikan | 27 |
| 2.16 | Kualitas Daya Listrik | 27 |
| 2.17 | Daya Listrik Secara Umum | 28 |
| 2.18 | Faktor Daya Mendahului (Leading)..... | 32 |
| 2.19 | Faktor Daya Terbelakang (Lagging)..... | 33 |
| 2.20 | Penyebab dan Akibat Rendahnya Faktor Daya..... | 33 |
| 2.20.1 | Penyebab faktor daya rendah..... | 33 |
| 2.20.2 | Akibat bila faktor daya rendah..... | 34 |
| 2.21 | Sifat Bahan Listrik..... | 35 |
| 2.21.1 | Beban Resistif (R) | 36 |
| 2.21.2 | Beban Induktif (L)..... | 36 |
| 2.21.3 | Beban Kapasitif (C)..... | 37 |
| 2.21.4 | Faktor Daya | 38 |
| 2.22 | Perbaikan Faktor Daya Listrik..... | 39 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | 43 |
| 3.1 | Tempat Dan Waktu Penelitian..... | 43 |
| 3.2 | Bahan dan Peralatan..... | 43 |
| 3.3 | Teknik Pengumpulan Data | 43 |
| 3.4 | Bagian Alir Penelitian | 44 |
| 3.5 | Prosedur Penelitian..... | 45 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 45 |
| 4.1 | Data Spesifikasi Kapasitor | 45 |
| 4.2 | Data Spesifikasi Power Factor Controller (ABB)..... | 47 |
| 4.3 | Prinsip Kerja Kapasitor Bank | 48 |
| 4.4 | Bahaya Kapasitor Bank..... | 48 |
| 4.5 | Perbaikan Faktor Daya | 50 |
| 4.6 | Analisis Data Operasional | 51 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 58 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 58 |

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 5.2 | Saran | 59 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 61 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel. 2.1. Contoh faktor daya listrik dari beberapa pabrik..... | 42 |
| Tabel 4.1 Data Kapasitor Bank, tegangan, arus dan faktor daya | 51 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan Tegangan, Arus dan Faktor Daya | 54 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. (a) Jaringan Distribusi listrik terpasang kapasitor | 10 |
| (b) Perbaikan Faktor Daya Dengan Kapasitor | 10 |
| Gambar 2.2. Rangkaian Seri dan Paralel Kapasitor | 11 |
| Gambar 2.3. Kapasitor Hubung Delta..... | 12 |
| Gambar 2.4. Kapasitor Hubung Bintang..... | 13 |
| Gambar 2.5. Bagian-bagian dari kapasitor..... | 15 |
| Gambar 2.6. Prinsip Kinerja Sebuah Kapasitor | 17 |
| Gambar 2.7. Wiring diagram kapasitor bank dengan panel utama | 23 |
| Gambar 2.8. Arah aliran arus listrik..... | 28 |
| Gambar. 2.9. Arah Aliran arus listrik..... | 29 |
| Gambar 2.10. Segitiga Daya | 31 |
| Gambar 2.11. Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut ϕ | 33 |
| Gambar 2.12. Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut ϕ | 33 |
| Gambar 2.13 Rangkaian resistif Gelombang AC..... | 36 |
| Gambar 2.14. Grafik Arus dan Tegangan Pada Beban resistif | 36 |
| Gambar 2.15. Rangkaian Induktif Gelombang AC..... | 37 |
| Gambar 2.16. Grafik Arus dan Tegangan Pada Beban Induktif | 37 |
| Gambar. 2.17. Arus mendahului 90° dari tegangan | 38 |
| Gambar. 2.18. (a) beban induktif dan | 40 |
| (b) beban induktif dengan pemasangan kapasitor | 40 |
| Gambar. 2.19. Segitiga daya untuk perbaikan faktor daya | 41 |
| Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian | 44 |
| Gambar 4.1 <i>Name Kapasitor Bank</i> | 45 |
| Gambar 4.2 Panel Kapasitor Bank..... | 46 |
| Gambar 4.3 Power Factor Controller (ABB) | 47 |
| Grafik 4.1 Data Analisis Hubungan Antara $\cos\phi$ dengan Arus..... | 52 |
| Gambar 4.4 Diagram Segitiga daya untuk perbaikan faktor daya | 53 |
| Gambar 4.5 Diagram Perbaikan Faktor Daya Dengan Kompensasi Daya Reaktif..... | 54 |
| Grafik 4.2 Data Analisis Perubahan Daya Reaktif Pengaruh $\cos\phi$ | 55 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi mendorong sektor industri untuk lebih kreatif dalam membuat sebuah alat sederhana. Penggunaan kapasitor bank di industri misalnya sebagai alat kompensator faktor daya, memperbaiki drop tegangan pada ujung jaringan, atau kenaikan suhu dan arus pada penghantar bisa diperkecil dengan di pasang kapasitor.

Kapasitor disebut juga kondensator adalah alat atau komponen listrik yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu. Bank kapasitor yang memiliki ukuran yang tepat dihubungkan pada motor induksi untuk beberapa alasan seperti koreksi faktor daya, mengurangi distorsi, meningkatkan kapasitas dan lain lain. Salah satu parameter yang dapat dijadikan ukuran dalam sistem kelistrikan adalah kandungan harmonisa dan besarnya faktor daya dalam sistem.

Kapasitor terdiri dari dua konduktor (lempengan logam) yang dipisahkan oleh bahan penyekat (isolator). Kapasitor juga dipakai pada filter. Converter daya statis merupakan beban nonlinier terbesar. Kekuatan dielektrik merupakan ukuran kemampuan suatu material untuk bisa menahan tegangan tinggi tanpa berakibat terjadinya kegagalan dielektrik. Harmonisa pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh beban-beban non-linear. Isolator ini sering disebut bahan (zat) dielektrik. Tingginya kandungan harmonisa pada sistem tenaga listrik berdampak buruk pada kualitas daya listrik. Kapasitor bank yang terpasang dan digunakan secara kontinyu, seringkali kapasitor bank mengalami kerusakan yang fatal seperti short circuit pada rangkaian capasitor bank yang mana dapat menimbulkan ledakan dan kebakaran yang berakibat kerugian yang sangat besar bagi perusahaan. Untuk itu perlu adanya tindakan pencegahan dan upaya untuk meminimalisir kerusakan kapasitor bank dengan cara menganalisa sumber-sumber potensi yang dapat

menyebabkan kerusakan pada kapasitor bank. Listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan manusia.

Industri pengolahan makanan (food) sangat bergantung terhadap pemakaian sumber tegangan 1 fasa maupun 3 fasa dalam hal pengolahan suatu produk untuk menghemat pemakaian energy listrik. Maka dari itu saya ingin menganalisis perubahan nilai factor daya dalam penggunaan alat industri dengan kapasitor bank untuk memperoleh nilai factor daya yg sangat baik. Berdasarkan permasalahan diatas maka penulis tertarik membahas “ANALISIS PERUBAHAN NILAI FAKTOR DAYA PENAMBAHAN KAPASITOR BANK DI PT. CITRA DIMENSI ARTHALI” sebagai judul skripsi.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat di ambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana prinsip kapasitor bank pada perubahan nilai faktor daya ?
2. Apa saja bahaya yang timbul di kapasitor bank akibat gangguan sistem ?
3. Bagaimana analisa besar nilai kompensasi daya reaktif sebagai hasil dari peningkatan faktor daya ?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian dapat menghasilkan suatu hasil yang maksimal, maka perlu dilakukan pembatasan masalah antara lain :

1. Hanya membahas prinsip kapasitor pada perubahan nilai faktor daya.
2. Bahaya yang timbul pada kapasitor bank.
 - Menurunnya kemampuan penyaluran jaringan.
 - Meningkatnya rugi-rugi tegangan
3. Hanya membahas besar nilai kompensasi daya reaktif sebagai hasil peningkatan faktor daya.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dan pembatasan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana prinsip kapasitor bank pada faktor daya.
2. Mengetahui bahaya yang timbul pada kapasitor bank.
3. Menganalisis hasil kompensasi daya reaktif sebagai hasil dari peningkatan faktor daya.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan memiliki manfaat, adapun manfaat penelitian ini yaitu :

1. Menganalisa sistem kapasitor bank pada faktor daya agar dapat dijadikan acuan pada sistem tegangan listrik.
2. Sebagai bahan evaluasi dari langkah teknis yang telah ada dan akan diambil dalam masalah pendistribusian.
3. Mengetahui perbandingan pengukuran secara digital dan manual sebagai bahan Analisa sistem kapasitor bank.

1.6 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, menggunakan 4 macam metode yaitu:

1. Metode Literatur, mengumpulkan bahan-bahan yang berhubungan dengan judul penelitian dari buku-buku yang ada di perpustakaan dan ada hubungannya dengan pengukuran menggunakan power meter.
2. Metode Konsultasi/wawancara, untuk memperoleh Informasi yang lebih jelas mengenai judul yang akan dibahas, penulis mengadakan suatu metode tukar pendapat dan konsultasi dengan Dosen Pembimbing.
3. Metode Pengukuran, melakukan pengamatan dan pengukuran secara langsung menggunakan power meter.

4. Analisa, yaitu menganalisa hasil pengukuran AVO meter dan power meter dengan manual.

1.7 Sistematik penulisan

Sistematika penulisan skripsi bertujuan untuk memberikan pengarahan secara jelas tentang isi yang akan dimuat pada penulisan skripsi ini yang merupakan garis besar dari isi skripsi. Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

BAB 1: PENDAHULUAN

Pada bab ini akan mengawali penulisan dengan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini di dapati tinjauan pustaka yang relevan, representasi sistem pentanahan yang memuat tentang penjelasan tentang teori, pengertian dan definisi yang berkaitan dengan pembahasan skripsi.

BAB 3: METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode penelitian, pengambilan data dan alat-alat yang digunakan.

BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan hasil dan pembahasan dari analisa data menggunakan earth tester dan perhitungan serta perbandingan sesudah penelitian.

BAB 5: KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang hasil penelitian yang telah disimpulkan, setelah dapat dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisikan referensi, buku, jurnal, untuk menghindari terjadinya persamaan penulis atau plagiat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian yang berjudul “Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Gedung Ti Bri Ragunan” Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kapasitor bank terhadap faktor daya Gedung TI BRI ragunan. Hasil yang didapat dari Analisa dengan mengambil sampel selama 4 hari di dapatkan besarnya kompensasi daya reaktif sebesar 115,690 KVA_r, kapasitor bank 12 step dimana setiap step mengkompresasi 83,3 KVA_r dengan nilai kapasitor 175 microfarad. Dengan rata-rata faktor daya 0,97 sangat berpengaruh dengan beban (I_2) sebesar 801,75A (rata-rata) dengan membandingkan faktor daya standar 0,85 maka pengaruh beban (I_1) sebesar 912,9A maka semakin besar nilai faktor daya mendekati 1, maka arus yang mengalir pada jaringan distribusi kelistrikan Gedung akan semakin kecil[1].

Penelitian yang berjudul ”Analisa Penempatan Kapasitor Bank Untuk Perhitungan Drop Voltage Pada Feeder Batang 02 Tahun 2012-2016 Dengan Software Etap 7.0.0” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui drop voltage pada feeder batang. Pada kondisi ekstrak terhadap 3 feeder dari GI batang kurang memenuhi kriteria yang di tentukan PLN (drop voltage besar) yaitu : batang I (9,272%), batang 2 (13,068%), batang 3 (16,419%). Berdasarkan simulasi software Etap 7.0.0 pada feeder batang II dari tahun 2012-2016 drop voltage melebihi standar yang diijinkan yaitu 5,5%, pada pengujian perbaikan tegangan, dari tahun 2012-2015 (1,23%; 2,43; 3,88; 5,147%) telah melebihi batas yang di tentukan sedangkan untuk tahun 2016 (6,95%) melebihi batas yang ditentukan[2].

Penelitian yang berjudul ” Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor” Hasil penghitungan kapasitor 829,7 kVA_r sementara kapasitor yang terpasang 1200 kVA_r, ditemukan adanya 3 beban yang paling besar terdapat pada traformator manual dengan arus mencapai 10561,6 A, dari pengukuran THD-U (tegangan) masih dibawah standart

aman 5% yakni berkisar antara 0,4% sampai 2,4%. Sementara untuk THD-I (arus) hasil pengukuran berada di atas standart 20% yaitu sekitar 40%. Kerusakan kapasitor disebabkan karena adanya beban non linier yang besar dari trafo yang dapat menyebabkan panas pada unit kapasitor[3].

Penelitian yang berjudul ” Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Reefer Plug di PT. Pelindo IV Cabang Makassar New Port” Dengan penggunaan kapasitor bank berkapasitas 300kVAR rata-rata daya reaktif yang dihasilkan sebesar 51,6 kVAR, dimana rata-rata daya reaktif sebelum beban dihubungkan dengan kapasitor bank sebesar 78,1 kVAR sehingga rata-rata daya reaktif yang diserap oleh beban sebesar 26,5 kVAR, rata-rata daya semu sebelum beban dihubungkan dengan kapasitor bank sebesar 108,7 kVA. Setelah beban dihubungkan dengan kapasitor bank rata-rata daya semu berkurang menjadi 79,3 kVA, sehingga persentase efisiensi penggunaan kapasitor bank sebesar 27,04 % [4].

Penelitian yang berjudul ” Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba PT. PLN Ngagel Surabaya” Faktor daya dari 0,8 menjadi 0,95 ialah dengan menambahkan kapasitor bank dengan total kapasitas kapasitor bank (Q_c) sebesar 700,52 kVAr. Nilai rugi-rugi daya pada penyulang Lumumba di PT. PLN Ngagel Surabaya sebelum perbaikan sebesar 26,5 kW dan 75,7 kVAr. Dengan faktor daya sebesar 0,8 dimana drop tegangan paling besar pada sistem jaringan terjadi pada trafo BD179 sebesar 4,33%. Setelah dilakukan perbaikan dengan pemasangan kapasitor bank, nilai rugi-rugi daya pada penyulang Lumumba menjadi 18,6 kW dan 53,1 kVAr. Dengan faktor daya rata-rata sebesar 0.959 pada sistem. Dimana drop tegangan paling besar pada sistem jaringan terjadi pada trafo BD179 sebesar 2,58% [5].

Penelitian yang berjudul ” Analisis Perubahan Nilai Faktor Daya Terhadap Pemasangan Kapasitor Bank Pada Unit Boiler Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu” Pada simulasi sistem kelistrikan Unit Boiler PPSDM Migas mengalami perubahan dengan memasang kapasitor bank dengan kapasitansi 45 kVAR yang semula memiliki nilai faktor daya 89,0

meningkat menjadi 97,6 sesuai dengan target $\cos \phi$ yang diinginkan dalam penelitian. Arus pada saluran bus juga mengalami penurunan dari yang sebelumnya 16,4 A menjadi 14,9 A[6].

Penelitian yang berjudul ” Pemasangan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan Faktor Daya Pada Panel Utama Listrik Gedung Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor” Setelah dipasang kapasitor bank sebesar 6 kVAr pada panel LVMDP FT-UIKA Bogor, pemakaian arus fasa R mengalami penurunan rata-rata dari 39,16 A menjadi 32,49; pemakaian arus fasa S mengalami penurunan rata-rata dari 44,71 A menjadi 36,37 A; pemakaian arus fasa T mengalami penurunan rata-rata dari 43,29 A menjadi 35,66 dan pemakaian arus fasa Netral mengalami penurunan rata-rata dari 11,47 A menjadi 9,29 A, Setelah dipasang kapasitor bank sebesar 6 kVAr pada panel LVMDP FT-UIKA Bogor, faktor daya ($\cos \phi$) dapat diperbaiki rata-rata dari 0,62 menjadi 0,79. Pemasangan kapasitor bank dapat menurunkan daya aktif rata-rata dari 16,77 kW rata-rata menjadi 16,73 kW, Pemasangan kapasitor bank dapat menurunkan daya reaktif rata-rata dari 21,29 kVAr menjadi 14,41 kVAr[7].

Penelitian yang berjudul ” Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Motor Induksi Dan Jaringan Listrik” pemasangan kapasitor koreksi serta potret sistem kapasitor koreksi $3 \times 25 \mu\text{F}$ yang terhubung secara Y terpasang pada motor induksi 3 fasa, 1,1 kW, 380, Dalam penempatannya diusahakan kapasitor dipasang sedekat mungkin dengan motor dan setelah alat proteksi MCB agar aman. Untuk menjaga capasitor bank bekerja pada level tegangan yang aman, maka dipilihlah capasitor bank dengan hubungan bintang (Y). Selain itu perlu selektif dalam pemilihan kapasitor, karena beberapa jenis kapasitor tidak linear artinya dapat menimbulkan distorsi harmonic pada saluran dan peralatan yang akan meningkatkan rugi rugi[8].

Penelitian yang berjudul “Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata Pt Pln Ngagel Surabaya” Nilai rugi - rugi daya pada penyulang Barata di PT. PLN Ngagel yang mana sebelum perbaikan sebesar 4,33 kW dan 6,627 kVar. Faktor daya sebesar 0,8 yang mana drop

tegangan paling besar pada sistem jaringan terjadi pada trafo BD 516 sebesar 0,018 %. Setelah dilakukan perbaikan dengan pemasangan kapasitor bank, nilai rugi - rugi daya pada penyulang Barata menjadi 3,247 kW dan 4,967 kVar dengan faktor daya rata - rata sebesar 0,0034 pada sistem dimana drop tegangan paling besar terjadi pada sistem jaringan terjadi pada trafo BD 516 sebesar 0,13 % [9].

2.2 Definisi Kapasitor Bank

Bank kapasitor (capacitor banks) adalah peralatan yang digunakan untuk memperbaiki kualitas pasokan energi listrik antara lain memperbaiki mutu tegangan disisi beban dan memperbaiki faktor daya ($\cos \phi$), yang akan mempengaruhi besarnya arus (Ampere).[1]

Pemasangan kapasitor bank pada sebuah sistem listrik akan memberikan keuntungan sebagai berikut :

1. Peningkatan kemampuan jaringan dalam menyalurkan daya
2. Optimasi biaya : ukuran kabel diperkecil
3. Mengurangi naiknya arus/suhu pada kabel, sehingga mengurangi rugi-rugi daya

Peningkatan faktor daya ini tergantung dari seberapa besar nilai kapasitor yang dipasang (dalam kVAR). Sehingga mengurangi denda VARh, Besarnya pemakaian energi listrik itu disebabkan karena banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan, Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat induktif dan kapasitif. Di mana beban induktif (positif) membutuhkan daya reaktif seperti trafo pada rectifier, motor induksi dan, kompressor AC sedang beban kapasitif (negatif) mengeluarkan daya reaktif, Akibat menurunnya pf itu maka akan muncul beberapa persoalan sebagai berikut :[1]

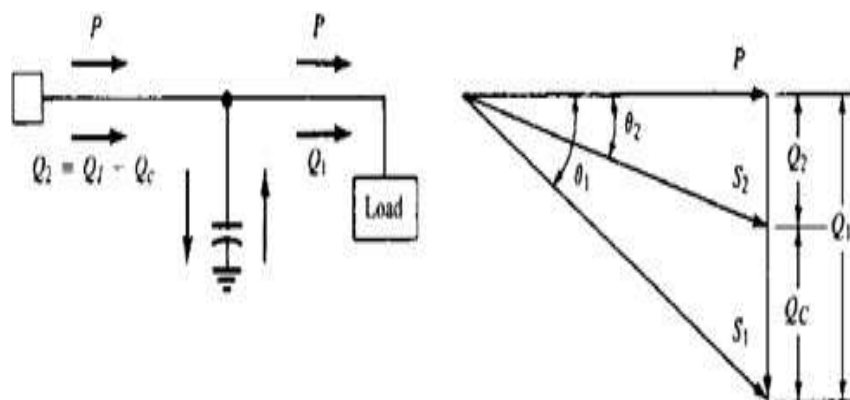
1. Membesarnya penggunaan daya listrik kWh karena rugi-rugi
2. Membesarnya penggunaan daya listrik kVAr
3. Mutu listrik menjadi rendah karena jatuh tegangan

Berdasarkan dari cara kerjanya, kapasitor bank dibedakan menjadi 2 :

1. Fixed type, yaitu dengan memberikan sebuah beban kapasitif yang tetap ataupun berubah-ubah pada beban. Biasanya digunakan pada beban langsung seperti pada motor induksi. Pada tipe ini harus dipertimbangkan adalah pada saat pemasangan kapasitor bank tanpa beban[1]
2. Automatic type, yaitu memberikan beban kapasitif yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan kapasitor bank yang terpasang. Pada tipe ini jenis panel dilengkapi dengan sebuah Power Factor Controller (PFC) sebagai pengaman. PFC akan menjaga $\cos \phi$ pada jaringan listrik yang sesuai dengan target yang ditentukan. Apabila pada tipe ini terjadi perubahan beban, maka PFC secara otomatis akan memperbaiki $\cos \phi$. [1]

2.3 Bagaimana Kapasitor Bank Memperbaiki Faktor Daya

Sebagaimana diketahui membangkitkan daya reaktif pada pusat pembangkit tenaga dan menyalurkannya ke pusat beban yang jaraknya jauh, sangat tidak ekonomis. Hal ini dapat di atasi dengan meletakkan kapasitor pada pusat beban. Gambar berikut menunjukkan cara perbaikan faktor daya untuk system tersebut.[1]



Gambar 2.1. (a) Jaringan Distribusi listrik terpasang kapasitor

(b) Perbaikan Faktor Daya Dengan Kapasitor

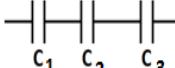
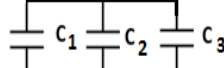
2.4 Perawatan dan Perlindungan Kapasitor Bank

Kapasitor bank yang digunakan untuk perbaikan faktor daya supaya kondisi dan fungsi bekerja dengan baik dan tahan lama, maka harus dirawat secara rutin dan teratur. Dalam perawatannya, kapasitor bank memiliki pedoman pemeliharaan:

- Pemeriksaan secara visual seperti bushing, body kapasitor, fuse cut out, sambungan klem/jumper dan mechanical structure
- Kegiatan pengukuran yang dilakukan saat kapasitor dalam kondisi bertegangan dengan melakukan pengukuran menggunakan IR thermometer dan IR thermography seperti body unit kapasitor, bushing, klem konduktor, fuse link, relrel
- Pengujian dan pengukuran kapasitor saat tidak beroperasi dengan catatan sbelum melakukan kegiatan perlu dilakukan pentanahan
- Pengukuran tahanan isolasi kapasitor
- Pengukuran resistansi AC kapasitor dan pengujian kapasitansi kapasitor

2.5 Kapasitor Seri Dan Kapasitor Pararel (Shunt)

Rangkaian seri memiliki sifat-sifat yang berbeda dengan rangkaian paralel. Berikut diberikan tabel sifat-sifatnya pada rangkaian seri dan paralel[10].

| | SUSUNAN RANGKAIAN KAPASITOR | |
|--------------------|---|--|
| | Susunan seri | Susunan paralel |
| |  |  |
| Muatan listrik [Q] | $Q_s = Q_1 = Q_2 = Q_3$ | $Q_p = Q_1 + Q_2 + Q_3$ |
| Beda potensial [V] | $V_s = V_1 + V_2 + V_3$ | $V_p = V_1 = V_2 = V_3$ |
| Kapasitansi [C] | $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ | $C_p = C_1 + C_2 + C_3$ |

Gambar 2.2. Rangkaian Seri dan Paralel Kapasitor

2.6 Pemilihan Antara Kapasitor Seri dan Kapasitor Pararel

Pemakaian kapasitor seri dan kapasitor pararel (shunt) pada sistem tenaga listrik menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan, karenanya akan menambah kapasitas sistem dan mengurangi kehilangan energi. Dalam kapasitor seri daya reaktif sebanding lurus dengan kuadrat arus beban, sedangkan kapasitor pararel (shunt) sebanding lurus dengan tegangannya[11].

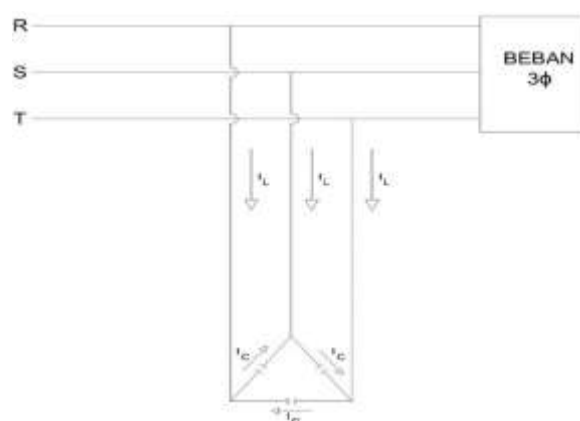
2.7 Kapasitor Hubungan Shunt / Paralel

Kapasitor hubungan shunt/paralel sering dipergunakan dalam sistem distribusi. Kapasitor shunt ini akan menyediakan daya reaktif atau arus yang berlawanan arah dengan arus induktif reaktif yang dibutuhkan oleh beban.

Penggunaan kapasitor shunt pada jaringan atau penyulang distribusi akan menyebabkan nilai arus sumber dapat dikurangi/diperkecil, faktor daya dapat diperbaiki dan tentu saja akan mengurangi jatuh tegangan diantara ujung kirim dan beban atau ujung terima. Berapapun kapasitor shunt tidak mempengaruhi arus atau faktor daya dari penggunaannya.

Penggunaan kapasitor shunt dalam jumlah yang sangat besar pada sistem, terdiri dari beberapa kapasitor module yang dihubungkan secara paralel terhadap beban. Jenis hubungan yang biasa digunakan adalah[12] :

2.7.1 Hubung Delta



Gambar 2.3. Kapasitor Hubung Delta

Besar nilai kapasitor yang diperlukan pada hubung delta pada sistem 3 phase adalah :

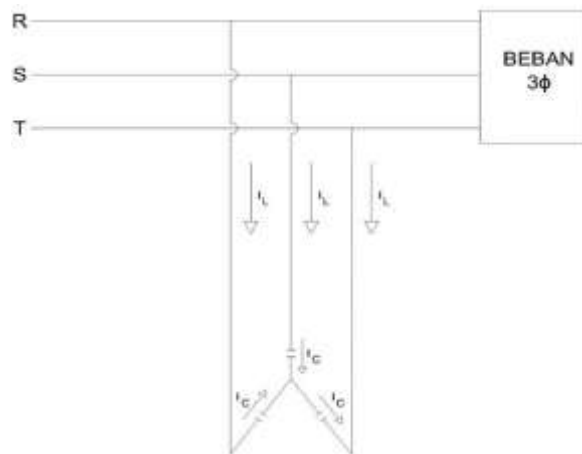
$$I_L = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L}}$$

$$I_c = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$X_c = \frac{V_{L-L}}{I_c}$$

$$C = \frac{10^6}{2\pi f X_c}$$

2.7.2 Hubung Bintang



Gambar 2.4. Kapasitor Hubung Bintang

Besar nilai kapasitor yang diperlukan pada hubung bintang pada sistem 3 phase adalah :

$$I_L = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot V_{L-N}}$$

$$I_c = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$X_c = \frac{V_{L-N}}{I_c}$$

$$C = \frac{10^6}{2\pi f X_c}$$

2.8 Proses Kerja Kapasitor

Kapasitor yang akan digunakan untuk memperbesar pf dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Jadi pengaruh dari kapasitor adalah untuk mengurangi aliran daya reaktif didalam jaringan sehingga daya reaktif yang berasal dari sistem menjadi[1]:

1. Arus I berkurang dan karenanya kerugian $I^2 R$ berkurang

$$I = \frac{P^2 + (Q \text{ beban} - Q \text{ kapasitor})^2}{V} \dots\dots\dots (1)$$

2. % kenaikan tegangan = $\frac{Q_c X}{10V^2} \dots\dots\dots (2)$

Dimana ;

$Q_c = \text{kVAr}$

$X = \text{Reaktansi jaringan (ohm)}$

$V = \text{Tegangan nomminal (kV antar fasa)}$

3. Karena arus berkurang untuk suatu daya (kW) maka jaringan trafo dan sebagainya akan berkurang beban semunya (kVA), jadi jaringan akan mampu mensuplai permintaan yang lebih tinggi

Rugi-rugi daya sebelum dipasang kapasitor.

$$\text{Rugi daya aktif} = I^2 \cdot R \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = I^2 \cdot X_c \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (4)$$

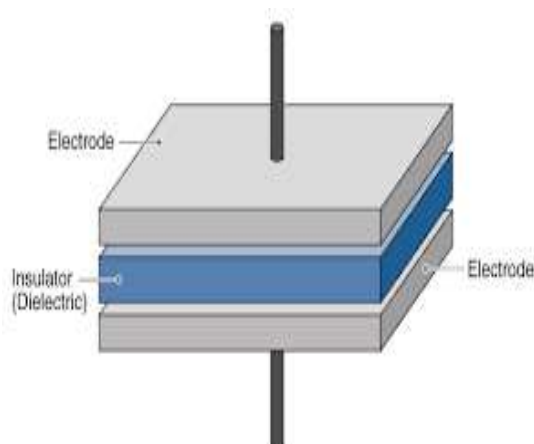
Rugi-rugi daya sesudah dipasang kapasitor :

$$\text{Rugi daya aktif} = (I^2 - I_c^2) \cdot R \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = (I^2 - I_c^2) \cdot X_c \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (6)$$

2.9 Kapasitor

Kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan arus listrik dalam bentuk muatan, selain itu kapasitor juga dapat digunakan sebagai penyaring frekuensi. Kapasitas untuk menyimpan kemampuan kapasitor dalam muatan listrik disebut Farad (F) sedangkan simbol dari kapasitor adalah C (kapasitor). sebuah kapasitor pada dasarnya terbuat dari dua buah lempengan logam yang saling sejajar satu sama lain dan diantara kedua logam tersebut terdapat bahan isolator yang sering disebut dielektrik. Gambar 2 menunjukkan bagian-bagian dari kapasitor[7].



Gambar 2.5. Bagian-bagian dari kapasitor

Bagian-bagian dari kapasitor terdiri atas dua keping konduktor yang ruang diantaranya:

1. Dielektrik (penyekat)
2. Besaran kapasitor adalah Kapasitas.
3. Satuan SI dari kapasitas adalah farad (F)

Rumus untuk menghitung kapasitor dengan bahan dielektriknya :

$$C = 0,224 \frac{KA}{D} (n = 1. (7)$$

dimana :

C = Kapasitansi dalam pF(pico farad)

K = Konstanta dielektrik antara dua plat logam

A = Penampang plat segi empat dalam inchi

D = jarak antara permukaan plat dalam inchi

n = banyaknya plat

Proses kerja kapasitor dengan menghubungkan kapasitor tersebut dengan beda potensial yang berarti kapasitansi kapasitor merupakan perbandingan antara muatan yang disimpannya dengan beda potensial antara konduktor-konduktornya[13] :

$$Q = C \cdot V (8)$$

dimana :

Q = pengisian dalam coulomb

C = kapasitansi dalam farad

V = potensial dalam volt.

Energi yang tersimpan dikapasitor, potensial dan kapasitansinya :

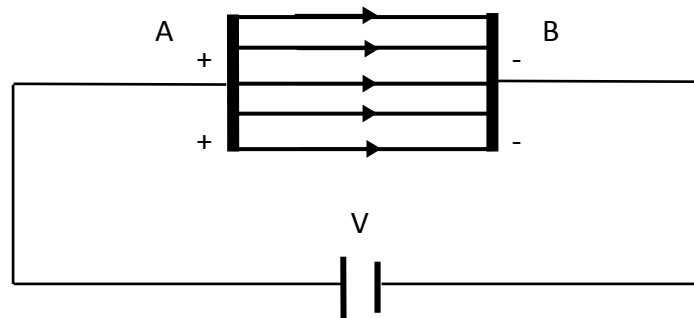
$$W = \frac{V^2 C}{2} (9)$$

Dimana :

W = energy dalam joule

V = potensial dalam volt

C = kapasitansi dalam farad



Gambar 2.6. Prinsip Kinerja Sebuah Kapasitor

Bila plat A dan B diberi beda 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 bermuatan positif dan elektron-elektron akan terkumpul pada plat B. sehingga terjadi beda potensial diantara kedua plat yang lama kelamaan arus mengalir semakin kecil dan akhirnya beda potensial antara plat A dan B sama besarnya dengan V dan arus pun berhenti mengalir.

Pemasangan kapasitor bank adalah usaha yang dilakukan untuk memberikan supply daya reaktif. Sehingga penggunaan kapasitor bank akan mengurangi penyerapan daya reaktif sistem oleh beban. Hal ini dilakukan agar jatuh tegangan dan rugi-rugi jaringan yang terjadi dapat dikurangi.

2.10 Jenis – Jenis Kapasitor Bank

2.10.1 Kapasitor Bank Filter Harmonik (Harmonic Filter Capacitor Bank)

Harmonisa merupakan hasil dari sebagian besar jenis peralatan dalam sistem kelistrikan. Harmonisa ini tidak hanya bisa Anda temukan pada jaringan industri, namun juga menyebar ke sistem distribusi lainnya. Hal ini menyebabkan masalah tersendiri bagi para pelanggan. Kapasitor bank filter harmonik merupakan jenis kapasitor yang terhubung secara seri dengan reaktor. Panel kapasitor bank yang ada menghasilkan ruang untuk membuat rangkaian resonansi seri. Manfaat

kapasitor bank jenis ini di antaranya adalah untuk meningkatkan faktor daya dan stabilitas tegangan. Selain itu, jenis kapasitor ini juga bisa untuk mengurangi line loss, memfilter harmonisa dalam sistem, serta menghindari masalah amplifikasi gangguan listrik dan resonansi.

2.10.2 Kapasitor Bank Bilik (Cubicle Capacitor Bank)

Sistem yang terdapat pada kapasitor bank bilik adalah sistem kompensasi reaktif tetap untuk kompensasi motor. Kapasitor jenis ini memiliki beberapa model yang bisa Anda pilih sesuai kebutuhan.

2.10.3 Kapasitor Bank Open-rack

Kegunaan dari kapasitor bank open-rack adalah untuk meningkatkan faktor daya dalam jaringan sehingga kemampuan transmisi daya dan kontrol aliran daya akan meningkat. Penggunaan jenis kapasitor ini juga dapat untuk meningkatkan stabilitas tegangan sehingga kerugian jaringan dapat berkurang.

2.10.4 Kapasitor Bank Pole Mounted (Dipasang di Tiang)

Sesuai namanya, kapasitor bank pole mounted ini pemasangannya terdapat pada tiang-tiang listrik. Fungsi utamanya adalah untuk memberikan dukungan tegangan dan mengurangi terjadinya kehilangan sistem. Sehingga faktor daya dalam sistem distribusi pun meningkat. Aliran daya di antara garis paralel bisa lebih optimal dengan menggunakan kapasitor bank ini. Selain itu, profil tegangan pada saluran juga lebih bisa ditingkatkan lagi.

2.11 Penentuan Besaran Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya

Untuk memperbaiki faktor daya adalah dengan meningkatkan besarnya nilai faktor daya ($\cos\phi$) menjadi nilai yang ideal yaitu mendekati satu. Untuk meningkatkan besarnya nilai faktor daya maka dibutuhkan pemasangan kompensator daya reaktif tambahan berupa kapasitor bank. Untuk dapat menentukan nilai kapasitor bank yang dibutuhkan dapat dengan menganalisa besarnya daya reaktifnya[14].

Rumus perhitungan besarnya daya reaktif dapat dilihat pada rumus berikut :

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots (10)$$

$$Q = S \text{ (kVA)} \sin \phi$$

$$Q = P \text{ (kW)} \tan \phi$$

Dimana :

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

$$Q = \text{Daya reaktif (KVAR)}$$

2.12 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

Adapun cara pemasangan kapasitor bank pada instalasi listrik dapat Dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

- 1) Global Compensation
- 2) Group Compensation
- 3) Individual Compensation

1. Global Compensation

Adalah cara pemasangan kapasitor yang dipasang di bagian bus utama suatu sistem. Tujuan utama dari pemasangan ini adalah untuk memperbaiki faktor daya di bus utama atau sistem secara keseluruhan. Keuntungan dari sistem ini adalah harganya murah dan faktor daya sistem bagus, sedangkan kelemahannya adalah tidak dapat memperbaiki faktor daya pada setiap bus beban sehingga seringkali

terjadi drop tegangan dan faktor daya buruk pada setiap bus beban yang memiliki beban dinamik (motor).

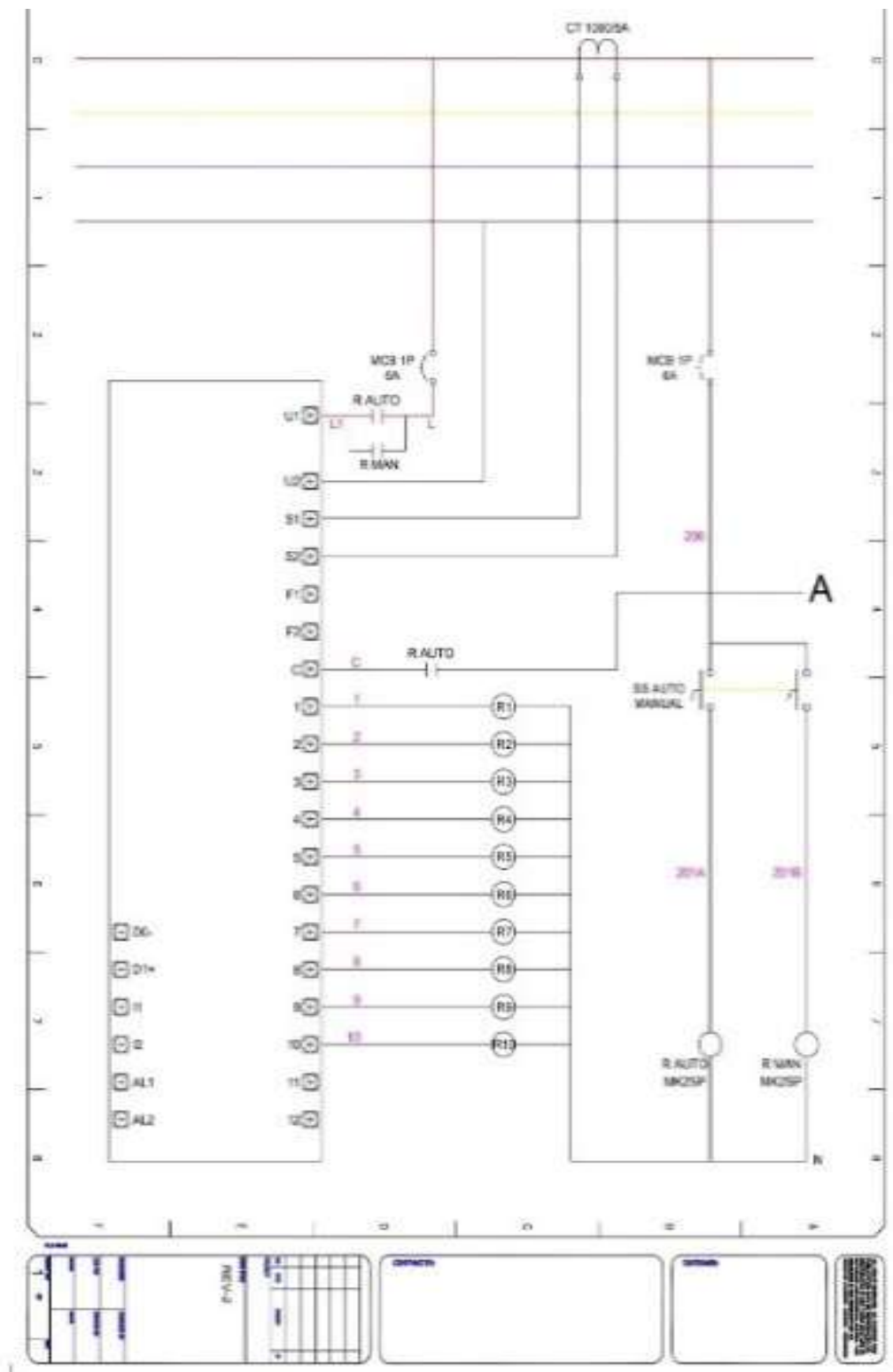
2. Group Compensation

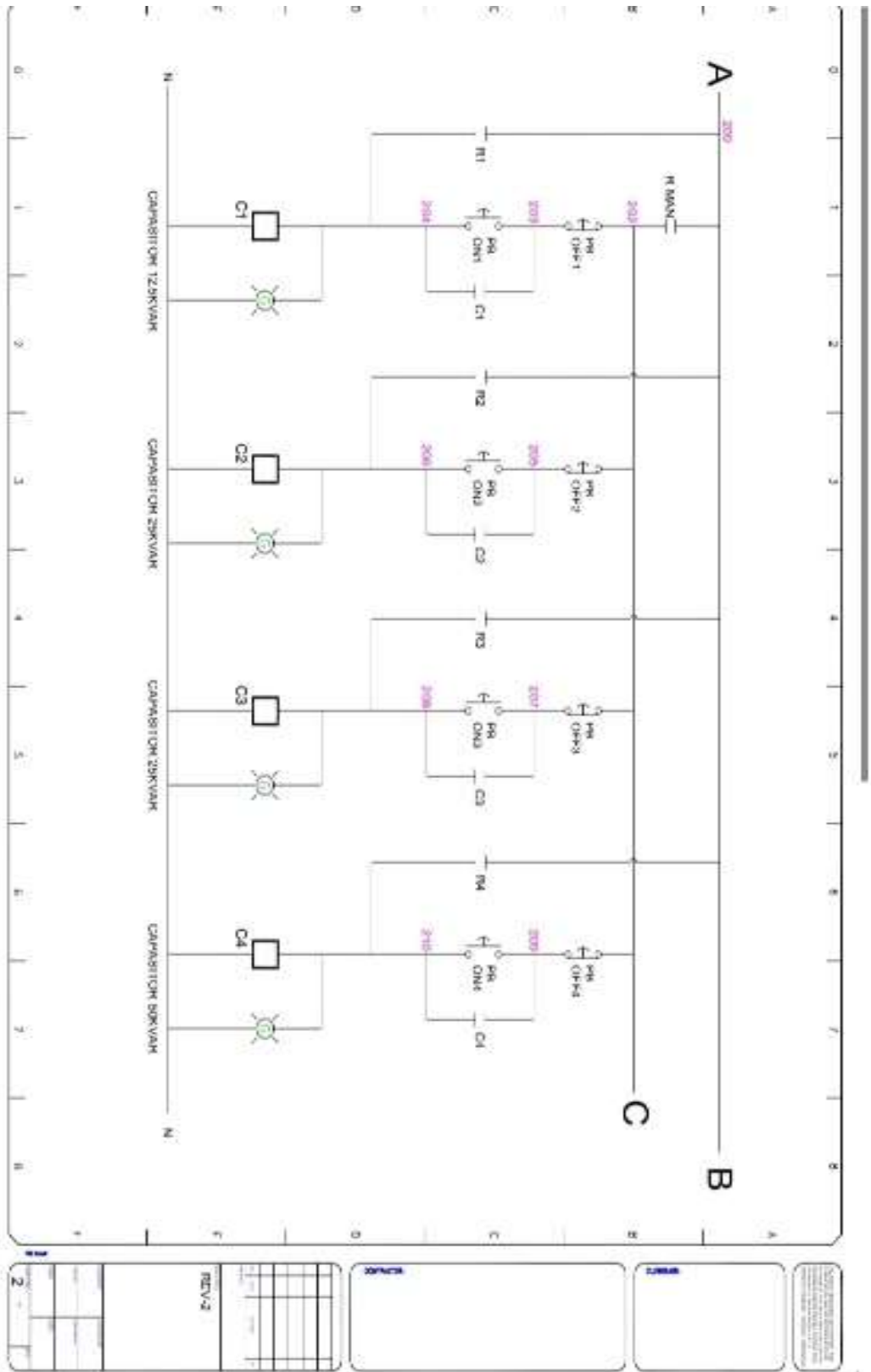
Sistem group ini adalah suatu cara pemasangan kapasitor bank yang ditempatkan di bus teratas dalam suatu group didalam suatu interkoneksi (bukan di bus teratas keseluruhan sistem). Keuntungan dari cara ini adalah dapat memperbaiki $\cos \phi$ atau faktor daya dalam suatu group. Kekurangan dari sistem ini adalah meskipun sudah memperbaiki faktor daya dalam suatu group, namun tetap tidak bisa memperbaiki faktor daya secara keseluruhan.

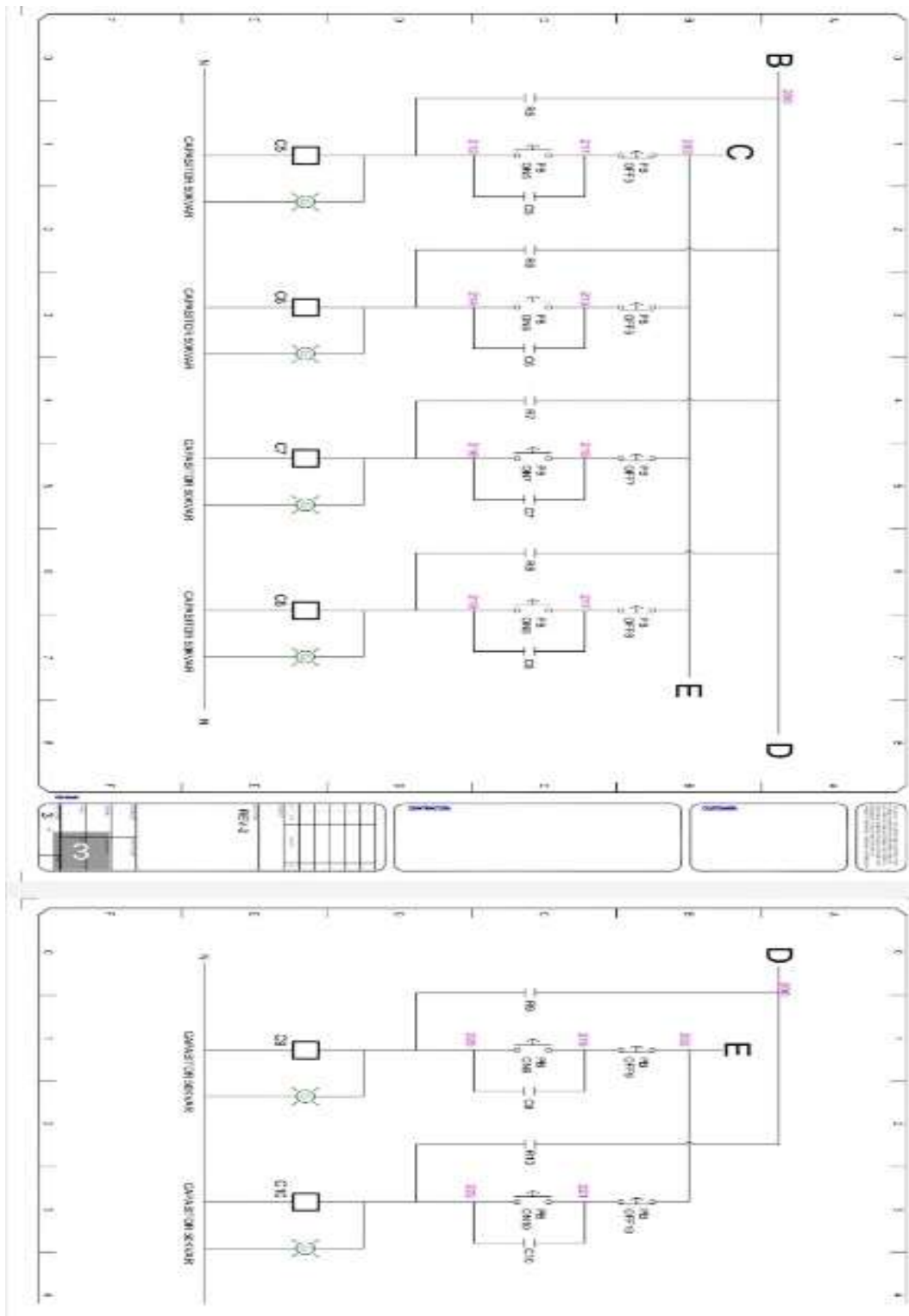
3. Individual Compensation

Pada cara ini, kapasitor bank dipasang hanya di bus yang ingin diperbaiki $\cos \phi$ nya. Keuntungan dari cara ini adalah $\cos \phi$ di setiap bus selalu baik. Selain itu juga $\cos \phi$ sistem akan baik. Kerugian dari sistem ini adalah terlalu boros dan harganya mahal.

2.13 Komponen-komponen Kapasitor bank







Gambar 2.7. Wiring diagram kapasitor bank dengan panel utama

Adapun komponen – komponen dari kapasitor bank yang pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. Main Switch / Load Break Switch
2. Kapasitor Breaker
3. Magnetic Contactor
4. Unit Kapasitor Bank
5. Reactive Power Regulator
6. Setup C/k PFR

1. Main switch / load Break switch

Main switch ini sebagai peralatan kontrol dan isolasi jika ada pemeliharaan panel . Sedangkan untuk pengaman kabel / instalasi sudah tersedia disini atasnya dari PDU. Main switch atau lebih dikenal load break switch adalah peralatan pemutus dan penyambung yang sifatnya on load yakni dapat diputus dan disambung dalam keadaan berbeban, berbeda dengan on-off switch model knife yang hanya dioperasikan pada saat tidak berbeban .Untuk menentukan kapasitas yang dipakai dengan perhitungan minimal 25 % lebih besar dari perhitungan KVar terpasang dari sebagai contoh :Jika daya kvar terpasang 400 Kvar dengan arus 600 Ampere , maka pilihan kita berdasarkan $600 \text{ A} + 25 \% = 757 \text{ Ampere}$ yang dipakai size 800 Ampere.

2. Kapasitor Breaker

Kapasitor Breaker digunakan untuk mengamankan instalasi kabel dari breaker ke Kapasitor bank dan juga kapasitor itu sendiri. Kapasitas breaker yang digunakan sebesar 1,5 kali dari arus nominal dengan $I_m = 10 \times I_r$. Untuk menghitung besarnya arus dapat digunakan rumus $I_n = \frac{Q_c}{3 \cdot V_L}$ Sebagai contoh : masing masing steps dari 12 steps besarnya 48 Kvar maka dengan menggunakan rumus diatas didapat besarnya arus sebesar 52,8 ampere , maka pemilihan kapasitas breaker sebesar $52,8 + 50 \% = 79,2 \text{ A}$ atau yang dipakai

80 Ampere. Selain breaker dapat pula digunakan Fuse , Pemakaian Fuse ini sebenarnya lebih baik karena respon dari kondisi over current dan Short circuit lebih baik namun tidak efisien dalam pengoperasian jika dalam kondisi putus harus selalu ada penggantian fuse. Jika memakai fuse perhitungannya juga sama dengan pemakaian breaker.

3. Magnetic Contactor

Magnetic contactor diperlukan sebagai Peralatan kontrol. Beban kapasitor mempunyai arus puncak yang tinggi , lebih tinggi dari beban motor. Untuk pemilihan magnetic contactor minimal 10 % lebih tinggi dari arus nominal (pada AC 3 dengan beban induktif/kapasitif). Pemilihan magnetic dengan range ampere lebih tinggi akan lebih baik sehingga umur pemakaian magnetic contactor lebih lama.

4. Unit Kapasitor Bank

Unit Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang mempunyai sifat kapasitif yang akan berfungsi sebagai penyeimbang sifat induktif. Kapasitas kapasitor dari ukuran 5 Kvar sampai 60 Kvar. Dari tegangan kerja 230 V sampai 525 Volt.

5. Reactive Power Regulator

Peralatan ini berfungsi untuk mengatur kerja kontaktor agar daya reaktif yang akan disupply ke jaringan/ system dapat bekerja sesuai kapasitas yang dibutuhkan. Dengan acuan pembacaan besaran arus dan tegangan pada sisi utama Breaker maka daya reaktif yang dibutuhkan dapat terbaca dan regulator inilah yang akan mengatur kapan dan berapa daya reaktif yang diperlukan. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps , 12 steps sampai 18 steps. Peralatan tambahan yang biasa digunakan pada panel kapasitor antara lain :

1. Push button on dan push button off yang berfungsi mengoperasikan magnetic contactor secara manual.- Selektor auto – off – manual yang berfungsi memilih system operasional auto dari modul atau manual dari push button.
2. Exhaust fan + thermostat yang berfungsi mengatur ambien temperature dalam ruang panel kapasitor. Karena kapasitor , kontaktor dan kabel penghantar mempunyai disipasi daya panas yang besar maka temperature ruang panel meningkat.setelah setting dari thermostat terlampaui maka exhaust fan akan automatic berhenti.

6. Setup C/K PFR

Capacitor Bank Agar Power Factor Regulator (PFR) yang terpasang pada Panel Capacitor Bank dapat bekerja secara maksimal dalam melakukan otomatisasi mengendalikan kerja capacitor maka diperlukan setup C/K yang sesuai.

2.14 Analisis Energi

Analisa energi merupakan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan mengevaluasi potensi penghematan energi pada suatu bangunan atau peralatan. Analisis energi dapat didefinisikan sebagai sebuah proses untuk mengevaluasi penggunaan energi oleh sebuah bangunan atau peralatan untuk memastikan bahwa energi pada sistem digunakan dengan efisien dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi energi(Kosa Shantia1 , Ir. Unggul Wibawa, M. Sc 2 , Hadi Suyono, ST., MT., 2014)[15].

2.15 Analisis Energi Kelistrikan

Analisis energi listrik adalah suatu metode untuk mengetahui dan mengevaluasi efektifitas dan efisiensi pemakaian energi listrik di suatu tempat (Rahayu et al., 2020) [15]. Di dalam melakukan analisis energi listrik ada beberapa manfaat yang akan didapatkan, diantaranya adalah sebagai berikut:

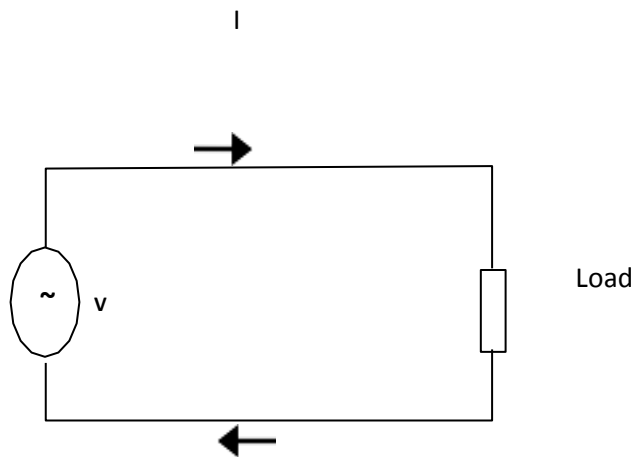
1. Mengurangi penggunaan energi agar dapat menghemat biaya operasional
2. Memelihara lingkungan kerja yang nyaman.
3. Meningkatkan efisiensi kerja serta memperpanjang umur peralatan.
4. Dapat mengetahui besarnya Intensitas Konsumsi Energi.
5. Dapat mengetahui profil penggunaan energi listrik.
6. Dapat mencegah pemborosan energi listrik tanpa mengurangi kenyamanan pengguna.
7. Dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik.
8. Dapat memberikan masukan tentang peluang penghematan energi listrik.

2.16 Kualitas Daya Listrik

Peningkatan terhadap kebutuhan dan konsumsi energi listrik yang baik dari segi kualitas dan kuantitas menjadi salah satu alasan mengapa perusahaan penyedia listrik perlu memberi perhatian terhadap isu-isu kualitas daya listrik. Terlebih pada konsumen perindustrian yang membutuhkan suplai listrik yang baik yaitu dari segi kuantitas dan juga kualitas tegangan yang disuplai (karena mesin-mesin pada perindustrian sensitif terhadap lonjakan/ketidakstabilan tegangan) perlu diusahakan suatu sistem pendistribusian tenaga listrik yang dapat memberikan pelayanan yang memenuhi kriteria yang diinginkan konsumennya. Istilah kualitas daya listrik bukanlah hal yang baru melainkan sudah menjadi isu penting pada industri sejak akhir 1980 – an [12].

2.17 Daya Listrik Secara Umum

Daya adalah energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha. Daya memiliki satuan Watt, yang merupakan perkalian dari Tegangan (volt) dan arus (ampere). Daya dinyatakan dalam P, Tegangan dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I, sehingga besarnya daya dinyatakan[16] :



Gambar 2.8. Arah aliran arus listrik

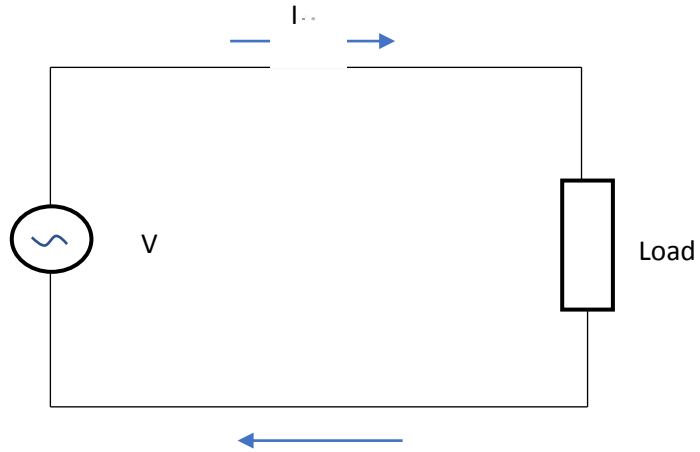
$$\text{Daya} = \text{Energi} / \text{Waktu} = \frac{W}{t} \dots\dots\dots (11)$$

Secara umum telah diketahui dimana di dalam setiap rangkaian listrik, jika terdapat beban pada ujung rangkaian dan diberikan sumber tegangan pada awal rangkaian seperti yang ditunjukkan Gambar 1, maka akan terdapat arus yang mengalir. Dengan mensubstitusikan rumus energi, maka akan diperoleh :

$$\text{Daya} = V \cdot I \dots\dots\dots (12)$$

Jika dengan mensubstitusikan hukum ohm kedalam persamaan di atas maka akan diperoleh :

Daya = $I^2 \cdot R$ (13)



Gambar. 2.9. Arah Aliran arus listrik

2.17.1 Daya Aktif

Daya aktif (Active Power) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Satuan daya aktif adalah Watt. Adapun persamaan dalam daya aktif sebagai berikut :

Untuk satu phasa

$P = V_{L-N} \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$ (14)

Untuk tiga phasa

$P = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$ (15)

Keterangan :

P = Daya aktif (watt)

V_{L-N} = Tegangan Line to Netral (volt)

V_{L-L} = Tegangan Line to Line (volt)

I = Arus (A)

Cos ϕ = Faktor Daya

2.17.2 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, dan lain –lain. Satuan daya reaktif adalah Var.

Untuk satu phasa

$$Q = V_{L-N} \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (16)$$

Untuk tiga phasa

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots (17)$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V_{L-N} = Tegangan Line to Netral (volt)

V_{L-L} = Tegangan Line to Line (volt)

I = Arus (A)

$\sin \varphi$ = Faktor Daya

2.17.3 Daya Semu

Daya Semu (Apparent Power) adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan. Satuan daya semu adalah VA.

Untuk satu phasa

$$S = V_{L-N} \cdot I \dots\dots\dots (18)$$

Untuk tiga phasa

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I \dots\dots\dots (19)$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

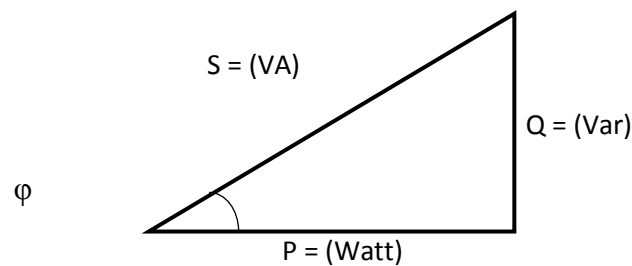
V_{L-N} = Tegangan Line to Netral (volt)

V_{L-L} = Tegangan Line to Line (volt)

I = Arus (A)

2.17.4 Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe - tipe daya yang berbeda antara daya semu, daya aktif dan daya reaktif berdasarkan prinsip trigonometri. Gambar 4 menunjukkan segitiga daya.



Gambar 2.10. Segitiga Daya

dimana berlaku hubungan :

$$S = V \cdot I \text{ (VA)} \dots\dots\dots (20)$$

$$P = S \cdot \cos \phi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (21)$$

$$Q = S \cdot \sin \phi \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (22)$$

2.17.5 Menghitung Kapasitas Kapasitor

Memperbaiki faktor daya membutuhkan perhitungan kapasitansi yang tepat untuk setiap kapasitor. Kapasitansi kapasitor dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$C = \frac{Q_c}{2\pi fV^2}$$

Keterangan :

Q_b : Daya Reaktif Sebelum Perbaikan Faktor Daya (KVAR)

Q_t : Daya Reaktif Setelah Perbaikan Faktor Daya (KVAR)

Q_c : Nilai KVAR Kapasitor (KVAR)

C : Nilai Kapasitor (Farad)

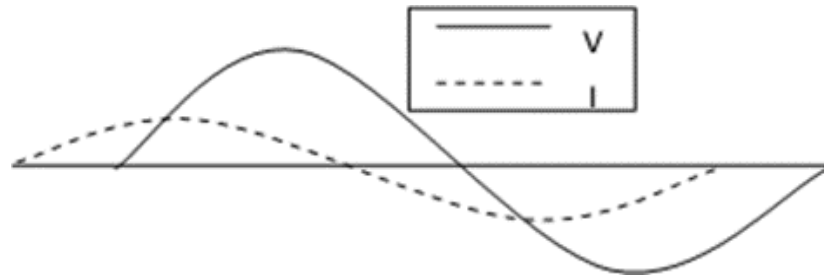
V : Tegangan (Volt)

f : Frekuensi (Hz)

2.18 Faktor Daya Mendahului (Leading)

Faktor daya mendahului (leading) adalah keadaan $\cos \phi$ saat memiliki kondisi- kondisi sebagai berikut[17]:

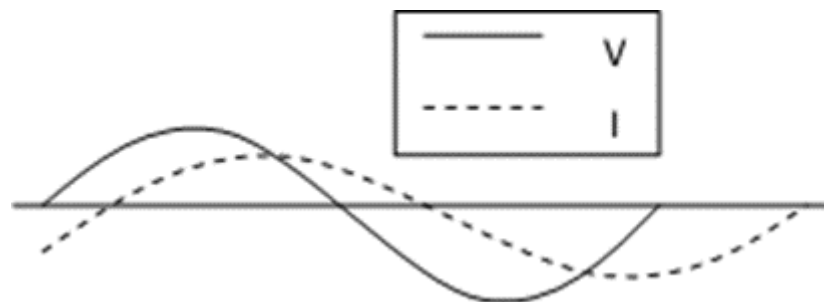
1. Beban/peralatan listrik memberikan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat kapasitif.
2. Arus mendahului tegangan, V terbelakang dari I dengan sudut ϕ



Gambar 2.11. Arus Mendahului Tegangan Sebesar Sudut ϕ

2.19 Faktor Daya Terbelakang (Lagging)

Faktor daya terbelakang (lagging) merupakan keadaan faktor daya saat beban/ peralatan listrik memerlukan daya reaktif dari sistem atau beban bersifat induktif serta V mendahului I dengan sudut ϕ [17].



Gambar 2.12. Arus tertinggal dari tegangan sebesar sudut ϕ

2.20 Penyebab dan Akibat Rendahnya Faktor Daya

2.20.1 Penyebab faktor daya rendah

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

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan ketentuan daya dan tegangannya konstan. Faktor daya rendah dihasilkan oleh peralatan seperti motor induksi, transformator, pada beban-beban rendah dan unit-unit ballast dari lampu pelepas (discharge lighting) yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk gerakannya. Medan magnet dari peralatan-peralatan seperti ini memerlukan arus yang tidak melakukan kerja yang bermanfaat dan tidak mengakibatkan panas atau daya mekanis, tetapi yang diperlukan hanyalah untuk membangkitkan medan. Walaupun arus dikembalikan ke sumber jika medan turun mendadak, perlu penambahan kabel dan instalasi untuk membawa arus ini. Hanya komponen arus aktif dan bermanfaat yang bertanggungjawabkan kerja bermanfaat yang dilakukan oleh peralatan tersebut. Cara lain untuk melihat masalah ini adalah menyadari bahwa suatu faktor daya yang buruk menyebabkan tegangan dan arus berlawanan fasa sehingga perkaliannya tidak menghasilkan daya dalam watt, tetapi dalam VoltAmpere.

2.20.2 Akibat bila faktor daya rendah

Apabila dari PLN menghasilkan faktor daya yang jelek, maka akan mengakibatkan pemakaian jaringan transmisi akan menjadi buruk, sebab arus yang besar, mengakibatkan hilangnya daya yang besar pada jaringan. Selain itu dapat berakibat buruk pada generator dan transformator, sebab arusnya maksimum dan pemakaian tidak seimbang dengan daya aktif maksimum yang diperlukan. Akibat selanjutnya adalah boros bagi penggerak mulanya, karena hanya bagian aktif saja yang bisa digunakan pada konsumen, sehingga biaya produksinya mahal.

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

Pada instalasi yang baru:

- Pada jaringan akan memerlukan penampang yang besar untuk penghantarnya

- Transformator akan terbebani oleh VA yang lebih besar. - Akan memerlukan daya yang lebih besar.

Pada instalasi yang sudah tersambung:

- Rugi-rugi yang timbul akan lebih besar karena adanya pengaruh panas.
- Kerugian tegangan lebih besar, sedangkan efisiensi pada instalasi lebih kecil.
- Penurunan tegangan pada beban, sehingga karakteristik pada beban tersebut berubah.

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

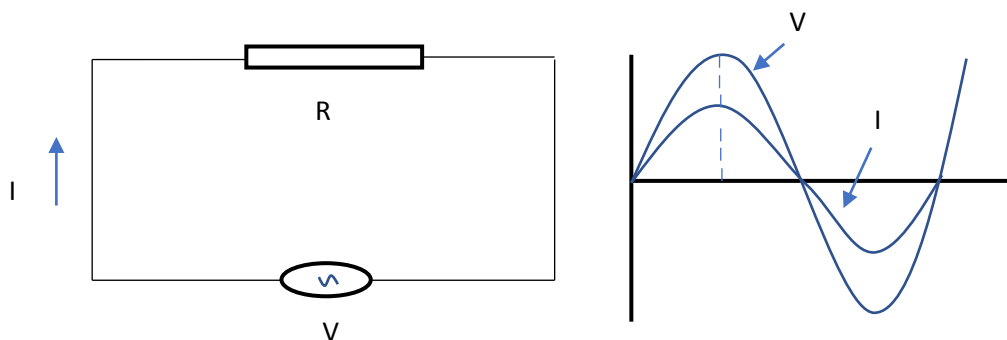
- Kapasitas daya dari transformator dan generator akan berkurang dengan arus penguatan yang bertambah. Akibatnya rugi-rugi tembaga bertambah dan efisiensi menurun.
- Luas penampang penghantar atau kabel jaringan harus diperbesar.
- Permukaan kontak-kontak dari peralatan pemutus dan luas penampang busbar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

2.21 Sifat Bahan Listrik

Dalam suatu rangkaian listrik selalu 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 dan Reaktansi kapasitif (X_C) akan menjadi tak berhingga. 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 sebagai berikut :

2.21.1 Beban Resistif (R)

Beban resistif adalah beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm / resistor murni, seperti elemen pemanas dan lampu pijar. Resistor tidak menyebabkan adanya geser fasa antara arus dan tegangan pada rangkaian AC. Apabila pada sebuah resistor diterapkan tegangan bolak-balik maka arus dan tegangan sefasa yang ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7 [18].



Gambar 2.13 Rangkaian resistif Gelombang AC

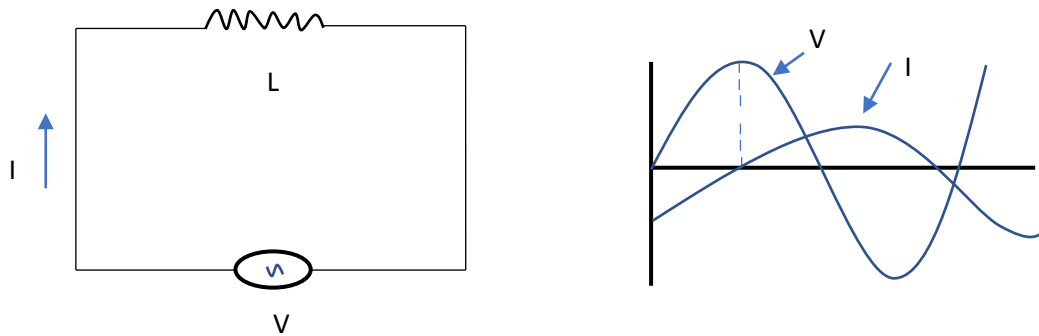


Gambar 2.14. Grafik Arus dan Tegangan Pada Beban resistif

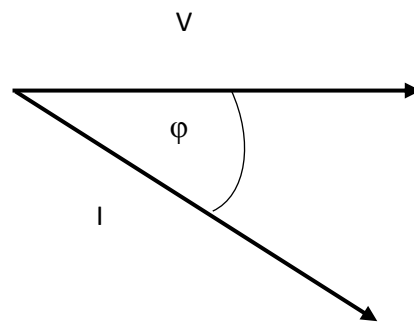
2.21.2 Beban Induktif (L)

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti coil, motormotor listrik, transformator, dan selenoida. Beban jenis ini dapat menyebabkan pergeseran fasa pada arus sehingga bersifat lagging. Apabila arus yang berubah-ubah mengalir melewati induktor maka pada induktor tersebut terbangkit ggl. Arus AC adalah arus yang berubah-ubah [18].

Hubungan antara arus dan tegangan suplai pada induktor dapat juga secara grafis sinusoida ditunjukkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



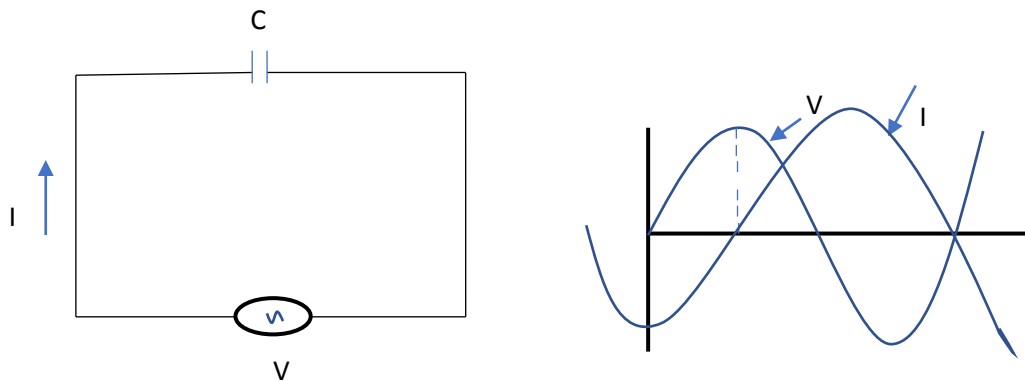
Gambar 2.15. Rangkaian Induktif Gelombang AC



Gambar 2.16. Grafik Arus dan Tegangan Pada Beban Induktif

2.21.3 Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian dielektrik (electrical charge) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus mendahului tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif[18]. Hubungan antara arus dan tegangan AC pada kapasitor ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar. 2.17. Arus mendahului 90° dari tegangan

2.21.4 Faktor Daya

Faktor daya atau power factor (PF) adalah perbandingan antara daya aktif (kW) P dengan daya total (kVA) S, atau cosinus sudut antara daya aktif dan total. Faktor daya (Cos φ) dapat didefinisikan juga 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 φ [19].

$$Faktor\ Daya = \frac{Daya\ Aktif\ (P)}{Daya\ Semu\ (S)}$$

$$Pf = \frac{kW}{kVA} = \frac{V \times I \times \cos \phi}{V \times I} = \cos \phi \dots\dots\dots (23)$$

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

$$\begin{aligned} \tan \phi &= \frac{Daya\ Reaktif\ (Q)}{Daya\ Aktif\ (P)} \\ &= \frac{kVAr}{kW} \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

Karena komponen daya aktif umumnya konstan (komponen kVA dan kVAr berubah sesuai dengan faktor daya), dapat juga di tulis sebagai berikut:

$$Daya\ Reaktif\ (Q) = Daya\ Aktif\ (P) \times \tan \phi \dots\dots\dots (25)$$

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

$$\text{Daya reaktif pada pf awal} = \text{Daya Aktif (P)} \times \text{Tan } \phi_1 \dots\dots\dots (26)$$

$$\text{Daya reaktif pada pf diperbaiki} = \text{Daya Aktif (P)} \times \text{Tan } \phi_2 \dots\dots\dots (27)$$

Sehingga rating kapasitor yang diperlukan untuk memperbaiki faktor daya adalah:

$$\text{Daya reaktif (kVAR)} = \text{Daya Aktif (kW)} \times (\text{Tan } \phi_1 - \text{Tan } \phi_2) \dots\dots\dots (28)$$

Beberapa keuntungan meningkatkan faktor daya :

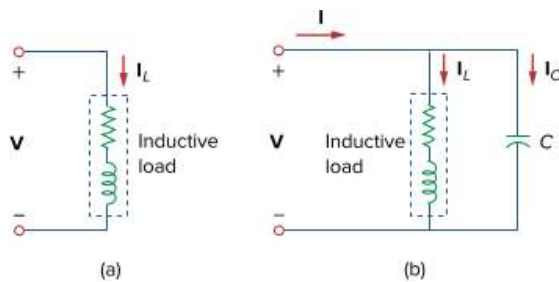
- a. Tagihan listrik akan menjadi kecil (PLN akan memberikan denda jika pf lebih kecil dari 0,85)
- b. Kapasitas distribusi sistem tenaga listrik akan meningkat
- c. Mengurangi rugi – rugi daya pada sistem
- d. Adanya peningkatan tegangan karena daya meningkat. Jika pf lebih kecil dari 0,85 maka kapasitas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

2.22 Perbaikan Faktor Daya Listrik

Faktor daya atau $\text{Cos } \phi$ merupakan perbandingan antara daya aktif dan daya semu seperti diperlihatkan pada persamaan 2.15 dengan ϕ sebagai besarnya nilai sudut yang terbentuk antara keduanya sebagaimana diperlihatkan oleh segitiga daya pada gambar 11. Faktor daya umumnya memiliki dua kondisi yang perlu diperbaiki yaitu kondisi lagging dimana arus mengalami ketertinggalan dari tegangan dan kondisi leading dimana arus mendahului tegangan, kedua kondisi ini mengakibatkan rendahnya nilai faktor daya. Faktor daya yang bernilai rendah menyebabkan peningkatan arus yang dihantarkan, hal ini dapat berakibat rugi rugi daya dan drop tegangan[20].

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \dots\dots\dots (29)$$

Rendahnya faktor daya ini disebabkan oleh meningkatnya nilai daya reaktif dikarenakan beban induktif seperti pada gambar 12(a), oleh karena itu untuk mengurangi daya reaktif maka diperlukan perbaikan faktor daya, salah satu metode perbaikan yang digunakan adalah pemasangan kapasitor seperti pada gambar 12(b).

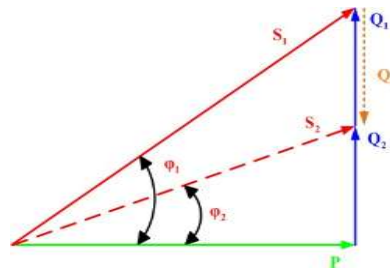


Gambar. 2.18. (a) beban induktif dan

(b) beban induktif dengan pemasangan kapasitor

Penentuan nilai kapasitor yang dipakai harus sesuai dengan besarnya nilai daya reaktif yang akan dikurangi dan salah satu daya yang lain harus dijaga tetap konstan, untuk menghitungnya maka digunakan persamaan 6-12, dimana S1 merupakan nilai daya semu sebelum perbaikan faktor daya, S2 adalah nilai daya semu setelah perbaikan faktor daya, Q1

mendeskripsikan nilai daya reaktif sebelum perbaikan faktor daya, Q2 adalah nilai daya reaktif sesudah perbaikan faktor daya, Qc sama dengan nilai daya reaktif yang akan diperbaiki, serta ϕ_1 dan ϕ_2 secara berturut-turut merupakan nilai untuk $\text{Cos } \phi$ awal sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya.



Gambar. 2.19. Segitiga daya untuk perbaikan faktor daya

Berdasarkan gambar 2.19. daya semu yang diperoleh sebelum perbaikan faktor daya adalah S1 maka :

$$P = S_1 \cos \varphi_1 \dots \dots \dots (30)$$

$$Q_1 = S_1 \sin \varphi_1 = P \tan \varphi_1 \dots \dots \dots (31)$$

Untuk meningkatkan faktor daya nya menjadi nilai φ_2 maka:

$$Q_2 = P \tan \varphi_2 \dots \dots \dots (32)$$

Selanjutnya menghitung selisih antara daya reaktif awal dengan daya reaktif sesudah perbaikan dengan persamaan 9.

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots \dots \dots (33)$$

Berdasarkan nilai Q_c maka dapat dihitung nilai kapasitor yang dibutuhkan dengan persamaan berikut:

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c} \dots \dots \dots (34)$$

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \dots \dots \dots (35)$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{Q_c}{\omega V^2} = \frac{P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)}{\omega V^2 \text{rms}} \dots \dots \dots (36)$$

Pada umumnya suatu pabrik mempunyai faktor daya listrik yang rendah, hal ini disebabkan karena banyak menggunakan peralatan-peralatan seperti mesin-mesin, mesin las, lampu TL, transformer dan lain - lain.

Tabel. 2.1. Contoh faktor daya listrik dari beberapa pabrik.

| Industry | Faktor Daya Listrik |
|--------------------|---------------------|
| Textile | 0,65-0,75 |
| Chemical | 0,75-0,85 |
| Machine Shops | 0,40-0,65 |
| Arc Welding | 0,35-0,40 |
| Foundries | 0,50-0,70 |
| Steel Works | 0,60-0,85 |
| Clothing Factories | 0,35-0,60 |

Untuk mendapatkan harga yang pasti dari besarnya faktor daya listrik, maka haruslah dilakukan pengukuran dengan menggunakan cos phi meter.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dalam skripsi ini yaitu di Perusahaan PT Citra Dimensi Artahli yang beralamatkan di Jln. P Sulawesi 2 Kawasan Industri Medan Sumatera Utara, MABAR, Medan Deli, Medan Sumatera Utara. Penelitian dilakukan setelah seminar proposal yang telah disetujui.

3.2 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah data Kapasitor Bank, data beban yang dilayani Kapasitor Bank, Peralatan yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah Kapasitor Bank, alat ukur dan peralatan lain yang dibutuhkan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data berisi peninjauan ke lokasi yang terkait guna mengumpulkan data dan mendapatkan data primer yang berupa foto-foto dokumentasi lokasi yang ditinjau dan wawancara langsung kepada sumber-sumber yang dianggap valid. Data juga terbagi 2, yaitu :

3.3.1 Data Primer

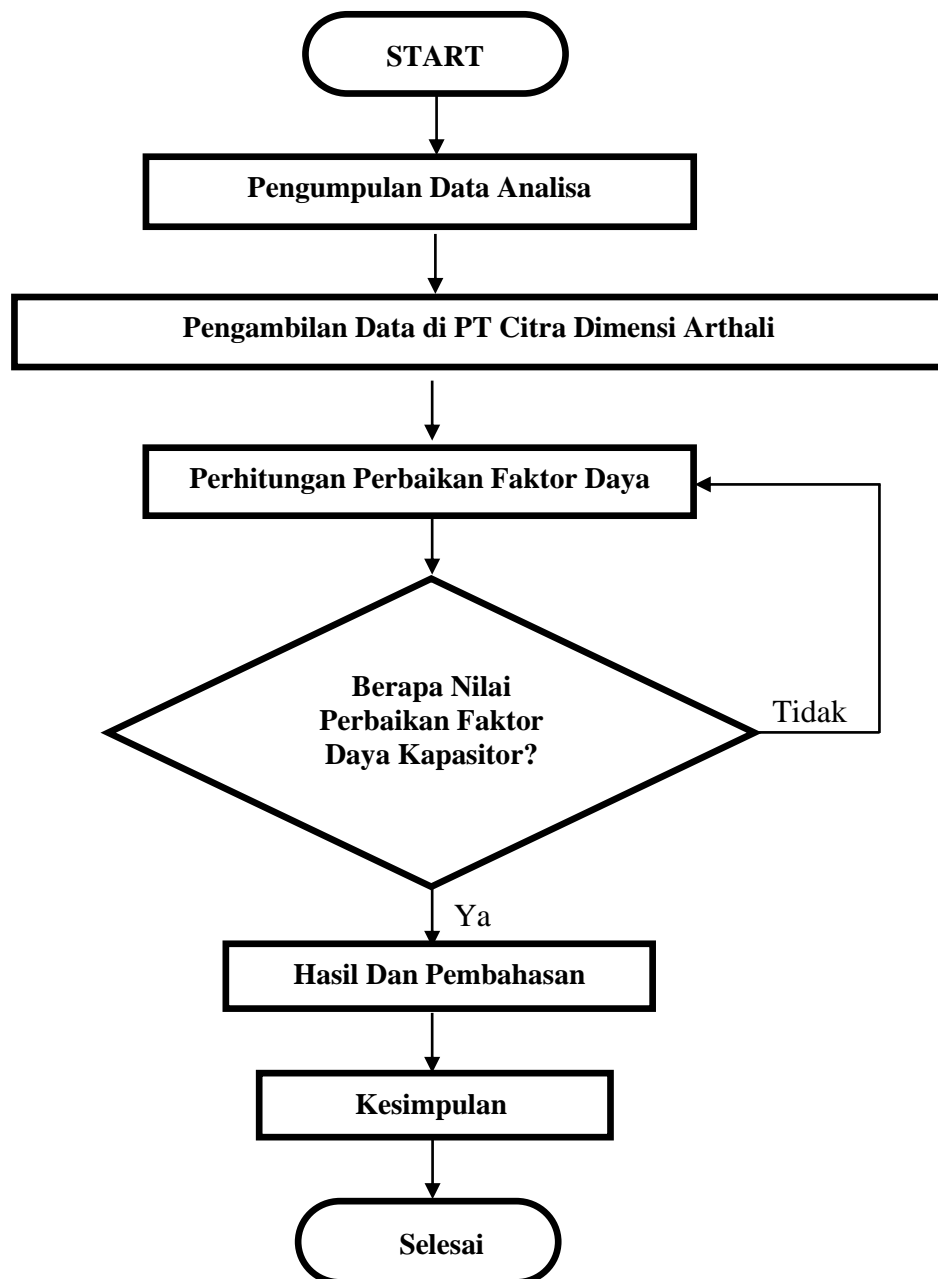
Data primer adalah sumber data penelitian yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya yang berupa wawancara, rekam jejak dari individu atau kelompok (orang) maupun hasil observasi dari suatu obyek, kejadian atau pengujian (benda). Adapun data tersebut dari perusahaan PT Citra Dimensi Arthali. Adapun data yang akan diambil yakni sebagai berikut:

1. Data Kapasitor Bank, meliputi Tegangan, Arus, Tahanan dan Juga $\text{Cos } \phi$.
2. Data Kapasitor Bank, meliputi Kapasitas Kapasitor, beban Penggunaan Kapasitor, dan juga Perubahan $\text{Cos } \phi$.

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, jurnal, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum.

3.4 Bagian Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Mulai

Awal dilakukannya pengumpulan data skripsi

3.5.2 Metode Pengumpulan data

Metode pengumpulan data ini dilakukan dengan melalui cara-cara sebagai berikut:

1. Metode literatur, yaitu suatu metode yang digunakan untuk mengumpulkan data dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dan metode kerja yang dilakukan dengan mendapatkan dari buku, jurnal dan makalah serta pembelajaran online yang berhubungan dengan penelitian.
2. Metode Observasi, yaitu suatu metode untuk mengetahui kondisi lokasi penelitian.
3. Metode Wawancara, yaitu metode untuk mendapatkan data dengan cara wawancara langsung dengan instansi terkait atau pengelola atau narasumber yang dianggap mengetahui permasalahan tersebut.

3.5.3 Pengambilan Data Analisa

Mengambil data di perusahaan PT Citra Dimensi Arthali, berdasarkan cara-cara untuk mendapatkan data, maka data-data yang saya perlukan ada dua yaitu data primer dan data sekunder, yang termasuk ke dalam data primer yaitu :

1. Data Kapasitor Bank, meliputi Tegangan, Arus, Tahanan dan Juga $\cos \phi$.
2. Data Kapasitor Bank, meliputi Kapasitas Kapasitor, beban Penggunaan Kapasitor, dan juga Perubahan $\cos \phi$.

Data sekunder yang saya perlukan yaitu :

1. Lokasi penelitian
2. Rumus Faktor Daya

3.5.4 Anallisa Data

Ada beberapa tahapan dalam menganalisa Kapasitor Bank yaitu :

1. Menghitung beban masuk (Ω in) dan beban pembaharuan (Ω out).
2. Menghitung besar nilai kompensasi daya reaktif sebagai hasil dari peningkatan faktor daya.
3. Bagaimana kondisi kelayakan dan keamanan sistem kapasitor bank.
4. Bagaimana performansi kapasitor terhadap beban.

3.5.5 Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan analisa data terhadap kapasitor bank di PT Citra Dimensi Arthalih, maka akan diketahui apakah kapasitor tersebut masih bekerja secara optimal atau sudah mengalami penurunan.

3.5.6 Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dari hasil analisa data sesuai tujuan dari skripsi ini serta memberikan saran atau masukan dari kesimpulan yang diperoleh.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Spesifikasi Kapasitor

PT. Citra Dimensi Arthali saat ini menggunakan dua belas kapasitor bank yang dikombinasikan untuk memperbaiki faktor daya. Kapasitor bank yang digunakan untuk proses pengolahan industri pengolahan makanan (food). Berikut ini adalah data spesifikasi dari kapasitor bank pada PT Citra Dimensi Arthali.



Gambar 4.2 *Name Kapasitor Bank*

Jenis kapasitor bank yang digunakan adalah ETii

Capacity : 48 Kvar

Voltage : 0.525 kV

Current : 52.8 A

Capacitance : 554 uF

Freq : 50 Hz 3phase

Selfhealing, Oil



Gambar 4.2 Panel Kapasitor Bank

Berdasarkan gambar 4.2 diatas, dari duabelas (12) kapasitor bank berukuran 48Kvar. Dari tegangan kerja 220V sampai 525Volt. Untuk suatu besaran kapasitor yang sering dipakai adalah Kvar (kilo volt ampere reaktif) meskipun didalam Kvar terkandung atau tercantum besaran kapasitas yaitu Farad atau microfarad (μF).

4.2 Data Spesifikasi Power Factor Controller (ABB)

Power Factor Controller (ABB) adalah sebuah perangkat electrical yang banyak digunakan untuk sisten generator. Alat ini berfungsi menyediakan suatu tegangan kelaran DC tetapi yang tidak dipengaruhi oleh tegangan masukan, arus beban keluar, dan suhu, Gambar 4.3 Power Factor Controller (ABB) yang bekerja sebagai pengontrol $\text{Cos } \phi$ di jaringan industry dan komersial , serta merupakan alat batas ukur $\text{Cos } \phi$ yg memiliki kemampuan baca atau kemampuan kerja $\text{Cos } \phi$.



Gambar 4.3 Power Factor Controller (ABB)

| | |
|-------------------------|---------------------------|
| Manufacturer/Model | : ABB / RVC12-1/5A |
| Type | : Power Factor controller |
| Operating Voltage | : 100 ... 240 V AC |
| Frequency range | : 50 or 60 Hz |
| Current input | : 1A or 5A (RMS) |
| Current input impedance | : <0.1 Ohm |
| Consumption | : 15 VA max |

4.3 Prinsip Kerja Kapasitor Bank

Kapasitor yang digunakan untuk memperbesar pf dipasang paralel dengan rangkaian beban. Bila rangkaian itu diberi tegangan maka elektron akan mengalir masuk ke kapasitor. Pada saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah. Kemudian elektron akan ke luar dari kapasitor dan mengalir ke dalam rangkaian yang memerlukannya dengan demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Bila tegangan yang berubah itu kembali normal (tetap) maka kapasitor akan menyimpan kembali elektron. Jadi pengaruh dari kapasitor adalah untuk mengurangi aliran daya reaktif didalam jaringan sehingga daya reaktif yang berasal dari sistem menjadi, Arus I berkurang dan karenanya kerugian $I^2 R$ berkurang.

4.4 Bahaya Kapasitor Bank

Untuk menjaga kapasitor bank, Pemeriksaan secara visual seperti bushing, body kapasitor, fuse cut out, sambungan klem/jumper dan mechanical structure. Kegiatan pengukuran yang dilakukan saat kapasitor dalam kondisi bertegangan dengan melakukan pengukuran menggunakan IR thermometer dan IR thermography seperti body unit kapasitor, bushing, klem konduktor, fuse link, relrel. Pengujian dan pengukuran kapasitor saat tidak beroperasi dengan catatan sbelum melakukan kegiatan perlu dilakukan pentanahan. Pengukuran tahanan isolasi kapasitor Pengukuran resistansi AC kapasitor dan pengujian kapasitansi kapasitor.

4.4.1 Analisis Bahaya Kapasitor Bank

Kapasitor bank yang terpasang di PT. Citra Dimensi Arthali memiliki kapasitas 576 kVAr dengan kapasitas transformator sebesar 800 kVA, kapasitor setiap step 525V, 48 kVAr/step.

Menghitung kebutuhan kapasitas kapasitor bank Keterangan :

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

Q : Daya Reaktif Capasitor Bank yang dibutuhkan

Q_1 : Daya Reaktif sebelum perbaikan

Q_2 : Daya Reaktif yang ingin dicapai Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis

Menghitung daya reaktif (Q_1) sebelum perbaikan.

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Diketahui :

$S = 800$ kVA, $\cos \phi$ terukur 0,80

Maka :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{800^2 - (800 \times 0,80)^2}$$

$$Q_1 = 480 \text{ kVAr}$$

Menghitung nilai (Q_2) dengan $\cos \phi$ yang ingin dicapai

$$Q_2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Diketahui :

$P = 800$ KVA, $\cos \phi$ yang ingin dicapai 0,99 Maka :

Maka :

$$Q_2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{(800 \times 0,99)^2 - 800^2}$$

$$Q_2 = 112,8 \text{ kVAr}$$

Maka :

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 480 \text{ kVAr} - 112,8 \text{ kVAr}$$

$$Q_c = 367,2 \text{ kVAr}$$

Dari hasil perhitungan di atas di dapat data daya reaktif kapasitor bank yang dibutuhkan yaitu sebesar = 367,2 kVAr, PT. Citra Dimensi Arthali memiliki kapasitas kapasitor bank sebesar 576 kVAr cukup dalam memenuhi kebutuhan perbaikan faktor daya, serta dapat menambah usia kapasitor bank itu sendiri.

4.5 Perbaikan Faktor Daya

Faktor daya atau $\text{Cos } \phi$ merupakan perbandingan antara daya aktif dan daya semu. Faktor daya umumnya memiliki dua kondisi yang perlu diperbaiki yaitu kondisi lagging dimana arus mengalami ketertinggalan dari tegangan dan kondisi leading dimana arus mendahului tegangan, Faktor daya yang bernilai rendah menyebabkan peningkatan arus yang dihantarkan, hal ini dapat berakibat rugi rugi.

Dimana :

Tanpa Kapasitor

$$\text{Faktor Daya} : \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}}$$

$$\text{Faktor Daya} : \frac{149,206 \text{ kW}}{186,507 \text{ kVA}}$$

$$\text{Cos } \phi : 0,80$$

Tujuh Kapasitor

$$\text{Faktor Daya} : \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}}$$

$$\text{Faktor Daya} : \frac{143,213 \text{ kW}}{144,759 \text{ kVA}} = \text{Cos } \phi : 0,99$$

Berdasarkan hasil analisis di atas perbandingan perubahan faktor daya tanpa kapasitor bank dan dengan tuju kapasitor bank, dimana tanpa kapasitor bank $\text{Cos } \phi : 0,80$ menghasilkan daya reaktif 111,722 kVAR, sedangkan dengan tuju kapasitor bank $\text{Cos } \phi : 0,99$ daya reaktif : 20,396 KVar. Hasil analisis ini menunjukkan perbaikan faktor daya yang sangat baik.

4.6 Analisis Data Operasional

Berikut ini merupakan tabel kapasitor bank, tegangan, arus dan faktor daya pada PT Citra Dimensi Artali mulai tanggal 17 Nov 2023 sampai 29 Nov 2023. Data yang diambil merupakan data kapasitor bank pada masing-masing hari kerja.

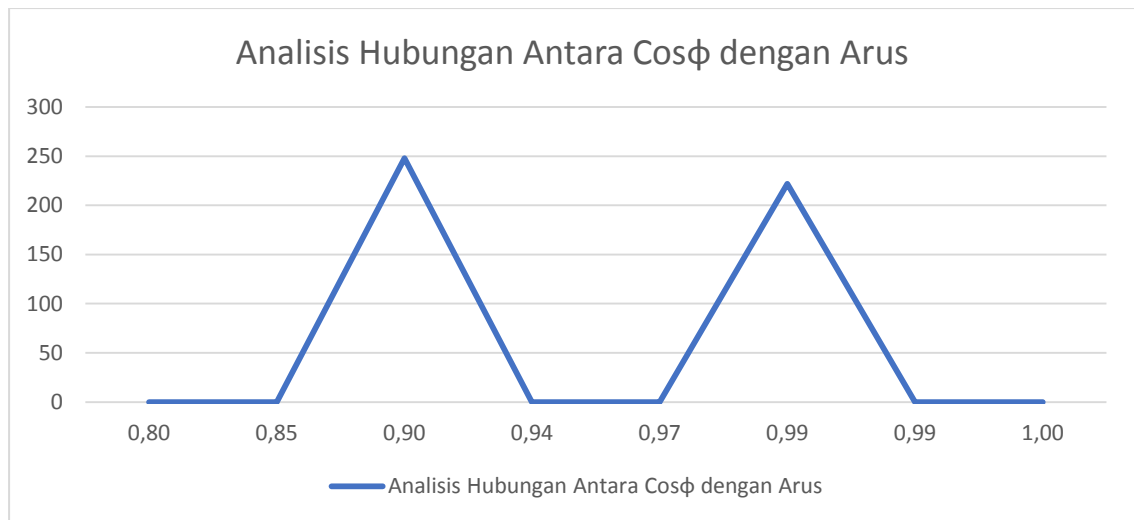
Tabel 4.1 Data Kapasitor Bank, tegangan, arus dan faktor daya

| NO | KAPASITOR | TEGANGAN (V) | ARUS (I) | FAKTOR DAYA ($\text{COS}\phi$) |
|----|----------------------|-----------------|----------|--|
| 1. | Tanpa Kapasitor Bank | 394 | 273,3 | 0,80 |
| 2. | Satu Kapasitor Bank | 394 | 266,6 | 0,85 |
| 3. | Dua Kapasitor Bank | 396,3 | 248 | 0,90 |
| 4. | Tiga Kapasitor Bank | 397,6 | 238,6 | 0,94 |
| 5. | Empat Kapasitor Bank | 391 | 227,6 | 0,97 |
| 6. | Lima Kapasitor Bank | 390,6 | 222 | 0,99 |
| 7. | Enam Kapasitor Bank | 390 | 214,3 | 0,99 |
| | RATA-RATA | 393,3 | 241,4 | 0,92 |

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran dalam setiap penambahan kapasitor bank. $\text{Cos}\phi$ meningkat naik dikarenakan kapasitor yang digunakan untuk memperbesar pf dipasang paralel dengan rangkaian beban. Pada

saat kapasitor penuh dengan muatan elektron maka tegangan akan berubah, demikian pada saat itu kapasitor membangkitkan daya reaktif. Dimana daya reaktif berpengaruh terhadap $\text{Cos}\phi$, nilai $\text{Cos}\phi$ tertinggi yaitu sebesar $\text{Cos}\phi$ 0,99 dan $\text{Cos}\phi$ terendah sebesar $\text{Cos}\phi$ 0,80.

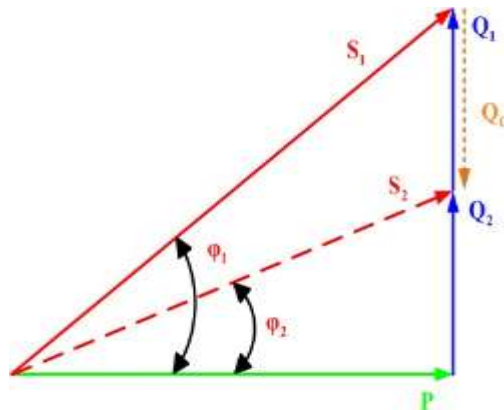
Grafik 4.1 Data Analisis Hubungan Antara $\text{Cos}\phi$ dengan Arus



Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa, dari lima hari yang diambil sebagai sampel analisis data pada hari Jum'at tanggal 17 November 2023 sampai 29 November 2023 dimana, $\text{Cos}\phi$ dapat mempengaruhi perubahan Arus dilihat dari grafik di atas.

4.6.1 Perhitungan Perubahan Nilai Faktor Daya, Daya Aktif, Daya Reaktif, dan Daya Semu

Mendeskripsikan nilai daya reaktif sebelum perbaikan faktor daya, Q_2 adalah nilai daya reaktif sesudah perbaikan faktor daya, Q_c sama dengan nilai daya reaktif yang akan diperbaiki, serta ϕ_1 dan ϕ_2 secara berturut-turut merupakan nilai untuk $\text{Cos}\phi$ awal sebelum dan sesudah perbaikan faktor daya. Pada perhitungan ini data yang diambil adalah data pada tanggal 17 November 2023.



Gambar 4.4 Diagram Segitiga daya untuk perbaikan faktor daya

Untuk menghitung perubahan nilai faktor daya, dibutuhkan rumus sebagai berikut :

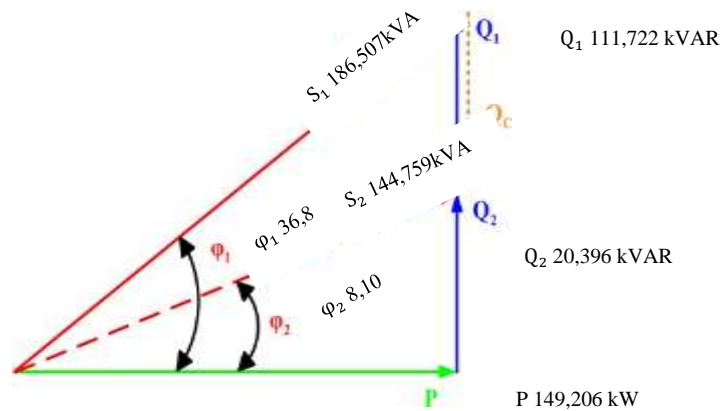
$$\text{Daya Aktif} \quad : \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$\text{Daya Reaktif} \quad : \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\varphi$$

$$\text{Daya Semu} \quad : \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

Karena yang akan dianalisa adalah Perubahan nilai faktor daya, maka perhitungan dimulai dari daya aktif, daya reaktif dan daya semu.

Hubungan antara tiga daya tersebut, diperlihatkan pada gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.5 Diagram Perbaikan Faktor Daya Dengan Kompensasi Daya Reaktif

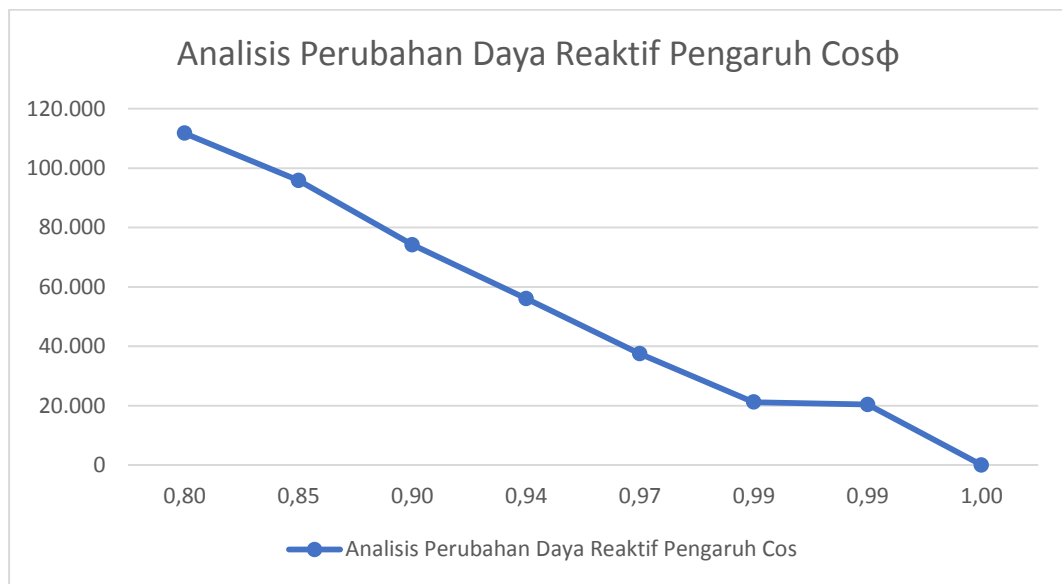
Hubungan daya listrik pada gambar 4.4 setelah pemasangan kapasitor bank terlihat pada perubahan daya semu dari S_1 186,507 kVA menjadi S_2 144,759 kVA dengan daya reaktif Q_1 111,722 kVAR menjadi Q_2 20,396 kVAR.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan Tegangan, Arus dan Faktor Daya

| Percobaan | Kapasitor | Faktor Daya $\cos\phi$ | Arus (I) | Daya Aktif (kW) | Daya Reaktif (kVAR) | Daya Semu (kVA) |
|-----------|-----------|---------------------------|----------|--------------------|------------------------|--------------------|
| 1. | - | 0,80 | 273,3 | 149,206 | 111,722 | 186,507 |
| 2. | 1 | 0,85 | 266,6 | 154,645 | 95,817 | 181,935 |
| 3. | 2 | 0,90 | 248 | 153,207 | 74,196 | 170,230 |
| 4. | 3 | 0,94 | 238,6 | 154,456 | 56,033 | 164,315 |
| 5. | 4 | 0,97 | 227,6 | 149,513 | 37,445 | 154,137 |
| 6. | 5 | 0,99 | 222 | 148,689 | 21,162 | 150,191 |
| 7. | 6 | 0,99 | 214,3 | 143,312 | 20,396 | 144,759 |
| RATA-RATA | | 0,92 | 241,4 | 150,432 | 59,53 | 164,58 |

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan hasil analisis nilai daya aktif rata-rata 150,432 kW, nilai daya reaktif rata-rata 59,53 kVAR dan nilai daya semu rata-rata sebesar 164,58 kVA.

Grafik 4.2 Data Analisis Perubahan Daya Reaktif Pengaruh $\text{Cos}\phi$



Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa, dari lima hari yang diambil sebagai sampel analisis data pada hari Jum'at tanggal 17 November 2023 sampai 29 November 2023 ada salah satu data yang nilai Daya Reaktif = 20,396 VA , dimana $\text{Cos}\phi$ didapatkan sebesar $\text{Cos}\phi = 0,99$ ini membuktikan bahwa :

1. Dalam proses pengambilan data dari equipment yg bagus.
2. Efek dari beban yg maksimal.

4.7 Perhitungan Kebutuhan Kapasitor

$P = 800 \text{ KVA}$, $\text{Cos}\phi = 0,8$, $\text{Cos}\phi$

$\text{Arc Cos } 0,80 = 36,86$

$\text{Arc Cos } 0,99 = 8,10$

Diketahui :

$S = 800 \text{ kVA}$, cos phi terukur $0,80$

Maka :

$$Q_1 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_1 = \sqrt{800^2 - (800 \times 0,80)^2}$$

$$Q_1 = 480 \text{ kVAr}$$

Menghitung nilai (Q_2) dengan cos phi yang ingin dicapai

$$Q_2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Diketahui :

$P = 800 \text{ KVA}$, cos phi yang ingin dicapai $0,99$

Maka :

$$Q_2 = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{(800 \times 0,99)^2 - 800^2}$$

$$Q_2 = 112,8 \text{ kVAr}$$

Maka :

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 480 \text{ kVAr} - 112,8 \text{ kVAr}$$

$$Q_c = 367,2 \text{ kVAr}$$

$$Q_c = 367,2 \text{ kVAr} / 3$$

$$Q_c = 122,4 \text{ KVAR}$$

Kapasitor yg terpasang Sebesar $48\text{KVAR} \times 12 = 576 \text{ KVAR}$

Dimana kapasitas kapasitor PT. Citra Dimensi Arthali

Jenis kapasitor bank yang digunakan adalah ETii

Capacity : 48 Kvar

Voltage : 0.525 kV

Current : 52.8 A

Capacitance : 554 uF

Freq : 50 Hz 3phase

Selfhealing, Oil

Dengan begini kapasitor bank masik memenuhi syarat kebutuhan beban.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Mengacu pada hasil dan bahasan, maka dapat ditarik simpulan seperti berikut :

1. Kapasitor bank yang digunakan kapasitor selfheating oil sebesar 48Kvar pada panel PT. Citra Dimensi Arthali, perubahan nilai arus pada setiap fasa sebelum dan sesudah kapasitor bank, fasa sebelum dipasang kapasitor bank arus fasa R 270 A, arus fasa S 320 A dan arus fasa T 230A; pemakaian arus setelah pemasangan kapasitor bank arus fasa R180 A, arus fasa S 257 A dan arus fasa T 185 A. Setelah dipasang kapasitor bank sebesar 48Kvar, sebanyak tujuh kapasitor bank faktor daya ($\text{Cos}\phi$) dapat di perbaiki dari 0.80 menjadi 0,99.
2. Pemasangan kapasitor bank dapat menurunkan daya aktif dari 149,206 kW menjadi 143,312 kW, Pemasangan kapasitor bank dapat menurunkan daya reaktif dari 111,722 kVAR menjadi 20,396 kVAR.
3. Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa, dari lima hari yang diambil sebagai sampel analisis data pada hari Jum'at tanggal 17 November 2023 sampai 29 November 2023 ada salah satu data yang nilai Daya Reaktif = 20,396 VA , dimana $\text{Cos}\phi$ didapatkan sebesar $\text{Cos}\phi = 0,99$ ini membuktikan bahwa : Dalam proses pengambilan data dari equipment yg bagus. Efek dari beban yg maksimal.
4. Hasil perhitungan total kapasitor yang digunakan sudah sesuai dengan daya transformator yang digunakan. Hasil penghitungan kapasitor 480 kVAr sementara kapasitor yang terpasang 576 kVAr, cukup dalam memenuhi kebutuhan perbaikan faktor daya, serta dapat menambah usia kapasitor bank itu sendiri.
5. Kesimpulannya terdapat hubungan perubahan beban dan $\text{Cos}\phi$ pada PT Citra Dimensi Arthali yaitu jika semakin besar beban keluarannya atau daya yang terpakai maka tingkat Kapasitor bank dalam memperbaiki

Daya Reaktif akan semakin rendah.

5.2 Saran





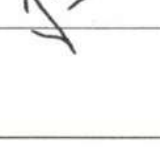

Untuk mendapatkan nilai kapasitor bank yang baik seharusnya pemeliharaan dan pengujian dilakukan secara berkala terhadap semua komponen



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jl. Kapt.Muchtar Basri Street No.3 Medan - 20238, Telp.(061)6619056
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : MUHAMMAD NUR ALFAZZARI
NPM : 2007220087P
JUDUL : ANALISA PERUBAHAN NILAI FAKTOR DAYA DENGAN
PENAMBAHAN KAPASITOR BANK DI PT. CITRA DIMENSI
ARTHALI

| No | Keterangan | Tanggal | Paraf |
|-----|--|---------------------------|---|
| 1. | - PERBAIKAN RUANG LINGKUP PENELITIAN - LANJUT BAB II | SABTU 12 JULI 2023 |  |
| 2. | - TAMBAHKAN TINJAUAN PUSTAKA - CITASI MENGGUNAKAN MANDELY | SABTU 23 JULI 2023 |  |
| 3. | - PERBAIKI RUMUS, GAMBAR DIPERJELAS - TAMBAHKAN PENJELASAN KOMPONEN PANEL KAPASITOR | SENIN 7 AGUSTUS 2023 |  |
| 4. | - TAMBAHKAN LAGI TENTANG FAKTOR DAYA DAN ENERGI - TAMBAHKAN CITASI 15 JURNAL | SELASA 22 AGUSTUS 2023 |  |
| 5. | - PERBAIKAN RATA KANAN KIRI PADA DAFTAR PUSTAKA | RABU 23 AGUSTUS 2023 |  |
| 6. | ACC UNTUK SEMINAR PROPOSAL | KAMIS 24 AGUSTUS 2023 |  |
| 7. | | | |
| 8. | | | |
| 9. | | | |
| 10. | | | |

DOSEN PENDAMPING/PEMBIMBING,


(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, S.Pd, M)



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jl. Kapt. Muchtar Basri Street No.3 Medan - 20238, Telp.(061)6619056
Website: <http://www.umsu.ac.id> Email: rector@umsu.ac.id

NAMA : MUHAMMAD NUR ALFAZZARI
NPM : 2007220087P
JUDUL : ANALISIS PERUBAHAN NILAI FAKTOR DAYA DENGAN
PENAMBAHAN KAPASITOR BANK DI PT. CITRA DIMENSI
ARTHALI

| No | Keterangan | Tanggal | Paraf |
|-----|---|--------------------------------|-------|
| 1. | PERINSIP KERJA KAPASITOR BANK PADA PERUBAHAN NILAI FAKTOR DAYA (BAB IV) | SELASA 12 SEPTEMBER 2023 | |
| 2. | GERAFIK SETIAP TABEL NARASIKAN CAPAIAN PADA SETIAP TABEL DI BUAT (BAB IV) | SENIN 25 SEPTEMBER 2023 | |
| 3. | ANALISIS BAHAYA KAPASITOR BANK (BAB IV) | SABTU 13 OKTOBER 2023 | |
| 4. | RUGI-RUGI DI ANALISIS DAN APA SEBABNYA (BAB IV) | RABU 1 NOVEMBER 2023 | |
| 5. | SETIAP GAMBAR DAN TABEL DI BAB 4, DI JELASKAN MINIMAL 1 PARAGRAF | RABU 17 JANUARI 2024 | |
| 6. | JELASKAN KENAPA BISA BERUBAH COS PHI BILA ADA PENAMBAHAN KAPASITOR BANK TAMBAH KAN DI BAWAH TABEL 4.1, PERIKSA EJAAN KATA | KAMIS 18 JANUARI 2024 | |
| 7. | PERBAIKI ABSTRAK (isinya dan 200-250 Kata) BAB IV DISESUAIKAN DENGAN RUANG LINGKUP YG ADA BAHAS ANALISA BAHAYA | SABTU 3 FEBRUARI 2024 | |
| 8. | ACC UNTUK DI SEMINAR HASILKAN | SENIN 5 FEBRUARI 2024 | |
| 9. | Perbaiki cos φ yang tercantum | SELASA 2 - 4 - 2024 | |
| 10. | Acc untuk diidungkan | Selasa 23 - 4 - 2024 | |

DOSEN PENDAMPING/PEMBIMBING,

(Faisal Irsan Pasaribu, S.T, S.Pd, M)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Al Bahar, “Analisa Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Gedung TI BRI Ragunan,” *Ilm. Elektrokrisna*, vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.
- [2] S. W. Habsoro, A. Nugroho, and B. Winardi, “Analisa Penempatan Kapasitor Bank Untuk Perhitungan Drop Voltage Pada Feeder Batang 02 Tahun 2012-2016 Dengan Software Etap 7.0.0,” *Transient*, vol. 2, no. 1, pp. 16–23, 2013.
- [3] D. Almanda and N. Majid, “Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor,” *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 2, no. 1, p. 7, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.1.7-14.
- [4] R. Pasangkunan, S. A. Karim, and H. Hasrul, “Pengaruh Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Faktor Daya Pada Reefer Plug Di Pt. Pelindo Iv Cabang Makassar New Port,” *J. Media Elektr.*, vol. 19, no. 1, p. 27, 2021, doi: 10.26858/metrik.v19i1.22231.
- [5] Muhammad Khoirun Nizam, “Analisis Perbaikan Kualitas Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Lumumba PT. PLN Ngagel Surabaya,” 1386.
- [6] M. M. M. Fuentes, “Analisis Perubahan Nilai Faktor Daya Terhadap Pemasangan Kapasitor Bank Pada Unit Boiler Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu,” pp. 1–14, 2017.
- [7] M. Hariansyah and J. Setiawan, “Daya Pada Panel Utama Listrik Gedung Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor,” *Daya Pada Panel Utama List. Gedung Fak. Tek. Univ. Ibn Khaldun Bogor*, no. November, pp. 26–33, 2014.
- [8] Y. Liklikwatil, P. Studi, T. Elektro, S. Tinggi, and T. Mandala Bandung, “Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Motor Induksi Dan Jaringan Listrik,” *J. Isu Teknol. STT Mandala*, vol. 14, no. 2, pp. 46–50, 2019.

- [9] K. Dias Nurmahandy, S. Isnur Haryudo, W. Aribowo, and M. Widyartono, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata Pt Pln Ngagel Surabaya," pp. 261–269, 2021.
- [10] R. H. Mone *et al.*, "Pengaruh Tahapan Nilai Kapasitor Terhadap Daya Reaktif Motor Induksi Satu Fasa," vol. 5, no. 2, pp. 33–40.
- [11] A. Rofii and R. Ferdinand, "Analisa Penggunaan Kapasitor Bank Dalam Upaya Perbaikan Faktor Daya," *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, 2018.
- [12] P. Indonesia and C. Pontianak, "1 = 0,7."
- [13] S. Noor and N. Saputera, "Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank," *J. Poros Tek.*, vol. 6, no. 2, pp. 73–78, 2014.
- [14] Y. Esye and S. Lesmana, "Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan," *Sains Teknol.*, vol. 11, no. 1, 2021.
- [15] I. Roza, F. I. Pasaribu, A. Yanie, A. Almi, and T. S. Sinaga, "AnalisaPengaruhPenggunaanVSD (Variable Speed Drive)Pada Konsumsi EnergiDiPT.Lestari Alam Segar," *J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi), pp. 27–34, 2021, [Online]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>.
- [16] M. Putri and F. I. Pasaribu, "Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (X L) di Industri," vol. 3, no. 2, pp. 1–5, 2018.
- [17] B. Ferdiansah and F. Ahmad, "Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya dan Nilai Jatuh Tegangan," vol. 5, pp. 234–241, 2023.
- [18] F. A. Noor, H. Ananta, and S. Sunardiyo, "Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket," *J. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 66–73, 2017.
- [19] I. Tiga *et al.*, "PENGARUH KAPASITOR TERHADAP FAKTOR DAYA MOTOR," vol. 15, pp. 85–93, 2021.
- [20] N. Fartino, T. Tarmizi, and M. Syukri, "Kajian Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Otomatis," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 11–18, 2020, doi: 10.24815/kitektro.v5i1.15543.

