

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Dalam sistem kelistrikan, beban daya listrik (daya aktif) dari jaringan sebagai sumber daya (misalnya komputer pribadi, printer, peralatan diagnostik, dll.) atau mengubahnya menjadi bentuk energi lain (misalnya lampu listrik atau kompor) atau menjadi keluaran mekanis (misalnya motor listrik) [1]. Untuk mencapai hal tersebut, sering kali diperlukan bahwa beban bertukar daya reaktif dengan system jaringan, terutama jenis induktif. Meskipun energi ini tidak langsung diubah menjadi bentuk yang lain, energi tersebut berkontribusi meningkatkan total daya yang mengalir melalui jaringan listrik, mulai dari generator, sepanjang konduktor, hingga pengguna. Untuk mengurangi dampak negatif ini, dilakukan koreksi faktor daya pada sistem kelistrikan.

Koreksi faktor daya yang diperoleh dengan menggunakan kapasitor bank untuk menghasilkan energi reaktif secara lokal, yang diperlukan untuk transfer daya listrik yang berguna, Dimana memungkinkan secara teknis dan ekonomi sistem yang lebih baik dan lebih rasional. Selain itu, penggunaan perangkat pengguna arus searah saat ini, seperti rangkaian elektronik dan penggerak listrik (electric drives), menyebabkan munculnya harmonisa arus yang disalurkan ke dalam jaringan, dengan konsekuensi pencemaran dan distorsi bentuk gelombang pada beban terhubung lainnya. Oleh karena itu, penggunaan filter harmonisa, baik jenis pasif maupun aktif, berkontribusi untuk meningkatkan kualitas daya keseluruhan dalam jaringan. Jika filter tersebut dirancang dengan ukuran yang tepat, mereka juga dapat melakukan koreksi faktor daya pada frekuensi jaringan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis permasalahan tersebut tanpa masuk ke detail teknis, tetapi dimulai dari definisi koreksi faktor daya, analisis keuntungan teknis-ekonomi, serta menjelaskan bentuk dan cara untuk mencapai

koreksi faktor daya [8]. Makalah ini bertujuan untuk memberikan panduan dalam memilih perangkat dan design yang tepat secara teknik & ekonomis untuk koreksi faktor daya.

Sistem kelistrikan industri, efisiensi operasional sangat tergantung pada kualitas daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik. Salah satu aspek penting dari kualitas daya adalah faktor daya, yang merupakan perbandingan antara daya nyata (yang digunakan untuk melakukan kerja) dan daya semu (total daya yang diambil dari jaringan). Faktor daya yang rendah menunjukkan adanya banyak daya reaktif yang tidak menghasilkan kerja nyata, tetapi tetap membebani jaringan Listrik [13].

Transformator 3 MVA yang digunakan untuk mendistribusikan daya ke berbagai beban motor 3 fasa sering kali mengalami penurunan faktor daya akibat adanya komponen induktif yang dominan pada beban motor tersebut [10]. Faktor daya yang rendah ini menyebabkan beberapa masalah, antara lain:

1. **Inefisiensi Energi:** Daya reaktif yang tinggi mengakibatkan inefisiensi penggunaan energi, karena sebagian besar energi yang disuplai tidak digunakan secara efektif.
2. **Penurunan Kapasitas Sistem:** Transformator dan peralatan lain dalam sistem distribusi harus menangani arus lebih besar untuk mengalirkan daya yang sama, yang dapat menyebabkan penurunan umur pakai peralatan tersebut [8]
3. **Peningkatan Biaya Operasional:** Banyak perusahaan listrik menerapkan penalti terhadap konsumen industri yang memiliki faktor daya rendah, sehingga meningkatkan biaya operasional.

Untuk mengatasi masalah ini, koreksi faktor daya [11] menjadi solusi yang esensial. Salah satu metode yang umum digunakan adalah dengan memasang kapasitor bank. Dalam penelitian ini, penambahan kapasitor bank dengan spesifikasi 1 step 2x50 kVAR pada transformator 3 MVA akan dianalisis. Kapasitor

bank tersebut akan dikendalikan oleh kontrol regulator RVT2-12 ABB, yang bertujuan untuk meningkatkan faktor daya pada beban motor 3 fasa [15].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas dari penambahan kapasitor bank dalam meningkatkan faktor daya [10], serta memahami bagaimana kontrol regulator RVT2-12 ABB berperan dalam mengoptimalkan proses koreksi faktor daya tersebut[19]. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan solusi praktis bagi industri dalam meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional

1.2 Identifikasi Masalah

Dalam penelitian Thesis ini ada beberapa hal yang menjadi identifikasi yang sering terjadi di sitem kelistrikan terutama didunia industri , seperti berikut :

1. Faktor Daya Rendah pada Transformator 3 MVA

Transformator 3 MVA yang digunakan untuk mensuplai daya ke beban motor 3 fasa sering kali mengalami faktor daya yang rendah. Hal ini disebabkan oleh dominannya komponen induktif pada beban motor tersebut, yang mengakibatkan tingginya daya reaktif.

2. Inefisiensi Energi

Faktor daya yang rendah menyebabkan inefisiensi dalam penggunaan energi. Daya reaktif yang tinggi tidak digunakan untuk melakukan kerja nyata, tetapi tetap membebani sistem distribusi listrik.

3. Penurunan Kapasitas dan Umur Pakai Peralatan

Beban daya reaktif yang tinggi meningkatkan arus total yang harus ditangani oleh transformator dan peralatan lain dalam sistem distribusi. Hal ini dapat mengurangi kapasitas efektif dari sistem dan memperpendek umur pakai peralatan tersebut.

4. Tantangan dalam Penambahan Kapasitor Bank

Penambahan kapasitor bank merupakan solusi umum untuk mengatasi masalah faktor daya rendah. Namun, penentuan kapasitas dan konfigurasi

yang tepat dari kapasitor bank menjadi tantangan tersendiri untuk memastikan bahwa daya reaktif yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan.

5. Penggunaan Kontrol Regulator Penggunaan kontrol regulator seperti RVT2-12 ABB untuk mengelola penambahan kapasitor bank memerlukan analisis mendalam untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi secara optimal. Regulator ini harus mampu mengatur penambahan dan pengurangan kapasitor secara efisien untuk menjaga faktor daya yang diinginkan.
6. Optimalisasi Kinerja Sistem Analisis yang komprehensif diperlukan untuk memastikan bahwa penambahan kapasitor bank dan penggunaan kontrol regulator dapat meningkatkan faktor daya secara signifikan tanpa menimbulkan masalah baru pada sistem kelistrikan.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa pembatasan yang perlu diperhatikan, antara lain:

1. Ruang Lingkup Penelitian Penelitian ini difokuskan pada analisis koreksi faktor daya pada transformator berkapasitas 3 MVA yang mensuplai beban motor 3 fasa. Ruang lingkup ini dibatasi pada penggunaan kapasitor bank dengan konfigurasi 1 step 2x50 kVAR dan kontrol regulator RVT2-12 ABB.
2. Jenis Beban Penelitian ini hanya mencakup beban motor 3 fasa, sehingga hasil analisis tidak berlaku untuk jenis beban lain seperti beban resistif atau kapasitif murni.
3. Kondisi Operasional Analisis dilakukan berdasarkan kondisi operasional normal dari transformator dan beban motor 3 fasa, tanpa mempertimbangkan kondisi

ekstrim seperti gangguan listrik, perubahan beban yang tiba-tiba, atau kegagalan peralatan.

4. Jenis Kapasitor Bank

Penelitian ini dibatasi pada penggunaan kapasitor bank dengan spesifikasi 1 step 2x50 kVAR. Variasi lain dari kapasitor bank atau konfigurasi multi-step tidak termasuk dalam analisis ini.

5. Kontrol Regulator

Fokus pada kontrol regulator yang digunakan adalah RVT2-12 ABB. Penggunaan jenis kontrol regulator lainnya tidak dibahas dalam penelitian ini.

6. Parameter Analisis

Parameter analisis utama meliputi faktor daya, daya reaktif, daya nyata, dan efisiensi energi. Parameter lain seperti distorsi harmonik, kestabilan tegangan, dan arus gangguan tidak menjadi fokus utama tetapi akan dibahas secara sekunder.

7. Lingkup Waktu

Penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu yang ditentukan selama studi. Data yang diambil hanya mencakup periode waktu tersebut dan tidak mempertimbangkan perubahan jangka panjang atau musiman.

8. Implementasi di Lapangan

Studi ini dilakukan berdasarkan Implementasi langsung di lapangan atau pada sistem kelistrikan nyata dilakukan di industri.

9. Kondisi Eksternal

Faktor eksternal seperti kondisi lingkungan, suhu, dan kelembaban yang dapat mempengaruhi kinerja sistem tidak menjadi bagian dari analisis ini.

10. Asumsi Teknis

Penelitian ini mengasumsikan bahwa semua komponen dan peralatan bekerja dalam kondisi optimal dan sesuai dengan spesifikasi pabrikannya. Ketidakempurnaan dalam komponen atau peralatan tidak dipertimbangkan.

1.4 Rumusan Masalah

Untuk perumusan masalah yang diambil dalam penelitian thesis ini berdasarkan studi actual dan refrensi penelitian sebelumnya. Ada beberapa hal yang sangat penting dalam perumusan masalah di penelitian ini :

1. Apa dampak dari faktor daya rendah pada sistem kelistrikan yang menggunakan transformator 3 MVA & Bagaimana faktor daya rendah mempengaruhi efisiensi Transformer?
2. Bagaimana penambahan kapasitor bank 1 step 2x50 kVAR dapat memperbaiki faktor daya pada transformator 3 MVA?
3. Bagaimana peran kontrol regulator RVT2-12 ABB dalam pengelolaan penambahan kapasitor bank untuk koreksi faktor daya?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membahas beberapa hal yang sangat perhitungkan data dipertimbangkan dalam sisitem kelistrikan terutama di industri. Adapun tujuan dalam peneltian ini

1. Menganalisis Kinerja Transformator 3 MVA
 - Untuk menganalisis kinerja transformator 3 MVA dalam mensuplai daya ke beban motor 3 fasa.
 - Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja transformator saat mensuplai beban motor 3 fasa.
2. Mengevaluasi Dampak Faktor Daya Rendah
 - Untuk mengevaluasi dampak faktor daya rendah pada efisiensi energi dan performa sistem distribusi listrik.
 - Untuk mengidentifikasi dampak negatif dari faktor daya rendah pada transformator dan sistem kelistrikan.
3. Menganalisis Penambahan Kapasitor Bank

- Untuk menganalisis efektivitas penambahan kapasitor bank 1 step 2x50 kVAR dalam memperbaiki faktor daya transformator 3 MVA.
 - Untuk mengevaluasi perubahan faktor daya sebelum dan sesudah penambahan kapasitor bank.
4. Mengukur Efektivitas Kontrol Regulator RVT2-12 ABB
- Untuk menganalisis peran kontrol regulator RVT2-12 ABB dalam pengelolaan penambahan kapasitor bank.
 - Untuk mengevaluasi kemampuan kontrol regulator RVT2-12 ABB dalam menjaga faktor daya dalam rentang yang diinginkan.
5. Menilai Keuntungan Teknis dan Ekonomis
- Untuk menilai peningkatan efisiensi energi dan pengurangan biaya operasional dari penerapan koreksi faktor daya menggunakan kapasitor bank dan kontrol regulator RVT2-12 ABB.
 - Untuk mengidentifikasi manfaat teknis dan ekonomis lain dari peningkatan faktor daya pada sistem kelistrikan.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan kedepannya diantaranya yaitu sebagai berikut:

- a. Manfaat Akademis
 1. Penelitian ini akan menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang teknik elektro, khususnya terkait dengan analisis koreksi faktor daya pada transformator.
 2. Memberikan referensi bagi peneliti lain yang tertarik untuk mengkaji lebih lanjut mengenai penggunaan kapasitor bank dan kontrol regulator dalam memperbaiki faktor daya.
- b. Manfaat Teknis
 1. Memberikan solusi praktis dalam mengatasi masalah faktor daya rendah pada transformator yang digunakan untuk beban motor 3 fasa.

2. Mengidentifikasi dan memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai peran dan efektivitas kapasitor bank serta kontrol regulator RVT2-12 ABB dalam memperbaiki faktor daya.
 3. Menyediakan data dan analisis yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan kapasitor bank dan kontrol regulator di sistem kelistrikan lain.
- c. Manfaat Ekonomis
1. Meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, yang pada gilirannya dapat mengurangi biaya operasional industri.
 2. Mengurangi penalti biaya yang dikenakan oleh penyedia listrik akibat faktor daya rendah.
 3. Meningkatkan umur pakai dan kinerja peralatan listrik melalui pengurangan beban reaktif yang tidak perlu.
- d. Manfaat Lingkungan
1. Mengurangi pemborosan energi listrik yang tidak efisien, yang berkontribusi pada pengurangan jejak karbon dan dampak lingkungan lainnya.
 2. Meningkatkan kualitas daya dan mengurangi polusi harmonisa, yang dapat menyebabkan gangguan pada peralatan elektronik lain dan infrastruktur listrik.
- e. Manfaat Praktis
1. Menyediakan panduan praktis bagi praktisi teknik elektro dalam memilih dan mengimplementasikan kapasitor bank serta kontrol regulator yang sesuai untuk koreksi faktor daya.
 2. Menyediakan langkah-langkah mitigasi untuk masalah harmonisa yang dihasilkan oleh beban non-linear, sehingga dapat diadopsi dalam instalasi kelistrikan yang serupa.
- f. Manfaat Industri
1. Membantu perusahaan industri dalam meningkatkan kinerja sistem kelistrikan mereka dengan memperbaiki faktor daya dan mengurangi biaya operasional.

2. Menyediakan solusi teknis yang dapat diimplementasikan di industri lain yang menghadapi masalah serupa dengan faktor daya dan harmonisa.

1.7 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini mencakup beberapa aspek utama dalam penelitian ini, termasuk:

1. Objek Penelitian;
 - Penelitian ini difokuskan pada transformator 3 MVA yang mensuplai beban motor 3 fasa.
 - Analisis dilakukan dengan penambahan kapasitor bank 1 step 2x50 kVAR dan menggunakan kontrol regulator RVT2-12 ABB.
2. Parameter yang Dianalisis;
 - Faktor daya (power factor)
 - Daya reaktif (reactive power)
 - Daya nyata (real power)
 - Efisiensi energi system
 - Tegangan
3. Metodologi Penelitian;
 - Studi literatur tentang teori faktor daya, kapasitor bank, dan kontrol regulator.
 - Pengumpulan data operasional transformator 3 MVA dan beban motor 3 fasa.
 - Simulasi dan analisis kinerja sistem sebelum dan sesudah penambahan kapasitor bank dengan kontrol regulator RVT2-12 ABB.
 - Pengukuran dan analisis perubahan faktor daya, daya reaktif, daya nyata, dan harmonisa.
4. Lingkup Teknologi

- Penggunaan kapasitor bank 1 step 2x50 kVAR untuk koreksi faktor daya.
 - Implementasi kontrol regulator RVT2-12 ABB untuk pengelolaan kapasitor bank.
5. Batasan Penelitian
- Penelitian ini tidak mencakup analisis beban selain motor 3 fasa.
 - Hanya menggunakan satu jenis kapasitor bank dengan spesifikasi 1 step 2x50 kVAR.
 - Kontrol regulator yang digunakan terbatas pada model RVT2-12 ABB.
 - Kondisi eksternal seperti variasi suhu dan kelembaban tidak dianalisis.
 - Tidak menganalisa harmonisa dan dampaknya
 - Data diambil dari implementasi langsung di lapangan.
6. Manfaat yang Diharapkan
- Peningkatan faktor daya dan efisiensi energi.
 - Reduksi harmonisa dan peningkatan kualitas daya.
 - Panduan praktis untuk implementasi kapasitor bank dan kontrol regulator dalam aplikasi industri.

1.8 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

- 1.1 Latar Belakang Masalah
- 1.2 Identifikasi Masalah
- 1.3 Pembatasan Masalah
- 1.4 Perumusan Masalah
- 1.5 Tujuan Penelitian
- 1.6 Manfaat Penelitian
- 1.7 Ruang Lingkup Penelitian

1.8 Sistematika Penulisan

BAB II Landasan Teori

- 2.1 Konsep Dasar Faktor Daya
- 2.2 Konsep dasar koreksi faktor daya
- 2.3 Kalkulasi Daya Reaktif Transformer
- 2.4 Jenis-jenis konsep koreksi faktor daya
- 2.5 Control Regulator RVT2-12 ABB
- 2.6 Kapasitor
- 2.7 Harmonik

BAB III Metodologi Penelitian

- 3.1 Umum
- 3.2 Perencanaan koreksi faktor daya
- 3.3 Pengaturan faktor daya
- 3.4 Simulasi sistem kapasitor
- 3.5 Harmonik pada system kelistrikan

BAB IV ANALISIS

- 4.1 Hasil & Analisa System
- 4.2 Hasil & Analisa System menggunakan ETAP
- 4.3 Hasil & Analisa Ekonomi
- 4.4 Hasil & Analisa Harmonik

BAB V PENUTUP

- 5.1 Kesimpulan
- 5.2 Saran
- 5.3 Studi Lanjutan

Daftar Pustaka