

TUGAS AKHIR

ANALISIS SISTEM KELAYAKAN KAPASITOR BANK PADA BEBAN PERALATAN DALAM PEMROSESAN PUPUK DI PT. REZEKI BERSAMA INDONESIA

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

Disusun Oleh :

MUHAMMAD FAUZI

2007220004



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Fauzi

NPM : 2007220004

Program Studi : Teknik Elektro

Judul skripsi : Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada Beban Peralatan dalam Pemrosesan Pupuk di PT. Rezeki Bersama Indonesia

Bidang Ilmu : Sistem Kontrol

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

Medan, 19 Oktober 2024

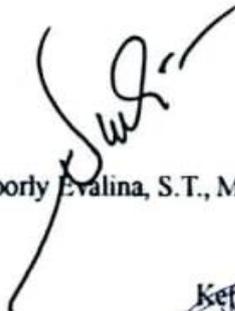
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



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

Dosen Penguji I



Noorly Evalina, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Rahmat Fauzi Siregar, S.T., M.T

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama lengkap : Muhammad Fauzi
Tempat/Tanggal lahir : R. Pulau, 28 Oktober 2002
NPM : 2007220004
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada Beban Peralatan dalam Pemrosesan Pupuk di PT. Rezeki Bersama Indonesia”.

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

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

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

Medan, 19 Oktober 2024
Yang Menyatakan



Muhammad Fauzi

ABSTRAK

Perkembangan teknologi di sektor industri semakin berkembang pesat dari ketahunnya, begitu juga penggunaan beban induktif seperti motor listrik yang merupakan sebagai penggerak utama dalam pengoperasian produksi yang dibuat salah satunya PT. Rezeki Bersama Indonesia dengan daya tersambung sebesar 131 KVA dan kapasitas trafo 3 fasa 20 KV/400 V yang tergolong tarif industri (B-2) dengan memiliki kapasitor bank yang terpasang sebanyak 6 step berkapasitas 117 kVAR. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan kapasitor bank pada sistem kelistrikan di PT. Rezeki Bersama Indonesia, khususnya dalam meningkatkan faktor daya, efisiensi energi, serta keandalan dan stabilitas sistem listrik. Faktor daya yang rendah menyebabkan meningkatnya konsumsi daya reaktif, penalti dari penyedia listrik, serta kerugian daya di jaringan distribusi. Sehingga dilakukan pengujian kapasitor bank dan evaluasi pemeliharaan teknis serta ekonomis terhadap dampaknya. Pengumpulan data dilakukan dengan metode observasi, wawancara, dan dokumentasi. Analisis data menggunakan perhitungan daya reaktif, pengujian kelayakan kapasitor bank, dan prosedur pemeliharaan kapasitor yang dilakukan. Hasil penelitian dari kelayakan kapasitor bank yang dilakukan menunjukkan bahwa penerapan kapasitor bank berhasil meningkatkan faktor daya dari 0,71 menjadi 0,98 yang menghasilkan penghematan sebesar 94.275,22 kVARh dengan kapasitas kapasitor 278,812 μ F yang persentase biaya energinya hingga 20,30%. Kemudian prosedur pengujian kelayakan yang mengikuti standar IEEE 18-2012 dan pemeliharaan yang dilakukan menghasilkan bahwa penggunaan kapasitor bank dinyatakan layak baik dari segi teknis maupun ekonomis yang dapat meningkatkan keandalan sistem listrik dan kerugian daya.

Kata Kunci : Kapasitor Bank, Faktor Daya, Efisiensi Energi, Pemeliharaan, Kelayakan Teknis

ABSTRACT

The development of technology in the industrial sector is growing rapidly from year to year, as is the use of inductive loads such as electric motors which are the main drivers in the operation of production made by one of them PT. Rezeki Bersama Indonesia with a connected power of 131 KVA and a 3-phase transformer capacity of 20 KV/400 V which is classified as an industrial tariff (B-2) with a capacitor bank installed as many as 6 steps with a capacity of 117 kVAR. This study aims to determine the feasibility of using a capacitor bank in the electrical system at PT. Rezeki Bersama Indonesia, especially in increasing the power factor, energy efficiency, and the accuracy and stability of the electrical system. Low power factors cause increased reactive power consumption, penalties from electricity providers, and power losses in the distribution network. So that capacitor bank testing and technical and economic maintenance evaluations of their impacts are carried out. Data collection was carried out using observation, interview, and documentation methods. Data analysis used reactive power calculations, capacitor bank feasibility testing, and capacitor maintenance procedures carried out. The results of the feasibility study of the capacitor bank conducted showed that the application of the capacitor bank successfully increased the power factor from 0.71 to 0.98 which resulted in savings of 94.275,22 kVARh with a capacitor capacity of 278.812 μ F which the percentage of energy costs was up to 20.30%. Then the feasibility testing procedure that followed the IEEE 18-2012 standard and the maintenance carried out resulted in the use of the capacitor bank being declared feasible both technically and economically which could improve the electrical system and power losses.

Keywords : Capacitor Bank, Power Factor, Energy Efficiency, Technical Feasibility.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Alhamdulillah dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada Beban Peralatan dalam Pemrosesan Pupuk di PT. Rezeki Bersama Indonesia” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) Medan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Ayahanda Nasib, Ibunda Almh. Sutiem, Kakanda Yeni Wulandari serta Indarianni, Abangda Eko Prayogi juga Rafiki yang sangat saya banggakan telah membantu serta mendukung penulis baik moril maupun materil yang tidak pernah lelah juga dalam menasehati dan menyayangi penulis dari awal berkuliah hingga selesai.
2. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, Selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi, S.T., M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro serta sekaligus dosen pembimbing saya di Fakultas Teknik, Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing

dan pengarahan terus memberikan ide masukan serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian tugas akhir ini.

7. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu ketekniklistrikan yang sangat bermanfaat bagi penulis.
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak/Ibu Pimpinan dan Pegawai PT. Rezeki Bersama Indonesia yang telah memberikan izin, bantuan, dan kerjasama selama proses pengambilan data dan observasi di lapangan dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini.
11. Teman seperjuangan terkhusus kepada Dimas Dwi Harianto yang telah membantu menawarkan untuk bisa mengambil data di tempat pabriknya bekerja
12. Teman-teman seperjuangan keluarga besar Teknik Elektro Stambuk 2020 yang selalu memberikan dukungan semangat motivasi dan hiburan keceriaan.

Penulis menyadari bahwa laporan hasil penelitian tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan laporan hasil penelitian tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan hasil penelitian tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang positif bagi kita semua.

Medan, Oktober 2024

Muhammad Fauzi

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Laporan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	6
2.2 Kualitas Daya (<i>Power Quality</i>).....	9
2.3 Daya Listrik	9
2.3.1 Daya Aktif.....	10
2.3.2 Daya Reaktif	11
2.3.3 Daya Semu	12
2.4 Faktor Daya.....	12
2.4.1 Faktor Daya Unity	13
2.4.2 Faktor Daya Mendahului (<i>Leading</i>)	14
2.4.3 Faktor Daya Tertinggal (<i>Lagging</i>)	14
2.5 Beban Listrik.....	14
2.5.1 Beban Resistif.....	15
2.5.2 Beban Induktif	15
2.5.3 Beban Kapasitif.....	16
2.6 Definisi Kapasitor Bank.....	16
2.6.1 Jenis-jenis Kapasitor Bank.....	18
2.6.1.1 <i>Fixed Type</i>	18
2.6.1.2 <i>Automatic Type</i>	18
2.6.1.3 Kapasitor Seri.....	19
2.6.1.4 Kapasitor Shunt.....	20
2.6.2 Proses Kerja Kapasitor Bank	22
2.6.3 Manfaat Penggunaan Kapasitor Bank.....	23
2.7 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank	24
2.7.1 <i>Global Compensation</i>	24
2.7.2 <i>Group Compensation</i>	25
2.7.3 <i>Individual Compensation</i>	26

2.8	Komponen Panel Kapasitor Bank.....	27
2.8.1	Kapasitor Bank	27
2.8.2	<i>Magnetic Contactor</i>	28
2.8.3	Kontaktor DIN ICT.....	29
2.8.4	Pengaman (<i>Breaker</i>)	30
2.8.5	<i>Power Factor Controller</i>	32
2.8.6	<i>Current Transformer (CT)</i>	33
2.8.7	Relay Scheineder RXM	34
2.8.8	<i>Selector Switch</i>	35
2.8.9	<i>Pilot Lamp</i>	35
2.8.10	<i>Push Button</i>	35
2.9	Perawatan Pemeliharaan Kapasitor Bank	36
2.9.1	<i>In Service Inspection</i>	37
2.9.2	<i>In Service Measurement</i>	38
2.9.3	<i>Shutdown Testing</i>	38
2.9.3.1	Pengukuran Tahanan Isolasi Kapasitor	39
2.9.3.2	Pengukuran Resistansi AC Kapasitor	39
2.9.3.3	Pengujian Kapasitansi Kapasitor	39
2.9.3.4	Pengujian Dissipation Factor (Tangen Delta)	39
2.9.4	<i>Shutdown Treatment</i>	40
2.10	Metode Kelayakan Teknis.....	42
2.10.1	Metode Perhitungan Biasa	42
2.10.2	Metode Tabel Kompensasi.....	43
2.10.3	Metode diagram	43
2.10.4	Metode kwitansi PLN	44
2.10.5	Metode Segitiga Daya.....	44

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 45

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	45
3.1.1	Waktu	45
3.1.2	Tempat.....	45
3.1.3	Jadwal Penelitian	45
3.2	Alat Penelitian.....	46
3.3	Data Penelitian.....	46
3.3.1	Data Primer	46
3.3.2	Data Sekunder.....	47
3.4	Prosedur Penelitian	49
3.5	Diagram Alir Penelitian	51
3.6	<i>Wiring</i> Diagram Kapasitor Bank.....	52

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 53

4.1	Perhitungan Daya Listrik yang Terpasang.....	53
4.2	Perhitungan Kompensasi Daya Reaktif	65
4.3	Perhitungan Nilai Ekonomis Kapasitor Bank	74
4.4	Perhitungan Kapasitas Kapasitor Bank.....	75

4.5	Analisa Uji Layak kapasitor bank dengan IEEE 18-2012	83
4.6	Prosedur Pemeliharaan Kapasitor Bank	86
BAB 5 PENUTUP.....		89
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran	90
DAFTAR PUSTAKA.....		91
LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Segititiga Daya	10
Gambar 2.2. Arus Sephasa dengan Tegangan	13
Gambar 2.3. Faktor Dayai <i>Leading</i>	14
Gambar 2.4. Faktor Daya <i>Lagging</i>	14
Gambar 2.5. Beban Resistif	15
Gambar 2.6. Beban Induktif.....	16
Gambar 2.7. Beban Kapasitif.....	16
Gambar 2.8. Ilustrasi Bagian-bagian Kapasitor	17
Gambar 2.9 <i>PFC Automatic Type</i>	19
Gambar 2.10 Rangkaian Kapasitor Hubungan Seri	19
Gambar 2.11 Rangkaian Kapasitor Hubungan Paralel.....	20
Gambar 2.12 Kapasitor Hubungan Delta	21
Gambar 2.13 Kapasitor Hubungan Bintang	22
Gambar 2.14 <i>Low Voltage Global Compensation</i>	25
Gambar 2.15 <i>Low Voltage Group Compensation</i>	26
Gambar 2.16 <i>Low Voltage Individual Compensation</i>	27
Gambar 2.17 Kapasitor Bank.....	28
Gambar 2.18 Kontaktor Magnetic khusus Kapasitor	29
Gambar 2.19 Kontaktor DIN ICT	30
Gambar 2.20 <i>Load Breake Switch (LBS)</i>	31
Gambar 2.21 <i>Miniatur Circuit Breaker (MCB) 3 Phasa</i>	31
Gambar 2.22 <i>Molded Case Circuit Breaker (MCCB)</i>	32
Gambar 2.23 <i>Power Factor Controller (PFC)</i>	33
Gambar 2.24 <i>Current Transformer (CT)</i>	34
Gambar 2.25 Relay Schneider RXM	34
Gambar 2.26 <i>Selector Switch</i>	35
Gambar 2.27 <i>Pilot Lamp</i>	35
Gambar 2.28 <i>Push Button</i>	36
Gambar 2.29 Diagram Daya untuk Menentukan Daya Kapasitor	43

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	51
Gambar 3.2 <i>Wiring</i> Diagram Kapasitor Bank	52
Gambar 4.1 Hasil Perhitungan Segitiga Daya pada jam 08.00 WIB	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perawatan Shutdown Treatment Kapasitor Bank.....	40
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian.....	45
Tabel 3.2. Daftar Beban Motor di PT. Rezeki Bersama Indonesia	48
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Arus, Tegangan, dan $\text{Cos}\phi$	53
Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Daya yang Terpasang	63
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan Kompensasi Daya Reaktif.....	72
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Nilai Kapasitas Kapasitor	82
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kapasitor Bank dengan Standar IEEE 18-2012.....	84
Tabel 4.5 Hasil Pemeliharaan pada Kapasitor Bank	87

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Perbandingan daya pada saat proses produksi.....	64
Grafik 4.2 Perbandingan sebelum dan sesudah kompensasi.....	73
Grafik 4.3 Kapasitas Kapasitor Bank.....	83

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi diberbagai sektor kehidupan terjadi dengan begitu pesatnya, seiring dengan hal tersebut kebutuhan akan energi listrik di Sumatera Utara dari tahun ke tahun semakin terus meningkat. Salah satunya di sektor industri merupakan konsumen PLN yang cukup besar menyerap energi listrik, pada industri umumnya mempunyai beban-beban induktif berupa motor-motor listrik yang membutuhkan daya aktif dan daya reaktif yang cukup besar. Kebutuhan daya reaktif yang cukup besar akan menyebabkan faktor daya menurun, dengan menurunnya faktor daya akan menyebabkan meningkatnya rugi-rugi listrik pada sistem yang bersangkutan, salah satu contoh yang terjadi dengan menurunnya faktor daya, menyebabkan daya aktif yang dapat disediakan oleh sistem menjadi berkurang sedangkan daya reaktif akan bertambah besar (Darusman, 2016).

PT. Rezeki Bersama Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi pupuk dari bahan kimia seperti pupuk NPK dan Fosfat alam. Perusahaan tersebut beralamatkan di Jl. Irian Barat No. 265, Desa Sampali, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara. Untuk menjamin kualitas daya listrik pada PT. Rezeki Bersama Indonesia sangat penting, karena sangat mempengaruhi disaat proses operasional produksi pupuk dan hingga hasil akhir produksi. Ketika semakin sensitifnya suatu peralatan baik di industri tersebut, kualitas daya listrik menjadi suatu hal yang perlu diperhatikan. Hal ini untuk mengurangi kemungkinan kerusakan-kerusakan peralatan sensitif tersebut. Beban-beban non-linier juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik. Beban tersebut merupakan sumber harmonik yang dapat menurunkan kualitas daya listrik. Beban non-linier adalah beban di mana bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dalam setiap setengah siklus, sehingga gelombang keluaran arus dan tegangannya tidak sama dengan gelombang masukannya (mengalami distorsi) (Putri & Pasaribu, 2018).

Kapasitor bank merupakan salah satu alat listrik yang sering digunakan untuk memperbaiki faktor daya, untuk memperbesar nilai $\cos \phi$ yang rendah adalah dengan cara memperkecil sudut ϕ sehingga $\cos \phi$ mendekati nilai 1. Sedangkan untuk memperkecil sudut ϕ hal yang mungkin dilakukan adalah memperkecil

komponen daya reaktif. Berarti komponen daya reaktif yang ada bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan itu bisa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor (Darusman, 2016).

Untuk keamanan dari kinerja kapasitor bank maka yang harus diperhatikan ialah nilai tegangan nominal pada kapasitor tersebut. Apabila pemakaian kapasitor bank melebihi kapasitas yang dibutuhkan dapat menimbulkan dampak kenaikan arus maupun tegangan pada terminal beban, jika kenaikan tegangan melebihi nilai tegangan nominal kapasitor bank yang dipergunakan sampai batas tertentu maka dapat menimbulkan kerusakan pada kapasitor itu sendiri. Pedoman untuk nilai arus dan tegangan yang diperbolehkan dari IEEE Std 18 - 2002 adalah 120 % dari nilai tegangan puncak dan 135 % dari arus nominal berdasarkan nilai kVAR dan nilai tegangan. Selain itu jika nilai keseimbangan arus terbesar mencapai diatas 25 % hal ini tidak sesuai dengan IEEE Std 446 - 1980 dimana batas ketidak seimbangan dibatasi berkisar (5% to 20%) (Hari Sucipto, 2017).

PT. PLN (Persero) mengenakan tarif tambahan jika faktor daya dari pelanggan lebih rendah dari nilai 0,85 untuk faktor daya. Tarif itu disesuaikan dengan besarnya KVAR yang telah terpakai selama 1 bulan. Jadi apabila memakai kapasitor bank sehingga dayanya naik menjadi lebih tinggi dari 0,85 maka secara otomatis biaya tambahan akan terhindar. Sementara itu, voltase memiliki jangkauan operasi +5% hingga -10%. Di luar batas toleransi yang diperbolehkan, penurunan tegangan dapat mengganggu kinerja dan keamanan peralatan listrik dan operasional industri (Ferdiansah et al., 2023).

Tuntutan efisiensi dan optimalisasi serta peningkatan power quality mutlak dilakukan dalam pemakaian daya listrik oleh sebuah industri. Efisiensi penggunaan daya listrik dipengaruhi oleh banyak faktor. Diantaranya adalah kualitas daya listrik (*power quality*). Kualitas daya listrik sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis-jenis beban tertentu yang mengakibatkan turunnya efisiensi. Power quality yang rendah hal ini disebabkan oleh beberapa factor seperti, rendahnya factor daya ($\cos \phi$) beban pada industri itu sendiri, jauhnya pusat beban dengan sumber pembangkit sehingga menyebabkan drop tegangan diluar toleransi yang diizinkan, kedip tegangan serta berbagai factor teknis electric lainnya sehingga mengakibatkan loss daya listrik menjadi tinggi (Safrizal, 2015).

Berdasarkan kajian data dan permasalahan di atas, maka penulis menyusun dengan membuat penelitian dengan judul “**Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada Beban Peralatan Pemrosesan Pupuk di PT. Rezeki Bersama Indonesia**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan diatas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Bagaimana menganalisis dampak penggunaan kapasitor bank terhadap faktor daya dan efisiensi energi di PT. Rezeki Bersama Indonesia?
2. Apakah penggunaan kapasitor bank layak secara teknis yang dapat mempengaruhi keandalan dan stabilitas sistem listrik di PT. Rezeki Bersama Indonesia?
3. Bagaimana sistem pengembangan dan implementasi prosedur pemeliharaan rutin dan berkala pada kapasitor bank?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mencapai hasil yang diharapkan dalam penelitian yang akan dilakukan ini agar terarah dan maksimal, maka ditetapkan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Analisis dampak penggunaan kapasitor bank terhadap faktor daya dan efisiensi energi dengan optimalisasi kinerja kapasitor bank dan peningkatan efisiensi energi.
2. Menilai kelayakan teknis berdasarkan hasil pengukuran dan analisis dengan mengikuti standard kelistrikan.
3. Melakukan prosedur pemeliharaan rutin dan berkala untuk memastikan kapasitor bank beroperasi dengan efisien dan optimal.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis dampak penggunaan kapasitor bank terhadap faktor daya dan efisiensi energi di PT. Rezeki Bersama Indonesia.

2. Untuk menganalisis penggunaan kapasitor bank layak secara teknis yang dapat mempengaruhi keandalan dan stabilitas sistem listrik di PT. Rezeki Bersama Indonesia.
3. Untuk memahami sistem pengembangan dan implementasi prosedur pemeliharaan rutin dan berkala pada kapasitor bank.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan rekomendasi teknis mengenai penggunaan kapasitor bank yang berpengaruh dalam efisiensi energi serta biaya kelistrikan dan terhindar dari penalti akibat faktor daya yang rendah.
2. Dapat mengurangi fluktuasi tegangan dan meningkatkan stabilitas operasional peralatan, sehingga memperpanjang umur peralatan dan mengurangi frekuensi perawatan. Dengan sistem tenaga yang lebih stabil dan efisien, kinerja peralatan pemrosesan pupuk dapat ditingkatkan, yang berdampak positif pada produktivitas perusahaan.
3. Memberikan kontribusi menambah ilmu pengetahuan dan referensi mengenai penggunaan kapasitor bank di industri pupuk dan sektor industri lainnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi ini tersusun atas beberapa bab pembahasan, maka untuk memahami penulisannya di uraikan secara singkat, yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, manfaat penelitian, tujuan penelitian, serta sistematika dalam penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini berisikan tentang kutipan dari penelitian terdahulu, juga teori tentang kapasitor bank, faktor daya, dan beban listrik industri.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab ini menjelaskan tempat pengambilan data riset, beserta langkah-langkah pengumpulan data yang meliputi agenda jadwal dan diagram alir agar dapat memahami penyusunan teknis pengolahan data.

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada Bab ini berisikan hasil analisa data yang telah diambil di lapangan serta melakukan perhitungan besarnya nilai kapasitor bank dan perhitungan faktor daya yang dihasilkan dan pengaruh dari penggunaan kapasitor bank.

BAB V PENUTUP

Bab ini membahas kesimpulan dan saran yang dapat membantu pengembangan penelitian ini setelah pembahasan keseluruhan pada penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Dalam penelitian ini, berbagai literatur dan sumber yang relevan dari peneliti terdahulu akan digunakan untuk mendukung penelitian tugas akhir dalam memahami dan menganalisis sistem kelayakan kapasitor bank pada beban peralatan dalam pemrosesan pupuk di PT. Rezeki Bersama Indonesia, yaitu antara lain :

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Ahmad Rizal Sultan, 2018). Menyatakan bahwa Penambahan kapasitor pada beban motor berperan sebagai catu daya reaktif yang dibutuhkan motor agar beban motor tidak lagi mengambil banyak daya reaktif dari sistem. Daya reaktif sistem tenaga yang tidak terpakai menjadi energi hanya diperlukan untuk membangkitkan fluks magnet pada beban induktif. Namun daya reaktif ini tetap menjadi beban pembangkit listrik yang bila nilainya besar menyebabkan faktor daya sistem menurun. Penambahan kapasitor sebagai kompensator daya reaktif pada aplikasinya, sebagian besar ditempatkan dekat dengan beban yang memerlukan kompensasi daya reaktif. Penelitian tersebut dilakukan penelitian eksperimental dengan menempatkan kompensator kapasitor pada posisi yang berbeda untuk melihat kondisi respon sistem terhadap kondisi instalasi tenaga (motor listrik). Hasil percobaan dan simulasi ETAP menunjukkan pengaruh penempatan kapasitor terhadap kualitas daya berdasarkan IEEE STD 446-1995. Perbaikan faktor daya akan optimal apabila kapasitor ditempatkan pada posisi kompensasi individual dibandingkan pada posisi kompensasi global dan kompensasi kelompok.

Keefektifan dan keandalan pada suatu sistem kelistrikan dapat terpengaruh pada kondisi penempatan pemasangan kapasitor bank dengan evaluasi biaya pemasangan kapasitor. Dalam penelitian tersebut dilakukan di Universitas Negeri Surabaya (UNESA), fakultas teknik di gedung IDB Laboratory yang bertujuan untuk perbaikan nilai faktor daya menggunakan simulasi program ETAP. Hasil penelitian menggunakan simulasi program ETAP menghasilkan perbaikan nilai faktor daya sebesar 0.97 yang semula sebesar 0.759 dengan kompensator daya reaktif yang terpasang sebesar 528,980 kVAR pada bus utama. Pada nilai kW terjadi penurunan sebesar 926 kW yang semula sebesar 1007 kW serta juga terjadi penurunan pada nilai kVAR sebesar 463 kVAR yang semula sebesar 863 kVAR.

Dalam segi biaya terjadi penghematan sebesar Rp 18.998.625/bulan dengan spekulasi beban tetap (Basudewa, 2020).

Mesin-mesin industri seperti motor-motor listrik yang mengandung gulungan-gulungan kawat (induktor) yang dimana beban-beban yang bersifat induktif meyerap daya reaktif untuk kebutuhan magnetisasi, sehingga sumber (pembangkit listrik) harus mensuplai daya yang lebih besar. Tentunya Keadaan seperti ini dapat menyebabkan jatuh tegangan, arus pada jaringan bertambah dan faktor daya rendah pada daerah dekat beban. Maka dengan pemasangan kapasitor bank yang bertujuan untuk meningkatkan faktor daya. Dan dengan melakukan simulasi Simulink dapat diketahui efisiensi dari pemasangan kapasitor bank sebagai bahan pertimbangan untuk memperbaiki faktor daya pada PT. Bogowonto Primalaras. Dari hasil perhitungan manual didapatkan nilai kompensasi daya reaktif untuk perbaikan faktor daya sebesar 328,033 KVAR pada L1 dan 214,71 pada L2 sedangkan dari hasil simulasi simulink didapatkan perbaikan faktor daya 0,988 pada L1 dan 0,991 pada L2 (Ulya, 2017).

Daya reaktif yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik akan lebih besar pada saat beban puncak, yang dapat mengakibatkan faktor daya menjadi turun dan arus yang mengalir akan semakin besar. Pada industri biasanya banyak menggunakan mesin yang mengandung beban induktif dan transformator yang menyebabkan nilai faktor daya menjadi turun seperti PT. Barindo Anggun Industri yang bergerak di bidang manufaktur pengecoran logam. Pada penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan nilai faktor daya agar tidak semakin menurun dikarenakan penambahan mesin-mesin produksi sehingga menjadi semakin aman dan baik serta agar tidak terjadi rugi-rugi daya dan denda kVAR PLN. Hasil penelitian ini mendapatkan nilai faktor daya bernilai 0,99 dengan pemasangan kapasitor bank menggunakan Group Compensation dengan kebutuhan kapasitor bank pada masing-masing panel distribusi yaitu Panel SDP 1 sebesar 60,378 kVAR, Panel SDP 2 sebesar 101,548 kVAR dan Panel SDP 3 sebesar 99,912 kVAR (Efendy & Munir, 2022).

Kapasitor bank adalah peralatan listrik yang bersifat kapasitif yang berfungsi menyeimbangkan sifat induktif. Salah satu solusi kapasitor adalah memperbaiki profil tegangan, memperbaiki $\cos \phi$, mengurangi rugi-rugi daya, menghilangkan kelebihan biaya (kVARh) dan menghindari drop line voltage. Dengan menggunakan perhitungan perbaikan faktor daya $QC = P (\tan \phi_2 - \tan \phi_1)$ untuk

memperbaiki $\text{Cos } \phi_1 = 0,7$ semula di PT. Energi Pelabuhan Indonesia Cabang (EPI) Cabang Pontianak menjadi $\text{Cos } \phi_2 = 0,9$ dapat memberikan banyak efek perbedaan pada beban pemakaian, dimana daya awal daya reaktif yang terpakai sebesar 11,450 MVARh menjadi 9,688 MVARh setelah perbaikan $\text{cos } \phi$. Dari hasil analisa juga dapat memberikan efek penghematan total pada tarif tenaga listrik yang dibayar perbulan pada PT. EPI Cabang Pontianak sebesar Rp 145.931.884,2. Dari hasil perhitungan Kelayakan Ekonomis Pemasangan Kapasitor Bank dengan metode BCR (Benefit Cost Ratio) dapat dihasilkan pengembalian modal pemasangan kapasitor bank per tahun sebesar 1,178 sehingga dikatakan bahwa keuntungan dari penghematan netto pertahun tersebut lebih besar dari pada biaya total pemasangan Kapasitor Bank yang dikeluarkan, sehingga pemasangan kapasitor bank tersebut dikatakan layak sehingga dalam kurun waktu tidak sampai 1 tahun sudah dapat mengembalikan modal pemasangan kapasitor bank (Darusman, 2016).

Faktor daya pada sistem beban tiga fasa seperti yang terdapat pada beban campuran yaitu pemakaian motor tiga fasa, motor-motor satu fasa, beban penerangan dan beban-beban lainnya selalu menunjukkan nilai yang rendah kurang dari satu, ini berarti pemakaian daya listrik menjadi tidak efektif, karena daya listrik yang diambil dari sumber jauh lebih besar dari daya berguna untuk menghasilkan tenaga mekanik maupun cahaya, semuanya ini disebabkan adanya beban reaktif sebagai dampak dari adanya komponen induktif yang terdapat pada suatu kumparan. Penggunaan kapasitor bank biasa digunakan untuk meningkatkan faktor daya tersebut dan banyak sekali manfaatnya, namun penggunaan pada sistem beban tiga fasa yang tidak seimbang akan menimbulkan masalah baru yaitu ketika terjadi kelebihan kompensasi dalam penggunaan kapasitor artinya rating daya kapasitor terlalu besar daripada yang dibutuhkan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kinerja kapasitor bank pada beban tidak seimbang ketika terjadi kelebihan kompensasi, arus dan tegangan mengalami kenaikan setelah pemasangan kapasitor bank, hal tersebut disebabkan adanya resonansi yang dapat meningkatkan distorsi harmonisa, pada saat itu impedansi beban menjadi paling kecil sehingga arus beban akan meningkat pula, seperti yang telah disebutkan didepan kondisi tersebut dapat mempengaruhi keamanan dari kapasitor tersebut, sehingga dapat dijadikan pertimbangan untuk menentukan dapat digunakan atau tidak pemakaian kapasitor bank tersebut dengan aman (Hari Sucipto, 2017).

2.2 Kualitas Daya Listrik (*Power Quality*)

Kualitas daya Listrik adalah ukuran seberapa baik daya listrik yang di suplai memenuhi standar tertentu yang diperlukan untuk operasi peralatan listrik tanpa gangguan atau kerusakan. Kualitas daya yang baik memastikan bahwa peralatan dan sistem listrik dapat beroperasi dengan efisien dan aman. Kualitas daya banyak dipengaruhi antara oleh jenis beban yang tidak linear, ketidak seimbangan tegangan dengan beban, distorsi gelombang harmonic yang melebihi standart, interupsi daya dikarenakan adanya gangguan dan pemadaman 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 (Darusman, 2016).

Faktor kekuatan merupakan hal penting parameter dalam suatu sistem kelistrikan yang erat kaitannya dengan kualitas daya listrik. Kualitas daya mengacu pada seberapa baik distribusi dan penggunaan listrik sesuai dengan standar dan harapan, termasuk tingkat keselarasan, distorsi gelombang, dan efisiensi energi. Efisiensi energi mengacu pada seberapa baik listrik digunakan untuk melakukan pekerjaan yang diinginkan tanpa terbuang dalam bentuk panas atau kerugian lainnya. Efisiensi listrik diukur sebagai rasio antara keluaran yang diinginkan (misalnya usaha yang dilakukan) dan energi listrik yang masuk ke sistem (Pasaribu et al., 2024).

2.3 Daya Listrik

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 (amphere). Daya dinyatakan dalam P, Tegangan

dinyatakan dalam V dan Arus dinyatakan dalam I. Jadi, besarnya daya dapat ditentukan dengan persamaan: (Putri & Pasaribu, 2018).

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (2.1)$$

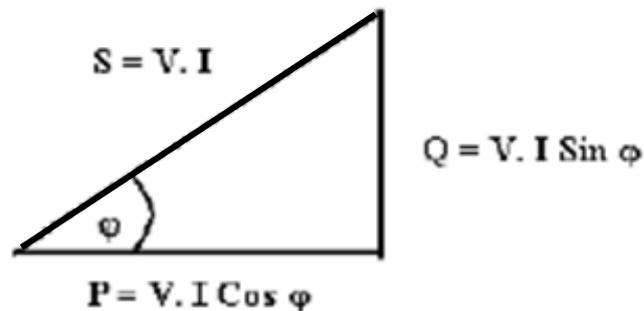
Dimana :

P = daya (Watt)

V= tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

Ada tiga jenis daya dalam sistem tenaga listrik yaitu : daya aktif (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Ketiga daya tersebut digambarkan dengan segitiga daya.



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Dari Gambar 2.1 di atas diperlihatkan bagaimana hubungan antara 3 jenis daya listrik yaitu daya aktif, daya reaktif, dan daya semu terhadap besarnya sudut faktor daya. Di sini penggunaan beban induktif yang menghasilkan daya reaktif (Q). Jika semakin besar penggunaannya maka terlihat sudut faktor daya atau ϕ juga akan semakin besar yang berarti nilai faktor daya menurun dikarenakan perbandingan antara daya aktif (P) terhadap daya semu (S) semakin besar. Inilah yang disebut sebagai rugi – rugi daya karena nilai daya aktif (P) atau daya nyata yang dapat digunakan tidak sama dengan nilai daya semu (S) atau total daya sesungguhnya (Pambudi et al., 2022).

2.3.1 Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah W (Watt) dan dapat diukur dengan menggunakan alat ukur listrik

Wattmeter. Untuk menghitung dari daya aktif maka dapat digunakan persamaan berikut :

Daya Aktif 1 Phasa

$$P = V \cdot I \cdot \cos\varphi \dots\dots\dots (2.2)$$

Daya Aktif 3 Phasa

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos\varphi$ = Faktor Daya

2.3.2 Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif. Daya reaktif disebut juga sebagai rugi-rugi daya karena keberadaannya akan mengurangi jumlah daya aktif yang dapat digunakan dari daya total yang sesungguhnya. Satuan daya reaktif adalah VAR (Volt Ampere Reaktif). Untuk menghemat daya reaktif dapat dilakukan dengan memasang kapasitor pada rangkaian yang memiliki beban bersifat induktif. Hal serupa sering dilakukan pada pabrik-pabrik yang menggunakan motor banyak menggunakan beban berupa motor-motor listrik. Untuk menghitung dari daya reaktif maka dapat digunakan persamaan berikut:(Dani & Hasanuddin, 2018).

Daya Reaktif 1 Phasa

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\varphi \dots\dots\dots (2.4)$$

Daya Reaktif 3 Phasa

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin\varphi \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\sin\phi = \text{Besaran Vektor Daya}$

2.3.3 Daya Semu (S)

Daya semu (daya total) merupakan daya yang masuk ke rangkaian ac atau dengan kata lain daya yang sebenarnya diterima dari pemasok sumber tegangan arus ac, dan juga merupakan resultan daya antara daya aktif dan daya reaktif. Daya tampak didefinisikan serbagai hasil perkalian dari tegangan dan arus dalam rangkaian ac tanpa memperhatikan selisih sudut fase arus dan tegangan, Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan daya semu :

Daya Semu 1 Phasa

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

Daya Semu 3 Phasa

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.4 Faktor Daya

Faktor daya adalah cosinus dari perbedaan sudut fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya dilambangkan dengan $\cos \phi$ dan nilainya berkisar antara 0 hingga 1. Semakin mendekati 1, semakin baik nilai faktor dayanya. Kemudian nilai faktor daya dapat dicari dengan cara membagi daya nyata (P) dengan daya semu (S). Untuk menghitung faktor daya dirumuskan dengan persamaan berikut.

$$\cos \phi = \frac{P \text{ (Watt)}}{S \text{ (VA)}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

$\cos \phi = \text{Faktor Daya}$

P = Daya Nyata

S = Daya Semu

- Penyebab faktor daya yang rendah

Faktor daya yang rendah dihasilkan oleh peralatan seperti motor induksi, terutama pada beban-beban rendah, dan unit-unit balast dari lampu pelepasan

yang memerlukan arus magnetisasi reaktif untuk gerakannya. Alat-alat las busur listrik.

- Perbaikan faktor daya

Perbaikan faktor daya umumnya adalah penambahan komponen sebagai pembangkit daya reaktif (Reaktif power generation) yang memungkinkan untuk mensuplai kebutuhan kVAR pada beban-beban induktif. Didalam rangkaian arus bolak balik, arus dapat bersifat mendahului (*leading*), sefasa atau terlambat (*lagging*) terhadap tegangan, tergantung dari macam bebannya. Dengan adanya beban resistif, induktif dan kapasitif pada sumber arus bolak-balik (AC) maka dapat dibedakan ada 3 daya yaitu daya nyata (P), daya reaktif (Q) dan daya semu (S).

Untuk merencanakan suatu sistem dalam memperbaiki faktor daya, dapat dipergunakan suatu konsep yaitu kompensator ideal, dimana sistem ini dapat dihubungkan pada titik penyambungan secara paralel dengan beban dan memenuhi 3 fungsi utama, yaitu memperbaiki faktor daya mendekati nilai 1 (*unity power factor*), mengurangi atau mengeliminasi regulasi tegangan dan menyeimbangkan arus beban dan tegangan fasa. Untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif yang efektif dan efisien, maka perlu dilakukan pemilihan sumber daya reaktif untuk perbaikan faktor daya (Epiwardi et al., 2021).

pada suatu sistem tenaga listrik, faktor daya memiliki 3 jenis yaitu faktor daya *unity*, faktor daya mendahului (*leading*), dan faktor daya tertinggal (*lagging*). Berikut penjelasan ketiga faktor daya tersebut :

2.4.1 Faktor Daya Unity

Faktor daya *unity* yakni keadaan dimana arus listrik beban yang mengalir sefasa dengan tegangan beban dengan kondisi besarnya nilai $\cos \varphi = 1$, terjadinya faktor daya *unity* diakibatkan jika beban bersifat resistif murni.

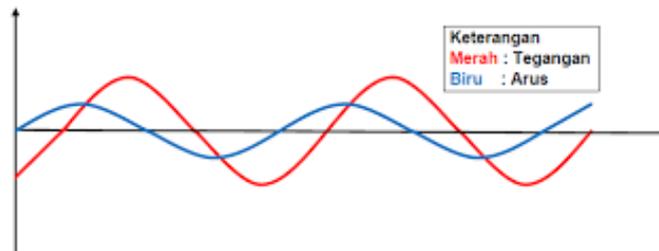


Gambar 2.2 Arus sefasa dengan tegangan

Pada gambar 2.2 diatas terlihat nilai $\cos \varphi$ sama dengan 1 yang menyebabkan jumlah daya nyata yang dikonsumsi beban sama dengan daya semu.

2.4.2 Faktor Daya Mendahului (*Leading*)

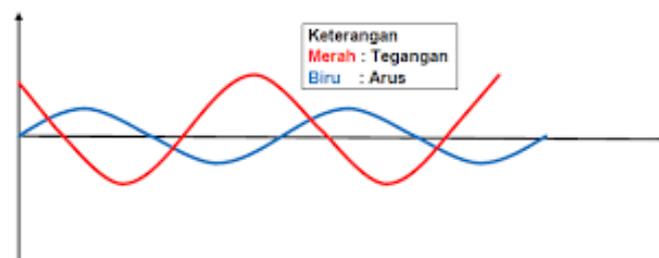
Faktor daya leading adalah keadaan dimana arus yang mengalir mendahului tegangan yang disebabkan oleh beban listrik memberikan daya reaktif dari beban yang bersifat kapasitif (X_c).



Gambar 2.3 Faktor daya “Leading”

2.4.3 Faktor Daya Tertinggal (*Lagging*)

Faktor daya lagging adalah keadaan Dimana arus listrik pada beban tertinggal terhadap tegangan sumbernya yang disebabkan beban listrik membutuhkan daya reaktif dari beban yang bersifat induktif (X_l).



Gambar 2.4 Faktor daya “Lagging”

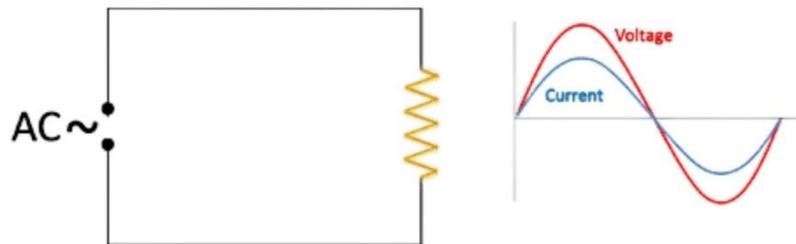
2.5 Beban Listrik

Beban listrik adalah setiap perangkat atau komponen yang mengkonsumsi daya listrik dari sumber listrik untuk melakukan kerja tertentu. Beban listrik mengubah energi listrik menjadi bentuk energi lain, seperti cahaya, panas, gerak, atau sinyal elektronik. Beban listrik dapat ditemukan di berbagai aplikasi, mulai dari rumah tangga hingga industri dan komersial.

Dalam sistem listrik arus bolak-balik (AC) karakteristik beban listrik dibagi menjadi tiga jenis, yaitu beban resistif (R), beban induktif (L), dan beban kapasitif (C). Berikut penjelasan mengenai ketiga jenis beban tersebut.

2.5.1 Beban Resistif (R)

Beban resistif merupakan beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm berupa resistor murni (*resistance*), seperti elemen pemanas (*heating element*) dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya menyerap daya aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan satu. Tegangan dan arus sefasa. Contoh beban listrik yang bersifat resistif adalah lampu pijar (penerangan), setrika, rice cooker, dan alat-alat lain yang bersifat pemanas lainnya.

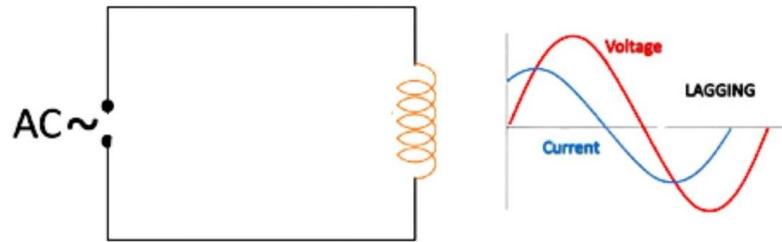


Gambar 2.5 Beban resistif

2.5.2 Beban Induktif (L)

Beban induktif adalah beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti coil, transformator, dan solenoid. Beban ini dapat mengakibatkan pergeseran fasa pada arus sehingga bersifat tertinggal sebesar 90° terhadap tegangan (*lagging*). Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnet yang akan mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan daya reaktif. Salah satunya ketika motor listrik digerakkan dengan dialiri arus listrik maka nilai arus start nya akan 3 kali lebih besar dari arus nominal, dan disaat motor listrik telah running maka nilai arus listrik akan sama dengan arus nominal.

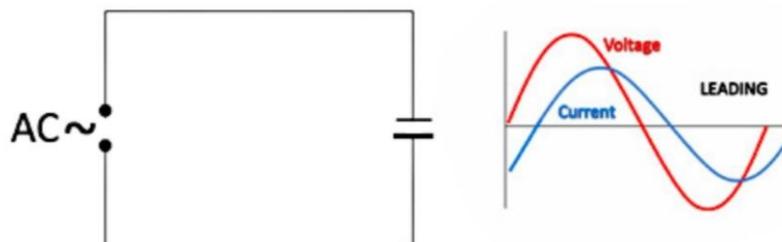
Contoh beban listrik yang bersifat induktif yaitu motor listrik, transformator, kipas angin dan alat lainnya yang memanfaatkan energi listrik yang dapat menghasilkan energi gerak sebagai penggerak beban utama.



Gambar 2.6 Beban induktif

2.5.3 Beban Kapasitif (C)

Beban kapasitif, yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian elektrik (electrical discharge) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus terdahulu terhadap tegangan (leading). Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif. Pada industri-industri besar yang memiliki penggerak berupa motor listrik memerlukan kapasitor untuk menghemat daya. Hubungan antara arus dan tegangan AC pada kapasitor dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Beban kapasitif

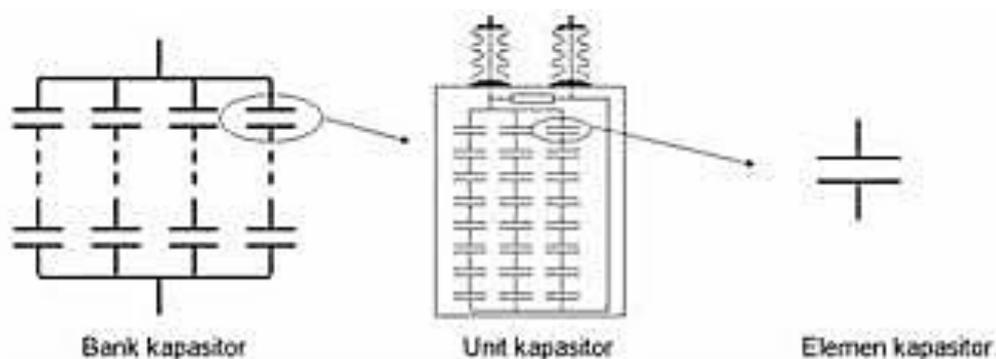
Beban listrik yang ada di PT. Rezeki Bersama Indonesia banyak memakai beban induktif yaitu motor-motor listrik yang di pergunakan untuk mengoperasikan pemrosesan pembuatan pupuk berbahan kimia.

2.6 Definisi Kapasitor Bank

Kapasitor atau juga disebut kondensator merupakan perangkat di mana sifat elektrik utamanya adalah kapasitansi, yaitu kemampuan untuk menyimpan dan melepaskan muatan listrik. Bentuk kapasitor terdiri dari dua buah lempengan

konduktor seperti piring logam atau foil yang saling sejajar dan dipisahkan satu sama lain oleh isolator, atau dielektrik, dengan masing-masing piring terhubung ke terminal.

Dalam sistem tenaga listrik kapasitor sering digunakan untuk memperbaiki tegangan jaringan dan untuk menyuplai daya reaktif ke beban yang berfungsi untuk memperbaiki nilai faktor daya dari sistem. Dalam perbaikan faktor daya kapasitor-kapasitor dirangkai dalam suatu panel yang disebut *capacitor bank*. Selain itu kapasitor bank ada banyak dapat juga digunakan untuk penggunaan lain yaitu sebagai mengurangi rugi-rugi daya (*losses*) jaringan, menghindari jatuh tegangan, memperbaiki stabilitas tegangan, filter harmonisa, proteksi terhadap petir, untuk *transformer testing*, *generator impuls*, *voltage divider kapasitor*.



Gambar 2.8 Ilustrasi bagian-bagian kapasitor

Pada gambar 2.8 diatas bagian kanan dapat dilihat bahwa elemen kapasitor merupakan bagian terkecil dari kapasitor yang berupa belitan *aluminium foil* dan *plastic film*. Kemudian pada bagian tengah yaitu unit kapasitor terdiri dari elemen-elemen kapasitor yang dihubungkan dalam suatu matriks secara seri dan paralel. Elemen-elemen kapasitor dihubungkan secara seri untuk membangun tegangan dan dihubungkan secara paralel untuk membangun daya (VAR) pada unit kapasitor. Unit kapasitor dilengkapi dengan resistor yang berfungsi sebagai elemen pelepasan muatan kapasitor (*discharge device*). Rating tegangan unit kapasitor bervariasi dari 240 V sampai 25 kV dan rating kapasitas dari 2,5 kVAR sampai 1 MVAR (PLN, 2014).

Pada Standar IEEE std 18-1992 dan std 1036-1992 dinyatakan bahwa:

- Unit kapasitor harus mampu beroperasi terus menerus pada rating 110% V_{rms} dan tegangan puncak tidak melebihi $1,2 \sqrt{2} V_{rms}$ serta harus mampu dilalui arus sebesar 135% I nominal.
- Pada rating tegangan dan frekuensi, daya reaktif harus berkisar antara 100% sampai 115% rating daya reaktif.

2.6.1 Jenis-jenis kapasitor

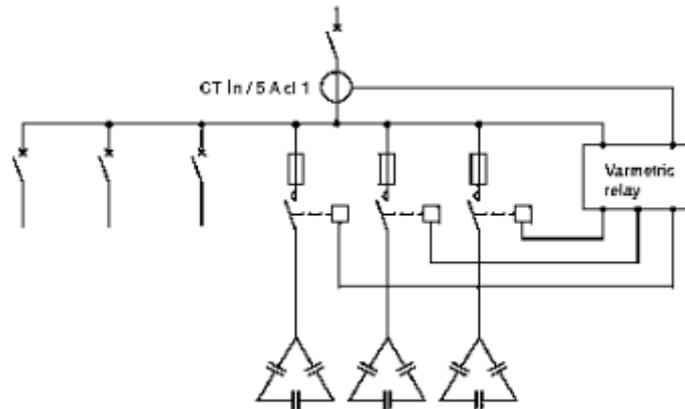
Kapasitor bank terdiri dari berbagai jenis yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam sistem tenaga listrik. Berikut adalah beberapa tipe jenis kapasitor bank berdasarkan dengan cara kerjanya, yaitu antara lain :

2.6.1.1 Kapasitor Bank Tetap

Kapasitor bank tetap (*capasitor bank fixed type*), yaitu dengan memberikan beban kapasitif yang tetap walaupun terdapat perubahan beban, dapat menyebabkan overcompensation jika beban menurun. Biasanya digunakan beban langsung contohnya pada motor induksi. Nilai yang aman adalah 5 % dari kapasitas motor, dengan pertimbangannya yaitu kondisi saat tanpa beban.

2.6.1.2 Kapasitor Bank Otomatis

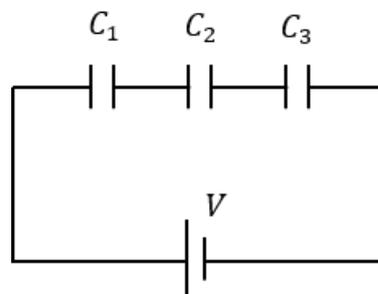
Kapasitor bank otomatis (*automatic type*), yaitu memberikan beban kapasitif yang bervariasi sesuai kondisi beban. Jenis ini dilengkapi berbagai gabungan alat dalam satu panel yang dilengkapi sebuah *power factor controller* (PFC). Sebagai menjaga $\cos \phi$ pada instalasi sesuai dengan nilai yang ditentukan. Untuk beban yang berfluktuasi dengan cepat digunakan *Static Var Compensator type* (SVC) yang menggunakan thyristor sebagai switchernya. Kemudian untuk fluktuasi beban yang tidak terlalu cepat digunakan *Dynamic Var Compensator* dengan menggunakan *Magnetic Contactor* serta PFC relay sebagai switchernya (Epiwardi et al., 2021).

Gambar 2.9 PFC *automatic type*

Adapun juga beberapa jenis tipe kapasitor bank berdasarkan cara pemasangannya yaitu sebagai berikut :

2.6.1.3 Kapasitor Seri

Kapasitor seri adalah kapasitor yang dihubungkan secara seri dengan saluran transmisi untuk mengurangi impedansi saluran dan meningkatkan stabilitas sistem daya. Kapasitor ini meningkatkan pengiriman daya dan mengurangi rugi-rugi daya dalam saluran transmisi. Prinsip kerja kapasitor seri tersebut ketika dihubungkan dalam jalur transmisi, maka akan bekerja dengan mengurangi reaktansi total jalur yang meningkatkan aliran daya. Juga terjadinya pengiriman daya yang lebih besar dan mengurangi drop tegangan disepanjang jalur transmisi (Ketenagalistrikan, 2011).



Gambar 2.10 rangkaian kapasitor hubungan seri

$$V \text{ total} = V_1 + V_2 + V_3$$

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

$$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots\dots\dots (2.9)$$

Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan reaktansi kapasitif (Xc) dari kapasitor seri :

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

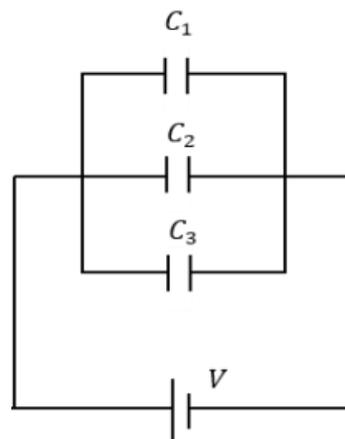
Xc = Reaktansi kapasitif (Ohm)

$\omega = 2\pi f$ (frekuensi sudut)

C = Kapasitansi (Farad)

2.6.1.4 Kapasitor Shunt

Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dihubungkan secara paralel dengan beban atau saluran distribusi. Dalam industri, kapasitor ini digunakan untuk mengkompensasi daya reaktif induktif yang dihasilkan oleh beban seperti motor listrik, transformator, dan peralatan lain yang memiliki komponen induktif. Ketika kapasitor shunt dihubungkan secara paralel dengan beban induktif, ia menyediakan daya reaktif kapasitif yang menetralkan daya reaktif induktif. Ini mengurangi beban daya reaktif pada sumber dan meningkatkan faktor daya.



Gambar 2.11 rangkaian kapasitor hubungan paralel

$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk mencari besarnya reaktansi kapasitif kapasitor shunt yaitu :

$$C = \frac{E^2}{X_C \cdot 1000} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dan juga :

$$C = \frac{E^2 2\pi f c \cdot 10^{-6}}{1000} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

E = Tegangan Rms (KV)

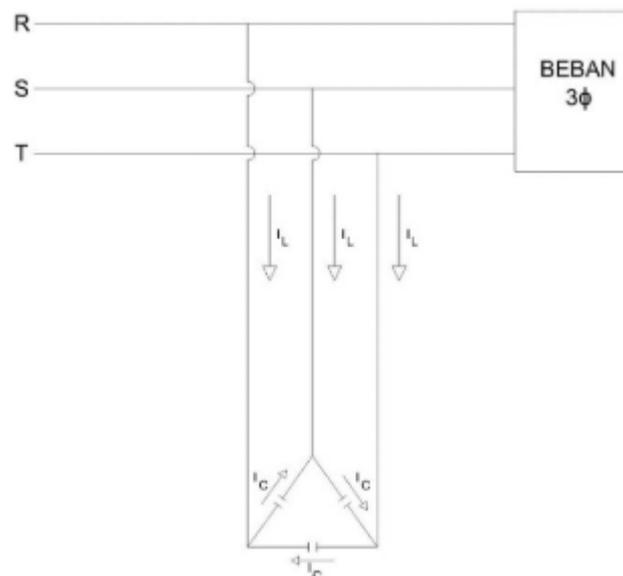
Xc = Reaktansi Kapasitif (Ohm)

F = Frekuensi (Hz)

C = Kapasitansi (uF)

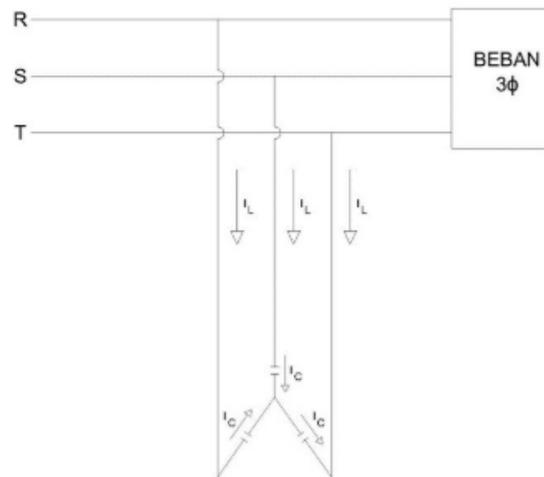
Penggunaan kapasitor shunt dalam jumlah yang sangat besar pada sistem, terdiri dari beberapa kapasitor module yang dihubungkan secara paralel terhadap beban. Jenis hubungan yang biasa digunakan adalah :

1. Hubungan Delta



Gambar 2.12 Kapasitor Hubungan Delta

2. Hubungan Bintang



Gambar 2.13 Kapasitor Hubungan Bintang

2.6.2 Proses kerja kapasitor Bank

Kapasitor Bank bekerja pada jaringan listrik dan dapat menghemat biaya pemakaian listrik dengan cara menghilangkan daya semu listrik atau beban induktif. Pada saat seluruh peralatan listrik mesin produksi dioperasikan, kapasitor bank secara otomatis akan meredam dan mengambil arus listrik semu, sehingga pemakaian listrik anda yang tercatat di meteran adalah murni listrik yang dipakai sehingga biaya yang dikeluarkan pada saat membayar rekening akan jauh berbeda dengan waktu sebelum menggunakan kapasitor bank (Semua tergantung pada peralatan dan pemakaian).

Karena fungsinya menyimpan listrik. Maka pada saat tarikan awal (start) saat dinyalakan atau menekan tombol pada peralatan listrik, pada saat itu biasanya memerlukan arus listrik yang sangat besar. Secara langsung kapasitor bank melepas listrik simpanannya untuk membantu tarikan awal tadi sehingga putaran pada meteran tetap stabil. (Contoh nyata jika menyalakan pompa air, AC, electric motor dll pada start awal memerlukan WATT yang besar).

Pada saat Voltage PLN tidak stabil (turun /naik) kapasitor bank akan memaksimalkan listrik simpanannya, sehingga suplai arus listrik pada peralatan listrik elektronik yang sedang aktif tetap stabil, hal inilah yang membuat umur peralatan listrik elektronik anda awet (tahan lama) mencegah terjadinya kerusakan.

Rugi-rugi daya sebelum dipasang kapasitor :

$$\text{Rugi daya aktif} = I^2 \cdot R \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = I^2 \cdot X_c \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.15)$$

Rugi-rugi daya sesudah dipasang kapasitor :

$$\text{Rugi daya aktif} = (I^2 \cdot I_c^2) \cdot R \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = (I^2 \cdot I_c^2) \cdot X_c \text{ (VAR)} \dots\dots\dots (2.17)$$

2.6.3 Manfaat Penggunaan kapasitor bank

Penggunaan kapasitor bank di industri menawarkan berbagai manfaat yang signifikan, mulai dari peningkatan efisiensi energi dan pengurangan biaya hingga peningkatan stabilitas sistem dan umur peralatan. Dengan memilih dan mengimplementasikan kapasitor bank yang tepat, proses produksi yang di hasilkan industri dapat mencapai kinerja operasional yang lebih baik, penghematan biaya, dan keandalan sistem yang lebih tinggi (Almanda & Majid, 2019). Berikut adalah beberapa manfaat dari penggunaan kapasitor bank :

1. Meningkatkan faktor daya

Faktor daya adalah rasio antara daya aktif (yang digunakan untuk melakukan pekerjaan) dan daya semu (total daya yang disuplai oleh jaringan). Beban induktif seperti motor, transformator, dan ballast lampu menyebabkan penurunan faktor daya. Dengan cara penggunaan kapasitor bank maka dapat membantu meningkatkan faktor daya yang bermanfaat pada biaya tagihan listrik menjadi berkurang serta dapat mengurangi rugi-rugi daya.

2. Mengurangi beban daya reaktif

Beban induktif memerlukan daya reaktif untuk membentuk medan magnet yang diperlukan untuk operasinya. Kapasitor bank menyediakan daya reaktif local untuk mengurangi kebutuhan daya reaktif dari jaringan utama. Dengan mengurangi daya reaktif yang harus disuplai oleh jaringan, maka lebih banyak kapasitas yang ditingkatkan tersedia untuk daya aktif yang dapat digunakan untuk menjalankan mesin dan peralatan.

3. Menstabilkan tegangan

Kapasitor bank membantu menstabilkan tegangan dengan memberikan daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban induktif. Serta bermanfaat untuk meningkatkan kinerja peralatan sehingga tegangan yang stabil memastikan bahwa peralatan listrik beroperasi dengan efisiensi maksimal dan umur pakai yang lebih lama. Kemudian mengurangi fluktuasi tegangan yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan juga meningkatkan risiko kegagalan. Dengan menstabilkan tegangan, kapasitor bank membantu mengurangi risiko ini.

4. Mengurangi rugi-rugi daya

Rugi-rugi daya dalam sistem distribusi terutama disebabkan oleh arus yang mengalir melalui konduktor. Dengan mengurangi arus, rugi-rugi daya juga berkurang yang menjadi lebih banyak daya yang tersedia untuk digunakan dalam meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem dan mengurangi panas yang dihasilkan dari rugi-rugi daya tersebut yang dapat merusak komponen sistem distribusi.

5. Menghemat biaya dan terhindar dari penalti

Penurunan faktor daya dapat menyebabkan biaya penalty atau denda kelebihan biaya KVARh dari PLN jika faktor daya $\cos \phi$ nya berada dibawah 0,85 dan menyebabkan tagihan biaya listrik yang dikeluarkan menjadi semakin besar. Cara untuk menghindari penalty tersebut yaitu dengan melakukan peningkatan faktor daya dengan kapasitor bank serta mengkompensasi daya reaktif secara optimal sehingga perusahaan dapat menghindari biaya penalti dan biaya tagihan yang dikeluarkan menjadi kecil atau murah.

2.7 Metode Pemasangan Instalasi Kapasitor Bank

Pemilihan metode pemasangan kapasitor bank harus mempertimbangkan karakteristik beban, kebutuhan peningkatan faktor daya, dan kondisi spesifik dari sistem distribusi listrik. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan yang harus dievaluasi untuk mencapai efisiensi dan keandalan optimal.

Adapun terdapat metode cara pemasangan instalasi kapasitor bank untuk kapasitas tegangan rendah yang terbagi menjadi 3 bagian, yaitu:(Zailani, 2018).

2.7.1 *Global Compensation*

Dengan metode ini kapasitor dipasang di induk panel seperti MDP (*Main Distribution Panel*). Arus reaktif yang mengalir dari pemasangan model ini hanya di penghantar antara MDP dengan Transformator. Sedangkan arus yang lewat setelah MDP tidak turun demikian rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak berpengaruh. Terlebih instalasi tenaga dengan penghantar yang cukup panjang *Delta Voltagenya* masih cukup besar. Selain itu, metode ini diklaim metode paling hemat untuk penempatan/pemasangan kapasitor bank. Karena pemasangannya secara global dengan memikul seluruh beban di MDP, dan tidak memerlukan lagi pemasangan kapasitor bank di sub-sub SDP (*Sub Distribution*

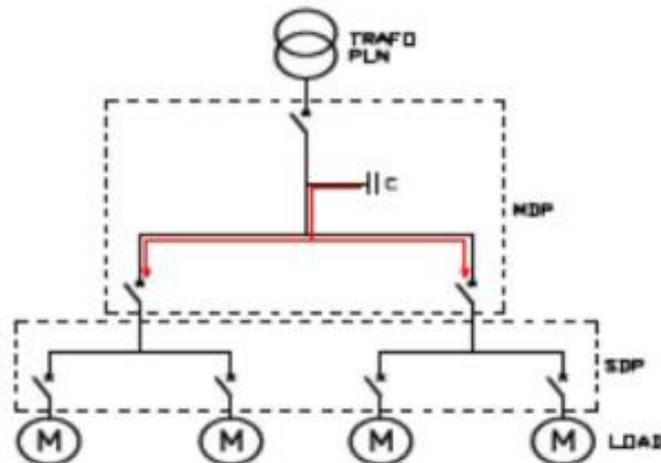
Panel). Sehingga nilai investasi cukup murah dibanding dengan pemasangan kapasitor bank di SDP.

Kelebihan :

- Pemanfaatan kompensasi daya reaktifnya lebih baik karena semua motor tidak bekerja pada waktu yang sama.
- Biaya perawatan rendah

Kekurangan :

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



Gambar 2.14 *Low Voltage Global Compensation*

2.7.2 *Group Compensation*

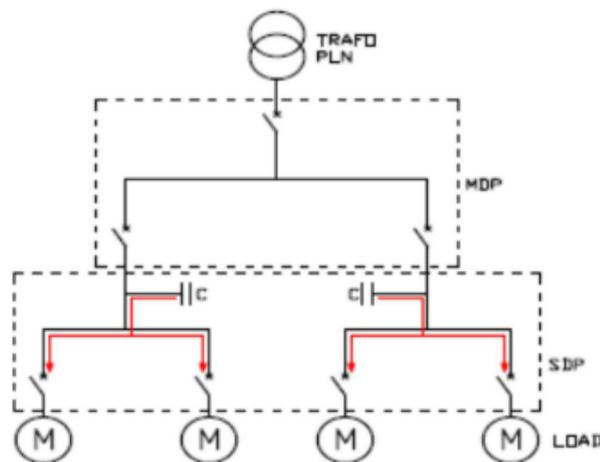
Dengan metode ini kapasitor yang terdiri dari beberapa panel kapasitor dipasang panel SDP (*Sub Distribution Panel*). Cara ini cocok diterapkan pada industri dengan kapasitas beban terpasang besar sampai ribuan KVA. Metode ini dibutuhkan jika jarak dari MDP (*Main Distribution Panel*) ke SDP (*Sub Distribution Panel*) cukup jauh sehingga membuat rugi-rugi pada jaringan cukup besar. Kondisi seperti ini, SDP (*Sub Distribution Panel*) membutuhkan perbaikan daya kapasitif tambahan untuk memenuhi daya reaktif yang dibutuhkan.

Kelebihan :

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

Kekurangan :

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



Gambar 2.15 *Low Voltage Group Compensation*

2.7.3 *Individual Compensation*

Dengan metode ini kapasitor langsung dipasang pada masing-masing beban khususnya yang mempunyai daya yang besar. Metode ini sebenarnya sangat efektif dan lebih baik dari segi teknisnya. Namun ada kekurangannya harus menyediakan ruang atau tempat khusus untuk meletakkan kapasitor tersebut, sehingga mengurangi nilai estetika. Disamping itu, jika mesin yang dipasang sampai ratusan buah berarti total biaya yang diperlukan jauh lebih besar.

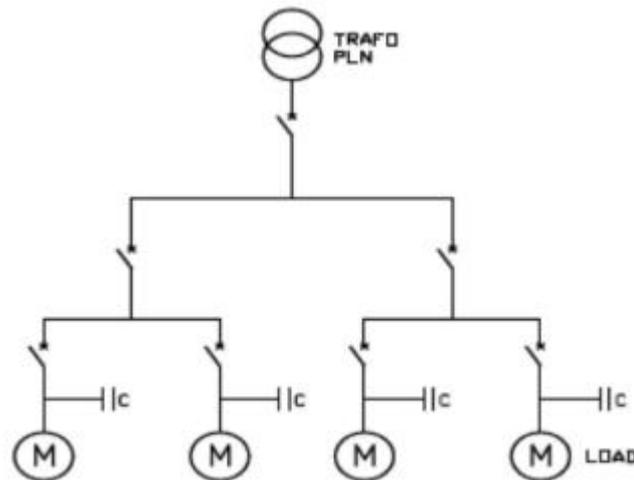
Kelebihan :

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

Kekurangan :

- Biaya pemasangan tinggi.

- Waktu kapasitor OFF lebih banyak dibanding waktu kapasitor ON.
- Kapasitas terpasang tidak dimanfaatkan sepenuhnya.
- Membutuhkan perhitungan yang banyak.
- Terjadi fenomena transient yang besar akibat sering dilakukan switching ON/OFF.



Gambar 2.16 *Low Voltage Individual Compensation*

2.8 Komponen Panel Kapasitor Bank

Panel kapasitor bank terdiri dari berbagai komponen yang bekerja bersama untuk menyediakan daya reaktif, mengatur tegangan, dan meningkatkan faktor daya dalam sistem tenaga listrik. Berikut adalah komponen utama yang biasanya ditemukan dalam panel kapasitor bank beserta penjelasannya :

2.8.1 Kapasitor Bank

Komponen utama yang harus ada dalam panel tentu saja kapasitor bank. Peralatan panel listrik yang berfungsi menyeimbangkan sifat induktif untuk meningkatkan faktor daya dan menstabilkan tegangan. Selain itu, kapasitor juga mencegah denda PLN sebab adanya pemakaian daya reaktif. Kapasitor bank sering digunakan pada Industri, karena pemakaian beban-beban jenis motot-motor listrik sebagai beban induktif banyak membutuhkan daya reaktif untuk operasional produksinya. Kapasitor bank berupa kumpulan beberapa kapasitor lain yang dirangkai secara seri atau paralel sehingga bisa mendapatkan kapasitas tertentu.

Kapasitor bank terdiri atas dua perangkat konduktor dengan keping pemisah yang berada di antara keduanya. Komponen ini sering disebut juga sebagai kondensator. Faktor keamanan kerja kapasitor sangat ditentukan kondisi kerja dari kapasitor tersebut apakah sesuai dengan nilai nominal arus dan tegangannya, sehingga kapasitor tidak cepat rusak (longlife time). Terkait dengan hal tersebut, telah diatur dalam standar IEEE std 18 – 2002 tentang *Standard for Shunt Power Capacitors* pada Tegangan, arus dan kVAR beroperasi maksimum terus menerus yaitu : (The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002).

1. 110 % dari rating tegangan rms
 2. 120 % dari rating tegangan puncak (tegangan puncak tidak melebihi $1.2 \times (\text{akar dari } 2) \times \text{rating tegangan rms}$, termasuk harmonisa tetapi tidak termasuk transien,
 3. 135 % dari arus rms nominal berdasarkan pada rating kvar dan tegangannya.
- sehingga untuk faktor keselamatan kinerja kapasitor bank tipe standar mengacu pada ketentuan arus dan tegangan pada IEEE std 18 – 2002.



Gambar 2.17 Kapasitor Bank

2.8.2 *Magnetic Contactor*

Magnetic Contactor merupakan komponen panel kapasitor bank yang mempunyai arus puncak tinggi, bahkan lebih tinggi dari beban arus pada motor. Magnetic contractor berupa saklar dengan sistem kerja elektromagnetik yang bertugas menghubungkan dan memutus arus kapasitor berdasarkan perintah dari pengendali otomatis atau manual dengan kemampuan maksimal temperature 55°C

dan nilai total harmonisa (THD) <5%. Kontaktor ini mempunyai dua macam kontak, yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). Komponen ini sering disebut juga dengan saklar transfer atau selector.



Gambar 2.18 Kontaktor Magnet khusus kapasitor

2.8.3 Kontaktor DIN ICT

Kontaktor DIN iCT ini adalah kontaktor modular sebagai perangkat kendali jarak jauh 2P dengan 2 kontak yang biasanya terbuka. Arus terukur adalah 40A untuk AC-7a dan 15A untuk AC-7b. Tegangan operasional terukur U_e adalah 250VAC. Tegangan kontrol U_c adalah 220VAC hingga 240VAC. Perangkat ini dapat digunakan untuk sirkuit kontrol. Perangkat ini dapat digunakan untuk beban pencahayaan switching jarak jauh, motor kecil (kipas, mixer) atau aplikasi sistem HVAC. Ini kompatibel dengan semua alat bantu kontrol kontaktor ICT, untuk aplikasi kontrol pencahayaan, pemanas & ventilasi.

Alat ini sesuai dengan IEC/EN 61095. Daya tahan listrik naik hingga 100000 siklus untuk AC-7A atau AC-1, 30000 siklus untuk AC-7C, AC-7B, AC-3, AC-5A atau AC-5B Operasi switching maksimum adalah 6 per menit. Tegangan isolasi berperingkat U_i adalah 500VAC. Tegangan tahan impuls berperingkat U_{imp} adalah 4kV. Derajat polusi adalah 2. Dapat dipasang pada rel DIN. Lebarnya adalah 4 pitch 9mm. Warna produk adalah putih (RAL9003). Dimensinya adalah (L) 85mm x (T) 36mm x (D) 60mm. Menurut standar IEC 60529, derajat perlindungannya adalah IP20 dan IP40 pada penutup. Suhu pengoperasiannya adalah dari -5°C hingga 60°C . Suhu penyimpanannya adalah dari -40°C hingga 70°C .



Gambar 2.19 Kontaktor DIN ICT

2.8.4 Pengaman

Pengaman merupakan sistem proteksi yang digunakan sebagai untuk melindungi kapasitor maupun komponen lainnya dan instalasi kabel yang berasal dari breaker menuju kapasitor bank. Selain itu, Pengaman juga berperan guna membatasi arus berlebih listrik dalam panel. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi konsleting (hubungan arus pendek) dan kelebihan arus yang dapat menyebabkan kebakaran. Pengaman secara otomatis akan memutuskan suatu arus listrik apabila yang melewatinya telah melebihi batas untuk mencegah kerusakan (Agung Syahputra & A Bukit, 2022). Ada tiga jenis pengaman yang digunakan pada panel kapasitor bank di PT. Rezeki Bersama Indonesia, yaitu :

1. *Load Break Switch* (LBS)

Load Break Switch (LBS) merupakan saklar atau pemutus beban dan penyambung arus listrik pada sistem distribusi listrik saat beban aktif. LBS mirip dengan alat pemutus tenaga (PMT) atau Circuit Breaker (CB) dan biasanya dipasang dalam saluran distribusi listrik. Sakelar LBS dapat berupa sakelar manual, otomatis, atau memiliki fungsi trip. Komponen ini sering dijadikan sebagai induk breaker pada panel kapasitor bank karena nilai investasi komponen ini cukup ekonomis dibanding dengan CB (Circuit Breaker). Selain itu, komponen pendukung untuk pegaman pada panel ini sudah dilengkapi CB (Circuit Breaker) pada sub distribusi menuju kapasitor.



Gambar 2.20 Load Break Switch (LBS)

2. Miniatur Circuit Breaker (MCB)

Miniatur Circuit Breaker (MCB) adalah perangkat pelindung listrik yang dirancang untuk sirkuit dengan arus rendah hanya sampai 63 A. Biasanya digunakan di aplikasi rumah tangga atau komersial ringan. Memiliki fungsi sebagai melindungi sirkuit dari arus yang melebihi nilai nominalnya (*over voltage*) untuk jangka waktu yang lama dan melindungi sirkuit dari arus yang sangat tinggi akibat hubung singkat (*short circuit*).

Prinsip kerja MCB menggunakan mekanisme elektromagnetik yang pada saat terjadi short circuit, medan magnet yang dihasilkan oleh arus tinggi akan menarik plunger lalu membuka kontak. Kemudian menggunakan bimetal yaitu ketika terjadi short circuit, medan magnet yang dihasilkan oleh arus tinggi akan menarik plunger dan membuka kontak.



Gambar 2.20 Miniatur Circuit Breaker (MCB) 3 Phasa

3. *Molded Case Circuit Breaker (MCCB)*

Molded case circuit breaker (MCCB) adalah perangkat pelindung listrik yang dirancang untuk sirkuit dengan kapasitas arus yang lebih tinggi sampai dengan 1000A. Biasanya digunakan dalam aplikasi industri atau komersial yang lebih berat. MCCB menawarkan proteksi yang lebih luas seperti perlindungan terhadap *over voltage*, *short circuit*, dan arus gangguan tanah. Dengan kapasitas pemutusan yang lebih tinggi dan kemampuan penyesuaian arus.



Gambar 2.22 *Molded Case Circuit Breaker (MCCB)*

2.8.5 *Power Factor Controller*

Untuk merakit sebuah *Automatic Capacitor Bank* diperlukan alat yang bernama *Power Factor (PF) Controller*, atau *Power Factor Regulator*, alat ini berguna untuk menjaga kondisi PF di jaringan agar sesuai dengan PF yang diinginkan. Pada alat tersebut akan mengendalikan otomatis dengan menampilkan hasil pengukuran PF jaringan, step yang sudah masuk juga menjaga faktor daya dalam rentang yang diinginkan dengan menambahkan atau mengurangi kapasitor dari sistem. Untuk parameter yang lain seperti tegangan, arus, THD, dll mungkin juga ditampilkan tergantung jenis dan merknya. Peralatan ini mempunyai bermacam macam steps dari 6 steps, 12 steps, hingga 18 steps (Safrizal, 2015).

Ada beberapa keunggulan manfaat dari alat *power factor controller* ini, yaitu antara lain:

- Dapat mengkalkulasikan daya reaktif dengan cepat dan teliti.

- Mampu mengukur faktor daya dengan nilai yang akurat.
- Memiliki tampilan monitor display digital yang mudah di baca.
- Memiliki 2 metode kerja yaitu bisa digunakan secara otomatis maupun manual.
- Memiliki fungsi proteksi terhadap gangguan lebih (over voltage) dan tegangan turun (drop voltage).

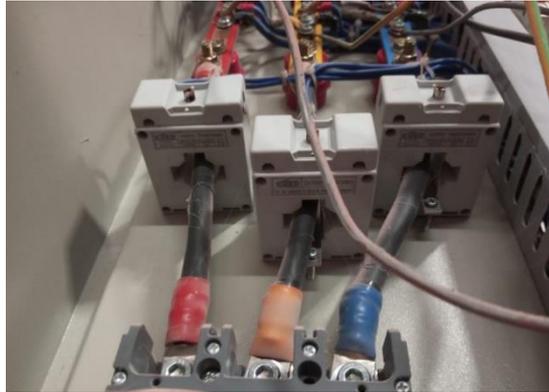


Gambar 2.23 Power Factor Controller (PFC)

2.8.6 *Current Transformer (CT)*

Current Transformer (CT) adalah trafo yang menghasilkan arus di skunder dimana besarnya arus sesuai dengan rasio dan arus primernya. CT umumnya terdiri dari sebuah inti besi yang dililiti oleh konduktor kawat tembaga. Output dari skunder biasanya memiliki nilai 1 ampere hingga 5 ampere, ini ditunjukkan dengan rasio yang dimiliki oleh CT.(Nasional, 2008). Fungsi CT pada panel kapasitor bank adalah sebagai input kepada *power factor controller (PFC)* untuk mendeteksi berapa besar arus yang mengalir dan membaca jenis beban yang mengalir pada busbar.

Pembacaan jenis arus ini akan diproses oleh *power factor controller (PFC)* yang akan menghasilkan sistem switching untuk kapasitor bank.



Gambar 2.24 *Current Transformer (CT)*

2.8.7 Relay Schneider RXM

Relai miniatur RXM merupakan komponen elektronika berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Secara prinsip relay merupakan tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) didekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik maka tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang maka tuas akan kembali keposisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Relai ini memiliki 4 C/O dengan nilai arus terukur 6A, tegangan rangkaian kontrol 230 V AC 50/60 Hz. Relai ini juga dilengkapi tombol uji yang dapat dikunci satu langkah dan indikator mekanis untuk status kontak. Tombol uji diaktifkan sesaat dengan menekan tombol merah di bagian depan dan dikunci dengan mengangkat bagian hijau. Indikator mekanis berada di sebelah tombol uji, dengan bendera oranye yang menunjukkan status kontak relai. LED hijau di bagian depan akan menyala saat relai menyala.



Gambar 2.25 Relay Schneider RXM

2.8.8 *Selector Switch*

Selector Switch adalah alat yang digunakan untuk memilih, banyak sekali tipe *selector switch*, tapi biasanya hanya dua tipe yang sering di gunakan, yaitu 2 posisi, (*on/off/Start-Stop*) dan 3 posisi (*on-off-on/Auto-Off- Manual*). Dengan *selector switch*, kondisi peralatan dapat langsung diketahui dari penunjukan tangkai *selector switch*.



Gambar 2.26 *Selector Switch*

2.8.9 *Pilot Lamp*

Pilot lamp adalah sebuah lampu indikator yang dipasang untuk melakukan monitoring kelistrikan yang ada. Suatu panel generator set yang bekerja paralel dan panel distribusi umumnya dipasang metering yang standart yaitu: ampere meter, volt meter, Kw meter, frequency meter, cos phi meter, dan juga dilengkapi dengan indikator lampu (pilot lamp).



Gambar 2.27 *Pilot Lamp*

2.8.10 *Push Button*

Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu sistem saklar tekan

push button terdiri dari saklar tekan start, stop reset dan saklar tekan untuk *emergency*. Push button memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*). Prinsip kerja Push Button adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai stop (memberhentikan) dan kontak NO akan berfungsi sebagai start (menjalankan) biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor-motor induksi untuk menjalankan dan mematikan motor pada industri-industri.



Gambar 2.28 Push Button

2.9 Perawatan pemeliharaan kapasitor bank

Pemeliharaan diartikan sebagai kegiatan menjaga fasilitas-fasilitas dan peralatan listrik di industri serta melaksanakan perbaikan juga penyesuaian yang diperlukan agar pada saat pengoperasian mesin produksi berjalan dengan memuaskan dan sesuai yang direncanakan. Namun dalam penggunaan energi listrik, perlu memperhatikan perawatan dan pembaharuan pada instalasi listriknya, yang dapat menyebabkan resiko berbahaya bagi pemakainya. Dalam instalasi listrik terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya material instalasi atau bahan, pemasangan instalasi, maupun standarisasi peraturan yang menyangkut tentang instalasi (Alfazumi et al., 2020).

Pemeliharaan (*maintenance*) berperan penting dalam kegiatan produksi dari suatu industri yang menyangkut kemacetan disaat memproduksi dan menjaga agar tidak terdapat mesin yang tidak dinyalakan karena kerusakan (*downtime*) pada mesin sewaktu proses produksi sehingga dapat meminimalisir biaya kehilangan produksi. Kapasitor bank yang digunakan untuk memperbaiki power factor agar

dapat bertahan lama tentunya harus dirawat secara teratur. Dalam perawatan itu harus dilakukan pada tempat yang lembab yang tidak terlindungi dari debu dan kotoran. Sebelum melakukan pemeriksaan pastikan bahwa kapasitor tidak terhubung lagi dengan sumber. Kemudian karena kapasitor ini masih mengandung muatan berarti masih ada arus/tegangan listrik maka kapasitor itu harus dihubungkan singkatkan supaya muatannya hilang. Adapun prosedur pemeriksaan yang harus dilakukan yaitu meliputi :(PLN, 2014).

- Pemeriksaan nilai kapasitansi (kebocoran)
- Pemeriksaan kabel dan sambungan instalasi kapasitor
- Pemeriksaan isolator
- Kebersihan panel kapasitor harus selalu diperhatikan
- Pemeriksaan indicator suhu, udara, dan kelembapan
- Pemeriksaan volt meter

Dalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan panel kapasitor bank tentunya ada bebrapan tahapan yang digunakan sesuai dengan SOP agar untuk menjaga kestabilan dan keandalan pada sistem. Tahapan tersebut dibagi sebagai berikut :

- *In Service Inspection*
- *In service Measurement*
- *Shutdown Testing/Measurement*
- *Shutdown Treatment*

2.9.1 *In Service Inspection*

In service inspection merupakan kegiatan pengamatan visual pada bagian-bagian peralatan terhadap adanya anomali yang berpotensi menurunkan unjuk kerja peralatan atau merusak Sebagian hingga keseluruhan peralatan.

Berikut bagian-bagian kapasitor yang akan di inspeksi visual saat beroperasi, yaitu :

- Bushing
Meliputi : kondisi bushing kapasitor, clamp bushing, dan kebocoran minyak bushing.
- Body kapasitor
- Fuse cut out

- Sambungan/klem/jumper

Meliputi : kondisi mur baut sambungan kapasitor, rel bar sambungan antar unit kapasitor, sambungan jumper antar kapasitor, sambungan rangkaian kapasitor ke CT, sambungan pentanahan.

2.9.2 *In Service Measurement*

In service measurement yaitu kegiatan yang dilakukan pada saat kapasitor sedang dalam keadaan menyala atau beroperasi. Kegiatan tersebut meliputi pengukutan suhu pada kapasitor dengan menggunakan alat berupa IR thermometer dan IR thermography.

Tujuan pengukuran suhu ini agar untuk memantau kondisi kapasitor disaat beroperasi. Pola temperature akan terlihat pada bagian-bagian kapasitor yang di monitor sehingga akan dapat dilihat bagian mana pada sub sistem kapasitor tersebut yang mengalami *overheat* atau penyimpangan lainnya. Dari hasil tersebut akan dievaluasi Kembali apa permasalahan yang terjadi pada bagian tersebut, sehingga kerusakan yang fatal dapat dihindarkan. Bagian-bagian kapasitor yang perlu diukur suhunya adalah sebagai berikut:

- Bodi unti kapasitor
- Bushing
- Klem konduktor bushing
- Klem-klem sambungan
- Rel pengumpul arus

2.9.3 *Shutdown Testing/measurement*

Shutdown testing/measurement adalah pekerjaan pengujian juga pengukuran yang dilakukan pada saat kapasitor dalam keadaan tidak beroperasi. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan dengan memperhatikan bahwa pastikan kapasitor telah terdischarge secara sempurna dan hubung singkatkan dan tanahkan sebelum melakukan pekerjaan apapun pada bank kapasitor, setelah pekerjaan pengujian juga pengukuran selesai, pastikan seluruh baut, mur dan terminal telah terpasang dengan torsi yang tepat.

2.9.3.1 Pengukuran tahanan isolasi kapasitor

Pengukuran tahanan isolasi pada kapasitor hanya khusus dilakukan untuk kapasitor yang terisolasi terhadap ground/body. Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengujian ini adalah besarnya tegangan uji tidak boleh melebihi tegangan nominal kapasitor seperti yang tertera pada name platnya. Peralatan uji yang digunakan sama seperti peralatan uji tahanan isolasi standar. Penerapan pengujian dilakukan per bank/rangkaian/fasa, sedangkan jika terindikasi adanya kelainan, maka identifikasi selanjutnya harus dilakukan pengujian pada tiap unitnya. Durasi pengujian tahanan isolasi kapasitor adalah 1 menit secara kontinyu tidak terputus.

2.9.3.2 Pengukuran resistansi AC kapasitor

Pengukuran resistansi AC kapasitor dilakukan baik pada kapasitor dengan jenis yang terisolasi terhadap ground/body maupun pada kapasitor yang tersambung ke ground di salah satu sisi terminalnya. Pelaksanaan pengukuran menggunakan RLC meter. Penerapan pengujian dilakukan per bank/rangkaian/fasa, sedangkan jika terindikasi adanya kelainan, maka identifikasi selanjutnya harus dilakukan pengukuran pada tiap unitnya. Teknik pengukuran resistansi pada kapasitor dapat juga dilakukan dengan memakai sumber tegangan 220 V 50 Hz, dengan mengukur nilai arus dan sudut fasa $V-I$ sehingga akan dapat dihitung besarnya nilai resistansi AC.

2.9.3.3 Pengujian kapasitansi kapasitor

Pengukuran nilai kapasitansi pada kapasitor dilakukan baik pada kapasitor dengan jenis yang terisolasi terhadap ground/body maupun pada kapasitor yang tersambung ke ground di salah satu sisi terminalnya. Pelaksanaan pengukuran menggunakan RLC meter. Pengukuran dilakukan per-unit kapasitor. Teknik pengukuran kapasitansi pada kapasitor dapat juga dilakukan dengan memakai sumber tegangan 220 V 50 Hz, dengan mengukur nilai arus dan sudut fasa $V-I$ sehingga akan dapat dihitung besarnya nilai kapasitansinya.

2.9.3.4 Pengujian dissipation factor (Tangen Delta)

Pengukuran nilai kapasitansi pada kapasitor dilakukan baik pada kapasitor dengan jenis yang terisolasi terhadap ground/body maupun pada kapasitor yang

tersambung ke ground di salah satu sisi terminalnya. Pelaksanaan pengukuran menggunakan tangen delta meter. Hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengujian ini adalah besarnya tegangan uji tidak boleh melebihi tegangan nominal kapasitor seperti yang tertera pada name platenya.

2.9.4 Shutdown Treatment

Shutdown treatment adalah pekerjaan dilakukan untuk memperbaiki anomaly yang ditemukan pada saat in service inspection/measurement atau menindaklanjuti hasil shutdown testing/measurement. Pelaksanaan treatment meliputi unit kapasitor secara individu maupun dalam satu kesatuan (Bank), diantaranya sebagai berikut :

Tabel 2.2 Shutdown Treatment pada kapasitor

No	Bagian peralatan yang diperiksa	Cara Pemeliharaan	Standar hasil
1	Body Kapasitor.	<ul style="list-style-type: none"> • Membersihkan body kapasitor terhadap debu dan kotoran. • Mengecat ulang body kapasitor jika terindikasi berkarat. 	Bersih. Tidak karatan.
2	Bushing Kapasitor.	<ul style="list-style-type: none"> • Membersihkan keramik insulator terhadap polutan. • Merekondisi kualitas permukaan keramik insulator jika terindikasi flux/pecah dengan menggunakan insulator varnish. 	Bersih Tidak cacat.
3	Unit Kapasitor.	Mengganti unit kapasitor yang nilai kapasitansinya menyimpang dari nameplate (sesuai rekomendasi pabrikan).	Nilai kapasitansi sesuai nameplate.

4	Klem Sambungan	<ul style="list-style-type: none"> • Membersihkan klem sambungan termasuk baut pengikatnya terhadap polutan dan karat. Melaksanakan penggantian klem jika diperlukan. • Memeriksa kekuatan ikatan klem. 	<p>Dilapisi dengan <i>electrical jointing compound</i> (<i>contact grease</i>).</p> <p>Terikat dengan kencang.</p>
5	Konduktor sambungan antar unit kapasitor.	Memeriksa kondisi stranded konduktor terpasanga terhadap potensi karat dan ganti jika terindikasi berkarat/putus salah satu urat atau lebih.	Tidak berkarat.
6	Bank Kapasitor.	Memeriksa kondisi kualitas sambungan kerangka penyangga.	Terikat dengan kencang.
7	Rangka bank kapasitor.	<ul style="list-style-type: none"> • Membersihkan body penyangga terhadap polutan dan karat. • Mengecat ulang body penyangga jika terindikasi berkarat. 	<p>Bersih.</p> <p>Tidak berkarat.</p>

8	Isolator penyangga rangka bank kapasitor.	<ul style="list-style-type: none"> • Membersihkan body isolator terhadap polutan dan rekondisi permukaan insulator dengan insulating varnish/ceramic sealer. • Mengecat ulang besi pemegang isolator jika terindikasi berkarat. • Memeriksa kawat pentanahan. 	<p>Bersih dan permukaan insulator rata/halus.</p> <p>Tidak berkarat.</p> <p>Tidak berkarat/putus dan kencang.</p>
---	---	--	---

2.10 Metode Kelayakan Teknis

Analisis kelayakan teknis adalah proses penilaian untuk menentukan apakah suatu sistem atau proyek dapat dilaksanakan dari perspektif teknis. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa semua persyaratan teknis terpenuhi dan sistem atau proyek dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Terdapat beberapa cara yang umum digunakan untuk menganalisis kelayakan teknis, yaitu salah satunya menggunakan perhitungan daya reaktif yang meliputi beberapa tahapannya sebagai berikut : (Ritonga, 2019).

2.10.1 Perhitungan Biasa

Data yang diperlukan yaitu daya aktif (kW), *power factor* lama ($\text{Cos } \varphi_1$) dan *power factor* baru ($\text{Cos } \varphi_2$). Berikut persamaan daya yang diperoleh :

$$S = P / \text{Cos } \varphi_1 \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

$$S = \text{Daya Nyata (KVA)}$$

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

Berikut persamaan daya reaktif dari PF lama dan PF baru yang diperoleh :

$$Q_L = P \text{ Tan } \varphi_1 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$Q_B = P \text{ Tan } \varphi_2 \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

Q_L = Daya reaktif PF lama (KVAR)

Q_B = Daya reaktif PF baru (KVAR)

Daya reaktif yang dikompensasi oleh kapasitor bank adalah :

$$Q_C = Q_L - Q_B \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

Q_C = Daya yang dikompensasi kapasitor (KVAR)

Q_L = Daya reaktif PF lama (KVAR)

Q_B = Daya reaktif PF baru (KVAR)

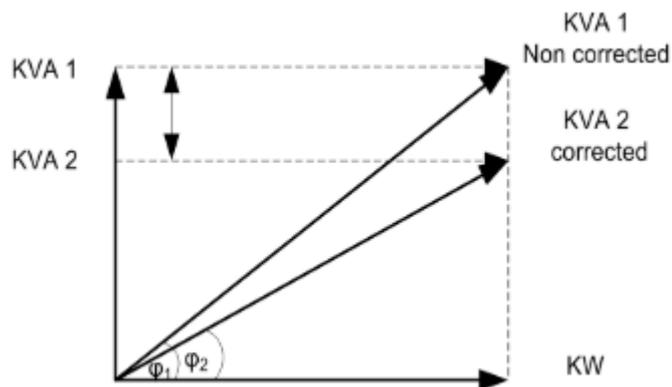
2.10.2 Metode Tabel Kompensasi

Untuk menghitung besarnya daya reaktif dapat dilakukan melalui table kompensasi, tabel ini menyajikan suatu data dengan input faktor daya mula-mula sebesar $\cos \varphi_1$ dan faktor daya yang diinginkan $\cos \varphi_2$ maka besarnya faktor pengali dapat dilihat melalui tabel kompensasi.

2.10.3 Metode Diagram

Dalam menentukan besarnya kapasitor yang dibutuhkan diperlukan diagram sebelum kompensasi dan sesudah kompensasi. Sebelum ada perbaikan faktor daya dengan φ_1 dan setelah dilakukan perbaikan sesuai yang diinginkan ditunjukkan dengan φ_2 . Maka besar daya kapasitor yang diperlukan yaitu dengan persamaan (Rofii & Ferdinand, 2018):

$$Q_c = kW[\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2] \dots\dots\dots (2.22)$$



Gambar 2.29 Diagram daya untuk menentukan daya kapasitor

2.10.4 Metode kwitansi PLN

Metode ini memerlukan data dari kwitansi PLN selama satu periode (misalnya 1 tahun). Kemudian data perhitungan diambil dari pembayaran denda kVARH yang tertinggi (Noor & Saputera, 2014). Data lain yang diperlukan adalah jumlah waktu pemakaian.

$$Q_C = \frac{kVarh_{tertinggi}}{Waktu_{pemakaian}} (kVAR) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$P = \frac{kWh_{tertinggi}}{Waktu_{pemakain}} (kW) \dots\dots\dots (2.24)$$

2.10.5 Metode Segitiga Daya

Metoda ini dipakai jika data yang diketahui adalah Daya aktif (P) dan Daya nyata (S). Perhitungan metoda ini dilakukan dengan segitiga daya.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan pada industri produksi pupuk berbahan kimia yaitu PT. Rezeki Bersama Indonesia, yang beralamat di Jl. Irian Barat No. 265, Desa Sampali, Kecamatan Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian tugas akhir ini berlangsung dimulai dari bulan Mei 2024 sampai dengan November 2024.

3.1.3 Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Uraian	Bulan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Kajian Literatur						
2	Penyusunan Proposal Penelitian						
3	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3						
4	Seminar Proposal Penelitian						
5	Pengambilan Data						
6	Pengolahan dan Analisa Data						
7	Seminar Hasil Penelitian						
8	Sidang Akhir						

3.2 Alat Penelitian

Adapun beberapa peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Satu unit laptop Asus VivoBook X415DAP-M415DA yang memiliki spesifikasi *Processor AMD Ryzen 3 3250u with Radeon Graphics* dan system operasional Windows 11 Home 64-bit RAM 8 GB. Laptop ini digunakan sebagai alat utama dalam pengerjaan penelitian tugas akhir.
2. Satu unit Flashdisk V-Gen Astro memori 8 GB, digunakan sebagai menyimpan dan memindahkan file data pada pengerjaan penelitian Tugas Akhir.
3. Tang Ampere, digunakan untuk mengukur besaran arus, tegangan, dan daya yang ada pada komponen panel listrik serta beban mesin produksi.
4. Tespen, sebagai alat pengecekan untuk mengetahui atau tidaknya tegangan listrik yang mengalir di suatu komponen instalasi yang ada di panel atau pun di beban peralatan listrik.
5. Sarung Tangan Karet, sebagai alat pengaman pelindung tangan dari bahayanya setrum listrik yang mengalir ketika sedang melakukan pengecekan maupun perawatan pembersihan panel kapasitor bank. Karet juga merupakan salah satu bahan isolator listrik terbaik sehingga aman dari aliran listrik.
6. Mesin Blower Tangan, digunakan sebagai meniup dan menyedot debu pada komponen listrik maupun instalasi di dalam panel kapasitor bank yang akan dibersihkan.
7. Kuas Cat Kayu, digunakan untuk mengangkat serta menyapu debu kotoran pada instalasi panel kapasitor bank.
8. Microsoft Word 2021 sebagai pembuatan laporan tugas akhir.
9. Kalkulator sebagai alat untuk membantu menghitung yang di analisa pengolahan data
10. Software AutoCad sebagai pembuatan wiring diagram kapasitor bank dan wiring beban peralatan pemrosesan pupuk.

3.3 Metode Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, ada beberapa metode-metode yang digunakan yaitu diantaranya :

1. Studi Literatur

Pada tahapan ini bermula dengan mencari sumber kajian teori yang relevan dengan berkaitan tugas akhir ini untuk pendalaman materi guna menyelesaikan

masalah yang dirumuskan, seperti pencarian bersumber dari buku referensi, jurnal, artikel, dan skripsi yang relevan untuk mendukung penelitian. Studi literatur dilakukan agar dapat digunakan sebagai panduan informasi untuk mendukung keperluan dalam pelaksanaan penelitian dan penyelesaian laporan tugas akhir.

2. Studi Bimbingan

Studi bimbingan yaitu kegiatan berupa interaksi tanya jawab bersama dosen pembimbing untuk memberikan pengarahan, dan solusi dalam penulisan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan masalah yang ada pada penelitian ini.

3. Studi Observasi

Melakukan pengamatan secara langsung objek-objek tertentu berupa panel kontrol, dan motor untuk pengoperasian produksi beserta melakukan wawancara dengan mengadakan komunikasi langsung kepada teknisi pihak perusahaan untuk memberikan informasi sejumlah data dan informasi terkait objek yang akan diteliti.

4. Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data yang akan di analisis dengan langsung diambil dari lapangan yaitu pada PT. Rezeki Bersama Indonesia, Adapun data-data yang diperoleh dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

- Data beban peralatan listrik yang terdapat di PT. Rezeki Bersama Indonesia.
- Data Cos Phi penggunaan kapasitor bank disaat pengoperasian produksi
- Data daya listrik yang digunakan selama operasional produksi bekerja
- Data biaya listrik yang dikeluarkan PLN.

5. Metode analisis dan kesimpulan

Melakukan analisis dari semua data yang diperoleh dan mengambil kesimpulan akhir keseluruhan proses yang telah dilakukan.

3.4 Data Penelitian

Pengukuran Daya dan faktor daya ini dilakukan pada kondisi tidak menggunakan kapasitor untuk mengetahui besar daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban. Pengukuran faktor daya dilakukan pada saat beban puncak dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan cos phi Meter yang diukur di panel utama.

Adapun Pengumpulan data beban listrik yang terpasang dari keseluruhan yang ada di PT. Rezeki Bersama Indonesia.

Untuk daftar beban tersebut ditampilkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.2 Daftar nama peralatan beban listrik di PT. Rezeki Bersama Indonesia

No	Jenis Beban Penerangan	Daya (Watt)	Kuantitas	Total Daya (Watt)
1	Lampu XL	22	15	330
2	Lampu TL	45	24	1.080
3	Lampu Sorot LED	150	6	900
No	Jenis Beban Motor	Daya (Watt)	Kuantitas	Total Daya (Watt)
1	Motor Run 3 Phase	4 kW/5 Hp	6	24 kW
2	Conveyor	2.2 kW/3 Hp	2	4.4 kW
3	Mixer bahan baku	18.5 kW/25 Hp	1	18.5 kW
4	Mixer pewarnaan	15 kW/20 Hp	2	30 kW
5	Blower Tiup	7.5 kW/10 Hp	1	7.5 kW
6	Blower Hisap	22 kW/30 Hp	1	22 kW
7	Rotarry Dryer	15 kW/20 Hp	1	15 kW
8	Conveyor Input Dryer	2.2 kW/3 Hp	1	2.2 kW
9	Conveyor Output Dryer	2.2 kW/3 Hp	1	2.2 kW
10	Rotarry Screen	7.5 kW/10 Hp	1	7.5 kW
11	Conveyor Output Screen	2.2 kW/3 Hp	3	6.6 kW
12	Motor run Airlock Cyclone	2.2 kW/3 Hp	1	2.2 kW
13	Pompa Air	2250	3	6.750
14	Kipas Angin	75	14	1.050
15	AC	920	1	920

No	Jenis Beban Elektronika	Daya (Watt)	Kuantitas	Total Daya (Watt)
1	Komputer	200	2	400
2	Wifi	50	1	50
3	CCTV	50	16	800
4	Dispenser	30	4	120
5	Printer	100	1	100
6	Printer Epson	100	1	100
7	Mesin Absensi Finger	50	1	50
8	TV	100	1	100
Total Daya Terpasang (Watt)				154.850
Total Daya Terpasang (kW)				154.85

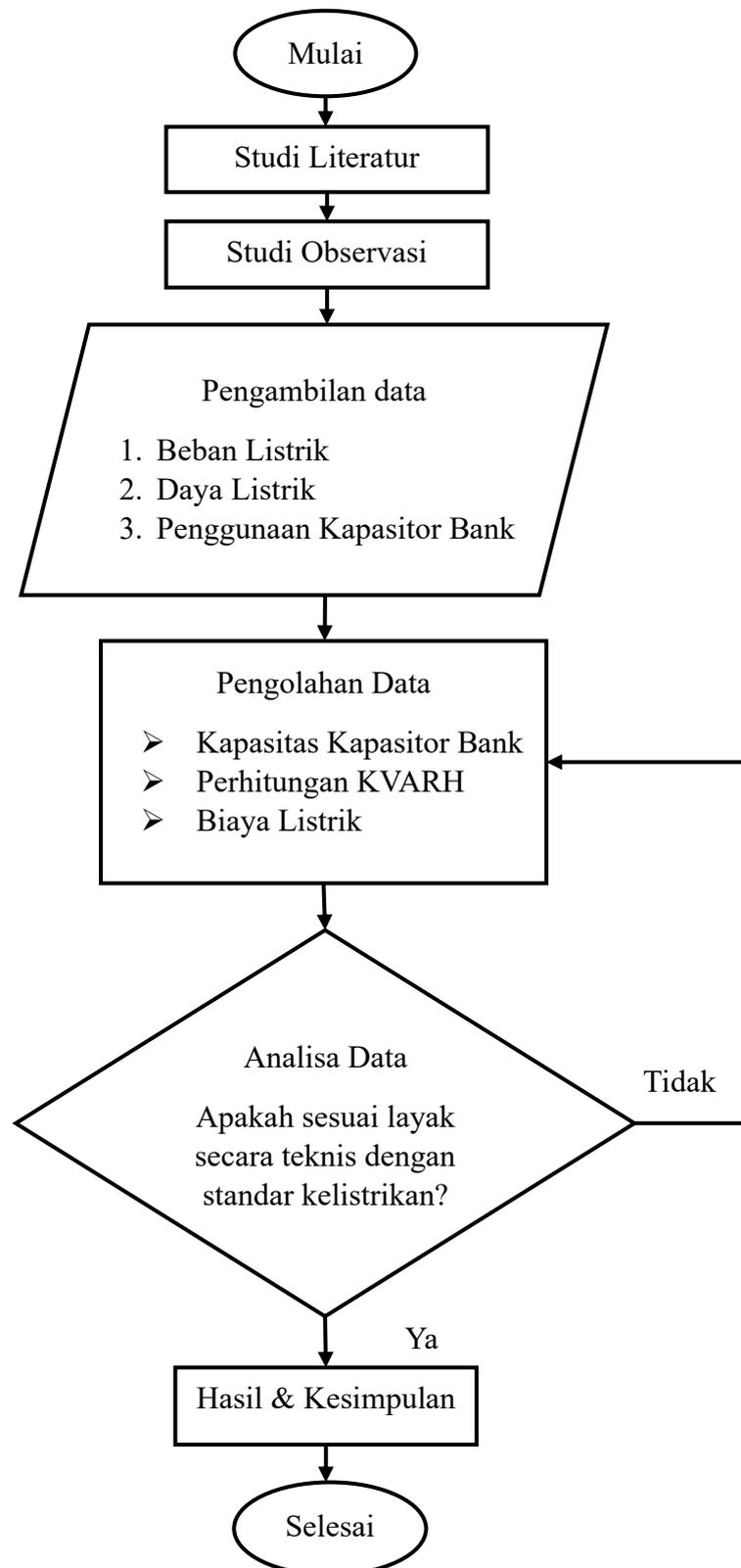
3.5 Prosedur Penelitian

Adapun beberapa langkah tahapan yang harus dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Melakukan studi literatur agar mendapatkan berbagai sumber teori dan konsep untuk mendukung penelitian.
2. Menyiapkan alat penelitian.
3. Menyalakan beban motor mesin produksi dengan masing-masing tiap unit secara bergantian/bersamaan satu persatu sebelum menghubungkan kapasitor bank.
4. Setelah beban tersebut dalam kondisi menyala, lalu diukur dengan alat Tang Ampere dan alat power factor controller sambil mencatat serta memfoto nilai hasil yang diperoleh.
5. Kemudian hubungkan kapasitor bank dengan beban motor mesin produksi.
6. Jika sudah terhubung lalu nyalakan beban motor tersebut secara keseleruhan.

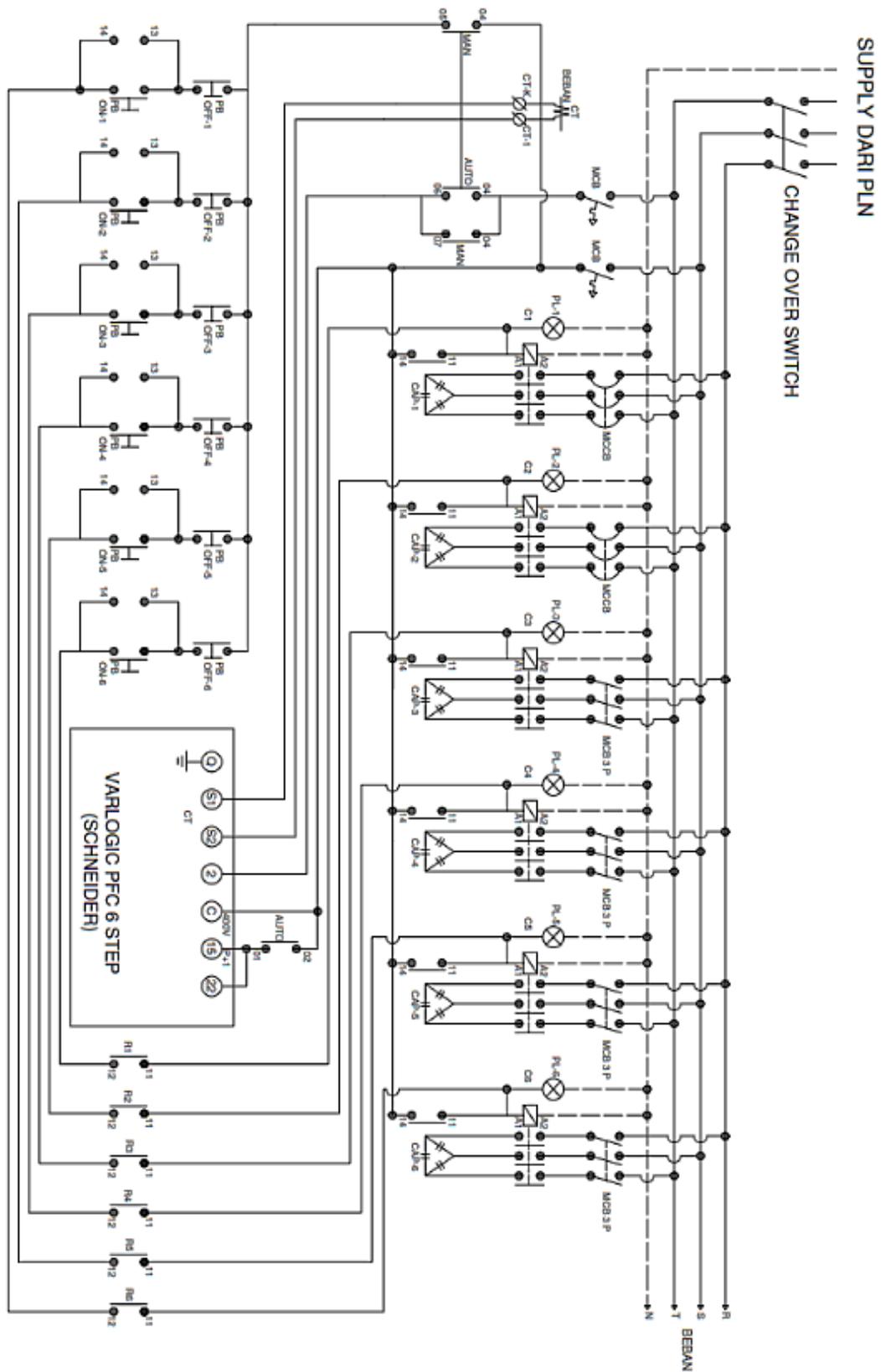
7. Pada saat beban motor mesin produksi dinyalakan, selanjutnya mencatat serta memfoto hasil nilai yang ditampilkan di alat power factor controller.
8. lalu mengamati dan memahami dengan perbandingan antara nilai yang sebelum dihubungkan kapasitor bank.
9. Pada saat data sudah terkumpul, selanjutnya melakukan analisis kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk mencapai $\cos \phi$ yang diinginkan.
10. Melakukan analisis besarnya daya reaktif yang dikompensasikan dengan cara mengurangi besarnya reaktif sebelum menghubungkan kapasitor dengan daya reaktif setelah dihubungkan kapasitor.
11. Melakukan analisis seberapa besar penghematan pemakaian daya listrik terpasang sehingga dapat diketahui perubahan biaya rekening listrik yang terjadi di setiap bulannya.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.7 Wiring Diagram Kapasitor Bank



Gambar 3.2 Wiring diagram kapasitor bank

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data yang telah dilakukan dalam penelitian ini maka didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. penerapan kapasitor bank memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan faktor daya dan efisiensi energi. Penggunaan kapasitor bank yang tepat dapat mengurangi penalti dari penyedia listrik, meningkatkan stabilitas sistem tenaga, serta mengurangi kerugian daya reaktif yang di serap beban semula selama 10 jam sebelum perbaikan dengan nilai $\cos \varphi_1$ 0,71 menuju $\cos \varphi_2$ 0,98 sebesar 119.569,84 kVARh menjadi 25.294,62 kVARh sehingga ada penghematan sebanyak 94.275,22 kVARh. Kemudian dari kapasitas kapasitor yang telah dihitung menghasilkan dari rata-rata sebesar 278,812 μ F dan penghematan daya reaktif yang di hasilkan (Q_c) rata-rata sebesar 36,260 kVAR beserta awal dari daya reaktif Q_1 berjumlah 45,988 kVAR menjadi daya reaktif Q_2 senilai 9,728 kVAR. Selain itu, pada penghematan daya semu rata-rata yang dihasilkan sebesar 17,459 kVA yang awalnya S_1 sebesar 66,360 kVA menjadi S_2 berjumlah 48,901 kVA
2. Pengujian kelayakan kapasitor bank yang terpasang di PT. Rezeki Bersama Indonesia memenuhi persyaratan standar IEEE 18-2012 dengan rata-rata hasil pengujian keseluruhan dikatakan sesuai dan layak pakai dengan mengikuti sesuai prosedur standar kelistrikan.
3. Pada kegiatan prosedur pemeliharaan maintenance yang pernah dilakukan rutin dan berkala yang diimplementasikan dengan baik dapat membantu meminimal kerusakan memperpanjang umur kapasitor bank dan sangat penting untuk menjaga efisiensi dalam meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik, sehingga kapasitor bank dapat terus beroperasi dengan efisien dan memberikan manfaat optimal bagi PT. Rezeki Bersama Indonesia.

5.2 Saran

Adapun pengamatan dalam penelitian ini, dapat dianjurkan beberapa saran yaitu sebagai berikut :

1. Diharapkan di masa yang akan datang dapat digunakan sebagai salah satu sumber data untuk penelitian selanjutnya dan dilakukan penelitian lebih lanjut berdasarkan faktor lainnya, variabel metode yang berbeda, jumlah data yang lebih banyak, tempat yang berbeda yang memiliki keterkaitan dengan dengan optimasi kapasitor bank dan efisiensi energi, guna menjawab tantangan yang mungkin muncul di masa depan dan memperkuat posisi perusahaan di industri.
2. Dianjurkan kepada semua pembaca dan pemilik perusahaan berdasarkan hasil penelitian saya bahwa pembagian beban dayanya yang terukur itu tidak seimbang di beban R terlalu besar, sedangkan beban T terlalu kecil, sebaiknya bisa dibagi dengan memindahkan ke S atau T agar disribusi beban tersebut tersebar lebih merata diantara ketiga fasa, bukan hanya tersambung pada satu fasa saja.
3. Direkomendasikan agar memasang exhaust fan dan turbin ventilator pada Gedung bagian produksi, supaya pada saat di waktu pemrosesan produksi pupuk menjadikan suhu udara yang panas, debu kotoran yang mengepul, dan bau dari campuran kimia dapat menyedot keluar sehingga terjaga sirkulasi kualitas udara dalam ruangan dan terhindar dari penyakit yang membahayakan dari keselamatan pekerja maupun komponen listrik yang terlindungi serta mampu berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan industri yang aman dan sehat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Syahputra, K., & A Bukit, F. R. (2022). Perancangan Hmi (Human Machine Interface) Sebagai Pengontrol Dan Pendeteksi Dini Kerusakan Kapasitor Bank Berbasis Plc. *Journal of Energy and Electrical Engineering (Jeee)*, *101*(2), 1–9. <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/view/4766/2145>
- Ahmad Rizal Sultan, A. G. (2018). Analisis Kualitas Daya pada Perbaikan Cos Phi Instalasi Motor untuk Berbagai Letak Kapasitor. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 50–54.
- Alfazumi, N. F., Yandi, W., & Sunanda, W. (2020). Uji Kelayakan Instalasi Listrik di Universitas Bangka Belitung Berdasarkan PUIL 2011 (Studi di Gedung Fakultas Teknik). *Seminar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi Dan Industri (SNTKI)*, *7*(3), 216–297.
- Almanda, D., & Majid, N. (2019). Studi Analisa Penyebab Kerusakan Kapasitor Bank Sub Station Welding di PT. Astra Daihatsu Motor. *RESISTOR (ElektRONika KEndali TelekomunikaSI Tenaga LiSTrik KOMputeR)*, *2*(1), 7. <https://doi.org/10.24853/resistor.2.1.7-14>
- Basudewa, D. A. (2020). Analisa Penggunaan Kapasitor Bank terhadap Faktor Daya Pada Gedung IDB Laboratory UNESA. *Jurnal Teknik Elektro*, *09*(03), 697–707.
- Dani, A., & Hasanuddin, M. (2018). Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus STT Sinar Husni). *Seminar Nasional Raya (SENAR)*, *1*(1), 673–678.
- Darusman, M. (2016). Analisa Kelayakan Pemasangan Kapasitor Bank Pada Gardu Distribusi Untuk Kemampuan Layanan di PT. EPI (Energi Pelabuhan Indonesia) Cabang Pontianak. *Elektro*, *1*.
- Efendy, A. S., & Munir, M. (2022). Analisa Optimasi Faktor Daya Terhadap Penggunaan Kapasitor Bank Pada PT. Barindo Anggun Industri. *SNESTIK Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, Dan Teknik Informatika*, 245–251. <https://doi.org/10.31284/p.snestik.2022.2763>
- Epiwardi, Ruwahyoto, & Heri sungkowo. (2021). Perencanaan Dan Analisis

- Kelayakan Investasi Proyek Pemasangan Kapasitor Bank Pada Instalasi Pemanfaatan Energi Listrik. *Jurnal Teknik Ilmu Dan Aplikasi*, 8(1), 77–82.
<https://doi.org/10.33795/jtia.v9i1.16>
- Ferdiansah, B., Margiantono, A., & Ahmad, F. (2023). Analisis Pengaruh Kapasitor Bank Terhadap Nilai Faktor Daya Dan Nilai Jatuh Tegangan. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 5(2), 234–241.
<https://doi.org/10.37905/jjeeee.v5i2.20893>
- Hari Sucipto. (2017). Kajian Dampak Kelebihan Kompensasi Pada Sistem Perbaikan Faktor Daya Beban Tiga Fasa Tak Seimbang Dengan Menggunakan Kapasitor Bank. *J. ELTEK*, 1–14.
- Ketenagalistrikan, D. (2011). Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011. Standar Nasional Indonesia Dirjen Ketenagalistrikan. *Standar Nasional DirJen Ketenagalistrikan, 2011(PUIL)*, 1–133.
- Nasional, D. P. (2008). *Dasar Mesin Listrik*. 1–51.
<https://installist.files.wordpress.com/2009/12/mesin-listrik.pdf>
- Noor, S., & Saputera, N. (2014). Efisiensi Pemakaian Daya Listrik Menggunakan Kapasitor Bank. *Jurnal Poros Teknik*, 6(2), 73–78.
- Pambudi, P. E., Kristiyana, S., Suyanto, M., F, M. M., & Rahmadi, D. (2022). Analisis Tinjauan Ekonomi Teknis dalam Pemasangan Kapasitor Bank untuk Memperbaiki Nilai Faktor Daya pada Beban Industri. *Avitec*, 4(1), 137.
<https://doi.org/10.28989/avitec.v4i1.1184>
- Pasaribu, F. I., Sara, I. D., Tarmizi, T., & Nasaruddin, N. (2024). Designed harmonic step filter automatic control system to improve power quality and electric efficiency. *Journal of Physics: Conference Series*, 2777(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2777/1/012004>
- PLN, D. P. (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Kapasitor. *Dokumen PT. PLN (Persero)*, 1–42.
- Putri, M., & Pasaribu, F. I. (2018). Analisis Kualitas Daya Akibat Beban Reaktansi Induktif (XL) di Industri. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 81–85.
- Ritonga, M. M. (2019). Penggunaan Kapasitor Bank Sebagai Media untuk

Perbaikan Faktor Daya pada Gedung Pelayanan Kesehatan.
Repository.Umsu.Ac.Id, perbaikan faktor daya, 10–20.

Rofii, A., & Ferdinand, R. (2018). Analisa penggunaan kapasitor bank dalam upaya perbaikan faktor daya. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 3(2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.52447/jkte.v3i1.1056>

Safrizal. (2015). Automatic Power Factor Control (APFR) Capacitor Shunt Untuk Optimalisasi Daya Reaktif Menggunakan Metode Invoice (Case Study PDAM). *Jurnal DISPROTEK*, 6(2), 82–94.
<https://ejournal.unisnu.ac.id/JDPT/article/view/270/640>

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, I. (2002). IEEE Std 18TM-2002. *IEEE Standards*, PER-1(11), 1.
<https://doi.org/10.1109/MPER.1981.5511873>

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, I. (2024). Standar IEEE 18-2012 for Shunt Power Capacitors. *IEEE Standard Association*, 2012.

Ulya, A. U. (2017). ANALISIS DAN SIMULASI PENGARUH PEMASANGAN CAPASITOR BANK UNTUK PERBAIKAN FAKTOR DAYA MENGGUNAKAN SIMULINK PADA SISTEM TENAGA LISTRIK DI PT. BOGOWONTO PRIMALARAS. *Repository.Unimus.Ac.Id*, 1–7.
<http://repository.unimus.ac.id/id/eprint/2763>

Zailani, Z. (2018). Perencanaan pemasangan kapasitor bank sebagai kompensasi beban induktif di ptpn IV pabrik kelapa sawit adolina. *Repository.Umsu.Ac.Id*.

Lampiran 1

Tarif Dasar Tenaga Listrik PLN 2024



**PENETAPAN
PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)**

OKTOBER - DESEMBER 2024

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	900 VA-RTM	*)	1.352,00	1.352,00
2.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.444,70	1.444,70
3.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.444,70	1.444,70
4.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.699,53	1.699,53
5.	R-3/TR, TM	6.600 VA ke atas	*)	1.699,53	1.699,53
6.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.444,70	1.444,70
7.	B-3/TM, TT	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.035,78$ Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
9.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
10.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.699,53	1.699,53
11.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**)	Blok WBP = $K \times 1.415,01$ Blok LWBP = 1.415,01 kVArh = 1.522,88 ****)	-
12.	P-3/TR		*)	1.699,53	1.699,53
13.	L/TR, TM, TT		-	1.644,52	-

Catatan :

*) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM1 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian.}$

***) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM2 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian LWBP.}$
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

****) Diterapkan Rekening Minimum (RM):
 $RM3 = 40 \text{ (Jam Nyala)} \times \text{Daya tersambung (kVA)} \times \text{Biaya Pemakaian WBP dan LWBP.}$
 Jam nyala : kWh per bulan dibagi dengan kVA tersambung.

*****) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (delapan puluh lima per seratus).

K : Faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP sesuai dengan karakteristik beban sistem kelistrikan setempat ($1,4 \leq K \leq 2$), ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara.

WBP : Waktu Beban Puncak.
 LWBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Lampiran 2

Surat Balasan Izin Riset

	PT. REZEKI BERSAMA INDONESIA Jl. Irian Barat Sampali Road No. 265, Kabupaten Deli Serdang 20371 Email : pt.rezeki_bersama@yahoo.com Telp. 061-8880 5888, 8004 2227
Sampali, 02 September 2024	
Nomor	: 2877 / 2.6 / RBI 02 / 09 / 2024
Lampiran	: 1
Hal	: <u>Balasan Surat Ijin Pengambilan Data</u>
Kepada Yth. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara	
Menindak Lanjuti Surat dari Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik Nomor 1198/IL.3.AU/UMSU-07/B/2024 tanggal 15 Agustus 2024 Perihal Permohonan Pengambilan Data.	
Sehubungan hal tersebut diatas, disampaikan bahwa pada prinsipnya kami dari PT. Rezeki Bersama Indonesia menyetujui permohonan pengambilan data saudara atas nama :	
Nama	: Muhammad Fauzi
NPM	: 2007220004
Program Studi	: Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir	: Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada Beban Peralatan dalam Pemrosesan Pupuk di PT. Rezeki Bersama Indonesia
Demikian Surat Pemberitahuan ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerja sama yang baik kami ucapkan terimakasih.	
Hormat Kami  Charlie Side Manager PT.RezekiBersamaIndonesia	

Lampiran 3
Kegiatan Penelitian





Lampiran 4

Lembar Bimbingan Asistensi Tugas Akhir



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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Muhammad Fauzi
NPM : 2007220004
Fakultas/Prodi : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : " Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada Beban Peralatan dalam Pemrosesan Pupuk di PT. Rezeki Bersama Indonesia".

No	Hari Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	Senin, 9-6-2024	Masukan teori kelayakan kapasitor bank	
2	Kabu, 26-6-2024	Masukan jenis kapasitor bank yang sering digunakan di panel	
3	Senin, 1-7-2024	tambahkan rumus mencari nilai kapasitor bank (KVAR)	
4	Selasa, 9-7-2024	Masukan beban-beban yang ada sistem proses pupuk.	
5	Senin, 21-7-2024	di bab III buat prosedur penelitian	
6	Selasa, 6-8-2024	ACC untuk di kirim proposal	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan. Kaptan Muchtar Basri No.3 Sumatera Utara 20238 Indonesia

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Muhammad Fauzi
 NPM : 2007220004
 Fakultas/Prodi : Teknik/ Teknik Elektro
 Judul Tugas Akhir : " Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada
 Beban Peralatan dalam Pemrosesan Pupuk di PT.
 Rezeki Bersama Indonesia".

No	Hari Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	Senin, 2-9-2024	Ambil data pengoperasian Kapasitor Bank.	
2	Rabu, 25-9-2024	Tambahkan jadwal pemeliharaan dan gangguan kapasitor	
3	Sabtu 28-9-2024	Revisi Bab. 5.	
4	Kamis 3-10-2024	Tambahkan jurnal referensi	
5	Jumat 11-10-2024	Revisi No. Halaman.	
6	Sabtu 12-10-2024	ACE Untuk semesta Hasil.	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

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



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan. Kapten Muchtar Basri No.3 Sumatera Utara 20238 Indonesia

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Muhammad Fauzi
 NPM : 2007220004
 Fakultas/Prodi : Teknik/ Teknik Elektro
 Judul Tugas Akhir : " Analisis Sistem Kelayakan Kapasitor Bank pada
 Beban Peralatan dalam Pemrosesan Pupuk di PT.
 Rezeki Bersama Indonesia".

No	Hari Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	Minggu 13-10/2024	Revisi SEMHIAS.	
2	Senin 14/10-2024	Lengkapi lampiran	
3	Selam 15/10-2024	ACC disidangkan	

Mengetahui,
Dosen Pembimbing



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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Muhammad Fauzi
 Alamat : Jl. Ileng Lingk.2 Kel. Rengas Pulau, Kec. Medan
 Marelan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara
 Npm : 2007220004
 Tempat/Tanggal Lahir : R. Pulau, 28 Oktober 2002
 Jenis Kelamin : Laki-laki
 Agama : Islam
 Status : Belum Menikah
 No. Telepon/WathsApp : 082268283600
 Email : mhdfauzi460@gmail.com
 Tinggi/Berat Badan : 163 Cm/58 Kg
 Kewarganegaraan : Indonesia

ORANG TUA

Nama Ayah : Nasib
 Agama : Islam
 Nama Ibu : Almh. Sutiem
 Agama : Islam
 Alamat : Jl. Ileng Lingk. 2 Kel. Rengas Pulau, Kec Medan
 Marelan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara

RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun 2009-2015 : SD MIS Al-Hasanah Rengas Pulau
 Tahun 2015-2017 : SMP Negeri 5 Medan
 Tahun 2017-2020 : SMK Negeri 13 Medan
 Tahun 2020-2024 : S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah
 Sumatera Utara (UMSU)