

**ANALISA UNJUK KERJA KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR  
DAYA DENGAN DAYA TERPASANG 690 KVA PADA INDUSTRI KAYU  
PT. DANWOOD NUSANTARA SEMARANG**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar S1 Pada Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Sultan Agung  
Semarang



Disusun Oleh:

**MUHAMAD IQBAL FIRMANSYAH**

**NIM: 30601900029**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2025**

## **FINAL PROJECT REPORT**

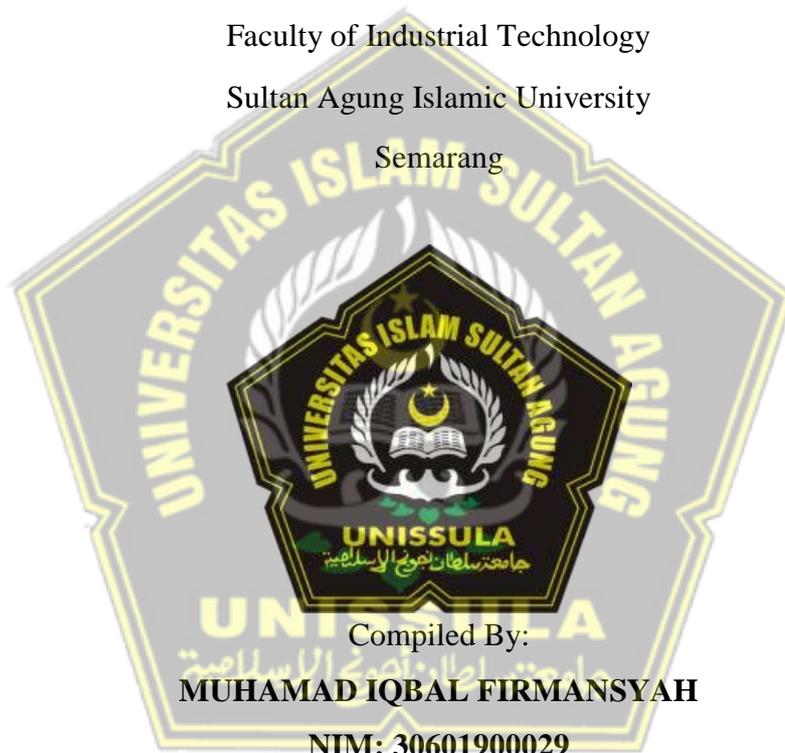
### **ANALYSIS OF CAPACITOR BANK PERFORMANCE ON POWER FACTOR WITH INSTALLED POWER OF 690 KVA IN WOOD INDUSTRY PT. DANWOOD NUSANTARA SEMARANG**

This Report is Compiled to Fulfil One of the Requirements  
To Obtain a Bachelor's Degree in the Electrical Engineering Study Program

Faculty of Industrial Technology

Sultan Agung Islamic University

Semarang



Compiled By:

**MUHAMAD IQBAL FIRMANSYAH**

**NIM: 30601900029**

**DEPARTEMEN OF ELECTRICAL ENGINEERING**

**FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY**

**ISLAMIC UNIVERSITY OF SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA UNJUK KERJA KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA DENGAN DAYA TERPASANG 690 KVA PADA INDUSTRI KAYU PT. DANWOOD NUSANTARA SEMARANG” ini disusun oleh:

Nama : Muhamad Iqbal Firmansyah

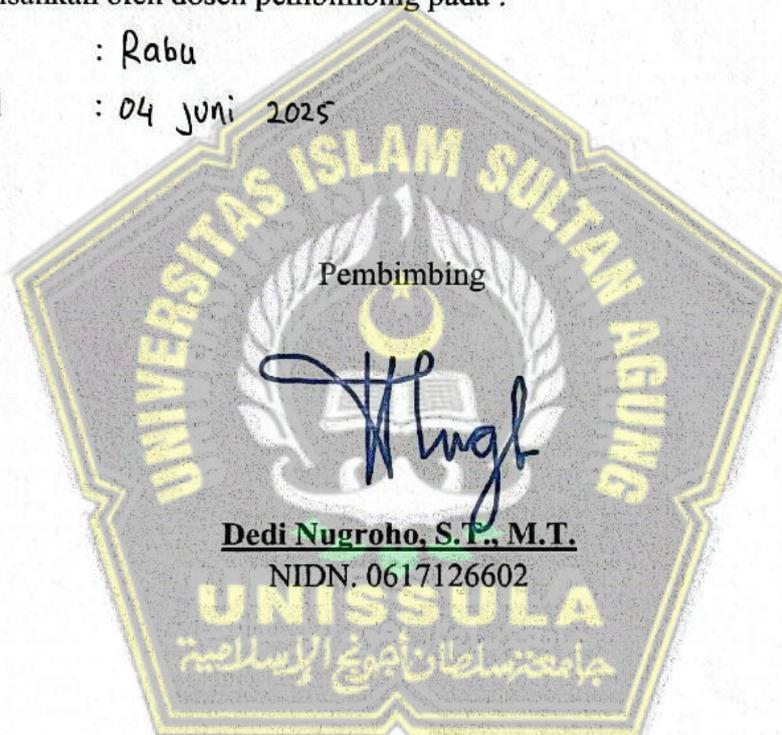
NIM : 30601900029

Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

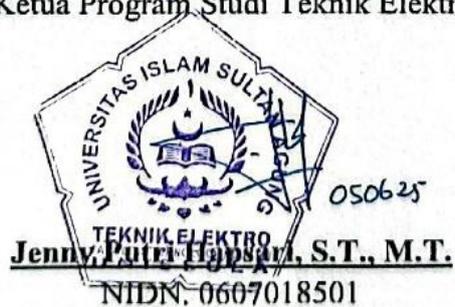
Hari : Rabu

Tanggal : 04 Juni 2025



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “ANALISA UNJUK KERJA KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA DENGAN DAYA TERPASANG 690 KVA PADA INDUSTRI KAYU PT. DANWOOD NUSANTARA SEMARANG” ini telah dipertahankan di depan Dosen Penguji Tugas Akhir pada:

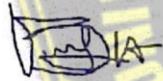
Hari : Rabu

Tanggal : 04 Juni 2025

### TIM PENGUJI

Anggota Tim Penguji I

Anggota Tim Penguji II



Ir. Budi Pramono Jati, M.M., M.T.

NIDN.0623126501



Dedi Nugroho, S.T., M.T.

NIDN.0617126602

UNISSULA

جامعة سلطان ابي سفيان الإسلامية

Ketua Tim Penguji



Ir. Ida Widiastuti, M.T.

NIDN.0005036501

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhamad Iqbal Firmansyah  
NIM : 30601900029  
Judul Tugas Akhir : **ANALISA UNJUK KERJA KAPASITOR  
BANK TERHADAP FAKTOR DAYA DENGAN  
DAYA TERPASANG 690 KVA PADA  
INDUSTRI KAYU PT. DANWOOD  
NUSANTARA SEMARANG**

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 4 Juni 2025

Yang Menyatakan



Muhamad Iqbal Firmansyah

NIM.30601900029

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhamad Iqbal Firmansyah

NIM : 30601900029

Program Studi : Teknik Elektro

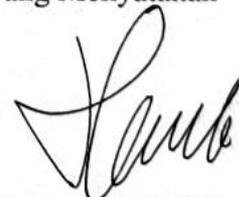
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul : **ANALISA UNJUK KERJA KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA DENGAN DAYA TERPASANG 690 KVA PADA INDUSTRI KAYU PT. DANWOOD NUSANTARA SEMARANG**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan agung.

Semarang, 4 Juni 2025

Yang Menyatakan



Muhamad Iqbal Firmansyah

NIM.30601900029

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Pada lembaran ini, saya ingin mengekspresikan rasa terima kasih yang mendalam kepada semua individu yang telah berkontribusi dalam perjalanan panjang saya menuju penyelesaian skripsi ini. Setiap langkah, setiap penelitian, dan setiap tantangan telah membentuk perjalanan akademik ini, dan tanpa dukungan dari berbagai pihak, pencapaian ini tidak akan menjadi kenyataan.

Pertama-tama, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada keluarga saya. Keluarga saya adalah tiang pendukung utama dalam hidup saya. Mereka selalu memberikan cinta, dukungan moral, dan motivasi yang tak terbatas. Terima kasih atas pengorbanan kalian, dan rasa bangga yang kalian berikan kepada saya selama bertahun-tahun.

Saya juga ingin menghaturkan terima kasih kepada pembimbing saya, Bapak **Dedi Nugroho ST., MT.** Beliau adalah mentorku yang luar biasa, selalu siap memberikan nasihat berharga, mendengarkan ide-ide saya, dan memberikan bimbingan yang sangat dibutuhkan. Tanpa bantuan dan panduan beliau, saya tidak akan sampai pada titik ini.

Teman-teman saya teknik elektro 2019 adalah sumber semangat dan inspirasi. Mereka selalu ada untuk mendukung saya, berbagi pengalaman, dan bersama-sama melewati mata kuliah yang penuh tantangan. Terima kasih atas persahabatan dan dukungan kalian.

Para **dosen** dan **staf akademik** di Fakultas Teknologi Industri juga layak mendapat penghargaan. Mereka telah memberikan pendidikan yang berharga dan menciptakan lingkungan belajar yang menginspirasi. Pengalaman belajar saya di sini akan selalu menjadi bagian yang tak terpisahkan dari perjalanan akademik saya.

Pencapaian ini adalah bukti kerja keras, ketekunan, dan dukungan yang luar biasa dari semua pihak. Terima kasih sekali lagi kepada semua yang telah berperan dalam pencapaian ini. Semua yang telah kalian berikan tidak akan pernah saya lupakan.

## HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan lain). Dan hanya kepada TUHAN mu lah engkau berharap”

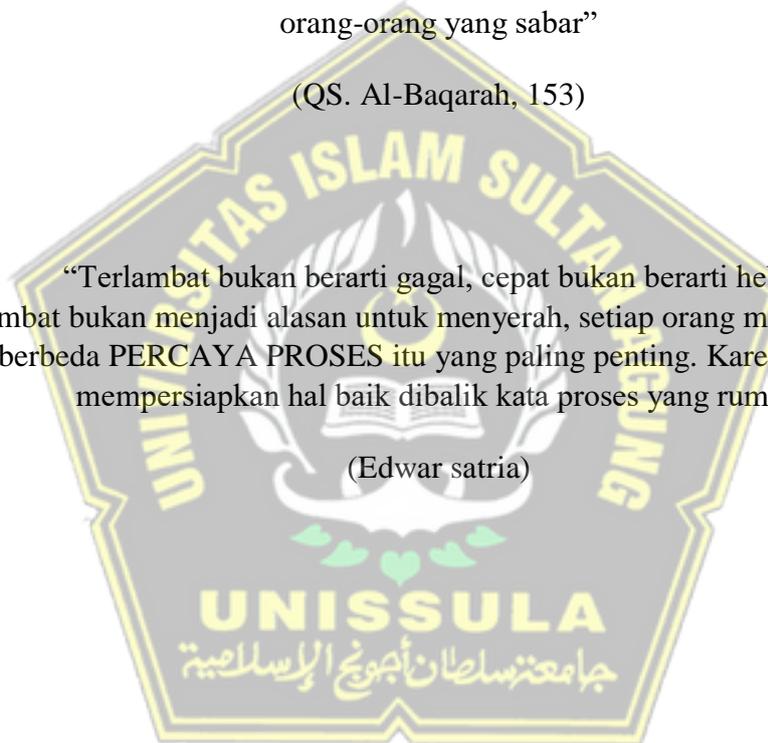
(QS. Al-Insyirah, 6-8)

“Minta pertolongan dengan sabar dan shalat, sesungguhnya Allah SWT bersama orang-orang yang sabar”

(QS. Al-Baqarah, 153)

“Terlambat bukan berarti gagal, cepat bukan berarti hebat. Terlambat bukan menjadi alasan untuk menyerah, setiap orang memiliki proses yang berbeda PERCAYA PROSES itu yang paling penting. Karena Allah telah mempersiapkan hal baik dibalik kata proses yang rumit”

(Edwar satria)



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Pengasih atas segala limpahan kasih, karunia, dan kehendak-Nya yang telah memungkinkan penyelesaian Tugas Akhir Skripsi yang berjudul " **ANALISA UNJUK KERJA KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA DENGAN DAYA TERPASANG 690 KVA PADA INDUSTRI KAYU PT. DANWOOD NUSANTARA SEMARANG**". Keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada yang terhormat:

1. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Jenny Putri Hapsari, S.T., MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dedi Nugroho, S.T, M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan Bapak Munaf Ismail, S.T, M.T. Selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung.
4. Seluruh dosen pengajar di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Ibu dan Ayah Tercinta dan seluruh keluarga tersayang yang telah senantiasa mendoakan dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya pembuatan tugas akhir maupun dalam penyusunan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Meskipun telah diupayakan dengan maksimal, penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih memiliki berbagai kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif untuk penyempurnaan karya ini. Penulis berharap karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Semarang, 15 Mei 2025

Muhamad Iqbal Firmansyah

## DAFTAR ISI

<b>LAPORAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>FINAL PROJECT REPORT .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>iv</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>5</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Landasan Teori .....	7
2.2.1 Konsep Dasar Tegangan Listrik.....	7

2.2.2 Konsep Dasar Arus Listrik .....	7
2.2.3 Konsep Dasar Daya Listrik .....	8
2.2.4 Faktor Daya .....	13
2.2.5 Perbaikan Faktor Daya (Power Factor Correction) .....	16
2.2.6 Jenis-jenis Beban Listrik .....	19
2.2.7 Kapasitor .....	21
2.2.8 Prinsip Kerja Kapasitor .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Tempat Penelitian .....	25
3.2 Alat Penelitian .....	25
3.3 Metode Penelitian .....	25
3.4 Model Penelitian .....	26
3.5 Data Penelitian .....	27
3.6 Single Line Diagram .....	28
3.7 Flowchart Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	26
4.1.1 Hasil Pengukuran .....	26
4.2 Perhitungan Perbaikan daya untuk Faktor Daya Cos Phi = 0,98.....	28
4.2.1 Perhitungan Nilai Daya Aktif (KW), Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR) dan Cos Phi Sebelum Perbaikan .....	28
4.2.2 Hasil Desain dan Perhitungan skenario 1 Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR), dan Cos Phi Setelah Perbaikan.....	33
4.2.3 Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan pada Skenario 1 .....	35

4.2.4 Hasil Desain dan Perhitungan Skenario 2 Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR), dan Cos Phi Setelah Perbaikan.....	42
4.2.5 Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan pada Skenario 2 .....	44
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Data penelitian .....	28
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran MDP dan SDP PT. Danwood Nusantara Semarang .....	27
Tabel 4. 3 Data pengukuran nilai faktor daya kurang dari 0,85.....	27
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi sebelum perbaikan.....	32
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi setelah perbaikan skenario 1 .....	36
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi setelah perbaikan skenario 2 .....	45



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Segitiga Daya .....	12
Gambar 2. 2 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Lagging.....	14
Gambar 2. 3 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Leading.....	15
Gambar 2. 4 Segitiga perbaikan factor daya .....	18
Gambar 2. 5 Gelombang Arus dan Tegangan pada Beban Induktif .....	20
Gambar 2. 6 Gelombang Arus dan Tegangan pada Beban Kapasitif .....	21
Gambar 2. 7 Simbol Kapasitor.....	21
Gambar 2. 8 struktur kapasitor.....	22
Gambar 3. 1 gambar desain permodelan dari skenario 1 .....	27
Gambar 3. 2 gambar desain permodelan dari skenario 2.....	27
Gambar 3. 3 Gambar Rangkaian Single Line Diagram Pada PT. Danwood Nusantara Semarang.....	29
Gambar 3. 4 Flowchart Diagram Alur .....	30
Gambar 4. 1 desain skenario 1 .....	33
Gambar 4. 2 diagram fasor perbaikan faktor daya pada BUS 1 .....	38
Gambar 4. 3 diagram fasor perbaikan faktor daya pada BUS 3.....	39
Gambar 4. 4 diagram fasor perbaikan faktor daya pada BUS 4.....	40
Gambar 4. 5 diagram fasor perbaikan faktor daya pada BUS 5.....	41
Gambar 4. 6 diagram fasor perbaikan faktor daya pada BUS 7 .....	42
Gambar 4. 7 desain skenario 2 .....	43
Gambar 4. 8 diagram fasor perbaikan faktor daya pada desain skenario 2.....	46

## ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi pada sistem kelistrikan di PT. Danwood Nusantara Semarang karena kecilnya nilai faktor daya pada panel SDP (*Sub Distribution Panel*) pada mesin-mesin listrik. Hal ini akan menimbulkan berbagai macam kendala yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan dikarenakan tidak efisiennya adanya penggunaan mesin-mesin listrik, seperti motor induksi yang berlebih disaat proses produksi. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dilakukan perbaikan faktor daya sesuai standar PLN sehingga tidak menimbulkan permasalahan-permasalahan yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan akibat membengkaknya biaya tagihan listrik dan komponen yang rusak karena penggunaan listrik yang tidak sesuai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbaikan faktor daya sesuai dengan standar batas minimum yang ditetapkan oleh PLN. Adapun parameter yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya antara lain tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, daya semu dan faktor daya hasil dari penelitian ini pada saat pengujian total perhitungan pada daya reaktif sebelum perbaikan sebesar 116,522 KVAR dengan hal ini maka untuk menganalisa dibuatlah 2 desain skenario dengan itu Pada perhitungan dari hasil desain skenario pertama nilai daya reaktifnya sebesar 21,113 KVAR dan pada hasil perhitungan dari desain skenario kedua nilai daya reaktifnya sebesar 17,651 KVAR. Dan dari hasil Total kebutuhan kapasitor bank pada saat faktor daya dinaikkan ada 2 desain skenario. Skenario pertama nilai kebutuhan kapasitor pada bus 1 sebesar 19,269 KVAR, pada bus 3 sebesar 2,002 KVAR, pada bus 4 sebesar 30,437 KVAR, pada bus 4 sebesar 2,235 KVAR, pada bus 7 sebesar 14,419 KVAR dikarenakan pada desain skenario pertama masing-masing dari kapasitor bank di pasang di masing-masing beban SDP (*Sub Panel Distribution*) selanjutnya untuk desain skenario kedua nilai kebutuhan kapasitor bank sebesar 98,871 KVAR hal ini dikarenakan pada desain skenario kedua kapasitor bank di pasang di sisi MDP (*Main Distribution Panel*).

**Kata kunci: Faktor Daya, Daya Reaktif, Kapasitor Bank**

## ABSTRACT

*The problem that occurs in the electrical system at PT. Danwood Nusantara Semarang is due to the small value of the data factor on the SDP (Sub Distribution Panel) panel on electrical machines. This will cause various obstacles that can cause losses to the company due to the inefficient use of electrical machines, such as excessive induction motors during the production process. The solution to this problem is to improve the power factor according to PLN standards so that it does not cause problems that can cause losses to the company due to the swelling of electricity bills and damaged components due to inappropriate electricity use. This study aims to determine the improvement of the power factor according to the minimum limit standards set by PLN. The parameters needed for power factor improvement include voltage, current, active power, reactive power, apparent power and power factor results from this study at the time of testing the total calculation of reactive power before improvement of 116.522 KVAR with this then to analyze 2 scenario designs were made with that In the calculation of the results of the first scenario design the reactive power value is 21.113 KVAR and in the calculation results of the second scenario design the reactive power value is 17.651 KVAR. And from the results of the Total capacitor bank requirements when the power factor is increased there are 2 scenario designs. The first scenario, the capacitor requirement value on bus 1 is 19,269 KVAR, on bus 3 is 2,002 KVAR, on bus 4 is 30,437 KVAR, on bus 4 is 2,235 KVAR, on bus 7 is 14,419 KVAR because in the first scenario design, each of the capacitor banks is installed on each SDP (Sub Panel Distribution) load. Furthermore, for the second scenario design, the capacitor bank requirement value is 98,871 KVAR. This is because in the second scenario design, the capacitor bank is installed on the MDP (Main Distribution Panel) side.*

**Keywords: Power Factor, Reactive Power, Capacitor Bank**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Peningkatan konsumsi energi listrik dari waktu ke waktu menyebabkan jenis beban dalam sistem kelistrikan menjadi semakin beragam. Keberagaman beban ini menimbulkan tantangan tersendiri, salah satunya adalah penurunan faktor daya. Faktor daya yang rendah umumnya terjadi akibat perbedaan karakteristik antara beban satu dengan yang lain, sehingga diperlukan perangkat tambahan untuk menjaga kinerja sistem tetap optimal. Beban induktif, seperti motor listrik dan transformator, menjadi salah satu penyebab utama turunnya efisiensi sistem, baik pada instalasi kelistrikan yang berdiri sendiri seperti pada industri-industri yang memiliki pembangkit mandiri maupun pada jaringan interkoneksi antarpusat pembangkit listrik. Situasi ini menjadi semakin kompleks seiring dengan terus bertambahnya permintaan daya dari konsumen, sehingga pengelolaan faktor daya menjadi aspek penting dalam menjaga stabilitas, efisiensi, dan keandalan sistem distribusi dan pembangkitan tenaga listrik.

Faktor daya merupakan parameter penting yang mencerminkan seberapa baik kualitas energi listrik dalam suatu sistem. Besarnya nilai faktor daya sangat dipengaruhi oleh karakteristik beban yang digunakan, yang umumnya terdiri dari unsur resistif, induktif, dan kapasitif. Rentang nilai faktor daya berada antara 0 hingga 1, di mana semakin mendekati angka 1 menunjukkan bahwa daya aktif yang digunakan lebih besar, sehingga performa sistem kelistrikan semakin efisien dan optimal. Sebaliknya, jika nilai pada faktor daya mendekati 0, maka dominasi daya reaktif semakin tinggi, menyebabkan sebagian besar energi tidak dapat dimanfaatkan secara efektif meskipun daya tampak tetap sama. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi pemanfaatan energi, tetapi juga berdampak pada penurunan kualitas daya listrik secara keseluruhan. Di samping itu, meningkatnya arus akibat beban reaktif memperbesar konsumsi energi dan mengakibatkan biaya operasional yang lebih tinggi. Oleh karena itu, menjaga faktor daya tetap tinggi menjadi kunci dalam pengelolaan sistem kelistrikan yang andal dan hemat energi.

Berdasarkan ketentuan dalam SPLN 70-1, PLN menetapkan bahwa nilai minimum faktor daya yang diperbolehkan adalah lebih dari 0,85. Apabila faktor daya suatu instalasi berada di bawah nilai tersebut, maka selain pemakaian energi aktif dalam satuan kilowatt-hour (kWh), PLN juga akan membebankan biaya tambahan atas kelebihan konsumsi energi reaktif yang diukur dalam satuan kilo Volt Ampere Reactive Hour (kVARh). Oleh karena itu, perbaikan terhadap faktor daya menjadi sangat penting agar nilainya tetap tinggi dan sesuai dengan standar yang ditetapkan[1].

Kondisi sistem kelistrikan di PT. Danwood Nusantara yang berlokasi di Jl. Padi Raya No.1A Gebangsari Kecamatan Genuk Kota Semarang memiliki 2 buah panel Transformator utama yang masing-masing panel tersebut daya terpasang 690 KVA dan 630 KVA yang terhubung dengan beban-beban induktif berupa mesin-mesin listrik, seperti motor, mesin-mesin kayu dll.

Permasalahan terjadi karena kecilnya nilai faktor daya pada panel SDP (Sub Distribution Panel) pada BUS 1 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,119), (0,081), (0,098), pada BUS 3 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,123), (0,165), (0,183), pada BUS 4 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,151), (0,144), (0,151), pada BUS 5 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,335), (0,344), (0,300), pada BUS 7 Fasa R,S,T nilai faktornya dayanya (0,739), (0,688), (0,798) hal ini akan menimbulkan berbagai macam suatu kendala yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan dikarenakan tidak efisiennya adanya penggunaan mesin-mesin listrik, seperti motor induksi yang berlebih disaat proses produksi. Faktor yang di duga menjadi penyebab utama menurunnya faktor daya adalah usia alat dan komponen-komponennya yang sudah cukup lama dan belum pernah dilakukannya perbaikan terhadap faktor daya. Melihat permasalahan diatas maka sangat perlunya dilakukan analisa perbaikan faktor daya untuk mengetahui penyebab menurunnya power factor dan untuk mencari solusi yang tepat dalam menyelesaikan permasalahan diatas.

Perbaikan ini diharapkan dapat memperbaiki power factor yang mengalami penurunan sehingga dapat tercapainya efisiensi penggunaan energi listrik pada PT.

Danwood Nusantara Semarang sehingga tidak menimbulkan permasalahan-permasalahan yang dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan akibat membengkaknya biaya tagihan listrik dan komponen yang rusak karena penggunaan listrik yang tidak sesuai.

Berdasarkan latar belakang uraian tersebut penelitian tugas akhir ini mengambil judul “Analisa Unjuk Kerja Kapasitor Bank Kvar Terhadap Faktor Daya Dengan Daya Terpasang 690 Kva Pada Industri Kayu Pt. Danwood Nusantara Semarang”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas maka di dapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana meningkatkan nilai faktor daya pada SDP yang mengalami penurunan?
2. Berapa nilai total dari daya reaktif setelah perbaikan dari desain skenario 1 pada SDP dan desain skenario 2 pada MDP?
3. Berapa nilai total kebutuhan kapasitor bank pada saat faktor daya dinaikkan sesuai target pada desain skenario 1 dan desain skenario 2?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan ini tidak terlalu meluas dan melebar, penulisan tugas akhir ini ini di batasi dengan beberapa permasalahan yaitu:

1. Pada penelitian ini membahas penyebab terjadinya naik turunnya daya reaktif (*Cos Phi*)
2. Penelitian ini fokus membahas perbaikan faktor daya pada SDP di PT. Danwood Nusantara Semarang.
3. Menghitung kebutuhan kapasitor untuk memperbaiki nilai faktor daya.
4. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada semua SDP dan MDP

## 1.4 Tujuan Penelitian

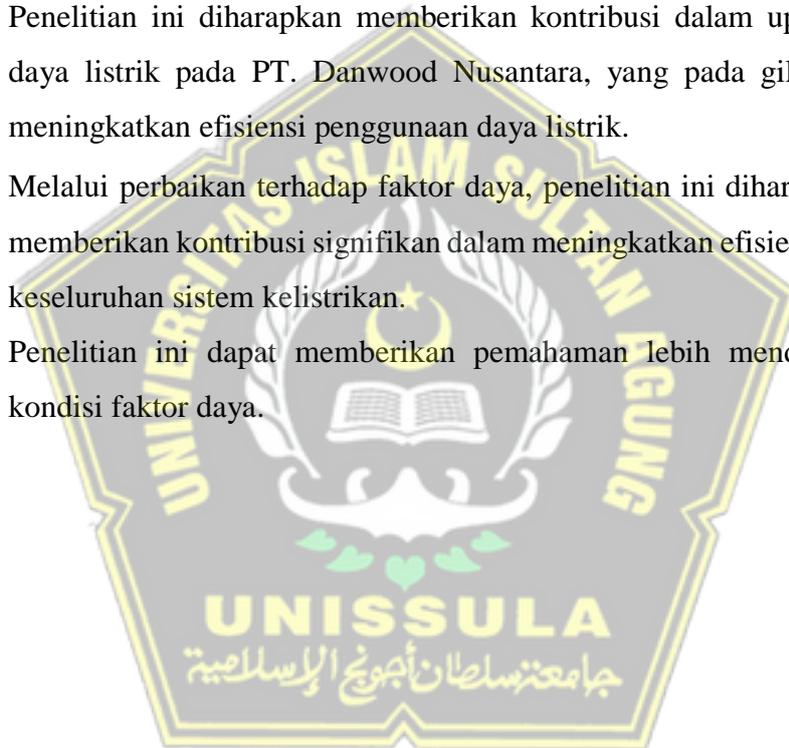
Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui faktor daya sesuai standar batas minimum yang ditetapkan PLN
2. Untuk mengetahui hasil dari kondisi naik turunnya faktor daya.
3. Untuk mengetahui kinerja pada kapasitor bank dalam meningkatkan faktor daya di PT. Danwood Semarang

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan nantinya akan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam upaya Optimasi daya listrik pada PT. Danwood Nusantara, yang pada gilirannya dapat meningkatkan efisiensi penggunaan daya listrik.
2. Melalui perbaikan terhadap faktor daya, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan kinerja keseluruhan sistem kelistrikan.
3. Penelitian ini dapat memberikan pemahaman lebih mendalam tentang kondisi faktor daya.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka dibuat sebagai referensi dan pembandingan dengan penelitian yang dilakukan, beberapa penelitian yang dilakukan oleh orang lain yang memiliki topik yang sama yaitu sebagai berikut:

1. Analisis Perbaikan Power Factor Untuk Mencapai Efisiensi Energi Listrik Di Pt. Texmaco Perkasa Engineering Tbk [2]. pada saat proses peleburan terjadi faktor daya yang buruk sehingga berdampak pada peningkatan tagihan listrik yang harus dibayar oleh perusahaan. Nilai faktor daya terbaik yang dapat dicapai hanya sebesar 0,7 dan nilai terburuk sebesar 0,5 dengan beban peleburan penuh. Melihat angka faktor daya yang buruk tersebut, maka perlu dilakukan perbaikan dengan menghitung daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya nyata (S) transformator dengan menggunakan rumus segitiga daya untuk mencari nilai kapasitor yang perlu ditambahkan. untuk memperbaiki faktor daya sehingga mendapat nilai lebih dari 0,85 atau (Faktor Daya = 1) guna menciptakan efisiensi energi listrik pada saat proses peleburan logam. Faktor utama penyebab turunnya faktor daya ini disebabkan oleh umur komponen kapasitor yang sudah tua sehingga tidak mampu menyuplai daya reaktif seperti biasanya sehingga perlu dilakukan perhitungan penambahan kapasitor.
2. Analisa Optimasi Faktor Daya Terhadap Penggunaan Kapasitor Bank Pada PT. Barindo Anggun Industri[3]. Penelitian ini bertujuan agar sistem menjadi lebih aman dan baik, serta untuk menghindari rugi-rugi daya dan denda kVAR dari PLN akibat penurunan faktor daya yang disebabkan oleh penambahan mesin-mesin produksi. Melalui penelitian ini, diperoleh nilai faktor daya sebesar 0,99 dengan metode pemasangan kapasitor bank menggunakan sistem Group Compensation. Adapun kebutuhan kapasitor bank pada setiap panel distribusi adalah Panel SDP 1 sebesar 60,378 kVAR, Panel SDP 2 sebesar 101,548 kVAR, dan Panel SDP 3 sebesar 99,912 kVAR.

3. Analisis Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Perubahan Nilai Faktor Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Unit Power Plant Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu[4]. Tujuan utama penulis dalam penelitian ini adalah untuk meningkatkan nilai faktor daya dan mengurangi jatuh tegangan melalui pengimplementasian kapasitor bank. Salah satu cara yang banyak digunakan oleh industri untuk mengurangi kebutuhan daya reaktif adalah dengan memasang kapasitor bank, karena meningkatnya daya reaktif dapat menurunkan faktor daya dan menyebabkan jatuh tegangan yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah metode eksperimen dengan memanfaatkan software ETAP. Data yang diperoleh dari PPSDM MIGAS CEPU kemudian diolah dan digunakan dalam simulasi menggunakan software ETAP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kapasitor bank sebesar 28 kVAR dapat meningkatkan nilai faktor daya menjadi 0,96 serta menurunkan jatuh tegangan menjadi 1,88%.
4. Analisis Pengaruh Perubahan Faktor Daya Dari Lagging Menjadi Leading Di Favehotel Tasikmalaya[5]. Penelitian ini menunjukkan bahwa beban listrik yang terpasang sebagian besar merupakan beban induktif. Kondisi ini menyebabkan faktor daya rendah, yang berdampak pada meningkatnya arus listrik. Selain faktor daya, besarnya penggunaan daya aktif juga turut memengaruhi nilai arus. Kapasitas kapasitor bank yang terpasang saat ini terlalu besar, yakni 300 kVAr, sedangkan hasil perhitungan hanya memerlukan 55 kVAr. Akibatnya, faktor daya berubah menjadi leading, karena kontrol panel kapasitor bank tidak berfungsi dengan optimal. Untuk itu, perlu dilakukan penyetelan ulang Power Factor Controller pada panel kapasitor bank, serta pemeliharaan yang rutin dan teratur guna menjaga kondisi panel tetap optimal. Dampak dari faktor daya leading ini serupa dengan faktor daya lagging, karena keduanya dapat menyebabkan efisiensi sistem menjadi menurun saat nilainya tidak ideal.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Konsep Dasar Tegangan Listrik

Tegangan listrik dapat didefinisikan sebagai jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan muatan dari satu posisi ke posisi lain dalam medan listrik. Dalam suatu rangkaian listrik, diperlukan sejumlah energi agar muatan listrik dapat mengalir dari satu titik ke titik lainnya, sesuai dengan perbedaan potensial yang ada. Dengan kata lain, tegangan merepresentasikan jumlah energi per satuan muatan yang dibutuhkan untuk melakukan perpindahan muatan tersebut. Dalam Sistem Satuan Internasional (SI), besaran yang digunakan untuk menyatakan potensial listrik dilambangkan dengan  $V$  memiliki satuan volt. Potensial listrik ini merepresentasikan energi potensial yang dimiliki oleh suatu medan listrik, yang menjadi penyebab terjadinya aliran arus listrik melalui suatu konduktor. Tegangan ini berperan penting dalam sistem kelistrikan karena menentukan seberapa besar energi yang dapat dialirkan. Tegangan listrik diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama berupa tegangan rendah, tegangan menengah, tegangan tinggi, dan tegangan ekstra tinggi. Pembagian ini penting dalam perencanaan dan pengelolaan sistem distribusi tenaga listrik agar sesuai pada kebutuhan dan karakteristik pengguna[6]. Secara matematis berdasarkan pada hukum Ohm dapat dituliskan:

$$V = I \times R \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

$I$  = Arus (Ampere)

$V$  = Tegangan (Volt)

$R$  = Tahanan (Ohm)

### 2.2.2 Konsep Dasar Arus Listrik

Arus listrik didefinisikan sebagai aliran muatan positif yang arah geraknya berlawanan dengan arah pergerakan elektron. Satuan pengukuran arus listrik adalah coulomb per detik atau Ampere. Secara umum, arus listrik terbagi menjadi dua jenis, yaitu arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) dan arus searah (*Direct Current/DC*). Arus bolak-balik merupakan jenis arus yang nilainya berubah-ubah

terhadap waktu dan umumnya dihasilkan oleh pusat-pusat pembangkit listrik. Sebaliknya, arus searah adalah arus yang memiliki nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu[7]. Secara matematis arus didefinisikan:

$$I = \frac{dq}{dt} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

I = Arus (Ampere)

q = muatan listrik

t = waktu

Arus listrik yang mengalir tersebut dari sumber arus listrik tersebut dapat kita bedakan menjadi 2 macam yaitu:

1. Arus bolak-balik (AC) (*Alternating Current*) merupakan jenis arus listrik yang arah alirannya berubah-ubah secara periodik, di mana polaritas pada masing-masing terminal bergantian secara terus-menerus. Jenis arus ini umumnya digunakan dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari, terutama untuk mengoperasikan peralatan elektronik yang terdapat di dalam rumah. Arus AC dihasilkan oleh suatu alat yang disebut generator, yang merupakan komponen utama dalam sistem pembangkit tenaga listrik.
2. Arus searah (DC) (*Direct Current*) adalah jenis arus listrik yang mengalir dalam satu arah tetap dan konstan, di mana polaritas pada setiap terminal tidak mengalami perubahan. Arus ini biasanya dihasilkan oleh sumber seperti aki (akumulator). Selain itu, arus searah juga dapat diperoleh dengan mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah menggunakan catu daya (power supply) yang dilengkapi dengan komponen dioda. Dioda berfungsi sebagai penyearah, yaitu mengubah arus AC menjadi DC agar dapat digunakan sesuai kebutuhan.

### 2.2.3 Konsep Dasar Daya Listrik

Konsep dari daya listrik bisa diartikan sebagai kecepatan atau laju perpindahan energi listrik dalam suatu rangkaian. Secara umum, daya listrik menggambarkan seberapa besar energi listrik yang dapat digunakan atau diserap

oleh sebuah sistem kelistrikan. Satuan daya listrik dinyatakan dalam watt, yang merepresentasikan jumlah energi listrik yang mengalir dalam satu satuan waktu, yaitu joule per detik. Pada rangkaian arus searah (DC), besar daya yang diserap oleh suatu beban listrik ditentukan oleh nilai tahanan beban serta besarnya arus yang mengalir melaluinya. Dalam sistem DC, daya dalam satuan watt dapat dihitung dengan mengalikan arus ( $I$ ) dan tegangan ( $V$ ), atau secara matematis dinyatakan sebagai  $P = V \times I$ . Namun, pada rangkaian arus bolak-balik (AC), persamaan tersebut hanya berlaku secara tepat dalam kondisi tertentu, yakni ketika arus dan tegangan sefasa, seperti pada beban resistif, atau untuk nilai sesaat saja. Namun, dalam praktiknya, beban listrik pada suatu rangkaian tidak hanya berupa tahanan murni (resistansi), melainkan merupakan gabungan dari beberapa jenis impedansi. Contohnya, beban bisa merupakan kombinasi antara resistansi dan reaktansi induktif, resistansi dengan reaktansi kapasitif, atau bahkan gabungan ketiganya sekaligus. Karena adanya kombinasi tersebut, maka pada rangkaian arus bolak-balik (AC) umumnya terjadi pergeseran fasa antara arus dan tegangan, yang menjadi karakteristik khas dari sistem dengan komponen induktif atau kapasitif. [8]. Hal ini akan berpengaruh pada perhitungan daya, dimana pada perkalian antara arus dan tegangan belum menghasilkan daya nyata dalam satuan watt, tetapi merupakan daya semu. Dalam pengertian daya merupakan hasil kali antara tegangan dengan arus yang dipengaruhi oleh faktor daya ( $\cos\phi$ ).

Adapun daya listrik terbagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Daya aktif
2. Daya reaktif
3. Daya semu

Untuk lebih jelas mengenai macam-macam daya tersebut dapat dilihat pada penjelasan berikut ini:

a. Daya Aktif ( $P$ )

Daya aktif merupakan jenis daya listrik yang benar-benar dimanfaatkan untuk mengoperasikan peralatan listrik seperti mesin-mesin dan perangkat lainnya. Daya ini juga dikenal sebagai daya nyata, yaitu energi yang secara langsung dikonsumsi oleh beban dan digunakan

oleh pengguna. Satuan yang digunakan untuk mengukur daya aktif adalah Watt, serta kelipatannya seperti kilowatt (kW) dan megawatt (MW). Daya aktif 1 fasa dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (2.3)$$

Daya aktif 3 fasa dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

P = daya aktif (watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (A)

Cos  $\varphi$  = faktor daya

b. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah perbedaan antara daya semu yang mengalir melalui penghantar dengan daya aktif yang benar-benar digunakan pada penghantar tersebut, di mana daya aktif ini digunakan untuk menghasilkan energi mekanik dan panas. Daya reaktif muncul dikarenakan adanya pengaruh induksi elektromagnetik dari beban yang memiliki karakter kapasitif, di mana arus mendahului tegangan (*leading*), atau beban induktif, di mana arus tertinggal terhadap tegangan (*lagging*). Besarnya daya reaktif dihitung sebagai hasil kali antara besar arus dan tegangan yang dikalikan dengan faktor kerja (sin  $\varphi$ ), yang berfungsi dalam pembentukan medan magnet. Secara umum, daya reaktif dapat dianggap sebagai daya yang tidak bermanfaat atau daya yang hilang, sehingga semakin besar sudut fase atau semakin rendah faktor daya, maka kerugian energi juga akan semakin meningkat. Satuan dari daya reaktif biasanya dinyatakan dalam VAR, kVAR, atau MVAR. Secara matematis, daya reaktif 1 fasa dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots (2.5)$$

Daya reaktif 3 fasa dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

$Q$  = daya reaktif (VAR)

$V$  = tegangan (Volt)

$I$  = arus (A)

$\sin \varphi$  = faktor reaktif

c. Daya Semu (S)

Daya semu merupakan besaran dalam sistem kelistrikan yang mengalir melalui penghantar pada jaringan transmisi maupun distribusi, dan diperoleh dari hasil perkalian antara arus dan tegangan yang melintasi penghantar tersebut. Secara vektorial, daya semu terbentuk dari perpaduan dua komponen utama, yaitu daya aktif dan daya reaktif. Besaran ini tidak hanya dihasilkan oleh generator dalam sistem pembangkit, tetapi juga dapat diukur secara langsung melalui perangkat ukur kelistrikan. Satuan internasional yang digunakan untuk menyatakan daya semu meliputi Volt-Ampere (VA), kilo Volt-Ampere (kVA), serta mega Volt-Ampere (MVA)[9]. Daya semu 1 fasa dinyatakan dengan persamaan:

$$S = V \times I \dots\dots\dots (2.7)$$

Daya semu 3 fasa dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$S$  = daya semu (VA)

$V$  = tegangan (Volt)

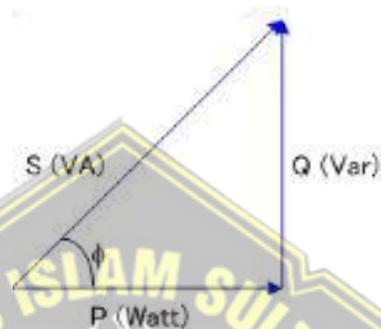
$I$  = arus (A)

Dari penjelasan ketiga macam daya di atas, merupakan hubungan antara daya yang dikenal dengan istilah segitiga daya.

d. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan representasi grafis berbasis konsep vektor yang menunjukkan hubungan dari daya aktif, daya reaktif, dan daya semu. Dalam representasi ini, daya aktif digambarkan sebagai vektor

yang berada pada sumbu horizontal, sedangkan daya reaktif direpresentasikan sebagai vektor pada sumbu vertikal. Adapun daya semu ditunjukkan sebagaimana sisi miring atau hipotenusa dari segitiga siku-siku yang terbentuk oleh kombinasi vektor daya aktif dan daya reaktif tersebut. Bentuk dari segitiga daya dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 2. 1 Segitiga Daya**

Faktor daya, yang dilambangkan dengan  $\cos \varphi$ , merupakan rasio antara daya aktif terhadap daya semu dalam suatu sistem kelistrikan. Sudut  $\varphi$  sendiri menggambarkan sudut pergeseran fasa antara daya aktif dan daya semu. Semakin besar nilai sudut  $\varphi$ , maka semakin tinggi pula komponen daya reaktif yang terlibat dalam sistem. Pergeseran fasa ini umumnya disebabkan oleh keberadaan beban induktif seperti kumparan, atau beban kapasitif, yang memengaruhi keseimbangan antara arus dan tegangan. Dengan demikian, faktor daya merupakan indikator penting dalam mengevaluasi efisiensi penyaluran energi listrik dalam suatu rangkaian[10]. Dalam suatu teori kelistrikan arus bolak-balik, penjumlahan daya dilakukan secara vektorial, di mana hubungan antar komponennya dapat digambarkan dalam bentuk segitiga siku-siku yang bisa dikenal sebagai segitiga daya. Vektor-vektor yang membentuk segitiga ini merepresentasikan daya aktif, daya reaktif, dan daya semu, yang saling berhubungan secara geometris dalam sistem kelistrikan.

### 2.2.4 Faktor Daya

Faktor daya (*power factor*) dalam suatu sistem kelistrikan menunjukkan rasio antara daya aktif (kW) dengan daya nyata (kVA). Nilai ini mencerminkan efisiensi penggunaan energi listrik dalam sistem tersebut. Semakin besar nilai kVA, maka arus listrik yang harus dialirkan dalam jaringan juga akan meningkat. Jika sistem mengandung beban induktif yang signifikan, maka akan timbul arus reaktif induktif yang cukup besar. Arus reaktif ini tidak memberikan kontribusi langsung terhadap kerja nyata, namun tetap mengalir dalam sistem dan menambah besar total arus yang harus disalurkan. Akibatnya, terjadi penurunan tegangan (*voltage drop*) di sepanjang penghantar serta meningkatnya kerugian daya akibat pemanasan (*losses*) dalam jaringan listrik. Oleh karena itu, pengelolaan faktor daya menjadi sangat penting untuk menjamin efisiensi sistem, kestabilan tegangan, serta mengurangi rugi-rugi energi dalam proses distribusi daya listrik. Faktor daya, yang dilambangkan dengan ' $\cos \phi$ ', memiliki rentang nilai antara 0 (nol) hingga 1 (satu). Semakin mendekati angka 1, maka kualitas faktor daya dianggap semakin baik. Sebaliknya, apabila nilainya mendekati 0, maka faktor daya dikategorikan buruk. Nilai pada faktor daya dapat dihitung dengan membagi daya aktif (P) terhadap daya semu (S). Faktor daya akan meningkat apabila nilainya semakin dekat ke angka 1, atau dengan kata lain, sudut  $\phi$  akan mendekati 0 derajat. Nilai faktor daya yang ditetapkan PLN sebagai standar terendah suatu instalasi listrik yaitu  $>0,85$ . Faktor daya yang sangat ideal apabila ketika nilai dari faktor dayanya mendekati satu [11]. besar nilai faktor daya dapat ditentukan dengan persamaan.

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana;

$\cos \phi$  = faktor daya

P = daya aktif (Watt)

S = daya semu (Va)

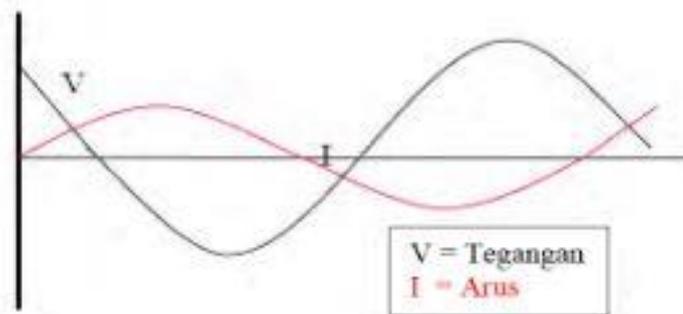
Faktor daya yang rendah menimbulkan berbagai dampak negatif dalam sistem kelistrikan, terutama jika sumber daya dari PLN memiliki kualitas faktor daya yang buruk. Salah satu konsekuensinya adalah kinerja jaringan transmisi

menjadi tidak efisien, karena meningkatnya arus yang harus dialirkan menyebabkan kerugian daya yang cukup besar sepanjang jaringan, baik dalam bentuk panas maupun penurunan tegangan. Selain itu, kondisi ini memberikan beban berlebih pada peralatan seperti generator dan transformator, di mana arus yang tinggi tidak sebanding dengan daya aktif yang sebenarnya dibutuhkan, sehingga alat-alat tersebut bekerja mendekati batas kapasitasnya dan memperpendek usia operasionalnya. Di sisi lain, bagi pengguna akhir atau konsumen, faktor daya yang rendah juga berdampak pada pemborosan energi. Hanya sebagian dari total energy yakni daya aktif yang benar-benar digunakan untuk menjalankan peralatan, sementara sisanya terbuang sebagai daya reaktif. Akibatnya, biaya produksi meningkat karena energi yang dibayar tidak sepenuhnya dimanfaatkan secara efektif untuk kerja produktif

Faktor daya dibagi menjadi dua, berikut adalah penjelasan mengenai kedua faktor daya tersebut:

a. Faktor Daya Tertinggal (lagging)

Faktor daya lagging mencerminkan kondisi di mana beban memiliki karakteristik induktif dan memerlukan pasokan daya reaktif dari sistem jaringan listrik. Pada situasi ini, meskipun terjadi pergeseran fasa, nilai  $\cos \phi$  tetap bernilai positif. Dalam bentuk representasi gelombang sinusoidal, arus (I) berada di belakang tegangan (V), atau dengan kata lain, tegangan mendahului arus dengan selisih sudut fasa sebesar  $\phi$ . Ilustrasi dari gelombang sinus pada kondisi faktor daya lagging ditunjukkan sebagai berikut.



**Gambar 2. 2 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Lagging**

b. Faktor Daya Mendahului (leading)

Faktor daya leading menggambarkan kondisi ketika beban bersifat kapasitif dan mampu mengembalikan daya reaktif ke sistem jaringan listrik. Dalam keadaan ini, arus listrik ( $I$ ) mendahului tegangan ( $V$ ), yang berarti tegangan berada di belakang arus dengan selisih sudut fasa sebesar  $\phi$ . Nilai  $\cos \phi$  pada kondisi ini akan bernilai negatif, karena menunjukkan arah aliran daya reaktif yang berlawanan dibandingkan dengan beban induktif. Ilustrasi gelombang sinus pada kondisi faktor daya leading ditampilkan sebagai berikut.



**Gambar 2. 3 Gelombang Sinus pada Faktor Daya Leading**

Penurunan nilai faktor daya hingga di bawah 0,85 dapat mengakibatkan berkurangnya kapasitas pemanfaatan daya aktif (kW) yang tersedia dalam sistem. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi penggunaan energi, tetapi juga dapat menimbulkan berbagai permasalahan teknis dalam jaringan tenaga listrik. Beberapa konsekuensi dari rendahnya faktor daya tersebut di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. Peningkatan konsumsi daya aktif (kWh) dapat terjadi akibat bertambahnya rugi-rugi energi dalam sistem, yang berujung pada penurunan efisiensi operasional.
- b. Jumlah daya reaktif (kVAR) yang diserap sistem akan meningkat, seiring dengan memburuknya faktor daya.

- c. Penurunan mutu kelistrikan juga menjadi dampak lanjutan, terutama karena terjadinya kejatuhan tegangan (voltage drops) di sepanjang penghantar.

### 2.2.5 Perbaikan Faktor Daya (Power Factor Correction)

Upaya perbaikan faktor daya dapat dilakukan melalui pengelolaan terhadap komponen-komponen reaktif dan induktif yang terdapat pada jaringan listrik. Salah satu langkah yang bisa diambil adalah dengan mengurangi dominasi beban induktif dan reaktif, atau menyesuaikan jumlah komponen kapasitif yang memiliki karakteristik faktor daya leading (mendahului). Dengan demikian, keseimbangan terhadap komponen lagging (tertinggal) yang dihasilkan oleh beban induktif-reaktif dapat tercapai, sehingga efisiensi sistem kelistrikan meningkat. Untuk memperoleh faktor daya yang baik, sistem kelistrikan perlu diatur sedemikian rupa agar mendekati nilai faktor daya 1. Oleh karena itu, diperlukan langkah perbaikan terhadap faktor daya yang rendah, dengan ketentuan bahwa daya aktif (P) dan daya semu (S) tetap dijaga konstan. Umumnya, perbaikan faktor daya dilakukan melalui pemasangan kompensasi kapasitif berupa kapasitor pada sistem jaringan. Dalam proses perhitungan perbaikan faktor daya, metode Segitiga Daya dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan kapasitor[12]. Metode segitiga daya merupakan teknik perhitungan yang digunakan untuk menunjukkan bagaimana daya reaktif memengaruhi faktor daya. Dalam jaringan arus bolak-balik (AC). hubungan segitiga daya ditentukan dengan persamaan berikut:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

S = Daya semu dalam satuan Volt Ampere (VA)

P = Daya aktif dalam satuan Watt (W)

Q = Daya reaktif dalam satuan Volt Ampere Reaktif (VAR)

Faktor daya merupakan indikator efisiensi dalam penyaluran daya yang dapat dimanfaatkan oleh suatu sistem jaringan listrik. Nilai faktor daya yang mendekati

angka 1 menunjukkan bahwa sistem bekerja secara efisien, sedangkan nilai yang semakin mendekati 0 menandakan bahwa proporsi daya yang benar-benar dimanfaatkan dari total daya nyata menjadi semakin kecil. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai faktor daya, maka semakin optimal pemanfaatan energi dalam sistem kelistrikan. Dalam upaya perbaikan faktor daya, daya semu memiliki peran sebagai indikator efisiensi sistem kelistrikan. Peningkatan nilai faktor daya ( $\cos \phi$ ) akan berdampak pada penurunan kebutuhan daya semu, yang secara langsung mengurangi beban total sistem, menurunkan arus yang mengalir, serta meningkatkan kinerja instalasi listrik. Oleh karena itu, perhitungan daya semu sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan menjadi hal yang krusial untuk menentukan kapasitas kapasitor bank yang dibutuhkan dalam proses kompensasi daya reaktif. Untuk mendapatkan nilai daya semu setelah perbaikan dapat ditulis dengan persamaan:

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

Keterangan:

S = Daya semu (kVA)

P = Daya aktif (kW)

Penentuan nilai kapasitansi pada kapasitor bank diawali dengan melakukan perhitungan terhadap daya reaktif kompensator ( $Q_c$ ). Secara prinsip, untuk meningkatkan nilai faktor daya (power factor) mendekati angka 1, kapasitor daya arus bolak-balik (AC) atau kapasitor bank harus memiliki besar daya reaktif kompensator ( $Q_c$ ) yang sebanding dengan daya reaktif ( $Q$ ) pada sistem ini yang akan dilakukan perbaikan faktor dayanya.[13]. Dalam menghitung suatu daya reaktif kompensator yang dibutuhkan untuk perubahan daya reaktif yang diinginkan, digunakan dengan persamaan:

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

$Q_c$  = Kapasitas kapasitor bank

$Q_1$  = Daya reaktif dengan faktor daya mula-mula

$Q_2$  = Daya reaktif dengan daya tujuan

Kemudian untuk mengetahui besarnya kapasitansi nilai dari kapasitor dapat menggunakan persamaan:

$$C = \frac{Q_c}{2\pi \times f \times V^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

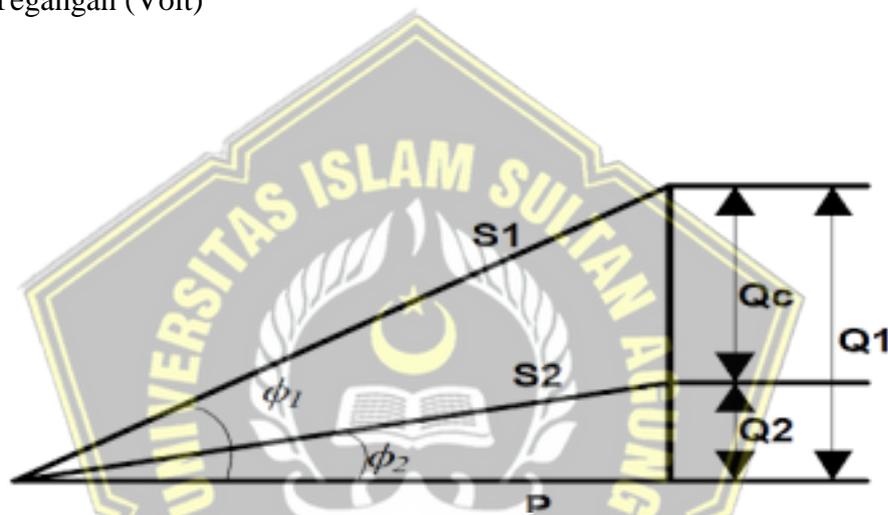
Dimana:

$Q_c$  = Daya reaktif yang dikompensasi (kVAR)

$C$  = Kapasitansi Kapasitor ( $\mu\text{F}$ )

$f$  = Frekuensi (Hz)

$V$  = Tegangan (Volt)



**Gambar 2. 4 Segitiga perbaikan factor daya**

Adapun strategi untuk melakukan perbaikan faktor daya antara lain sebagai berikut:

1. Mengoptimalkan pengoperasian beban motor agar tidak bekerja secara berlebihan.
2. Mencegah pemakaian peralatan listrik melebihi tegangan operasional rata-ratanya.
3. Melakukan penggantian terhadap motor-motor yang telah mengalami penurunan performa akibat usia pemakaian.
4. Mengimplementasikan pemasangan kapasitor pada sistem arus bolak-balik (AC) guna mengurangi pengaruh medan yang ditimbulkan oleh daya reaktif (Q).

### 2.2.6 Jenis-jenis Beban Listrik

Beban listrik merupakan perangkat yang dapat berfungsi atau bekerja apabila dialiri arus listrik bertegangan (memanfaatkan energi listrik untuk beroperasi). Contohnya meliputi lampu, peralatan rumah tangga, perangkat elektronik, serta peralatan-peralatan yang mengubah energi listrik menjadi bentuk energi lain seperti energi gerak, panas, dan sebagainya[14]. Berdasarkan pada sifat suatu beban listrik dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

#### a. Beban Resistif

Beban resistif (R) merupakan jenis beban yang hanya terdiri atas elemen tahanan murni (resistance) tanpa komponen induktif maupun kapasitif. Rangkaian ini umumnya tersusun dari resistor murni, seperti yang ditemukan pada elemen pemanas (heating element) dan lampu pijar. Dalam beban resistif, arus dan tegangan berada dalam kondisi sefasa, sehingga faktor dayanya bernilai 1 (satu), yang menunjukkan bahwa seluruh daya yang diserap merupakan daya aktif. Dengan kata lain, beban ini tidak mengonsumsi daya reaktif. Persamaan dasar yang menggambarkan karakteristik beban resistif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

#### b. Beban Induktif

Beban induktif (L) merupakan salah satu jenis beban listrik yang terdiri atas lilitan kawat tembaga yang dililitkan pada inti besi, sebagaimana ditemukan pada komponen seperti solenoida, transformator, dan kumparan (coil). Salah satu karakteristik utama beban ini adalah kemampuannya menyerap daya aktif sekaligus daya reaktif. Kondisi ini menyebabkan pergeseran fasa antara arus dan tegangan, di mana arus

tertinggal dari tegangan (lagging) akibat adanya energi yang tersimpan dalam bentuk medan magnet selama proses pengaliran arus. Pergeseran sudut fasa ini menghasilkan faktor daya yang bersifat lagging, yaitu saat tegangan mendahului arus dengan selisih sudut  $\varphi$ . Persamaan pada daya aktif untuk beban induktif dinyatakan sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\cos \varphi$  = Sudut antara arus dan tegangan



**Gambar 2. 5 Gelombang Arus dan Tegangan pada Beban Induktif**

c. Beban Kapasitif

Beban kapasitif (C) merupakan jenis beban yang memiliki sifat kapasitansi, yakni kemampuan untuk menyimpan energi melalui proses pengisian muatan listrik dalam suatu rangkaian. Arus listrik pada beban ini memiliki karakteristik mendahului tegangan (leading) dengan sudut fasa sebesar  $90^\circ$ . Selain itu, beban kapasitif menyerap daya aktif, tetapi justru melepaskan daya reaktif ke dalam sistem. Fenomena ini terjadi akibat kapasitor menyimpan energi dalam medan listriknya selama proses pengisian dan pelepasan muatan. Adapun persamaan daya aktif yang berkaitan dengan beban kapasitif diturunkan berdasarkan sifat arus dan tegangan yang saling berbeda fasa adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3} \dots \dots \dots (2.18)$$

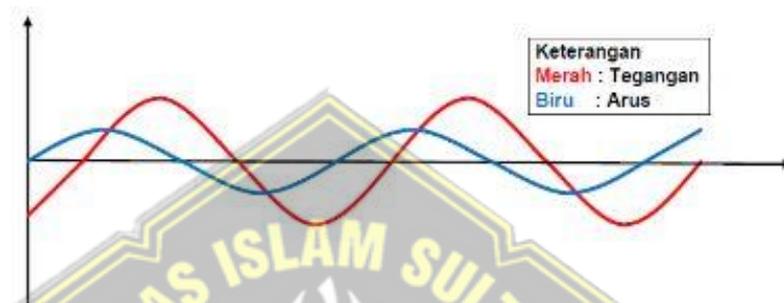
Keterangan:

P = Daya aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\varphi$  = Sudut antara arus dan tegangan



**Gambar 2. 6 Gelombang Arus dan Tegangan pada Beban Kapasitif**

### 2.2.7 Kapasitor

Kapasitor merupakan komponen dalam sistem kelistrikan yang berfungsi menyimpan muatan listrik dan memiliki satuan kapasitansi yang dikenal dengan nama Farad. Umumnya, kapasitor elektrolit memiliki dua terminal yang terdiri atas kutub positif (+) dan negatif (-), dengan bentuk silinder dan berisi cairan elektrolit di dalamnya. Di sisi lain, kapasitor dengan nilai kapasitansi yang lebih kecil biasanya tidak memiliki polaritas, berbentuk bulat pipih, serta tersedia dalam berbagai warna seperti cokelat, hijau, atau merah.



**Gambar 2. 7 Simbol Kapasitor**

Kapasitor daya merupakan salah satu jenis kapasitor yang tersusun atas dua pelat penghantar logam yang dipisahkan oleh material isolator sebagai media dielektrik. Umumnya, bagian konduktor pada kapasitor ini menggunakan

aluminium murni atau dilapisi dengan lapisan logam hasil penyemprotan. Adapun sistem dielektrik pada kapasitor daya dapat dirancang dari berbagai jenis bahan isolator sesuai dengan kebutuhan aplikasi dan spesifikasi teknisnya sebagai berikut:

1. Salah satu jenis sistem dielektrik pada kapasitor daya menggunakan material kertas sepenuhnya sebagai media isolasinya, yang dikenal dengan istilah kapasitor kertas tisu.
2. Beberapa kapasitor mengadopsi lapisan isolator gabungan berupa kombinasi antara kertas dan plastik, yang dirancang untuk meningkatkan karakteristik dielektriknya.
3. Terdapat pula jenis kapasitor yang memanfaatkan lapisan plastik yang dipadukan dengan cairan perekat, kemudian dipadatkan untuk membentuk sistem dielektrik yang stabil dan efisien.



**Gambar 2. 8 struktur kapasitor**

Satuan kapasitor pada umumnya dinyatakan dalam Farad. Namun, karena nilai satu Farad tergolong sangat besar, maka satuan tersebut dilakukan dengan cara dibagi lagi ke dalam bentuk yang lebih kecil, yaitu:

- a. Pikofarad (pF) =  $1 \times 10^{-12}$  F
- b. Nanofarad ( nF) =  $1 \times 10^{-9}$  F
- c. Mikrofarad ( $\mu$ F) =  $1 \times 10^{-6}$  F

Secara umum, kapasitor memiliki peran penting dalam sistem tenaga listrik, khususnya dalam mendukung peningkatan faktor daya pada arus bolak-balik (AC). Hal ini disebabkan oleh kemampuan utamanya dalam menyimpan muatan listrik

untuk sementara waktu. Oleh karena itu, kapasitor sering dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi kelistrikan guna mengoreksi faktor daya serta meningkatkan efisiensi sistem. Fungsi dari kapasitor adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitor berfungsi untuk menyuplai daya reaktif dalam sistem, yang bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan daya kompleks (kVA) secara lebih efisien.
- b. Salah satu peran penting kapasitor adalah meningkatkan faktor daya pada sistem kelistrikan agar kinerja energi lebih optimal.
- c. Penggunaan kapasitor dapat mengurangi terjadinya penurunan tegangan di sepanjang saluran distribusi listrik.
- d. Dengan dukungan kapasitor, kelebihan beban pada transformator dapat dicegah, sehingga umur operasional peralatan menjadi lebih panjang.
- e. Pemasangan kapasitor juga bermanfaat dalam menurunkan arus berlebih serta menghindari peningkatan suhu yang dapat merusak kabel.
- f. Secara keseluruhan, kapasitor membantu meningkatkan efisiensi energi listrik dengan prinsip kerja yang mendukung penghematan konsumsi daya.

#### **2.2.8 Prinsip Kerja Kapasitor**

Dalam sistem tenaga listrik, kapasitor yang berfungsi untuk meningkatkan faktor daya umumnya dipasang secara paralel terhadap rangkaian beban. Ketika rangkaian dialiri tegangan, aliran elektron akan memasuki kapasitor hingga mencapai kapasitas muatan maksimumnya. Setelah kapasitor terisi penuh, tegangan dalam rangkaian mengalami perubahan, dan muatan elektron akan mengalir keluar dari kapasitor menuju beban yang memerlukannya. Pada tahap ini, kapasitor mulai menyuplai daya reaktif ke sistem.

Ketika kondisi tegangan kembali stabil, kapasitor akan kembali menyerap dan menyimpan muatan elektron. Arus yang dikeluarkan oleh kapasitor, yang dikenal sebagai arus kapasitor ( $I_c$ ), merupakan indikasi bahwa kapasitor sedang memasok daya reaktif. Karena beban induktif memiliki karakteristik daya reaktif positif (+), sedangkan kapasitor menghasilkan daya reaktif negatif (-), maka daya reaktif total dalam sistem akan berkurang. Dengan demikian, penggunaan kapasitor menjadi

efektif dalam mengompensasi kebutuhan daya reaktif serta memperbaiki faktor daya secara keseluruhan[15]. Penerapan kapasitor bank pada sistem beban tiga fasa yang tidak seimbang dapat menimbulkan potensi permasalahan baru, khususnya apabila terjadi kondisi kelebihan kompensasi daya reaktif. Situasi ini terjadi ketika kapasitor bank menghasilkan daya reaktif melebihi kebutuhan aktual sistem. Dampaknya, arus dan tegangan pada salah satu fasa dapat mengalami peningkatan yang signifikan. Kenaikan tersebut dapat melampaui batas tegangan yang diizinkan, sehingga menimbulkan risiko terhadap keamanan operasi kapasitor, baik dari segi keandalan maupun umur pakainya.

Komponen utama dari sebuah sel kapasitor terdiri atas dua elektroda yang terbuat dari foil aluminium, yang dipisahkan oleh lapisan dielektrik. Untuk meningkatkan keandalan kapasitor, jumlah lapisan dielektrik biasanya dibuat minimal dua lapis. Ketebalan foil aluminium umumnya sekitar 7 mikron, sedangkan ketebalan lapisan dielektrik berkisar antara 8 hingga 24 mikron, tergantung pada tegangan kerja kapasitor

Perbaikan faktor daya merupakan upaya teknis yang bertujuan untuk meningkatkan nilai faktor daya ( $\cos \phi$ ) agar mendekati angka 1. Faktor daya yang rendah umumnya bersifat lagging, yang disebabkan oleh dominasi beban induktif seperti motor listrik atau transformator dalam sistem kelistrikan. Untuk mengatasi permasalahan ini, digunakan metode kompensasi daya reaktif, salah satunya dengan memasang kapasitor. Pemasangan kapasitor dapat dilakukan secara individual pada setiap beban atau secara terpusat dengan menggunakan kapasitor bank.

Kapasitor bank bekerja dengan mengimbangi komponen induktif dalam sistem, sehingga aliran daya menjadi lebih efisien dan kerugian energi dapat ditekan. Komponen utama dari sel dalam kapasitor terdiri atas dua lembaran elektroda berbahan foil aluminium yang dipisahkan oleh beberapa lapis bahan dielektrik, yang berfungsi sebagai isolator dan penyimpan energi medan listrik. Pemilihan lokasi dan metode pemasangan kapasitor bank sangat bergantung pada jenis sistem kelistrikan, pola distribusi beban, serta besarnya daya reaktif yang ingin dikompensasi. Strategi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi jaringan listrik, tetapi

juga membantu mengurangi penalti biaya dari penyedia listrik akibat rendahnya faktor daya[16].

Metode untuk pemasangan kapasitor mempunyai 3 cara tergantung, dari fungsi yang di inginkan yaitu:

1. Kompensasi global, yaitu metode di mana kapasitor dipasang pada panel induk (MDP). Pengurangan arus hanya terjadi pada penghantar antara panel dan transformator. Sementara itu, arus yang mengalir setelah MDP tidak mengalami penurunan, sehingga rugi-rugi akibat disipasi panas pada penghantar setelah MDP tidak terpengaruh.
2. Kompensasi grup merupakan metode pemasangan kapasitor yang melibatkan sejumlah panel kapasitor yang ditempatkan pada panel distribusi sekunder (SDP). Pendekatan ini sangat sesuai untuk diterapkan di lingkungan industri yang memiliki beban terpasang dalam kapasitas besar, bahkan dapat mencapai ribuan kilo Volt-Ampere (kVA). Metode ini menjadi semakin efektif apabila jarak antara panel distribusi utama (MDP) dan panel SDP cukup jauh, karena mampu mengoptimalkan distribusi daya reaktif secara lebih efisien.
3. Metode kompensasi individual dilakukan dengan memasang kapasitor secara langsung pada setiap beban, terutama pada peralatan yang memiliki konsumsi daya tinggi. Secara teknis, pendekatan ini dinilai lebih efisien dan efektif dalam memperbaiki faktor daya secara lokal. Namun demikian, penerapan metode ini membutuhkan ruang instalasi tambahan di dekat masing-masing beban, yang dalam beberapa kasus dapat memengaruhi aspek estetika dari tata letak instalasi listrik.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat Penelitian**

Penelitian skripsi ini dilakukan di PT. Danwood Nusantara Semarang. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisa perbaikan faktor daya pada PT. Danwood Nusantara Semarang sehingga dapat mengetahui nilai faktor daya sesuai standar batas minimum faktor daya yang ditetapkan PLN.

#### **3.2 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam melaksanakan pengukuran dan penelitian pada industri kayu PT. Danwood Nusantara Semarang adalah sebagai berikut:

1. Volt Meter
2. Amper Meter
3. Watt Meter
4. Cos phi Meter

#### **3.3 Metode Penelitian**

Dalam menyelesaikan penelitian ini yaitu Analisa Unjuk Kerja Kapasitor Bank Dengan Daya Terpasang 690 Kva Pada Industri Kayu PT. Danwood Nusantara Semarang, dengan ini dibuatkan metode penelitian yang akan digunakan, antara lain:

- a. Studi Literatur

Dengan mempelajari referensi-referensi yang sudah ada seperti jurnal, buku, karya ilmiah dan media yang lain yang berkaitan dengan penelitian diatas.

- b. Pengumpulan Data

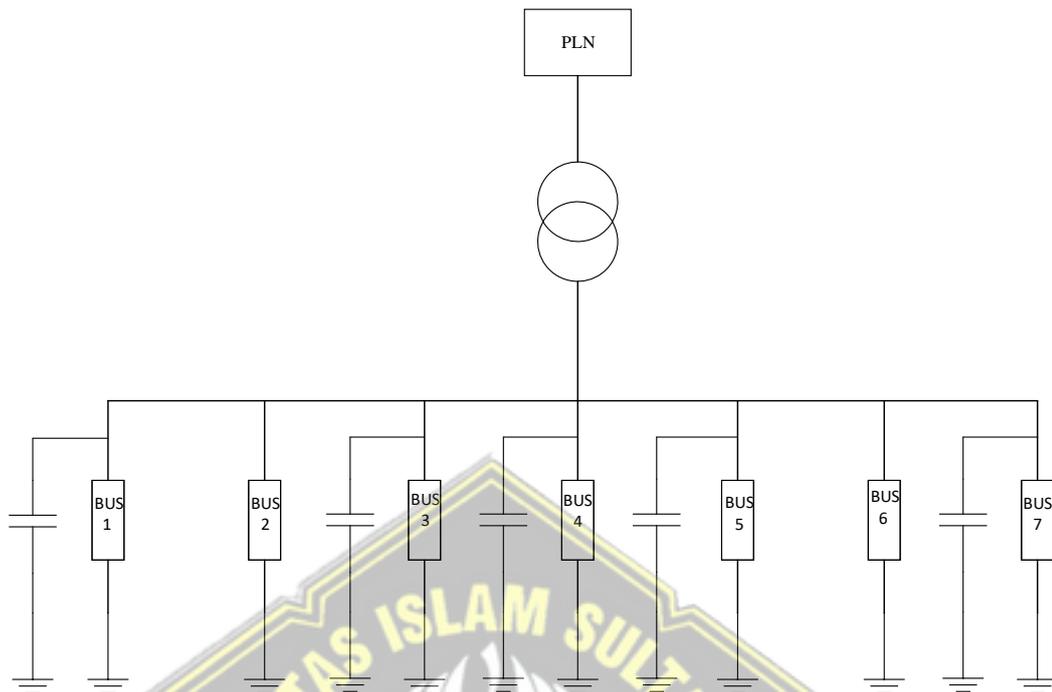
Dalam pengumpulan data yang diperoleh adalah data berupa daya, arus, tegangan, daya aktif, daya reaktif, daya semu dan faktor daya dengan melakukan penelitian langsung di PT. Dawood Nusantara Semarang dengan bimbingan oleh staff PT. Dawood Nusantara Semarang itu sendiri.

- c. Analisis Data

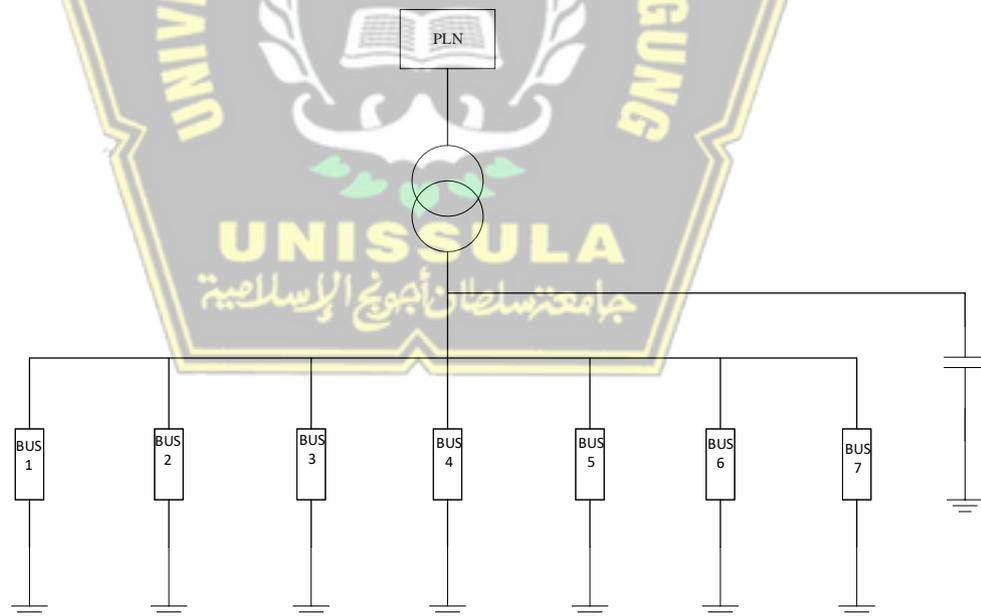
Proses pengolahan data dan menganalisa data yang diperoleh dari PT. Danwood Nusantara Semarang dapat mengetahui nilai faktor daya sesuai standar batas minimum faktor daya yang ditetapkan PLN dan penggunaan kapasitor bank ini diharapkan untuk acuan dasar dalam menurunkan daya reaktif dan memperbaiki faktor daya di PT. Danwood Nusantara Semarang. Dalam pengolahan data ini penulis membuat 2 desain skenario berupa single line diagram untuk membandingkan berapa kebutuhan besar dan kecil nilai daya reaktif serta kebutuhan kapasitor bank pada kedua desain skenario tersebut.

### **3.4 Model Penelitian**

Pada penelitian ini membuat permodelan desain skenario 1 dan desain skenario 2. Adapun rencana dari desain skenario 1 adalah membuat rangkaian SLD (*Single Line Diagram*) dimana pada bus-bus atau beban yang mengalami  $\cos \phi$  dibawah 0,85. Dari rangkaian tersebut maka dilakukan perhitungan untuk perbaikan faktor daya pada bus-bus yang teridentifikasi faktor daya yang rendah kemudian menentukan besarnya kapasitor bank pada masing-masing bus yang di perbaiki setelah itu disimulasikan dari hasil instalasi kapasitor bank dari skenario 1 ditunjukkan pada gambar 3.1 setelah itu identifikasi dari pada skenario 2 ditunjukkan pada gambar 3.2 ini ditentukan dari satu buah kapasitor bank yang terpasang pada incoming dan setelah itu membandingkan dari hasil perhitungan dari skenario 1 dan skenario 2.



**Gambar 3. 1 gambar desain permodelan dari skenario 1**



**Gambar 3. 2 gambar desain permodelan dari skenario 2**

### 3.5 Data Penelitian

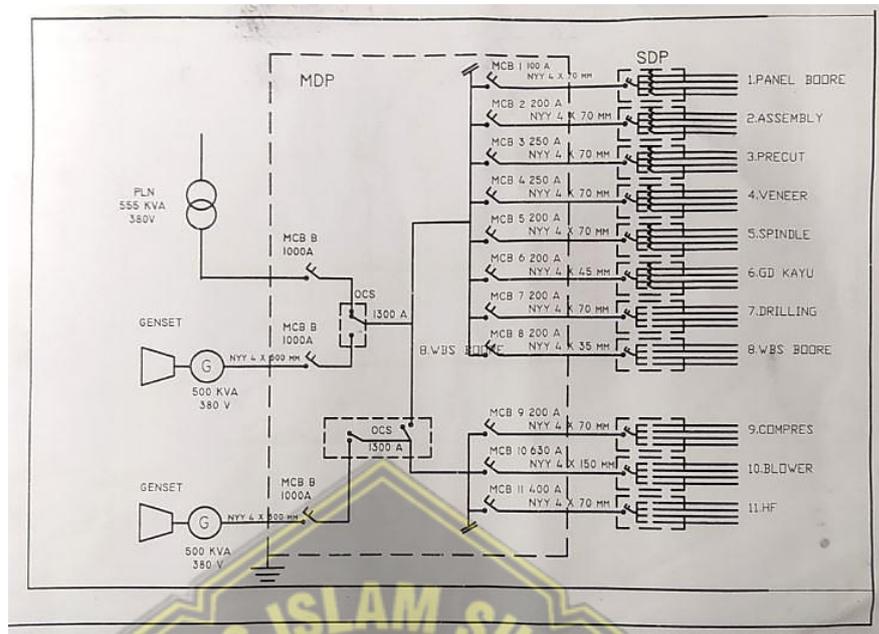
Data penelitian pada industri kayu PT. Danwood Semarang dapat di lihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Data penelitian

Identitas Bus	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya	Daya Semu S (KVA)	Daya Aktif P (KW)	Daya Reaktif Q (KVAR)
MDP	RN	236,4	468	0,959	110,635	106,099	31,309
	SN	236,2	540	0,969	127,548	123,594	54,462
	TN	234,8	502	0,955	117,869	112,565	35,007
BUS 1	RN	233,4	28,3	<b>0,119</b>	6,576	0,782	6,524
	SN	233,1	29,0	<b>0,081</b>	6,759	0,547	6,732
	TN	232,4	27,7	<b>0,098</b>	6,439	0,630	6,405
BUS 2	RN	233,9	38,4	0,999	8,981	8,972	0,359
	SN	232,4	38,4	0,999	8,924	8,915	0,392
	TN	233,1	40,5	0,993	9,440	9,374	1,113
BUS 3	RN	233,8	3,02	<b>0,123</b>	0,706	0,123	0,694
	SN	233,0	2,98	<b>0,165</b>	0,694	0,165	0,674
	TN	234,9	3,19	<b>0,183</b>	0,749	0,183	0,726
BUS 4	RN	233,7	46,0	<b>0,151</b>	10,750	1,623	10,621
	SN	233,4	44,5	<b>0,144</b>	10,386	1,495	10,272
	TN	234,7	45,2	<b>0,151</b>	10,608	1,506	10,481
BUS 5	RN	233,6	3,76	<b>0,335</b>	0,878	0,294	0,827
	SN	232,6	3,53	<b>0,344</b>	0,821	0,282	0,770
	TN	233,6	3,60	<b>0,300</b>	0,840	0,252	0,801
BUS 6	RN	233,7	49,2	0,926	11,498	10,647	4,334
	SN	232,8	48,0	0,902	11,174	10,079	4,816
	TN	234,3	47,2	0,923	11,058	10,207	4,246
BUS 7	RN	237,3	4,3	<b>0,739</b>	9,563	7,067	6,436
	SN	235,6	36,1	<b>0,688</b>	8,505	5,851	6,166
	TN	235,3	42,5	<b>0,792</b>	10,000	7,950	6,050

### 3.6 Single Line Diagram

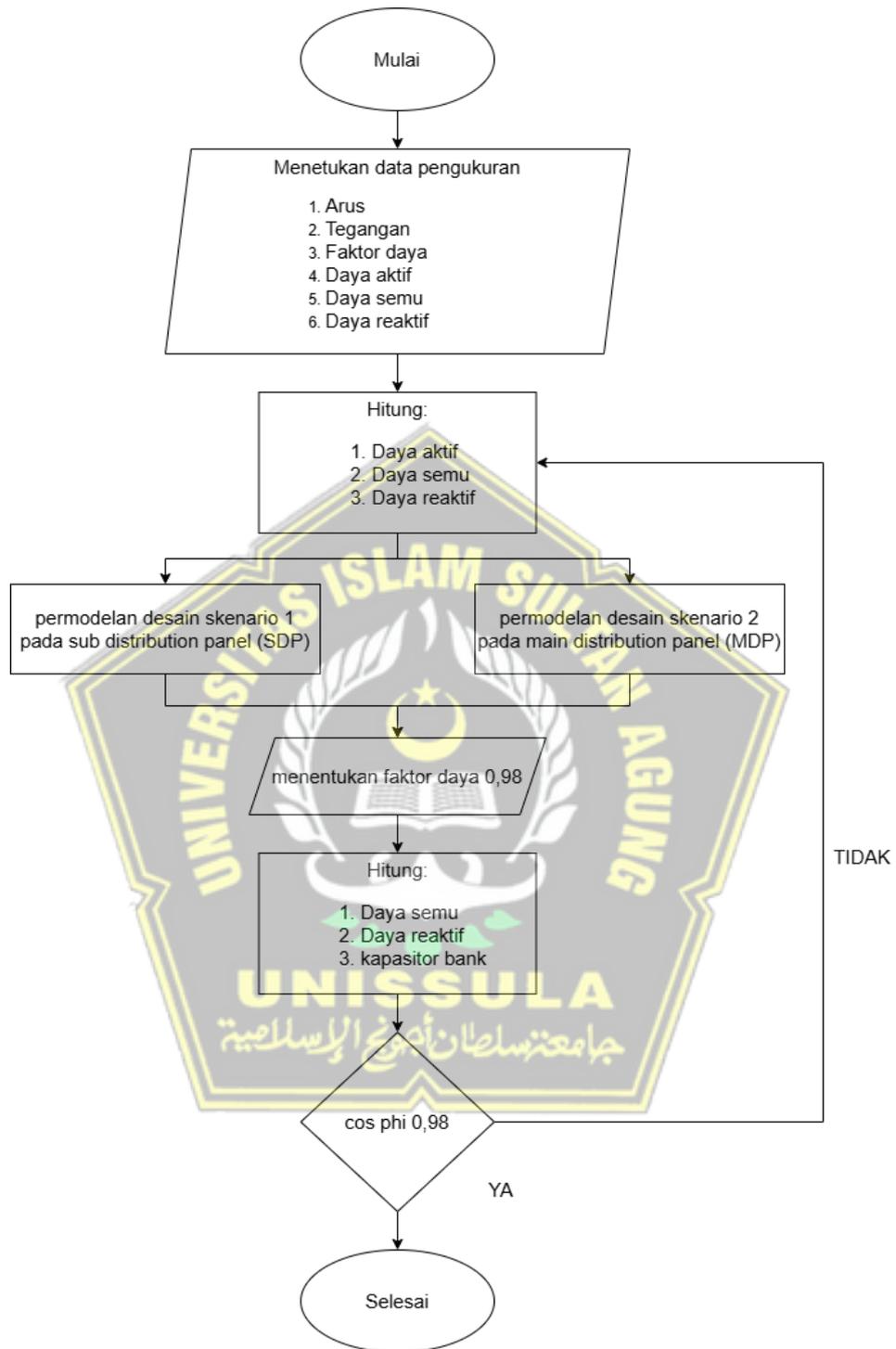
Berikut adalah gambar rangkaian SLD (Single Line Diagram) pada industri kayu PT. Danwood Nusantara Semarang dapat di lihat pada gambar 3.1



**Gambar 3. 3 Gambar Rangkaian Single Line Diagram Pada PT.  
Danwood Nusantara Semarang**

### 3.7 Flowchart Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian terdiri dari beberapa tahapan pelaksanaan yang tersusun secara runtut untuk mendapatkan data dan hasil analisa pengukuran secara garis besar diagram alur ditunjukkan pada gambar 3.2.



**Gambar 3. 4 Flowchart Diagram Alur**

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Penelitian**

Hasil penelitian ini diawali dengan pengambilan data penelitian dan pengukuran dengan menentukan nilai daya aktif, daya semu, daya reaktif dan faktor daya seperti pada tabel 4.1.1 Setelah menentukan data dan melakukan pengukuran selanjutnya adalah melakukan perhitungan perhitungan nilai daya aktif (KW), daya semu (KVA), daya reaktif (KVAR) dan Cos Phi Sebelum Perbaikan pada poin 4.2.1 selanjutnya pada penelitian ini membuat dua skenario rangkaian desain untuk mengetahui nilai cos phi kurang dari 0,85 dan pada skenario desain pertama menghitung nilai daya semu (KVA), daya reaktif (KVAR), dan cos phi setelah perbaikan pada poin 4.2.2 selanjutnya menghitung kebutuhan kapasitor bank pada desain skenario pertama setelah perbaikan pada poin 4.2.3, dan pada skenario desain kedua menghitung nilai daya semu (KVA), daya reaktif (KVAR), dan cos phi setelah perbaikan pada poin 4.2.4 selanjutnya menghitung kebutuhan kapasitor bank pada desain skenario pertama setelah perbaikan pada poin 4.2.5.

##### **4.1.1 Hasil Pengukuran**

Hasil data pengukuran pada SDP (*sub panel distribution*) sebelum dilakukannya perbaikan terdapat nilai faktor daya yang menurun yaitu pada BUS 1 pada Fasa R (0,119), Fasa S (0,081), Fasa T (0,098) BUS 3 pada Fasa R (0,123), Fasa S (0,165), dan Fasa T (0,183). BUS 4 pada Fasa R (0,151), Fasa S (0,144), dan Fasa T (0,151). BUS 5 pada Fasa R (0,335), Fasa S (0,344), dan Fasa T (0,300) dan BUS 7 pada Fasa R (0,739), Fasa S (0,688) dan Fasa T (0,792). Adapun data penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

**Tabel 4. 1 Hasil pengukuran MDP dan SDP PT. Danwood Nusantara Semarang**

Identitas Bus	Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Faktor Daya	Daya Semu S (KVA)	Daya Aktif P (KW)	Daya Reaktif Q (KVAR)
MDP	RN	236,4	468	0,959	110,635	106,099	31,309
	SN	236,2	540	0,969	127,548	123,594	54,462
	TN	234,8	502	0,955	117,869	112,565	35,007
BUS 1	RN	233,4	28,3	<b>0,119</b>	6,576	0,782	6,524
	SN	233,1	29,0	<b>0,081</b>	6,759	0,547	6,732
	TN	232,4	27,7	<b>0,098</b>	6,439	0,630	6,405
BUS 2	RN	233,9	38,4	0,999	8,981	8,972	0,395
	SN	232,4	38,4	0,999	8,924	8,915	0,392
	TN	233,1	40,5	0,993	9,440	9,374	1,113
BUS 3	RN	233,8	3,02	<b>0,123</b>	0,706	0,123	0,694
	SN	233,0	2,98	<b>0,165</b>	0,694	0,165	0,674
	TN	234,9	3,19	<b>0,183</b>	0,749	0,183	0,726
BUS 4	RN	233,7	46,0	<b>0,151</b>	10,750	1,623	10,621
	SN	233,4	44,5	<b>0,144</b>	10,386	1,495	10,272
	TN	234,7	45,2	<b>0,151</b>	10,608	1,506	10,481
BUS 5	RN	233,6	3,76	<b>0,335</b>	0,878	0,294	0,827
	SN	232,6	3,53	<b>0,344</b>	0,821	0,282	0,770
	TN	233,6	3,60	<b>0,300</b>	0,840	0,252	0,801
BUS 6	RN	233,7	49,2	0,926	11,498	10,647	4,334
	SN	232,8	48,0	0,902	11,174	10,079	4,816
	TN	234,3	47,2	0,923	11,058	10,207	4,246
BUS 7	RN	237,3	4,3	<b>0,739</b>	9,563	7,067	6,436
	SN	235,6	36,1	<b>0,688</b>	8,505	5,851	6,166
	TN	235,3	42,5	<b>0,792</b>	10,000	7,950	6,050

**Tabel 4. 2 Data pengukuran nilai faktor daya kurang dari 0,85**

No	Identitas Bus	Fasa	Nilai Cos Phi
1	BUS 1	RN	0,119
		SN	0,081
		TN	0,098
2	BUS 3	RN	0,123
		SN	0,165
		TN	0,183
3	BUS 4	RN	0,151
		SN	0,144
		TN	0,151

No	Identitas Bus	Fasa	Nilai Cos Phi
4	BUS 5	RN	0,335
		SN	0,344
		TN	0,300
5	BUS 7	RN	0,739
		SN	0,688
		TN	0,792

Dari data diatas berdasarkan hasil pengukuran didapatkan adanya nilai faktor daya kurang dari standar nilai PLN 0,85 pada BUS 1, BUS 3, BUS 4, BUS 5, dan BUS 7. dari data tersebut kemudian penulis akan memperbaiki nilai faktor daya menggunakan perhitungan manual. Dari perhitungan manual inilah akan diketahui berapa kebutuhan KVAR dan kebutuhan kapasitor bank agar besarnya faktor daya pada BUS 1, BUS 3, BUS 4, BUS 5, dan BUS 7 sesuai dengan standar batas minimum yang diterapkan pada sistem kelistrikan di pabrik yaitu sebesar 0,98. Maka dari itu untuk mendapatkan nilai besaran kapasitor bank yang dibutuhkan dilakukan perhitungan.

#### 4.2 Perhitungan Perbaikan daya untuk Faktor Daya Cos Phi = 0,98

Pada BUS 1, BUS 3, BUS 4, BUS 5, dan BUS 7 di perlukan perbaikan faktor daya agar nilainya 0,98 adapun cara perhitungan untuk perbaikan dimulai pada perhitungan nilai daya aktif (KW), daya semu (KVA), dan Daya reaktif (KVAR) sebelum perbaikan, dimulai dengan membuat dua rangkaian desain SLD (*Single Line Diagram*) guna untuk mengetahui cos phi mana yang nilainya kurang dari 0,85 selanjutnya menghitung nilai daya semu (KVA) untuk perbaikan dengan nilai faktor daya yang sesuai ditargetkan kemudian menghitung nilai daya reaktif (KVAR) untuk perbaikan dan menghitung kebutuhan kapasitor bank.

##### 4.2.1 Perhitungan Nilai Daya Aktif (KW), Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR) dan Cos Phi Sebelum Perbaikan

Perhitungan nilai daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi dicontohkan pada BUS 1 pada Fasa R, S dan T, sebagai berikut:

- a. Perhitungan nilai daya aktif dengan rumus persamaan (2.3)

- Fasa R

Diketahui:

$$P_R = V_R \times I_R \times \cos \varphi$$

$$V_R = 232,4$$

$$I_R = 28,3$$

$$\cos \varphi = 0,119$$

Maka, perhitungan untuk R:

$$P_R = 232,4 \times 28,3 \times 0,119$$

$$P_R = 0,782 \text{ KW}$$

- Fasa S

Diketahui:

$$P_S = V_S \times I_S \times \cos \varphi$$

$$V_S = 233,1$$

$$I_S = 29,0$$

$$\cos \varphi = 0,081$$

Maka, perhitungan untuk S:

$$P_S = 233,1 \times 29,0 \times 0,081$$

$$P_S = 0,547 \text{ KW}$$

- Fasa T

Diketahui:

$$P_T = V_T \times I_T \times \cos \varphi$$

$$V_T = 232,4$$

$$I_T = 27,7$$

$$\cos \varphi = 0,098$$

Maka, perhitungan untuk T:

$$P_T = 232,4 \times 27,7 \times 0,098$$

$$P_T = 0,630 \text{ KW}$$

a. Total perhitungan 3 fasa R,S,T

$$P_{TT} = P_R + P_S + P_T$$

$$P_{TT} = 0,782 + 0,547 + 0,630$$

$$P_{TT} = 1,953 \text{ KW}$$

b. Perhitungan nilai daya semu dengan rumus persamaan (2.7)

- Fasa R

Diketahui:

$$S_R = V_R \times I_R$$

$$V_R = 232,4$$

$$I_R = 28,3$$

Maka, perhitungan untuk R:

$$S_R = 232,4 \times 28,3$$

$$S_R = 6,576 \text{ VA}$$

- Fasa S

Diketahui:

$$S_S = V_S \times I_S$$

$$V_S = 233,1$$

$$I_S = 29,0$$

Maka, perhitungan untuk S:

$$S_S = 233,1 \times 29,0$$

$$S_S = 6,759 \text{ VA}$$

- Fasa T

Diketahui:

$$S_T = V_T \times I_T$$

$$V_T = 232,4$$

$$I_T = 27,7$$

Maka, perhitungan untuk T:

$$S_T = 232,4 \times 27,7$$

$$S_T = 6,437 \text{ VA}$$

- Total perhitungan 3 fasa R,S,T

$$S_{TT} = S_R + S_S + S_T$$

$$S_{TT} = 6,576 + 6,759 + 6,437$$

$$S_{TT} = 19,772 \text{ KVA}$$

c. Perhitungan nilai daya reaktif dengan rumus persamaan (2.5)

- Fasa R

Diketahui:

$$Q_R = \cos^{-1}(0,119) = 83,165^\circ$$

$$Q_R = V_R \times I_R \times \sin \theta$$

$$V_R = 232,4$$

$$I_R = 28,3$$

$$\sin \theta = 0,992$$

Maka, perhitungan untuk R:

$$Q_R = V_R \times I_R \times \sin \theta$$

$$Q_R = 232,4 \times 28,3 \times \sin 83,165$$

$$Q_R = 232,4 \times 28,3 \times 0,992$$

$$Q_R = 6,524 \text{ VAR}$$

- Fasa S

Diketahui:

$$Q_S = \cos^{-1}(0,081) = 85,353^\circ$$

$$Q_S = V_S \times I_S \times \sin \theta$$

$$V_S = 233,1$$

$$I_S = 29,0$$

$$\sin \theta = 0,996$$

Maka, perhitungan untuk S:

$$Q_S = V_S \times I_S \times \sin \theta$$

$$Q_S = 233,1 \times 29,0 \times \sin 85,353$$

$$Q_S = 233,1 \times 29,0 \times 0,992$$

$$Q_S = 6,732 \text{ VAR}$$

- Fasa T

Diketahui:

$$Q_T = \cos^{-1}(0,098) = 84,375^\circ$$

$$Q_T = V_T \times I_T \times \sin \theta$$

$$V_T = 232,4$$

$$I_T = 27,7$$

$$\sin \theta = 0,995$$

Maka, perhitungan untuk T:

$$Q_T = V_T \times I_T \times \sin \theta$$

$$Q_T = 232,4 \times 27,7 \times \sin 84,375$$

$$Q_T = 232,4 \times 27,7 \times 0,995$$

$$Q_T = 6,405 \text{ VAR}$$

- Total perhitungan 3 fasa R,S,T

$$Q_{TT} = Q_R + Q_S + Q_T$$

$$Q_{TT} = 6,524 + 6,732 + 6,405$$

$$Q_{TT} = 19,661 \text{ KVAR}$$

- d. Perhitungan nilai cos phi total sebelum perbaikan dengan rumus persamaan (2.9)

Diketahui:

$$P_{total} = 86,938 \text{ KW}$$

$$S_{total} = 145,381 \text{ KVA}$$

Maka, perhitungan untuk cos  $\varphi$ ?

$$\cos \varphi = \frac{P_{total}}{S_{total}}$$

$$\cos \varphi = \frac{86,938}{145,381}$$

$$\cos \varphi = 0,598$$

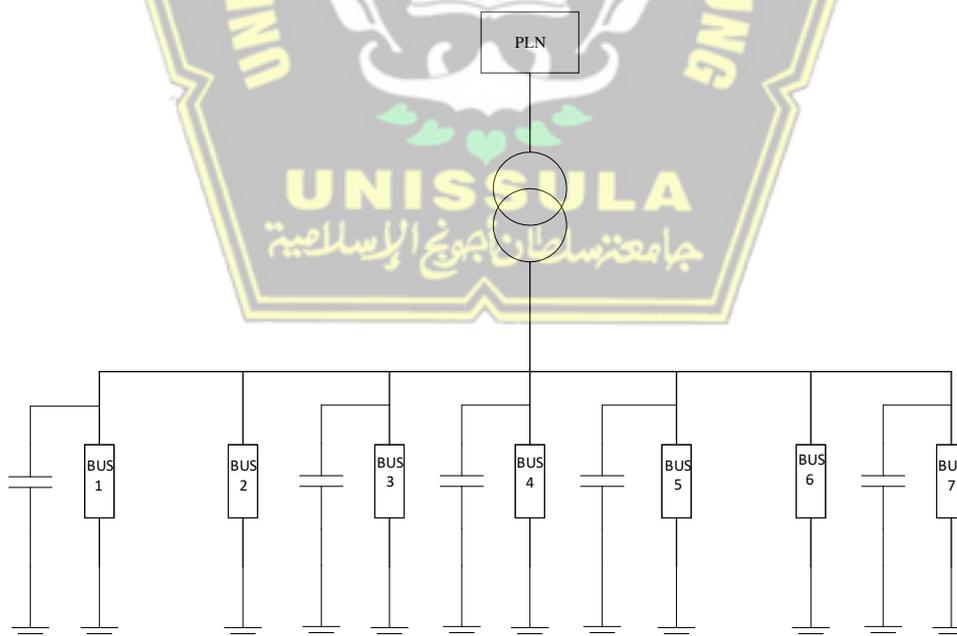
**Tabel 4. 3 Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi sebelum perbaikan**

Identitas Bus	Daya aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos Phi
BUS 1	1,953	19,772	19,661	0,098
BUS 2	27,261	27,345	1,900	0,996
BUS 3	0,471	2,149	2,094	0,219
BUS 4	4,624	31,744	31,374	0,145

Identitas Bus	Daya aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos Phi
BUS 5	0,828	2,368	2,398	0,341
BUS 6	30,933	33,703	13,396	0,917
BUS 7	20,868	28,068	18,652	0,743
<b>Incoming</b>	<b>86,938</b>	<b>145,381</b>	<b>116,522</b>	<b>0,598</b>

#### 4.2.2 Hasil Desain dan Perhitungan skenario 1 Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR), dan Cos Phi Setelah Perbaikan

Pada skenario 1 menjelaskan bahwa pada BUS 1, BUS 3, BUS 4, BUS 5, dan BUS 7 nilai cos phinya kurang dari 0,85 maka pada desain ini dipasang kapasitor bank dengan target cos phi 0,98. Adapun desain skenario tersebut dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4. 1 desain skenario 1**

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya semu (S) pada skenario 1 maka pada perhitungan ini mencari nilai daya semu dengan cos phi target 0,98 dengan nilai total daya aktif (P) di bagi dengan cos phi target 0,98 dicontohkan pada BUS 1 dengan persamaan (2.13)

- a. Perhitungan nilai daya semu dengan cos phi target 0,98

Diketahui:

$$P_{total} = 1,953 \text{ KW}$$

$$\cos \varphi = 0,98$$

Maka, perhitungan untuk  $\cos \varphi$  target 0,98:

$$S_{total} = \frac{P_{total}}{\cos \varphi}$$

$$S_{total} = \frac{1,953}{0,98}$$

$$S_{total} = 1,992 \text{ kVA}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya reaktif (KVAR) pada skenario 1 dengan nilai cos phi yang ingin di capai sebesar 0.98 dilakukan dengan menghitung daya reaktif ( $Q_2$ ) dengan nilai faktor daya yang diinginkan dicontohkan pada BUS 1 perhitungan menggunakan persamaan (2.12), dimana:

- b. Perhitungan nilai daya reaktif dengan cos phi target 0,98

Diketahui:

$$S_{total} = 1,992 \text{ KVA}$$

$$P_{total} = 1,953 \text{ KW}$$

Maka, Perhitungan untuk  $\cos \phi = 0,98$ :

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

$$Q_2 = \sqrt{1,992^2 - 1,953^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{3,968 \ 064 - 3,814 \ 209}$$

$$Q_2 = \sqrt{0,153 \ 855}$$

$$Q_2 = 0,392 \ 243 \text{ kVAR}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai total cos phi pada skenario 1 maka pada perhitungan ini di hitung dengan cara daya aktif (P) di bagi dengan daya semu (S) maka akan menghasilkan nilai cos phi total dicontohkan pada BUS 1 dengan persamaan (2.9)

- c. Perhitungan nilai cos phi total setelah perbaikan

Diketahui:

$$P_{total} = 1,953 \text{ KW}$$

$$S_{total} = 1,992 \text{ KVA}$$

Maka, perhitungan untuk cos  $\varphi$ ?

$$\cos \varphi = \frac{P_{total}}{S_{total}}$$

$$\cos \varphi = \frac{1,953}{1,992}$$

$$\cos \varphi = 0,980$$

#### 4.2.3 Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan pada Skenario 1

Untuk menghitung kebutuhan kapasitor bank pada saat nilai cos phi dinaikkan menjadi 0,98 dicontohkan pada BUS 1 maka perhitungan dicontohkan dengan persamaan (2.14)

- a. Perhitungan kapasitor bank

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

Untuk cos phi = 0,98:

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 19,661 - 0,392$$

$$Q_c = 19,269 \text{ kVAR}$$

- b. Perhitungan kapasitansi dari kapasitor

Untuk mengetahui nilai kapasitansi dari kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya menjadi 0,98 dicontohkan pada BUS 1 maka perhitungan dicontohkan dengan persamaan (2.15)

$$C = \frac{QC}{2\pi \times f \times V^2}$$

$$C = \frac{19,269}{2 \times 13,4 \times 50 \times 232,96^2}$$

$$C = \frac{19,269}{17\,040\,893,54}$$

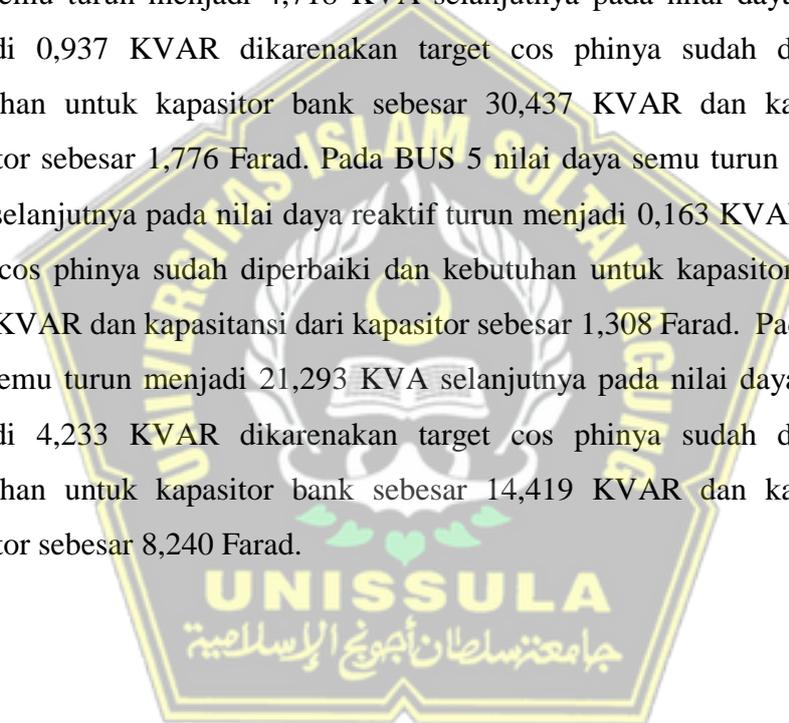
$$C = 1,130\,750 \mu\text{F}$$

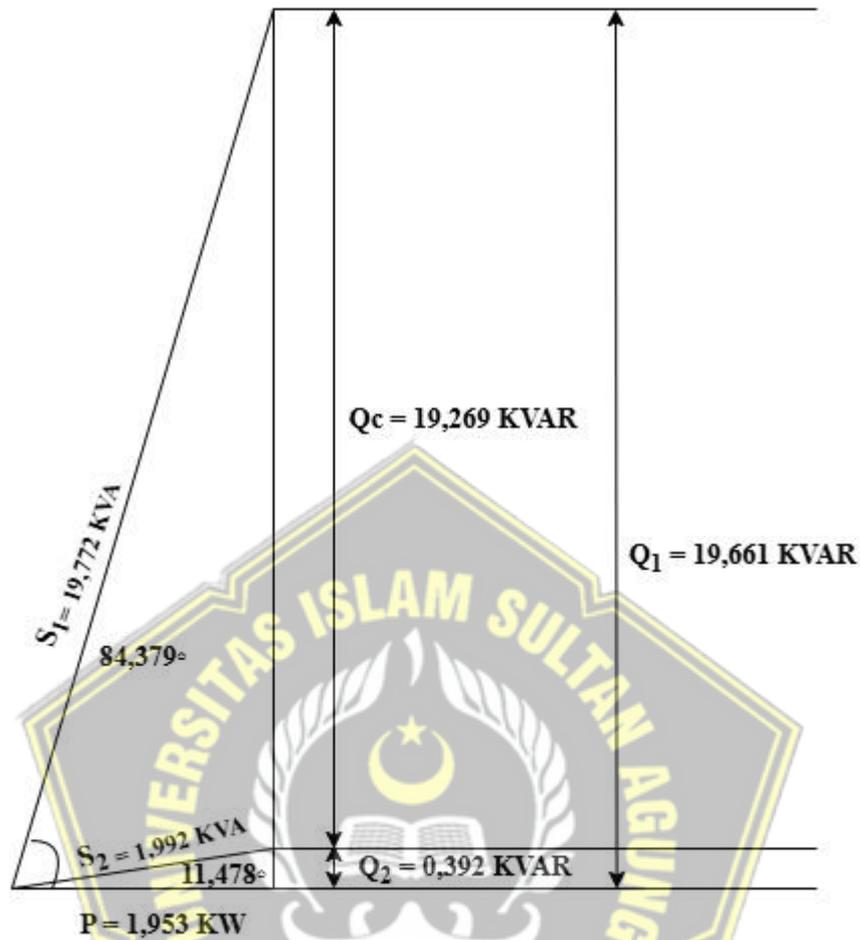
**Tabel 4. 4 Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi setelah perbaikan skenario 1**

Identitas Bus	Daya aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos Phi	QC (KVAR)	C Farad
BUS 1	1,953	1,992	0,392	0,98	19,269	1,130
BUS 2	27,261	27,345	1,900	0,996	-	-
BUS 3	0,471	0,480	0,092	0,98	2,002	1,165
BUS 4	4,624	4,718	0,937	0,98	30,437	1,776
BUS 5	0,828	0,844	0,163	0,98	2,235	1,308
BUS 6	30,933	33,703	13,396	0,917	-	-
BUS 7	20,868	21,293	4,233	0,98	14,419	8,240
<b>Incoming</b>	<b>86,938</b>	<b>90,374</b>	<b>21,113</b>	<b>0,961</b>	-	-

Berdasarkan tabel 4.3 hasil perhitungan dari masing-masing BUS pada daya semu, daya reaktif dan cos phi sebelum perbaikan pada BUS 1 nilai daya semu adalah 19,772 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif sebesar 19,661 KVAR dan cos phi 0,098. Pada BUS 3 nilai daya semu adalah 2,149 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif sebesar 2,094 KVAR dan cos phi 0,219. Pada BUS 4 nilai daya semu adalah 31,744 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif sebesar 31,374 KVAR dan cos phi 0,145. Pada BUS 5 nilai daya semu adalah 2,368 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif sebesar 2,398 KVAR dan cos phi 0,341. Pada BUS 7 nilai daya semu adalah 28,068 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif sebesar 18,652 KVAR dan cos phi 0,743.

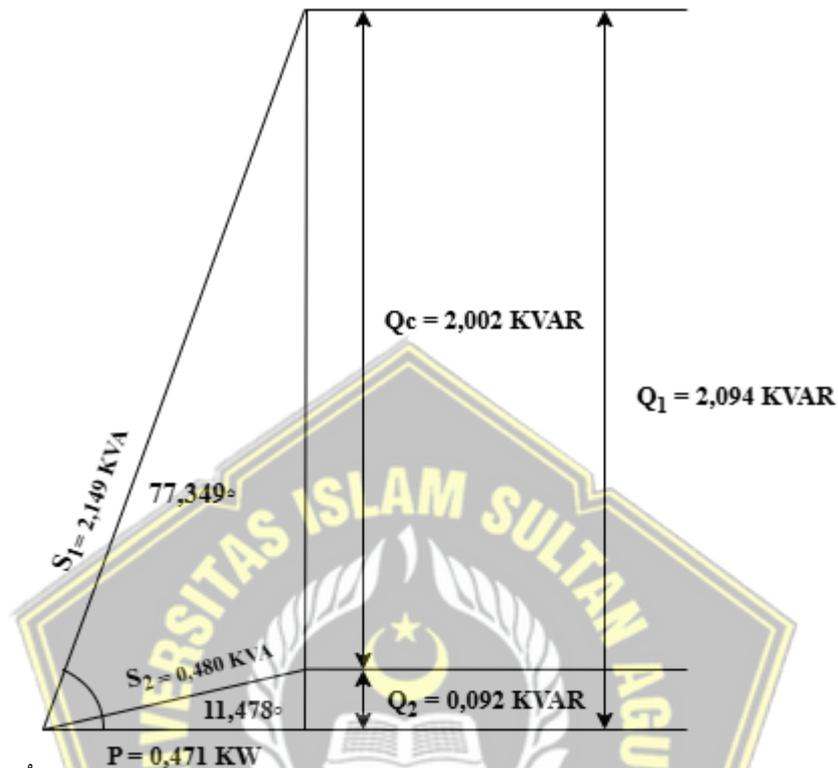
Sedangkan pada tabel 4.4 dengan  $\cos \phi$  target 0,98 untuk skenario 1 maka pada BUS 1 nilai daya semu turun menjadi 1,992 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif turun menjadi 0,392 KVAR dikarenakan target  $\cos \phi$ nya sudah diperbaiki dan kebutuhan untuk kapasitor bank sebesar 19,269 KVAR dan kapasitansi dari kapasitor sebesar 1,130 Farad . Pada BUS 3 nilai daya semu turun menjadi 0,480 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif turun menjadi 0,092 KVAR dikarenakan target  $\cos \phi$ nya sudah diperbaiki dan kebutuhan untuk kapasitor bank sebesar 2,002 KVAR dan kapasitansi dari kapasitor sebesar 1,165 Farad. Pada BUS 4 nilai daya semu turun menjadi 4,718 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif turun menjadi 0,937 KVAR dikarenakan target  $\cos \phi$ nya sudah diperbaiki dan kebutuhan untuk kapasitor bank sebesar 30,437 KVAR dan kapasitansi dari kapasitor sebesar 1,776 Farad. Pada BUS 5 nilai daya semu turun menjadi 0,844 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif turun menjadi 0,163 KVAR dikarenakan target  $\cos \phi$ nya sudah diperbaiki dan kebutuhan untuk kapasitor bank sebesar 2,235 KVAR dan kapasitansi dari kapasitor sebesar 1,308 Farad. Pada BUS 5 nilai daya semu turun menjadi 21,293 KVA selanjutnya pada nilai daya reaktif turun menjadi 4,233 KVAR dikarenakan target  $\cos \phi$ nya sudah diperbaiki dan kebutuhan untuk kapasitor bank sebesar 14,419 KVAR dan kapasitansi dari kapasitor sebesar 8,240 Farad.





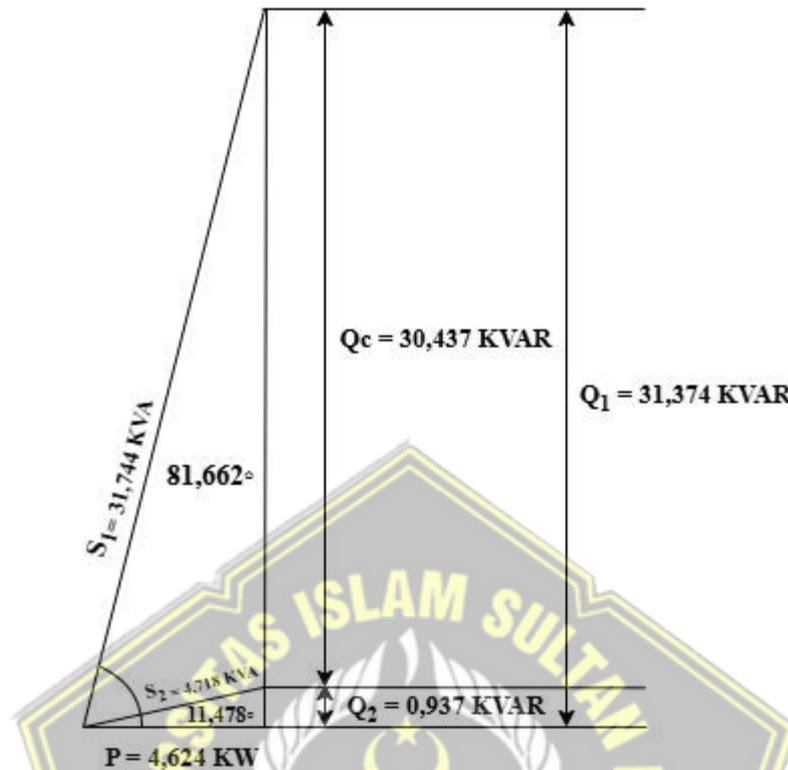
**Gambar 4. 2 diagram phasor perbaikan faktor daya pada BUS 1**

Pada gambar 4.2 diagram phasor sebelum perbaikan dengan nilai  $\cos \phi$  0,098 dapat di analisa bahwa pada sudut diagram phasor pada BUS 1 dengan daya aktif P yang bernilai tetap sebesar 1,953 KW dengan sudut  $\cos \phi$  84,378° sebelum perbaikan dengan daya semu S1 sebesar 19,772 KVA dan daya reaktif Q1 sebesar 19,661 KVAR. Setelah perbaikan faktor daya sesuai target yaitu 0,98 sudut  $\cos \phi$  nya turun menjadi 11,478° dengan daya semu S2 sebesar 1,992 KVA dan daya reaktif Q2 sebesar 0,392 KVAR sedangkan untuk menentukan kebutuhan kapasitor bank maka dari hasil daya reaktif Q1 dikurangi dengan daya reaktif Q2 menghasilkan nilai kebutuhan kapasitor bank sebesar 19,269 KVAR.



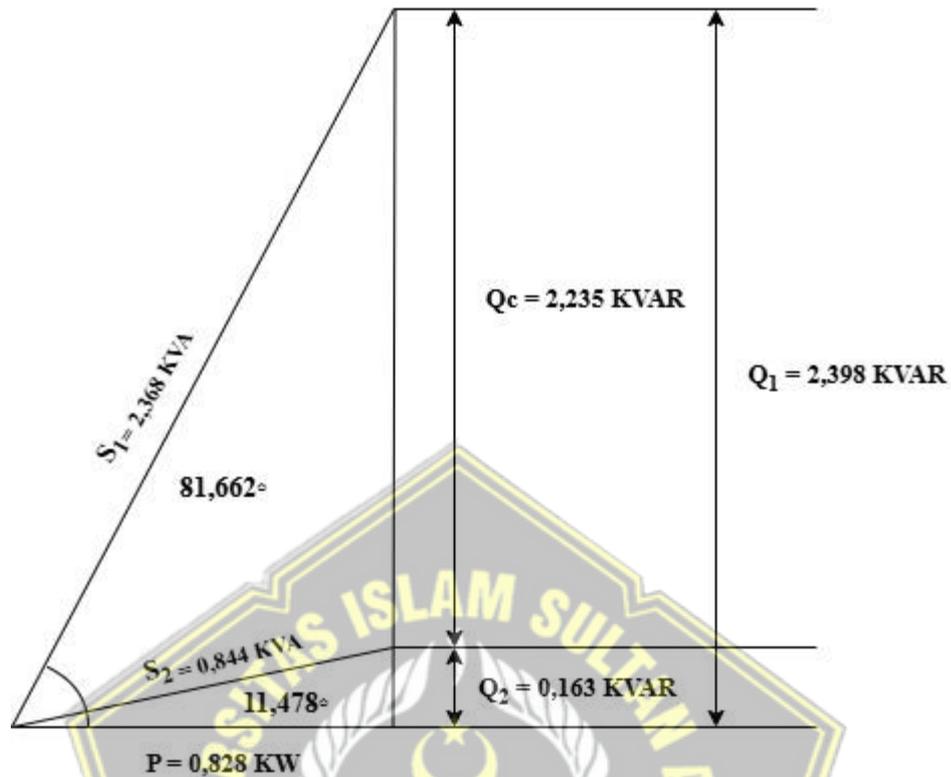
**Gambar 4.3 diagram phasor perbaikan faktor daya pada BUS 3**

Pada gambar 4.3 diagram phasor sebelum perbaikan dengan nilai  $\cos \phi$  0,219 dapat di analisa bahwa pada sudut diagram phasor pada BUS 3 dengan daya aktif P yang bernilai tetap sebesar 0,471 KW dengan sudut  $\cos \phi$   $77,349^\circ$  sebelum perbaikan dengan daya semu  $S_1$  sebesar 2,149 KVA dan daya reaktif  $Q_1$  sebesar 2,094 KVAR. Setelah perbaikan faktor daya sesuai target yaitu 0,98 sudut  $\cos \phi$  nya turun menjadi  $11,478^\circ$  dengan daya semu  $S_2$  sebesar 0,480 KVA dan daya reaktif  $Q_2$  sebesar 0,092 KVAR sedangkan untuk menentukan kebutuhan kapasitor bank maka dari hasil daya reaktif  $Q_1$  dikurangi dengan daya reaktif  $Q_2$  menghasilkan nilai kebutuhan kapasitor bank sebesar 2,002 KVAR.



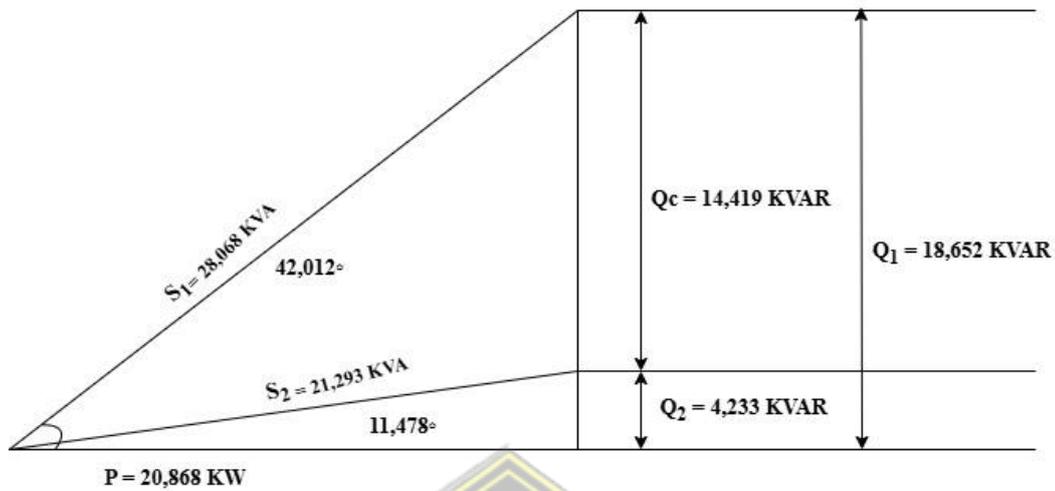
**Gambar 4. 4 diagram phasor perbaikan faktor daya pada BUS 4**

Pada gambar 4.4 diagram phasor sebelum perbaikan dengan nilai  $\cos \phi$  0,145 dapat di analisa bahwa pada sudut diagram phasor pada BUS 4 dengan daya aktif P yang bernilai tetap sebesar 4,624 KW dengan sudut  $\cos \phi$   $77,349^\circ$  sebelum perbaikan dengan daya semu  $S_1$  sebesar 31,744 KVA dan daya reaktif  $Q_1$  sebesar 31,374 KVAR. Setelah perbaikan faktor daya sesuai target yaitu 0,98 sudut  $\cos \phi$  nya turun menjadi  $11,478^\circ$  dengan daya semu  $S_2$  sebesar 4,718 KVA dan daya reaktif  $Q_2$  sebesar 0,937 KVAR sedangkan untuk menentukan kebutuhan kapasitor bank maka dari hasil daya reaktif  $Q_1$  dikurangi dengan daya reaktif  $Q_2$  menghasilkan nilai kebutuhan kapasitor bank sebesar 30,437 KVAR.



**Gambar 4.5 diagram phasor perbaikan faktor daya pada BUS 5**

Pada gambar 4.5 diagram phasor sebelum perbaikan dengan nilai  $\cos \phi$  0,341 dapat di analisa bahwa pada sudut diagram phasor pada BUS 5 dengan daya aktif P yang bernilai tetap sebesar 0,828 KW dengan sudut  $\cos \phi$   $77,349^\circ$  sebelum perbaikan dengan daya semu  $S_1$  sebesar 2,368 KVA dan daya reaktif  $Q_1$  sebesar 2,398 KVAR. Setelah perbaikan faktor daya sesuai target yaitu 0,98 sudut  $\cos \phi$  nya turun menjadi  $11,478^\circ$  dengan daya semu  $S_2$  sebesar 0,844 KVA dan daya reaktif  $Q_2$  sebesar 0,163 KVAR sedangkan untuk menentukan kebutuhan kapasitor bank maka dari hasil daya reaktif  $Q_1$  dikurangi dengan daya reaktif  $Q_2$  menghasilkan nilai kebutuhan kapasitor bank sebesar 2,235 KVAR.

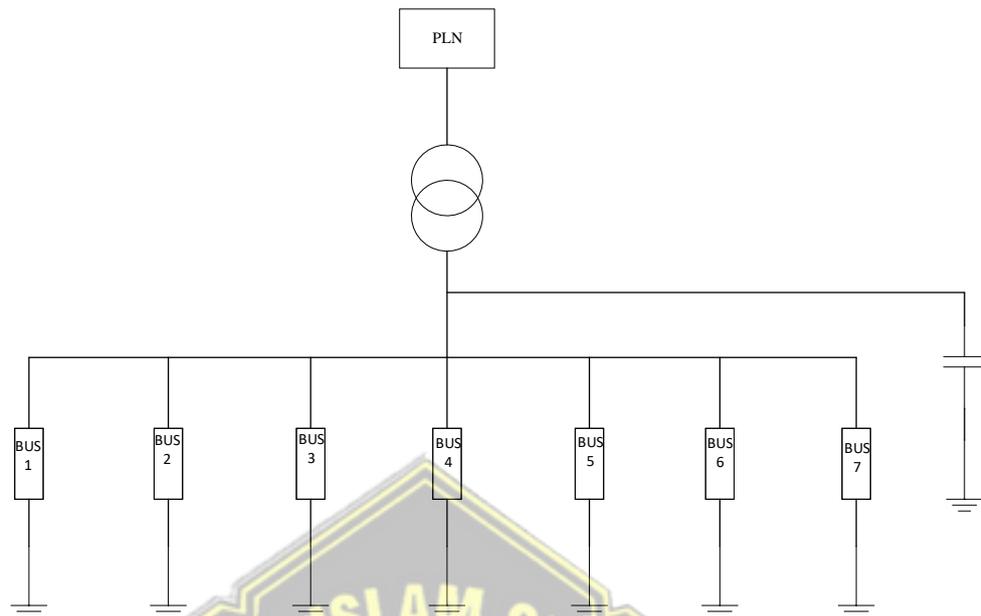


**Gambar 4. 6 diagram fasor perbaikan faktor daya pada BUS 7**

Pada gambar 4.6 diagram fasor sebelum perbaikan dengan nilai  $\cos \phi$  0,743 dapat di analisa bahwa pada sudut diagram fasor pada BUS 7 dengan daya aktif P yang bernilai tetap sebesar 20,868 KW dengan sudut  $\cos \phi$  77,349° sebelum perbaikan dengan daya semu S1 sebesar 28,068 KVA dan daya reaktif Q1 sebesar 18,652 KVAR. Setelah perbaikan faktor daya sesuai target yaitu 0,98 sudut  $\cos \phi$  nya turun menjadi 11,478° dengan daya semu S2 sebesar 21,293 KVA dan daya reaktif Q2 sebesar 4,233 KVAR sedangkan untuk menentukan kebutuhan kapasitor bank maka dari hasil daya reaktif Q1 dikurangi dengan daya reaktif Q2 menghasilkan nilai kebutuhan kapasitor bank sebesar 14,419 KVAR.

#### **4.2.4 Hasil Desain dan Perhitungan Skenario 2 Daya Semu (KVA), Daya Reaktif (KVAR), dan Cos Phi Setelah Perbaikan**

Pada skenario 2 menjelaskan bahwa pada bus 1, bus 2, bus 3, bus 4, bus 5, bus 6, dan bus 7 nilai  $\cos \phi$  nya kurang dari 0,85 maka pada desain tersebut dipasang kapasitor bank pada sisi MDP (*Main Distribution Panel*) dengan target  $\cos \phi$  0,98. Adapun desain skenario tersebut dapat dilihat pada gambar 4.2



**Gambar 4. 7 desain skenario 2**

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya semu ( $S$ ) pada skenario 2 maka pada perhitungan ini mencari nilai daya semu dengan  $\cos \phi$  target 0,98 dengan nilai total daya akti ( $P$ ) di bagi dengan  $\cos \phi$  target 0,98 dengan persamaan (2.13)

- a. Perhitungan nilai daya semu dengan  $\cos \phi$  target 0,98

Diketahui:

$$P_{\text{total}} = 86,938 \text{ KW}$$

$$\cos \phi = 0,98$$

Maka, perhitungan untuk  $\cos \phi$  target 0,98:

$$S_{\text{total}} = \frac{P_{\text{total}}}{\cos \phi}$$

$$S_{\text{total}} = \frac{86,938}{0,98}$$

$$S_{\text{total}} = 88,712 \text{ kVA}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai daya reaktif (KVAR) pada skenario 2 dengan nilai  $\cos \phi$  yang ingin di capai sebesar 0.98 dilakukan dengan menghitung daya reaktif ( $Q_2$ ) dengan nilai faktor daya yang diinginkan, perhitungan dicontohkan menggunakan persamaan (2.12), dimana:

- b. Perhitungan nilai daya reaktif dengan cos phi target 0,98

Diketahui:

$$S_{total} = 88,712 \text{ KVA}$$

$$P_{total} = 86,938 \text{ KW}$$

Maka, Perhitungan untuk cos phi = 0,98:

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

$$Q_2 = \sqrt{88,712^2 - 86,938^2}$$

$$Q_2 = \sqrt{7\,869,818\,944 - 7\,558,215\,844}$$

$$Q_2 = \sqrt{311,567\,1}$$

$$Q_2 = 17,651 \text{ kVAR}$$

Perhitungan ini untuk mengetahui nilai total cos phi pada skenario 2 maka pada perhitungan ini di hitung dengan cara daya aktif (P) di bagi dengan daya semu (S) maka akan menghasilkan nilai cos phi total dengan persamaan (2,9)

- c. Perhitungan nilai cos phi total setelah perbaikan

Diketahui:

$$P_{total} = 86,938 \text{ KW}$$

$$S_{total} = 88,712 \text{ KVA}$$

Maka, perhitungan untuk cos  $\varphi$ ?

$$\cos \varphi = \frac{P_{total}}{S_{total}}$$

$$\cos \varphi = \frac{86,938}{88,712}$$

$$\cos \varphi = 0,980$$

#### 4.2.5 Perhitungan Kebutuhan Kapasitor Bank Untuk Perbaikan pada Skenario 2

Untuk menghitung kebutuhan kapasitor bank pada saat nilai cos phi dinaikkan menjadi 0,98 maka perhitungan dicontohkan dengan persamaan (2.14)

- a. Perhitungan kapasitor bank

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

Untuk  $\cos \phi = 0,98$ :

$$Q_C = Q_1 - Q_2$$

$$Q_C = 116,522 - 17,651$$

$$Q_C = 98,871 \text{ kVAR}$$

b. Perhitungan kapasitansi dari kapasitor

Untuk mengetahui nilai kapasitansi dari kapasitor yang dibutuhkan untuk perbaikan faktor daya menjadi 0,98 untuk desain skenario 2 maka perhitungan dicontohkan dengan persamaan (2,15)

$$C = \frac{Q_C}{2\pi \times f \times V^2}$$

$$C = \frac{98,817}{2 \times 13,4 \times 50 \times 235,8^2}$$

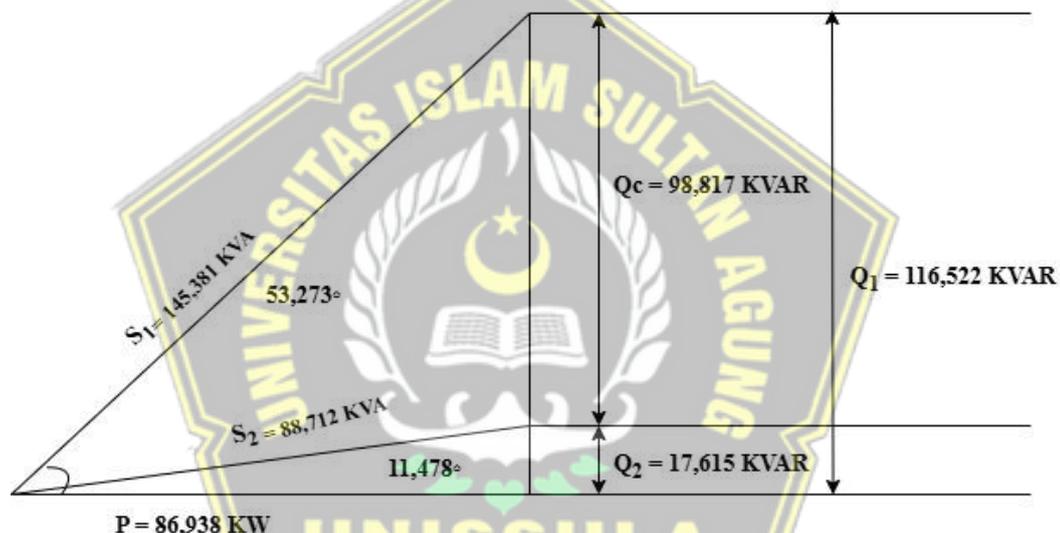
$$C = \frac{98,817}{17\,458\,914,96}$$

$$C = 5,663\,066 \mu\text{F}$$

**Tabel 4. 5 Hasil perhitungan total daya aktif, daya semu, daya reaktif dan cos phi setelah perbaikan skenario 2**

Identitas Bus	Daya aktif (KW)	Daya Semu (KVA)	Daya Reaktif (KVAR)	Cos Phi	QC (KVAR)	C Farad
BUS 1	1,953	19,772	19,661	0,098		
BUS 2	27,261	27,345	1,900	0,996		
BUS 3	0,471	2,149	2,094	0,219		
BUS 4	4,624	31,744	31,374	0,145		
BUS 5	0,828	2,368	2,398	0,341		
BUS 6	30,933	33,703	13,396	0,917		
BUS 7	20,868	28,068	18,652	0,743		
<b>Incoming</b>	<b>86,938</b>	<b>88,712</b>	<b>17,651</b>	<b>0,98</b>	<b>98,871</b>	<b>5,663</b>

Berdasarkan tabel 4.5 hasil perhitungan dari total daya semu pada skenario 2 setelah perbaikan dengan  $\cos \phi$  target 0,98 sebesar 88,712 KVA selanjutnya untuk total daya reaktif sebesar 17,651 KVAR maka dari itu total kebutuhan kapasitor bank yang terpasang pada di sisi MDP (*Main Distribution Panel*) sebesar 98,871 KVAR dan kapasitansi kapasitor sebesar 5,663 Farad dengan hal ini maka pada hasil perhitungan maupun pembahasan pada skenario 1 akan jelas berbeda dikarenakan pada hasil skenario 1 masing-masing dari kapasitor bank dipasang di beban-beban SDP (*Sub Distribution Panel*) sedangkan untuk skenario 2 kapasitor di pasang di sisi MDP (*Main Distribution Panel*).



**Gambar 4. 8 diagram phasor perbaikan faktor daya pada desain skenario 2**

Pada gambar 4.8 diagram phasor sebelum perbaikan dengan nilai  $\cos \phi$  0,598 dapat di analisa bahwa pada sudut diagram phasor pada desain skenario 2 dengan daya aktif P yang bernilai tetap sebesar 86,938 KW dengan sudut  $\cos \phi$  53,273° sebelum perbaikan dengan daya semu S1 sebesar 145,381 KVA dan daya reaktif Q1 sebesar 116,522 KVAR. Setelah perbaikan faktor daya sesuai target yaitu 0,98 sudut  $\cos \phi$  nya turun menjadi 11,478° dengan daya semu S2 sebesar 88,712 KVA dan daya reaktif Q2 sebesar 17,651 KVAR sedangkan untuk menentukan kebutuhan kapasitor bank maka dari hasil daya reaktif Q1 dikurangi dengan daya reaktif Q2 menghasilkan nilai kebutuhan kapasitor bank sebesar 98,871 KVAR.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengukuran dan penelitian yang telah dilakukan serta analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Untuk meningkatkan nilai faktor daya yang mengalami penurunan. Dilakukan perhitungan daya aktif, daya reaktif, daya semu dan setelah itu menghitung daya reaktif, daya semu dan kapasitor bank untuk perbaikan dengan  $\cos\phi$  sesuai target 0,98
2. Pada saat pengujian hasil dari total perhitungan pada daya reaktif sebelum perbaikan sebesar 116,522 KVAR dengan hal ini maka untuk menganalisa dibuatlah desain skenario dengan itu Pada perhitungan dari hasil desain skenario pertama nilai daya reaktifnya sebesar 21,113 KVAR dan pada hasil perhitungan dari desain skenario kedua nilai daya reaktifnya sebesar 17,651 KVAR.
3. Dari hasil Total kebutuhan kapasitor bank pada saat faktor daya dinaikkan dengan  $\cos\phi$  0,98 ada 2 desain skenario yang pertama nilai kebutuhan kapasitor bank pada BUS 1 sebesar 19,269 KVAR, pada BUS 3 sebesar 2,002 KVAR, pada BUS 4 sebesar 30,437 KVAR, pada BUS 5 sebesar 2,235 KVAR, dan pada BUS 7 sebesar 14,419 KVAR dikarenakan pada desain skenario pertama masing-masing dari kapasitor bank di pasang di masing-masing beban *SDP (sub panel distribution)* selanjutnya untuk desain skenario kedua nilai kebutuhan kapator bank sebesar 98,871 KVAR hal ini dikarenakan pada desain skenario kedua kapasitor bank di pasang di sisi *MDP (main distribution panel)*.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan terdapat saran untuk memperbaiki penelitian selanjutnya disarankan:

1. Penelitian ini memperbaiki faktor daya pada sub panel distribution dan penambahan kapasitor bank dari masing-masing beban pada sub panel

distribution dan main distribution panel. Untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa memperbaiki faktor daya pada sub panel distribution dengan penambahan kapasitor bank serta biasa pemasangannya di gedung atau pabrik lain.

2. Untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa disimulasikan dengan menggunakan aplikasi ETAP atau menggunakan software simulasi lain.



### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Esye, “Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan,” *J. Sport. J. Penelit. Pembelajaran*, vol. 2, no. 6, pp. 24–29, 2021.
- [2] M. Efisiensi, E. Listrik, D. I. Pt, P. E. Tbk, R. Milenio, and F. Yudha, *ANALISIS PERBAIKAN POWER FACTOR UNTUK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEMARANG SEMARANG MENCAPAI EFISIENSI ENERGI LISTRIK DI PT . TEXMACO PERKASA ENGINEERING Tbk .ANALISIS PERBAIKAN POWER FACTOR UNTUK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEK. 2022.*
- [3] A. S. Efendy and M. Munir, “Analisa Optimasi Faktor Daya Terhadap Penggunaan Kapasitor Bank Pada PT. Barindo Anggun Industri,” *SNESTIK Semin. Nas. Tek. Elektro, Sist. Informasi, dan Tek. Inform.*, pp. 245–251, 2022.
- [4] M. D. Prasetyo, S. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Surabaya, “Analisis Pemasangan Kapasitor Bank Terhadap Perubahan Nilai Faktor Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Unit Power Plant Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak Dan Gas Bumi Cepu Subuh Isnur Haryudo , Joko , Achmad Imam Agung,” *J. Tek. Elektro*, vol. 11, pp. 208–217, 2022.
- [5] S. Jamilah, I. Usrah, and A. Chobir, “Analisis Pengaruh Perubahan Faktor Daya Dari Lagging Menjadi Leading Di Favehotel Tasikmalaya,” *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 04, no. 01, pp. 6–12, 2022.
- [6] P. Harahap and M. Adam, “Efisiensi Daya Listrik Pada Dispenser Dengan Jenis Merk Yang Berbeda Menggunakan Inverter,” *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 1, p. 37, 2021, doi: 10.24853/resistor.4.1.37-42.
- [7] Y. Dianti, “ANALISIS PERENCANAAN PERBAIKAN FAKTOR DAYA SEBAGAI UPAYA OPTIMASI DAYA LISTRIK DI GEDUNG JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MALIKUSSALEH,” *Angew. Chemie Int. Ed. 6(11), 951–952.*, pp. 5–24, 2017, [Online]. Available:

<http://repo.iain-tulungagung.ac.id/5510/5/BAB 2.pdf>.

- [8] K. D. Nurmahandy, I. H. Subuh, W. Aribowo, and M. Widyartono, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Pada Penyulang Barata PT PLN Ngagel Surabaya," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 261–269, 2021.
- [9] Rusdiansyah, Cornelius Sarri, and Toyib, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Untuk Efisiensi Pembebanan Pada RSUD I.A. MOEIS SAMARINDA," *Mutiara J. Ilm. Multidisiplin Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 126–139, 2023, doi: 10.61404/jimi.v1i1.26.
- [10] T. Barlian, Y. Apriani, N. Savitri, and M. Hurairah, "Analisis Kapasitor Bank Untuk Memperbaiki Tegangan," *J. Surya Energy*, vol. 4, no. 2, pp. 391–396, 2020, doi: 10.32502/jse.v4i2.2562.
- [11] K. Minahasa, "ANALISIS PENGGUNAAN KAPASITOR BANK DALAM UPAYA PERBAIKAN FAKTOR DAYA PADA LOW VOLTAGE MAIN DISTRIBUTION PANEL (LVMDP) DI PT.PERMATA HIJAU PALM OLEO (PHPO) KIM II," vol. 24, no. 7, pp. 28–42, 2024.
- [12] D. Meilvinasvita, Safaruddin, and Yuliana, "PENGARUH PENGGUNAAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG KOTA DI PT. PLN (PERSERO) RAYON MEULABOH KOTA," *Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–27, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.aknacehbarat.ac.id/index.php/vocatech/index>.
- [13] D. Meilvinasvita, Safaruddin, and Yuliana, "PENGARUH PENGGUNAAN KAPASITOR BANK PADA PENYULANG KOTA DI PT. PLN (PERSERO) RAYON MEULABOH KOTA," *Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–27, 2020.
- [14] Dimas Teguh Wibowo, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Dimasjid Agung Serdang Bedagai," *Pharmacogn. Mag.*, vol. 75, no. 17, pp. 399–405, 2021.

- [15] B. I. Al Firdausi, M. A. Auliq, and F. Fitriana, “Analisis Kebutuhan Bank Kapasitor Untuk Perbaikan Faktor Daya di PT Beras Rajawali Menggunakan Optimal Capacitor Placement ETAP 19,” *J. List. Instrumentasi, dan Elektron. Terap.*, vol. 5, no. 1, p. 39, 2024, doi: 10.22146/juliet.v5i1.89376.
- [16] D. T. Wibowo, Y. Yusniati, R. Nasution, and Z. Pelawi, “Analisis Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor Bank Di Masjid Agung Serdang Bedagai,” *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.30743/jet.v8i1.6828.

